

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

Université 20 Août 1955 Skikda

Faculté des Sciences

Département des Sciences Agronomiques



Filière : Sciences Agronomiques

Option : Aménagement hydro-agricole

Mémoire de fin d'études :

En vue de l'obtention du diplôme de Master II en Aménagement hydro-agricole

Thème :

L'aquaponie et la production végétale pour un développement durable

Présenté par :

GUESSOUM Nour EL Isselam

BOUACHA Mohamed Zakaria

GHAFAR Noura

BOUOUDNINE Nadjla

BOULFALTIOU Iman

Membres de Jury:

Mme : BOUCENNA Nawel	(MAA) Président	Université du 20 Août 1955 – Skikda
Mme: HAMRAKROUHA Saida	(MAA) Examineur	Université du 20 Août 1955 – Skikda
Mme : MELLAL Nour El Houda	(MAA) Promoteur	Université du 20 Août 1955 – Skikda

Année universitaire : 2023-2024

Résumés

Notre travail est de mettre en évidence le rôle de la technologie aquaponique pour une production agricole durable, car cette technologie fournit un système intégré qui combine la pisciculture et la culture de plantes dans le même environnement. Le protocole d'entente souligne les avantages de cette technologie pour améliorer l'efficacité de l'utilisation des ressources naturelles, réduire la pauvreté alimentaire et améliorer la qualité des cultures, en mettant l'accent sur les aspects environnementaux, économiques et sociaux de ses applications dans le contexte du développement durable.

Pour la première étape : nous avons suivi la température, le pH, les nutriments ammoniac, nitrite, nitrate et les facteurs de ventilation OD et CO₂.

Nous avons d'abord obtenu les résultats : NH₄⁺ (0,14 mg/l), NO₂⁻ (0,14 mg/l), NO₃⁻ (14 mg/l), OD (4,3 mg/l), CO₂ (6 mg /l).

Dans un deuxième temps, nous avons suivi chaque semaine les différents éléments et effets de ce système sur la qualité de l'eau par rapport au bassin témoin. A la fin de l'étape nous avons observé les éléments suivants : NH₄⁺ (0,15mg/l), NO₂⁻ (0,17 mg/l), NO₃⁻ (13 mg/l), OD (5,7 mg/l), CO₂ (5 mg/l).

Avec ces résultats, il y a eu une diminution du CO₂, une légère augmentation du processus d'ammoniac et de nitrite, et une augmentation du nitrate et de la DO en raison de l'activité des bactéries oxydantes qui se sont propagées dans le système, et l'efficacité du système a été atteint.

En suivant la biologie du tilapia et de la laitue *Lactuca sativa L.*, nous avons obtenu une augmentation de la croissance durant les étapes expérimentales et atteint une production bonne à excellente.

Remerciements

A travers ce modeste travail nous remercions

Allah le tout puissant pour toute la volonté et le courage qu'il nous a donné

pour l'achèvement de ce travail.

*Nous tenons à remercier chaleureusement notre enseignante encadrante, **Mme Mellal Nour El-Houda**, pour sa supervision exceptionnelle. Son soutien, sa patience et ses conseils avisés ont été inestimables tout au long de notre parcours. Sa passion pour l'enseignement et son dévouement à notre réussite ont grandement contribué à notre développement académique et personnel. Nous sommes profondément reconnaissants pour tout ce qu'elle a fait pour nous.*

*Nos remerciements vont également à **Mme Boucenna Nawel** d'avoir accepté d'examiner ce travail et aussi **Mme Hamrakrouha Saida** d'avoir accepté de présider le jury de soutenance.*

*Nos remerciements les plus sincères vont à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce mémoire, particulièrement **le directeur de la pêche de la wilaya de Skikda** ainsi que **le directeur de l'institut ITPA Collo** et le doctorant **Mr Rouag Fouzi**.*

Merci à Tous.

إهداء

وَأَخِرُ دَعْوَاهُمْ أَنْ الْحَمْدُ لِلَّهِ رَبِّ الْعَالَمِينَ

الحمد لله عند البدء وعند الختام، فما تناهى دربّ، ولا خُتم جهد، ولا تم سعي إلا بفضلِهِ.

أما بعد أهدي تخرجي

إلى أبي الرجل صالح «مسعود» ، حُقّ له أن تكون الجنة تحت أقدامه، لم يعيش يوماً واحداً يفكر في نفسه، أفنى روحه في إسعاد كل من حوله، لم أرى إنساناً راضي كأبي، لم أعاشر قلباً متسامحاً وحنوناً كقلبه ولا أظن أن أحداً غيره يملك كل هذا القدر من الرضا والتسليم بقضاء الله، الله يحب أبي ويحبني لأنه جعله أبي.

إلى أمي «عائشة» لأنها ربّنتني تربية صافية، تربية بعيدة عن الحقد والكراهة والخبث والحسد وظنّ السوء وفعل السوء للناس..

أمي المدرسة التي نهلنا من علمها وفكرها، أشكرها لأنها ورثتني الحب والحنان والطيبة، أشكرها على تعبها عليّ ولأنها كانت دائماً سنداً لي، وأشكر الله عليها وأفتخر أنني أملك أفضل وأحن أم في الكرة الأرضية.

إلى أميراتي الثلاثة «رونق شمس الأصيل بشرى»

هُنّ على هيئة زهرة بعد مُر سنواتٍ عجافٍ نور قلبهن قادر على أن ينتشلني من كل ما انا به من سواد ، ضحكتهن تبهج ما بداخي من انطفاء هن جنة بكل ما تملك لديهن قلب على الرغم من صغر حجمه إلا أنه قادر على أن يتسع العالم بأسره هن للحياة حياة.

إلى جدتي هجيرة، الساحرة الحكيمة التي منها تعلمت كيف تتفتح الأزهار في أقصى الصحاري.

إلى أخوالي، «عبد المجيد، إبراهيم، ونور الدين» فرساني الشجعان، الذين أرشدوني على مسالك الشرف والعزة.

وإلى خالاتي «شريفة، قمير، وتفاحة» اللواتي نثرن عطر الحياة في كل خطوة أخطوها.

إلى أصدقائي ورفقة العمر «أيمن، عبد الرحمان، سفيان، عمر البشير ، نجيب، محمد، عبدالهادي»

الرفاق في كل مغامرة، الذين شكلنا معاً جيشاً يتحدى اليأس والفشل.

إلى كل عضو في مجموعة Micromorganisme الذين معاً شيدنا قلاعاً من المعرفة وجسوراً من الأخوة، في سعينا نحو فهم أعماق الحياة.

إلى نفسي التي كافحت و اجتهدت لتصل إلى ما هي عليه الآن.

أقف اليوم، محملاً بحبكم ودعمكم، كمن يقف على قمة جبل، يشرف منها على ماضٍ عريق ومستقبل واعد. هذا النجاح أهديه إليكم، فبدونكم لم يكن ليكون. ومع كل خطوة أخطوها نحو آفاق جديدة، أحمل معي إرثكم، عازماً على أن أكون دوماً مصدر فخر لكم.

نور الإسلام

إهداء

الحمد لله حبا وشكرا وامتنانا على البدء والختام

{ وآخر دعواتهم ان الحمد لله رب العالمين } .

ارى مرحلتي الدراسية قد شارفت على الانتهاء بالفعل بعد تعب ومشقة دامت سنين في سبيل الحلم والعلم ها انا اليوم اقف على عتبة تخرجي اقطف ثمار جهدي وارفع قبعتي بكل فخر ,

فاللهم لك الحمد قبل ان ترضى ولك الحمد اذا رضيت ولك الحمد بعد الرضا لأنك وفقتني لإتمام هذا العمل اما بعد اهدي هذا العمل اولا

الى الغائب الحاضر بقلبي لروح ابي الطاهرة (عيسى رحمه الله) وجزاه عني خير الجزاء ها انا اشاركك اول انجازاتي اتمنى ان تصلك مشاعري وتفتخر بمن حملوا اسمك واثبتوا انك خير مرابي وخير اب وخير فقيد

الى من جعل الله الجنة تحت اقدامها واحتضني قلبها قبل يديها وسهلت لي الشدائد بدعائها الى القلب الحنون (امي مسعودة) .

من قيل فيهم {سنشد عضدك بأخيك} .

الى سندي بالحياة من بهم اكبر وعليهم اعتمد ومن بوجودهم اكتسب قوة ومحبة لا حدود لها اخوتي (نبيل سهام جلال سلمى وسيم وريم) .

الى من كان دوما الاول في مساندي وتشجيعي الى رفيق الدرب وشريك حياتي الى من شاركني لحظات النجاح والفشل خطيبي (الامين) .

الى رفيقات الدرب (وئام فريال ونجلاء) .

الى كافة عائلة غفار ويويريم كبيرهم وصغيرهم خاصة اجدادي وجداتي الاحياء منهم والاموات

اهداء خاص للأساتذة (نور الهدى ملال) .

واخيرا من قال انا لها نالها

نورة

إهداء

اهدي ثمرة جهدي المتواضع

الى من وهبوني الحياة وامل و النشأة على شغف

الاطلاع و المعرفة و من علموني ان ارتقي سلم الحياة بحكمة و صبر

براء و احسانا, ووفاء لهما :والدي العزيز(ابراهيم) و والدتي العزيزة (وريدة)

الى من وهبني الله نعمة وجودهم في حياتي الى العقد المتين

من كانوا عوننا لي في رحلة بحثي :اخواني (محمد ,كريم) و اخواتي (نجاة, خديجة حياة)

الى من كاتفني و نحن نشق الطريق معا نحو النجاح في مسيرتنا العلمية

اصدقائي (فريال و نورة)

و اخيرا الى كل من ساندني و كان له دور من قريب او بعيد في اتمام هذه الدراسة

سائلة المولى ان يجزي الجميع خير الجزاء في الدنيا و الاخرة.

نجلاء

Dédicaces

À mes parents, Cherif et Zineb.

Pour votre soutien inconditionnel, votre patience infinie et vos sacrifices sans fin. Vous êtes mes piliers, mes inspirations et mes modèles de persévérance. Ce travail est le fruit de vos encouragements constants et de votre amour sans bornes.

À mes frères: Ayoub, Souhaib et sœurs: Chaima et darine

Pour les encouragements sincères et les rires partagés qui ont illuminé mes journées les plus sombres.

À mes amis proches, Pour votre amitié fidèle, vos mots d'encouragement et votre soutien indéfectible tout au long de ce parcours

À tous ceux qui ont croisé ma route pendant cette période,

Pour les rencontres enrichissantes, les collaborations fructueuses et les échanges stimulants qui ont marqué cette étape de ma vie. Vos contributions ont façonné ma vision du monde et ont enrichi mon expérience de l'apprentissage.

Enfin, à moi-même,

Pour avoir eu le courage de poursuivre mes rêves, la persévérance de surmonter les obstacles et la détermination de ne jamais abandonner. Ce Travail de Fin d'Études est le témoignage de mon engagement envers l'excellence et ma passion pour le savoir.

À tous ceux qui ont fait partie de ce voyage, je vous dédie ce Travail de Fin d'Études avec gratitude et reconnaissance.

Mohamed Zakaria

Dédicaces

À celle qui a mis le paradis sous ses pieds et m'a facilité l'adversité par ses prières. Au grand être humain qui a toujours voulu ouvrir les yeux pour me voir un jour comme celui-ci.

Chère maman«Hamama»

À celui dont le front était couvert de sueur et à celui qui m'a appris que le succès ne vient qu'avec patience et persévérance, à la lumière qui a éclairé mon chemin et à la lampe dont la lumière ne s'éteint jamais dans mon cœur, ainsi a commencé le substitut précieux et précieux, et c'est de lui que j'ai puisé ma force, mon orgueil et mes abîmes.

Mon cher père«khamis»

Que Dieu ait pitié de lui et le place dans de vastes jardins et fasse de sa tombe un jardin de paradis.

Au côté ferme et aux espérances de mes jours, aux moments où j'ai renforcé mon soutien à travers eux, et c'étaient des sources auxquelles je buvais, aux jours les meilleurs et les plus clairs de mes jours, jusqu'à la prunelle de mes yeux....

A mes chers frères

«Saif Al-Din, Musab, Muhammad Lamin, Ayham, Nawras. Abdul Hai»

À celui qui m'a donné de son temps et m'a honoré de sa grâce, en reconnaissance de sa gratitude et en reconnaissance de son droit

Il a été ma meilleure aide et mon meilleur soutien, mon professeur et mon inspiration, À un compagnon et ami de tous les jours, bons et mauvais, À celui qui a toujours été le premier à me soutenir et à m'encourager merci pour votre soutien continu mon cher mari, «Tayyab»

À tous ceux qui ont été une aide et un soutien sur ce chemin, aux amis fidèles et compagnons d'années qui ont traversé l'adversité et les crises, à ceux qui m'ont confié leurs sentiments et leurs conseils sincères, à vous ma famille, je dédie à vous cette réalisation et une date de réussite que j'ai toujours souhaité. Me voici aujourd'hui, complétant et complétant ses prémices grâce à Lui, Gloire à Lui pour ce qu'Il m'a donné et qu'Il me fasse. bienheureuse. Et pour m'aider partout où je suis. Celui qui dit : « Je suis à elle », alors je suis à elle. Si elle refuse, contre sa volonté, je lui apporte Dieu, remerciements, salutations et gratitude pour le début. et la fin, et leur dernière prière est que.....

Louange à Allah, Seigneur de l'univers

Iman

Liste des abréviations

Abréviation	Signification
ITPA	Institut Technologie des Pêches et de l'Aquaculture
FAO	Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agricultur
BBT	Bleu de bromothymol
PVC	Polychlorure de vinyle
NFT	Technique de culture sur film nutritif
DWC	Deep water culture (technique de culture en eau profonde)
T	Température
pH	Potentiel d'hydrogène
NH ₄ ⁺	Ammonium
NH ₃ ⁻	Nitrite
NH ₂ ⁻	Nitrate

Liste des tableaux

Tableau II.1. Limites de tolérance de tilapia.	15
Tableau II.2. Limites de tolérance de la laitue	16
Tableau IV.1 : Croissance de la laitue dans le système aquaponique et sol	54

Liste des figures

Figure I.1 : Système hydroponie	6
Figure I.2 :Système aquaculture (Parkinson, 2024).	7
Figure I.3 : Représentation schématique d'un cycle aquaponique (ITAVI, 2015).	8
Figure I.4 : La Technique du NFT	9
Figure I.5 : La Technique du radeau (DWC)	10
Figure I.6 : La Technique du Lits remplis de médias.	12
Figure I.7 : Tilapia du Nil (<i>Oreochromis Niloticus</i>) (FAO 2006)	14
Figure I.8 : la laitue <i>Lactuca sativa</i>	16
Figure I.9: Circulation d'eau dans système aquaponique.	18
Figure II.1 : I.T.P.A de Collo	19
Figure II.2 : Précipitations moyennes mensuelles	20
Figure II.3 : Températures moyennes mensuelles.	21
Figure II.4 : Humidités relatives moyennes mensuelles.	22
Figure II.5 : Vitesses du vent moyennes mensuelles.	22
Figure II.6 : Diagramme ombrothermique de Gaussen de Collo.	23
Figure II.7 : Diagramme d'Emberger de la région de Collo.	24
Figure II.8 : Les bassins : (A) eau aquacole et (B) eau de source ou témoin	25
Figure II.9 : Système de filtration	26
Figure II.10: Pompe submersible	27
Figure II.11: Système d'oxygénation de l'eau	27
Figure II.12: Système NFT	28
Figure II.13 : Cycle d'azote dans le système aquaponique	30
Figure II.14 : Nourrir et sélection les poissons	31
Figure II.15 : Plantation de la laitue	32
Figure II.16 : Le substrat	33
Figure II.17 : Transplantation de la laitue	33
Figure II.18 : Nettoyage du système d'aquaponie et du bassin témoin	34
Figure II.19 : Prélèvement des échantillons	35
Figure II.20 : Test de pH	36
Figure II.21 : Mesure de la teneur en oxygène dissous (OD)	36
Figure II.22 : Mesure de la teneur en CO ₂	37
Figure II.23: Dosage d'ammonium	38
Figure II.24: Dosage de nitrite.	38
Figure II.25 : Dosage de nitrate.	39
Figure III.1 : Variations de la température	41
Figure III.2 : Variations des pH	42
Figure III.3 : Variations des teneurs en ammoniac (NH ₃ ⁺)	43
Figure III.4 : Variations des teneurs en nitrites (NO ₂ ⁻)	44
Figure III.5 : Variations des teneurs en nitrates (NO ₃ ⁻)	45
Figure III.6 : Variations des teneurs en oxygène dissous (OD)	46
Figure III.7 : Variations des teneurs en dioxyde de carbone (CO ₂).	47

Figure III.8 : Evolution du poids des individus en fonction du temps.	48
Figure III.9 : Evolution de longueur totale des individus en fonction du temps.	49
Figure III.10 : Evolution de longueur standard des individus en fonction du temps.	50
Figure III.11 : Evolution de largeur des individus en fonction du temps.	51
Figure III.12 : Evolution de Poids des individus en fonction du nombre de plants.	53
Figure III.13 : Comparaison de la longueur des aacines de laitue cultivée en milieu aquaponique et en Sol.	55

Sommaire

Remerciements	
Dédicaces	
Liste des figures	
Liste des tableaux	

Introduction Générale	1
------------------------------	----------

Chapitre I: Généralités

1. Introduction	4
2. Système aquaponique	4
2.1. Historique	5
2.2. Composantes de l'aquaponie : l'hydroponie et l'aquaculture	5
2.2.1. Hydroponie	5
2.2.2. Aquaculture	6
3. Principe de l'aquaponie	7
4. Avantages de l'aquaponie	8
4.1. Avantages environnementaux	8
4.2. Avantages économiques	8
5. Les types d'un système aquaponique	9
5.1. La Technique du Film Nutritif (NFT)	9
5.2. La Technique du radeau (DWC)	10
5.3. La Technique des Lits remplis de médias	11
6. Les éléments constitutifs d'un système aquaponique	12
6.1. Poisson	13
6.2. Plante	15
6.3. Les bactéries	17
7. Circulation d'eau dans système aquaponique	17

Chapitre II: Matériel et méthodes

1. Introduction	19
2. Présentation du site de stage	19
3. Situation géographique	20
4. Contexte climatique	20
4.1. Précipitations	20
4.2. Température	21
4.3. L'humidité	21
4.4. Le vent	22
4.5. Diagramme Ombrothermique de Gaussen	23
4.6. Quotient pluviothermique d'Emberger	23
5. Conception du système d'aquaponie	25

5.1. La serre	25
5.2. Les bassins	25
5.3. Système de filtration	26
5.4. Système de pompage	27
5.5. Système d'oxygénation	27
5.6. Tuyau et support	27
6. Fonctionnement du système NFT	28
6.1. Cycle de l'azote ou cyclisation	29
6.2. Dimensionnement d'un système NFT	30
6.3. Estimation de la surface nécessaire pour la production de bactéries nitrifiantes	30
6.4. Choix du poisson	31
6.5. Choix de la culture	32
6.5.1. Sélection des substrats	33
6.5.2. Transplantation	33
7. Maintenance du système aquaponique et du bassin témoin	34
8. Protocoles expérimentaux	34
8.1. Les analyses physico-chimiques	35
8.1.1. Mesure de la température (T)	35
8.1.2. Mesure du potentiel d'hydrogène (pH)	36
8.1.3. Mesure de la teneur en oxygène dissous (OD)	36
8.1.4. Mesure de la teneur en dioxyde de carbone (CO ₂)	37
8.1.5. Mesure de la teneur en ammonium (NH ₃ ⁺)	37
8.1.6. Mesure de la teneur en nitrites (NO ₂ ⁻)	38
8.1.7. Mesure de la teneur en Nitrate (NO ₃ ⁻)	38

Chapitre III: Résultats et discussion

1. Introduction	40
2. Evaluation des facteurs abiotiques	40
2.1. Evaluation des effets de la température	40
2.2. Evaluation des effets du pH	41
2.3. Evaluation des effets de l'ammoniac (NH ₃ ⁺)	42
2.4. Evaluation des effets des nitrites (NO ₂ ⁻)	43
2.5. Evaluation des effets des nitrates (NO ₃ ⁻)	44
2.6. Evaluation des effets de l'oxygène dissous (OD)	44
2.7. Evaluation des effets de dioxyde de carbone (CO ₂)	46
3. Evaluation des facteurs biotiques	48
3.1. Le poisson (Tilapia)	48
3.1.1. Poids	48
3.1.2. Longueur Totale	49

3.1.3. Longueur Standard	50
3.1.4. Largeur	51
3.2. La culture (laitue)	52
3.2.1. Poids	52
3.2.2. la laitue dans deux systèmes différents	53
Conclusion	55
Conclusion Générale	56
Références bibliographiques	58

INTRODUCTION

L'insécurité alimentaire dans la région du Moyen-Orient et de l'Afrique du Nord représente un défi croissant, plus de 55 millions de personnes souffraient de malnutrition sur une population totale de 456,7 millions (Soliman & Belhaj, 2021). Au cours des 40 dernières années (depuis que des registres adéquats ont été tenus), le nombre de personnes affamées et malnutries dans le monde a oscillé entre 800 millions et 1,2 milliard de personnes (Hilhorst et al., 2011).

On craint également que la satisfaction de la demande mondiale de nourriture résultant de l'augmentation de la population et de l'évolution des préférences alimentaires ne dégrade davantage l'environnement à la fois par la destruction supplémentaire de la végétation indigène et par l'intensification accrue des zones cultivées (Tilman et al., 2001).

Le spectre du changement climatique, ainsi que d'autres changements environnementaux mondiaux tels que les changements dans la disponibilité de l'eau et la couverture terrestre (Gregory et al., 2002).

L'humanité est au début de sa troisième grande révolution culturelle et économique – la révolution de la durabilité – qui sera en grande partie achevée au XXI^e siècle (Lam et al., 2013).

Le resserrement des cycles des nutriments est potentiellement une approche durable pour la production alimentaire qui minimisera le gaspillage et les dommages aux écosystèmes (Delaide et al., 2017)

La production alimentaire aquaponique est une solution potentielle pour réduire les impacts environnementaux négatifs de la production alimentaire tels que l'eutrophisation et la consommation d'eau (Xie & Rosentrater, 2015).

L'aquaponie est un système agricole hors sol qui combine en synergie l'aquaculture et la culture hydroponique (Love et al., 2015).

Co-culture de poissons et de plantes aquatiques dans des systèmes fermés à recirculation (Rakocy et al., 2004).

INTRODUCTION

Historiquement, l'aquaponie s'inspire d'anciennes pratiques agricoles, telles que la rizipisciculture en Asie du Sud-Est ou encore les «Chinampas » (jardins flottants) des aztèques en Amérique du Sud. L'aquaponie moderne s'est développée aux USA dans les années 1970, au sein d'institutions à la recherche de pratiques agricoles plus durables (Gennotte & Noël, 2023).

L'Aquaponie est une spécialité récente en Afrique de façon générale et en Algérie en particulier, de sorte qu'il n'y a pas des travaux de recherche publiés dans ce domaine (l'Aquaponie), sauf pour certaines expériences dans des différents territoires (Faklou & Mekhloufi, 2020).

L'absence de l'aquaponie à grande échelle en Algérie est reliée au manque de formations et des de recherche sur l'aquaculture (5 sites de formation en aquaculture)(Chalabi, 2015).

Cette étude vise à explorer le rôle central de l'aquaponie dans la réalisation du développement durable en examinant son impact sur les dimensions environnementales, économiques et sociales.

En analysant les bénéfices environnementaux, économiques et sociaux de l'aquaponie, nous mettrons en lumière sa capacité à accroître l'efficacité de l'utilisation des ressources hydriques et à garantir la durabilité des ressources alimentaires.

De plus, nous examinerons les facteurs influençant le déploiement réussi des systèmes d'aquaponie, tout en identifiant les défis potentiels et en proposant des solutions.

Grâce à ces recherches, nous visons à guider les lecteurs vers une compréhension approfondie de l'importance de l'aquaponie dans la réalisation du développement durable et dans la promotion de la durabilité à l'échelle locale et mondiale.

En plus de ces objectifs, nous pouvons ajouter quelques objectifs dans une étude de développement ultérieure de la thèse, où nous visons à analyser et à développer la technologie et les systèmes de contrôle utilisés dans les systèmes d'aquaponie, y compris l'utilisation de capteurs intelligents et d'appareils automatisés pour surveiller et ajuster les paramètres du système tels que le niveau d'oxygène, le pH et la température.

INTRODUCTION

En analysant l'efficacité de ces technologies et en les améliorant, nous cherchons à améliorer la productivité, l'efficacité et à réduire les risques dans les systèmes d'aquaponie.

De plus, nous étudierons l'application de techniques de flux d'eau et de ventilation avancées pour assurer une distribution efficace des nutriments et de l'oxygène dans le système, et améliorer l'environnement de croissance pour les poissons et les plantes.

En atteignant ces objectifs technologiques et de contrôle, nous visons à renforcer la compréhension et l'application pratique des techniques d'aquaponie et à réaliser un développement durable dans ce domaine.

C'est dans cette optique que s'inscrit l'objectif de notre travail qui est scindé en quatre chapitres :

Nous commençons par une introduction générale qui englobe la problématique et les objectifs. Ensuite, le premier chapitre porte sur des généralités des systèmes aquaponiques, le deuxième est consacré au matériel et méthodes, le troisième présente les différents résultats et leurs discussions et on termine par une conclusion et quelques perspectives.

CHAPITRE 1 : GÉNÉRALITÉS

1. Introduction

Devant les enjeux environnementaux et l'augmentation de la demande alimentaire à l'échelle mondiale, l'aquaponie se présente comme une méthode novatrice pour la production de poissons et de plantes comestibles. **(Gennotte & Noël, 2023)**.

L'aquaponie est une combinaison de deux techniques de production différentes et complémentaires : la culture végétale hors-sol (hydroponie) et l'aquaculture (circuits recerclés). Chaque mode de production présente ses propres avantages et limites, et il est essentiel de bien appréhender leur fonctionnement afin de les combiner de manière optimale et harmonieuse. L'idée principale consiste à transformer les déchets d'un compartiment en une ressource pour le second, et à combiner les deux pour réduire la consommation d'intrants (eau et engrais) **(Foucard & Tocqueville, 2019)**.

2. Définition du système aquaponique

L'aquaponie est une méthode révolutionnaire de production qui combine l'élevage de poisson et la culture des plantes dans un environnement clos. Ce procédé est perçu comme étant entièrement respectueux de l'environnement. Les effluents des poissons sont utilisés comme engrais dans ce système vertueux pour nourrir les plantes, qui agissent à leur tour comme un filtre biologique. Selon Stalport et al. (2016), les nutriments essentiels à la croissance des plantes sont obtenus grâce à la transformation en éléments assimilables par les populations bactériennes des déchets produits par les macroorganismes aquatiques **(Stalport, 2017)**. C'est une méthode durable et respectueuse de l'environnement pour la production de nourriture. Ce système de production reproduit le fonctionnement des écosystèmes en simulant une chaîne trophique simplifiée, comprenant des producteurs primaires (les végétaux), des consommateurs (les poissons) et des recycleurs (les lombrics ou les larves d'insectes et les bactéries) **(Gooley & Gavine, 2003)**.

Aquaculture + Hydroponie = Aquaponie

2.1. Historique

Les premiers vestiges d'aquaponie domestique datent de 1500 ans, en Asie et en Amérique du Sud, sous des formes bien plus simples que celles utilisées aujourd'hui.

À cette époque, les Asiatiques avaient l'habitude d'élever leurs canards dans des cages au-dessus de leurs élevages de poissons, de sorte que les déchets des uns alimentent les autres. Ensuite, l'eau enrichie des bassins était utilisée pour l'irrigation des cultures de riz. Les Incas établissaient des étangs à poissons avec des îles cultivables au Pérou. Le climat est froid dans les hauts plateaux, avec des étés pluvieux et des hivers secs et gelés.

Les îlots de culture, remplis d'eau contenant des excréments d'oiseaux attirés par ce milieu artificiel, permettaient d'obtenir des rendements impossibles à obtenir ailleurs dans cette région (Jones, 2002).

L'aquaponie est un terme créé dans les années 1970, dont l'origine reste incertaine. Ce système est une combinaison de l'aquaculture (élevage des espèces aquacoles) et d'une des méthodes de l'agriculture non conventionnelle appelée hydroponie, qui permet de produire à la fois des poissons et des végétaux (Hamaidi & Ait Oudhia, 2019).

3. Composantes de l'Aquaponie

La technique de production agricole appelée aquaponie associe l'élevage en aquaculture à la culture en hydroponie. Selon la (FAO, 2014) ces deux systèmes sont les plus efficaces dans leurs domaines respectifs.

En les combinant, les déchets se transforment en éléments essentiels du processus suivant (Chapman et al., 2012).

La production agricole en aquaponie est une méthode qui associe l'élevage en aquaculture à la culture en hydroponie. Ces deux systèmes sont considérés comme les plus efficaces dans leurs secteurs respectifs (FAO, 2014).

3.1. Hydroponie

La culture hydroponique est une technique ancienne et couramment employée pour cultiver des tomates et des laitues, généralement dans des serres. La culture des plantes se fait directement dans une solution nutritive à base d'eau qui renferme tous les nutriments, minéraux et oligo-éléments nécessaires à leur croissance et à leur fructification (Wik et al., 2009).

L'hydroponie a commencé à se développer dans les zones arides pour faire face à la pénurie d'eau. On la considère également dans les régions où les sols sont pauvres comme une solution pour accroître la productivité en utilisant moins d'engrais (Joyce et al., 2019).

La circulation ou la percolation d'une solution nutritive permet de nourrir les plantes en leur apportant de l'eau et des minéraux nécessaires à leur croissance, tout cela dans des conditions de pH et de conductivité régulées et contrôlées. (Foucard & Tocqueville, 2019).

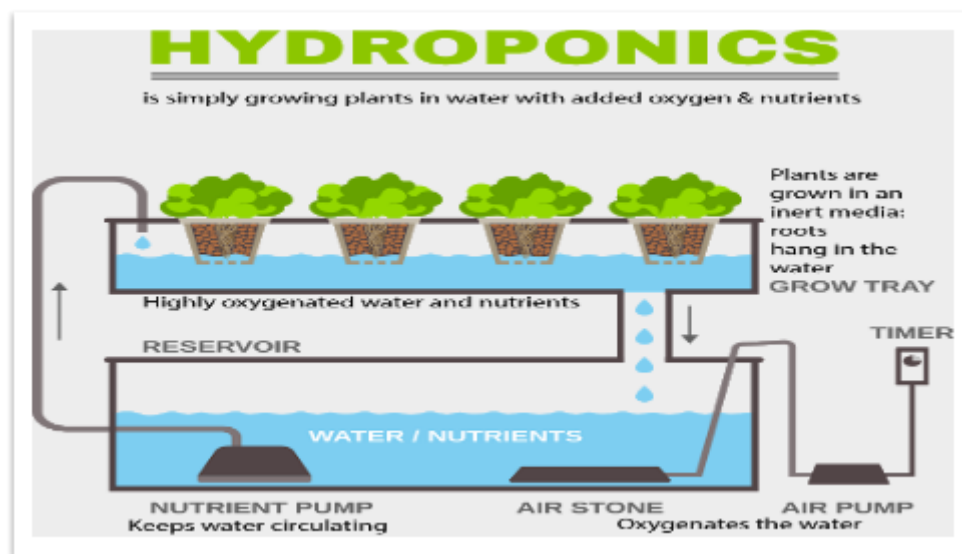


Figure I.1. Système hydroponie

3.2. Aquaculture

L'aquaculture est une agriculture qui comprend la diffusion, la culture et la vente d'animaux et de plantes aquaponiques, tels que les poissons pour l'alimentation (poisson-chat, tilapia, truite), les poissons d'ornement (carpes koi et aquariums), les poissons-appâts pour la pêche, les poissons de sport pour le repeuplement des étangs et des lacs et les poissons pour les ingrédients alimentaires (Nelson & Pade, 2008).

En principe, les systèmes d'aquaculture en circuit "recyclé" sont différents des systèmes d'aquaculture traditionnels en circuit ou en milieu "ouvert". Dans les systèmes traditionnels de pisciculture en eau douce, comme l'élevage de truites, l'eau est régulièrement renouvelée dans les bassins afin de garantir une qualité d'eau optimale pour les poissons d'élevage, une oxygénation optimale et l'élimination des particules solides en suspension ainsi que de certaines molécules dissoutes (ammoniaque, nitrate, orthophosphates) grâce à une méthode appelée "dilution" (Klinger & Naylor, 2012).



Figure I.2 :Système aquaculture (Parkinson, 2024).

4. Principe de l'aquaponie

Le concept fondamental de l'aquaponie consiste à exploiter les services et les ressources communs entre l'aquaculture et la production végétale. Ainsi, l'habitat aquaponique, qui repose sur la recirculation de l'eau, regroupe trois types d'organismes : les poissons, les bactéries et les plantes. Il est donc nécessaire que les paramètres physico-chimiques du système aquaponique répondent aux besoins de tous ces organismes en même temps (**Lennard & Goddek, 2019**).

L'aquaponie peut être définie comme un ensemble de compartiments aquacoles (le plus souvent avec un élevage de poissons en système recerclé), végétaux (hors-sol) et bactériens (filtre biologique), le tout en circuit fermé ou quasi fermé (Fig. 04).

Grâce à l'aquaponie, les compartiments bactériens et végétaux profitent des rejets aquacoles, ce qui réduit la dépendance à un approvisionnement en eau, tout en réduisant totalement ou partiellement l'utilisation d'engrais de synthèse pour la production végétale (**Foucard & Tocqueville, 2019**).

L'aquaponie est une option privilégiée en raison de son efficacité et de sa durabilité de production. Cependant, il est possible de compléter les nutriments des effluents de l'eau des poissons avec une solution de nutriments pour favoriser la croissance des végétaux (**Goddek et al., 2019**).

En effet, il arrive fréquemment que les effluents d'élevage de poissons soient dépourvus de phosphore, de magnésium, de fer, de manganèse et de soufre (**Delaide et al., 2019**).

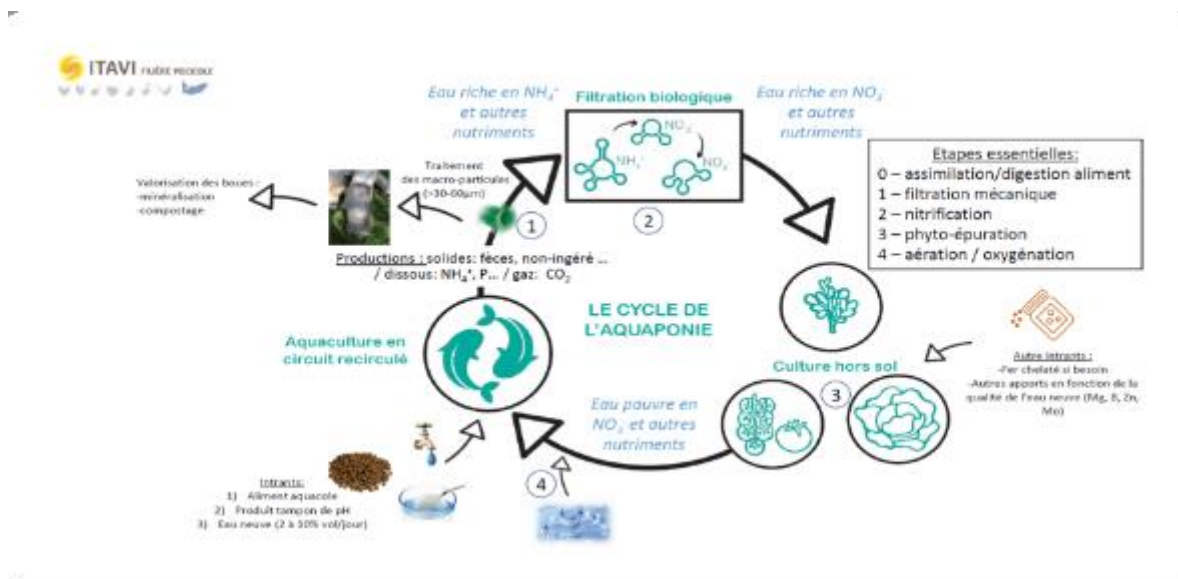


Figure I.3: Représentation schématique d'un cycle aquaponique (ITAVI, 2015).

5. Les avantages de la Aquaponie

5.1. Avantages environnementaux

Selon la fédération française d'aquaponie (2019) ; Voici plein de bonnes raisons pour cultiver avec l'aquaponie :

- Rendements fantastiques de cultures mixtes.
- L'aquaponie est un processus totalement naturel.
- Des produits savoureux.
- Élever les poissons d'ornement ou comestibles.

5.2. Avantages économiques

- Une utilisation efficace de l'espace.
- Systèmes aquaponique adaptés à une grande variété de besoins et de situations.
- Peu d'entretien, parfait pour la vie trépidante.
- Ce système offre également un excellent tamponnage de l'eau, des nutriments et présente peu de risques de production.

6. Les types d'un système aquaponique

L'industrie aquaponique a développé trois méthodes principales : le film nutritif, le radeau et le système de lits remplis de médias. Chacune de ces techniques repose sur un système hydroponique, avec des modifications pour le poisson et la filtration (**Bouhenni & Chabani, 2018**).

6.1. La Technique du Film Nutritif (NFT)

Dans les systèmes aquaponiques, la technique du film nutritif est une méthode hydroponique fréquemment employée, où les plantes sont cultivées dans des canaux longs et étroits (**Bouhenni & Chabani, 2018**).

en utilisant des filtres, puis en atterrissant sur des gouttières légèrement inclinées, les plantes en pot sont placées dans un substrat inerte, ce qui leur permet de capter les nutriments nécessaires à leur croissance. Par la suite, cette eau est réintroduite dans le bassin des poissons. La pente présente une inclinaison de 1 à 3 %, ce qui permet à un film d'eau très fin de s'écouler vers le bas de chaque canal des gouttières (**Harlaut, 2016**).



Figure I.4 : La Technique du Film Nutritif (NFT)

- ❖ Les principaux avantages et inconvénients
 - Les avantages :
 - ✓ Forte économie en eau (fin film d'eau).
 - ✓ Irrigation et oxygénation homogène dans le temps.
 - ✓ Facile à mettre en place.

- Les inconvénients :
 - ✓ Faibles volumes d'eau, donc risques de fluctuations de PH et de température importantes.
 - ✓ Les plantes situées en bout de circuit peuvent avoir des carences en oxygène et en nutriments.
 - ✓ Nécessité d'ajouter des filtres (mécanique et biologique).
 - ✓ Circuits hydrauliques fins (risques de colmatage).
 - ✓ Espèces de plantes cultivables limitées.

6.2. La Technique du radeau (DWC)

Cette technique de culture, également connue sous le nom de culture sur radeau, utilise une plateforme flottante ou suspendue équipée de trous pour soutenir les plantes et permettre à leurs racines de s'immerger dans l'eau. En général, on utilise des isolants en polystyrène comme radier et des pots en plastique pour soutenir les plantes (Pattillo, 2017).

Il s'agit d'une méthode qui opère en continu avec un niveau d'eau constant. L'irrigation des racines des plantes est effectuée en permanence dans une eau oxygénée parfaitement à l'aide d'un bulleur. Les racines se développent et s'enfoncent entièrement dans l'eau, de nombreuses personnes estiment qu'il est nécessaire de placer les poissons dans l'eau sous les rafts.

Cette idée est erronée. Effectivement, les poissons libèrent de l'ammoniaque (NH_4^+) qui est nocif pour eux ainsi que pour les plantes (Harlaut, 2016).



Figure I.5 : La Technique du radeau (DWC)

- ❖ Les principaux avantages et inconvénients
 - Les avantages :
 - ✓ Grands volumes d'eau ; bon pour le maintien des paramètres physico-chimiques
 - ✓ et pour l'accumulation de nutriments dans l'eau.
 - ✓ Stabilité des paramètres physico-chimiques de l'eau.
 - ✓ Planification de production et logistique facile à mettre en place avec échelonnages des cultures.
 - ✓ Matériaux de culture « lowcost ».
 - ✓ Récolte aisée et rendements élevés.
 - Les inconvénients :
 - ✓ Mise au point du système assez long
 - ✓ Espèces de plantes cultivables limitées.
 - ✓ Consommations potentiellement d'avantage d'eau qu'en technique NFT et médias.
 - ✓ Nécessité d'ajouter des filtres (mécanique et biologique).
 - ✓ Besoins de tester des matériaux plus écologiques que le styrodur.

6. La Technique du Lits remplis de médias

La forme la plus basique de l'aquaponie est un lit rempli de médias. Un réservoir ou un conteneur contenant du gravier, de la perlite ou d'un autre support est utilisé par le système pour accueillir le lit de la plante (Bouhenni & Chabani, 2018).

Ces modèles offrent une efficacité spatiale, un coût initial relativement bas pour les petites unités et sont adaptés aux débutants en raison de leur simplicité. Le principal avantage des lits de culture est qu'ils sont utilisés pour soutenir les racines des plantes et à la fois comme filtre mécanique et biologique (Pattillo, 2017).

Un autre atout majeur réside dans la capacité de recycler des matériaux pour sa construction. La principale raison pour laquelle les unités de lit multimédia sont les plus simples est cette double fonction. Toutefois, à l'échelle mondiale, le prix est plutôt élevé avec une part importante du média. Une autre répercussion est l'accumulation de déchets solides provenant des bacs de poisson (Love et al., 2015).



Figure I.7 : La Technique du Lits remplis de médias.

❖ Les principaux avantages et inconvénients

➤ Les avantages :

- ✓ Agit en filtre mécanique et biologique.
- ✓ Les médias servent de support pour les plantes.
- ✓ Choix de plantes à cultiver plus large.
- ✓ Forte économie en eau.
- ✓ Récolte aisée et rendements élevés.

➤ Les inconvénients :

- ✓ Les plantes situées en bout de circuit peuvent avoir des carences en oxygène et en nutriments.
- ✓ Risques de formation de zones anaérobies.
- ✓ Irrigation et oxygénation homogène.
- ✓ Surcoût lié au transport des médias (gros volumes, poids important).
- ✓ Les plantes situées en bout de circuit peuvent avoir des carences en oxygène et en nutriments.

7. Les éléments constitutifs d'un système aquaponique

L'aquaponie est la fusion de deux termes : l'aquaculture, qui se réfère à l'élevage des poissons, et l'hydroponie, qui se réfère à la culture des plantes à l'aide d'eau enrichie en matière minérale, mais pour une meilleure compréhension. Il est essentiel de saisir le principe de la nitrification (cycle d'azote) dans l'aquaponie. Les bactéries nitrifiantes présentes dans l'eau ont la capacité

de convertir l'ammonium en nitrites puis en nitrates. Cette eau chargée en nitrates sert à l'arrosage des plantes, tandis que l'eau déchargée en nitrates et donc épurée retourne dans les bassins à poisson. Elle est également oxygénée grâce aux plantes, ce qui assure une boucle fermée. Il s'agit d'un système d'échange efficace entre les poissons et les plantes les bactéries(Bersier, 2017).

7.1. Poisson

Les poissons jouent un rôle essentiel dans le fonctionnement du système aquaponique en fournissant les nutriments nécessaires aux plantes. Il existe de nombreuses espèces de poissons différentes qui peuvent être utilisées dans ce système (Harlaut, 2016).

- Selon AFO 2014, il est nécessaire de prendre en considération les critères suivants pour les espèces de poissons utilisables en pisciculture :
- Posséder une chair appréciée par les consommateurs.
- Être rustique et pratique à manipuler (Sohou et al., 2009).
- Avoir la capacité de se reproduire aisément en captivité.
- La reproduction peut être spontanée dans les étangs ou induite dans les stations d'alevinage à l'aide de différentes méthodes.
- Avoir une croissance rapide grâce à une alimentation abordable.

➤ Choix du poisson

Le choix du tilapia dans les systèmes aquaponiques est fréquent en raison de ses nombreuses qualités. En premier lieu, ce poisson est extrêmement résistant et très tolérant aux variations de la qualité de l'eau. De plus, il grandit rapidement et peut être commercialisé en six à huit mois, ce qui rend la production continue plus facile. Sa consommation d'aliments est également variée, incluant les déchets végétaux produits dans le système aquaponique.

Enfin, la chair douce et savoureuse du tilapia en fait un choix populaire à la fois pour la consommation personnelle et pour la vente sur les marchés locaux. Le tilapia est une espèce de poisson spécialement adaptée à l'aquaponie, grâce à sa résistance et à son caractère robuste.

➤ Historique

Le mot Tilapia est originaire d'Afrique, il est dérivé du mot "thiape" qui signifie poisson. On l'emploie également pour désigner un groupe de poissons de la famille des cichlidés élevés pour le commerce. Connue sous le nom de tilapia du Nil (*Oreochromis niloticus*), qui est aujourd'hui cultivé dans plus de 120 pays à travers le monde (Wang et al., 2023). Selon Chapman (2003), l'élevage des tilapias remonte à plus de 2500 ans.

Dans la deuxième moitié du 20^{ème} siècle, il a été introduit dans différentes régions du globe : tropicales, subtropicales et tempérées (Lazard, 1990). Elle est relativement récente en Algérie, les premières expériences d'aquaculture ont été réalisées au cours de la dernière décennie.

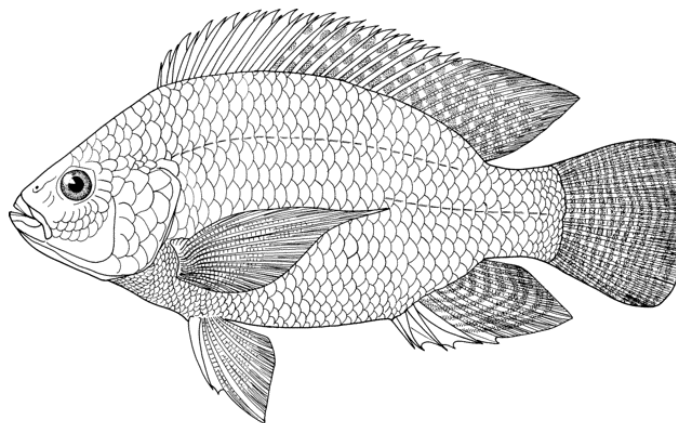


Figure I.7 : Tilapia du Nil (*Oreochromis Niloticus*) (FAO 2006)

➤ Classification de tilapia

Règne : Animalia

Super Ordre : Téléostéens

Embranchement : Chordata

Ordre : Perciformes

Sous-Embranchement : Vertebra

Sous-ordre : Labroidie

Super-Classe : Ostéichtyens

Famille : Cichlidae

Classe : Actinopterygii

Genre : *Oreochromis*

Sous-classe: Neopterygii

➤ Exigences du tilapia

Tableau II.1. Limites de tolérance de tilapia.

Température (°C)	6,7-42	Arrignon, J., (1996)
Oxygene dissous (mg/liter)	0,1	Arrignon, J., (1996)
	02-04	Arrignon, J., (1996)
	>5	Arrignon, J., (1996)
Salinite (%)	<29	Arrignon, J., (1996)
	12,5	Arrignon, J., (1996)
pH	05-11	Arrignon, J., (1996)
	07-08	Arrignon, J., (1996)
Alcalinité (mg/l de CaCO3)	<175	Huet, 1970
Turbidité (NTU) FTU	/	Okorie ,1975
NH3-N (mg/l)	<2,3	Balarin,et Haller ,1979
	<0,5	Balarin,et Haller ,1982
NO2-N (mg/l)	<2,1	Balarin,et Haller ,1982

7.2. Plante

La production principale d'un système aquaponique de petite taille est constituée de plantes. On peut cultiver de nombreuses espèces de plantes dans un système aquaponique. Il est plus iautres salades, les choux chinois, les blettes, les épinards, les brocolis, ainsi que les herbes aromatiques telles que la ciboulette, le basilic, le cresson, la menthe et la roquette (Diver, 2006).

➤ Choix de plante

La culture *lactuca sativa L* a été sélectionnée car elle est très recherchée et notre région offre les conditions idéales pour sa croissance et son développement, en particulier en raison de sa forte demande en nitrate disponible dans notre région. La laitue est une petite salade à feuilles tendres, dentelées ou frisées, appelée *Lactuca sativa L*. Il s'agit d'une plante potagère très appréciée à travers le monde et la plus célèbre, avec une production annuelle de plus de 21 millions de tonnes cultivées(Plamondon-Duchesneau, 2011).

Selon(Ramirez, 2015), ce légume occupe la deuxième place parmi les cinq légumes les plus consommés au Canada. De nos jours, la laitue occupe une place prépondérante parmi les espèces cultivées aux États-Unis(Subbarao et al., 1997).



Figure I.8 : la laitue *Lactuca sativa L*

➤ **Classification de la laitue**

Règne : Plantae

Division : Magnoliophyta

Classe : Magnoliopsida

Ordre : Asterales

Famille : Asteraceae

Espèce : *Lactuca sativa L*

➤ **Exigences de la laitue**

Tableau I.2. Limites de tolérance de la laitue

Paramètre	Limite
Température (°C)	18–30
pH	5.5–7.5.
Ammoniac (mg/l)	<30
DO (mg/l)	> 3
Nitrites (mg/l)	<1
Nitrates (mg/l)	Entre 5 et 150 mg/litre

7.3. Les bactéries

Les bactéries ont un rôle essentiel dans cette procédure. Elles métamorphosent l'ammoniaque, un élément essentiel des déchets de poisson, en nitrate, une forme plus facile d'azote pour les plantes, ce qui prévient la toxicité de l'eau pour les poissons (cette métamorphose de l'ammoniaque en nitrate est appelée nitrification). Chaque unité aquaponique doit posséder un dispositif de filtration biologique afin d'accueillir les bactéries, qui convertissent en permanence l'ammoniaque en nitrate (Union européenne, 2014).

Il est essentiel que les bactéries nitrifiantes puissent coloniser des supports ou des substrats afin de favoriser leur développement optimal (gravier, sable, médias synthétiques, bouchants, etc.). Dans des conditions idéales de température (20- 25 °C) et de pH (7 à 9, idéalement 8), *Nitrosomonas* peut augmenter sa population de manière exponentielle toutes les 7 heures, tandis que *Nitrobacter* peut augmenter sa population toutes les 13 heures. La variation du temps de génération entraîne une augmentation des nitrites NO₂ lors de la mise en marche du Biofiltre (Foucard et al., 2018).

Gestion de l'eau En milieu aquaponique, la qualité physique et chimique de l'eau qui relie les sous-systèmes est influencée par divers paramètres. La littérature a examiné et documenté leur impact sur le rythme des processus biogéochimiques de l'Aquaponie. Le pH, la conductivité électrique, l'oxygène dissous, la température de l'eau et l'alcalinité de l'eau sont des paramètres physico-chimiques couramment utilisés dans la plupart des systèmes Aquaponique (Somerville et al., 2014).

8. Circulation d'eau dans système aquaponique

Système aquaponique : gestion de l'eau En milieu aquaponique, la qualité physique et chimique de l'eau qui relie les sous-systèmes est influencée par divers paramètres. La littérature a examiné et documenté leur impact sur le rythme des processus biogéochimiques de l'Aquaponie. Le pH, la conductivité électrique, l'oxygène dissous, la température de l'eau et l'alcalinité de l'eau sont des paramètres physico-chimiques couramment utilisés dans la plupart des systèmes Aquaponique (Somerville et al., 2014).

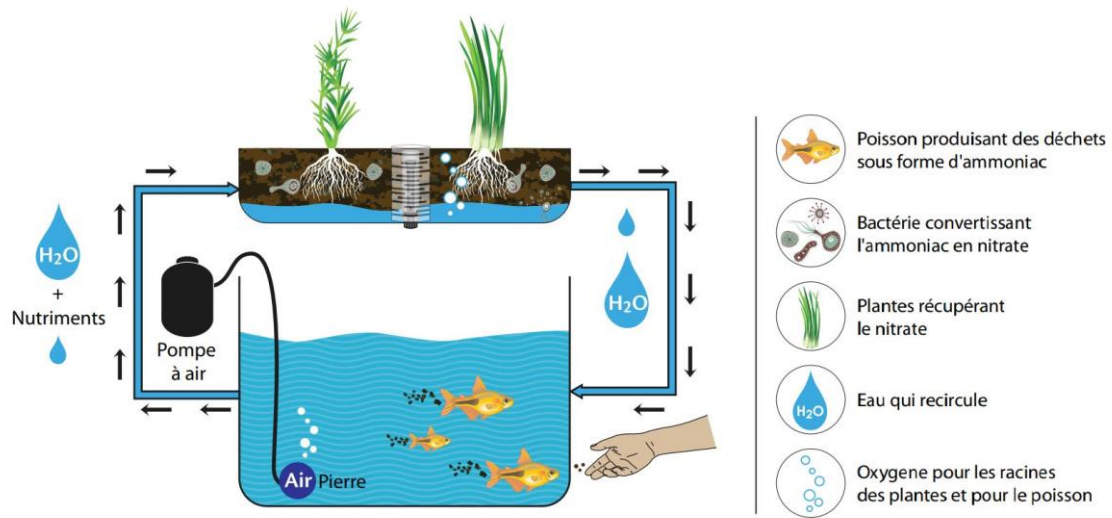


Figure I.9: Circulation d'eau dans système aquaponique.

CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES

III. Matériel et méthodes

1. Introduction

Cette partie vise à optimiser la symbiose existante entre l'aquaculture et l'hydroponie en définissant des méthodes reproductibles pour évaluer, ajuster et améliorer les performances du système, offrent une approche durable à la production alimentaire en utilisant des synergies naturelles entre les poissons, les plantes et les micro-organismes.

2. Présentation du site de stage

Nous avons effectué notre stage à l'institut de Technologie des Pêches et de l'Aquaculture de Collo dans la wilaya de Skikda. Il s'agit d'un établissement public administratif qui possède la personnalité morale et l'indépendance financière. Le décret exécutif n°05-179 du 17 mai 2005 transforme l'École de formation technique de pêcheurs à Collo (E.F.T.P de Collo) en Institut Technologie des Pêches et de l'Aquaculture (I.T.P.A de Collo), ainsi que le décret exécutif n° 07-22 du 25 janvier 2007 (J.O n°07-2007).



Figure II .1: I.T.P.A de Collo

3. Situation géographique

Située à 60 km du chef-lieu par le chemin des crêtes, Collo est une daïra de la wilaya de Skikda, à 108 km de Constantine par le col des Oliviers et à 460 km d'Alger par Constantine et Sétif. Sa superficie totale est de 228,28 km². Elle est bordée par la mer Méditerranée au nord, par Cheraïa au sud, par la Kerkerà à l'est et par Cheraïa à l'ouest.

4. Contexte climatique

Il est essentiel d'avoir une connaissance précise des divers paramètres qui caractérisent le climat de la zone à étudier, car ils nous permettent de mieux comprendre les contraintes naturelles qui pourraient entraver le développement de l'agriculture.

Nous avons utilisé des relevés climatiques de précipitations, de températures minimales et maximales, d'humidité relative, de vent et de durée d'insolation provenant de la station météorologique de Collo, sur une période de 1979 à 2013.

4.1. Précipitations

Toute étude climatologique nécessite une analyse de précipitation, car la pluie est évidemment le facteur essentiel des régimes hydrologiques. Elle constitue le facteur principal des débits des cours d'eaux et conditionne l'écoulement saisonnier. Elles sont provoquées par un changement de température ou de pression (Musy, 2005).

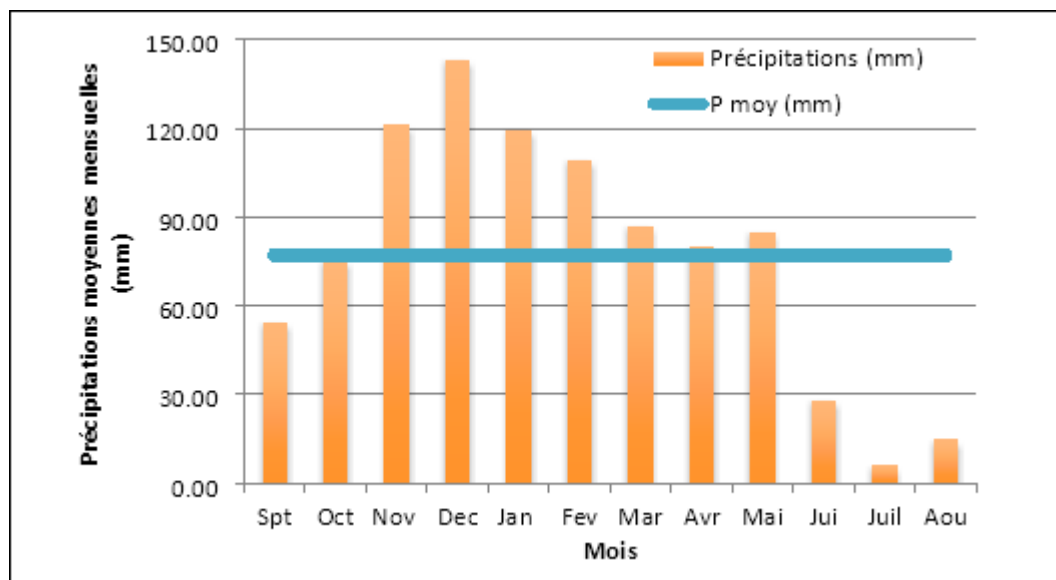


Figure II.2: Précipitations moyennes mensuelles

Selon la figure 11, les précipitations mensuelles moyennes connaissent des variations dans les hauteurs d'eau par rapport à la moyenne de 77,71 mm. Le premier record a été atteint en décembre avec 143.28 mm, tandis que le second record a été atteint en novembre avec 121.33 mm. Le mois de janvier a obtenu la troisième place avec une hauteur de 119.66 mm. En revanche, le mois de juillet est le plus sec, avec une moyenne mensuelle de pluviométrie de 6,35 mm.

4.2. Température

La température est un facteur très important car elle influe sur les autres facteurs météorologiques et biologiques.

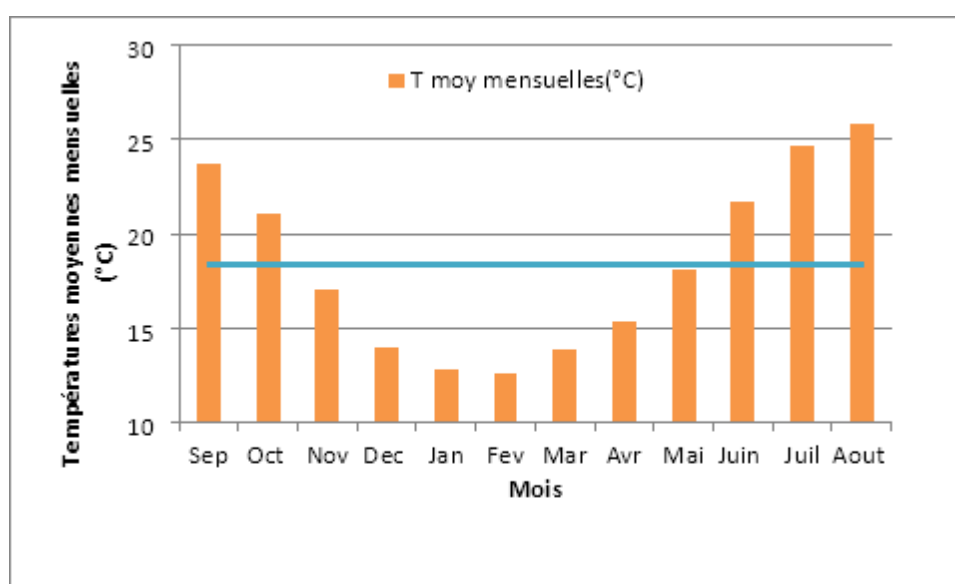


Figure II .3 : Températures moyennes mensuelles.

La moyenne annuelle de température est de 18,39 °C. Les mois de février et de janvier sont les plus froids, avec des températures mensuelles moyennes de 12,6 °C et 12,8 °C respectivement. Alors que la plus haute température a été de 25,8 °C enregistrée en août.

4.3. L'humidité

L'humidité joue un rôle essentiel dans l'évaporation. Les conditions de développement de la végétation sont influencées par cela, ce qui a un impact sur la nature de l'écoulement de surface. (Eliard, 1987).

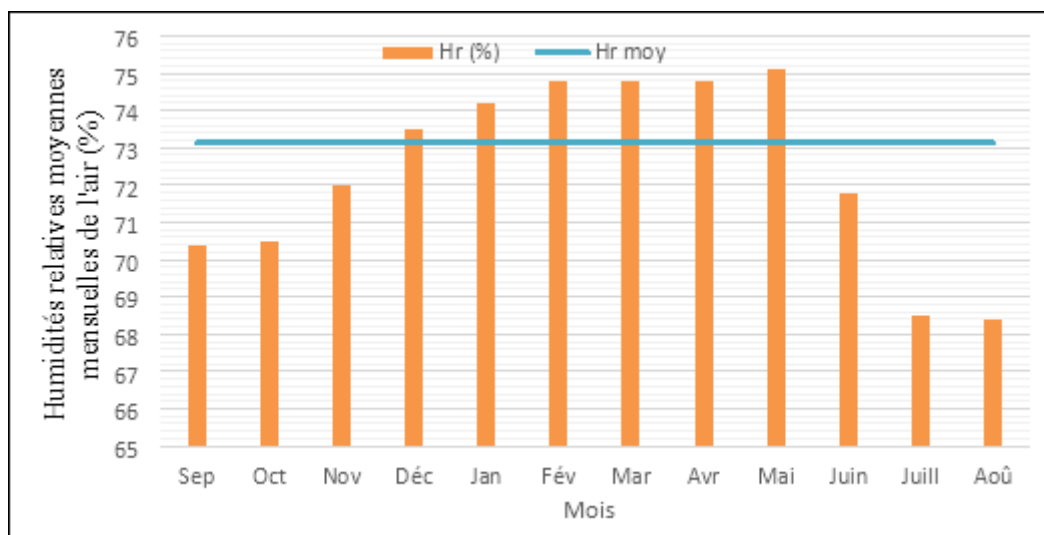


Figure II .4 : Humidités relatives moyennes mensuelles.

Le mois de mai est marqué par une humidité relative moyenne maximale de 75,1%, tandis que le mois d'août est marqué par une humidité relative moyenne de 68,4%.

4.4. Le vent

L'existence de hautes et de basses pressions est l'origine du vent, on le caractérise par sa direction et la vitesse de sa composante horizontale (Vilain, 1987). Le vent est l'un des éléments les plus caractéristiques du climat, il influe sur l'agriculture de façon directe et non négligeable (Parceveaux, 1990). Lorsque le vent est fréquent et sa vitesse est élevée, il influe beaucoup sur la demande climatique en eau et accroît considérablement les besoins des cultures (Vilain, 1987).

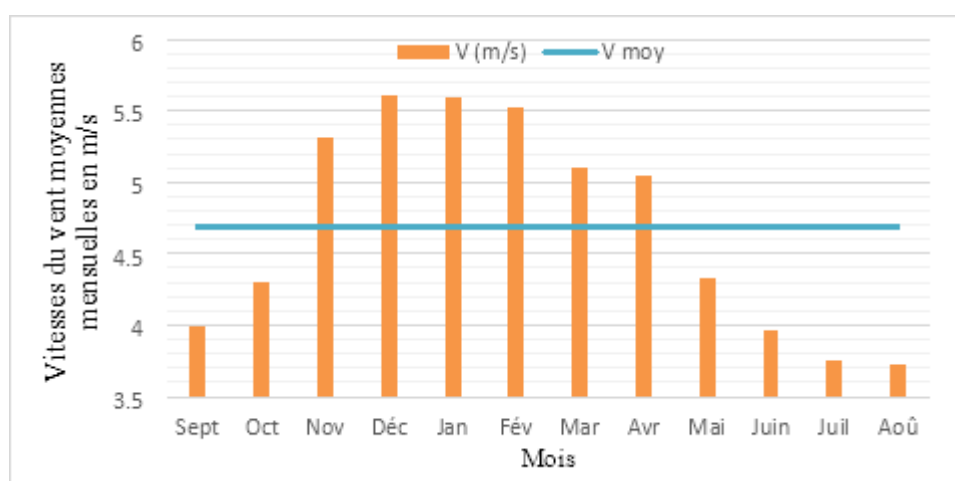


Figure II .5 : Vitesses du vent moyennes mensuelles.

La vitesse maximale est observée en décembre et janvier avec une vitesse de 5,5 m/s, tandis que la vitesse moyenne mensuelle minimale est observée successivement en juillet et août avec une vitesse de 3.76 m/s et une vitesse de 3.72 m/s.

4.5. Diagramme Ombrothermique de Gaussen

Le diagramme ombrothermique de Gaussen et Bagnouls est une représentation graphique des périodes sèches et humides de l'année, avec les mois en abscisses et les précipitations (P) et les températures (T) en ordonnées, avec $P=2T$.

Le diagramme ombrothermique de la région de Collo est présenté dans la figure 16, qui est établi à partir des données mensuelles de pluviométrie et de température moyennes sur une période d'observation de 34 ans.

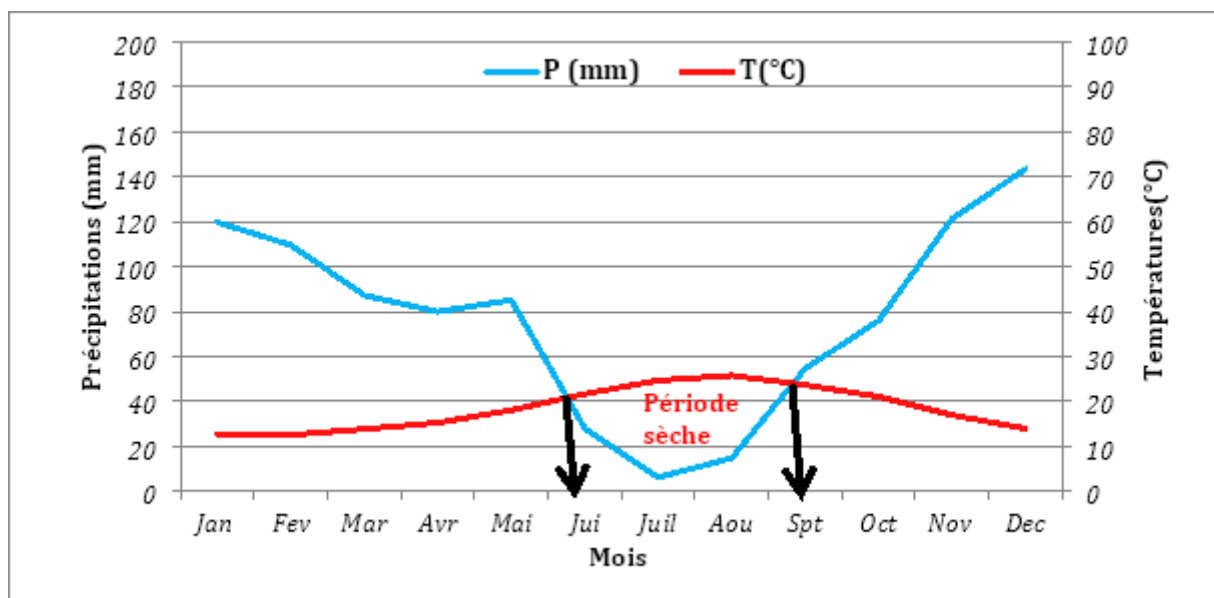


Figure II .6 : Diagramme ombrothermique de Gaussen de Collo.

Les mois secs débutent du début juin jusqu'à la mi-septembre, ce qui correspond à la période sèche où l'évapotranspiration atteint sa plus grande valeur, ce qui a un impact sur le bilan hydrique. Alors que la période humide s'étend de la mi-septembre au début du mois de juin.

4.6. Quotient pluviothermique d'Emberger

Il convient spécifiquement aux régions méditerranéennes où il permet de distinguer divers niveaux bioclimatiques. Dans ces zones, Emberger a constaté que l'amplitude thermique ($M - m$) joue un rôle essentiel dans la distribution des plantes. En effet, l'indice d'Emberger tient compte des précipitations annuelles P, de la moyenne des températures maximales du mois

le plus chaud (M en °C) et de la moyenne des températures minimales du mois le plus froid (m en °C) (**Emberger, 1955**).

L'indice d'Emberger Q_2 est donné par la formule suivante :

$$Q_2 = \frac{2000 \times P}{M^2 - m^2}$$

Avec :

P : Précipitations annuelles (Cumul des précipitations moyenne mensuelles) en mm.

M : Température maximale du mois le plus chaud (T+273°K).

m : Température minimale du mois le plus froid (T+273°K).

L'indice d'Emberger, calculé à 188,57 pour la région de Collo, permet de déterminer l'étage bioclimatique de cette région. Selon l'échelle d'Emberger, un indice de 188,57 correspond généralement à un climat de type méditerranéen humide. Dans ce type de climat, les hivers sont doux à modérément froids et humides, tandis que les étés sont secs et chauds. Cette classification place la région de Collo dans l'étage bioclimatique subhumide à humide.

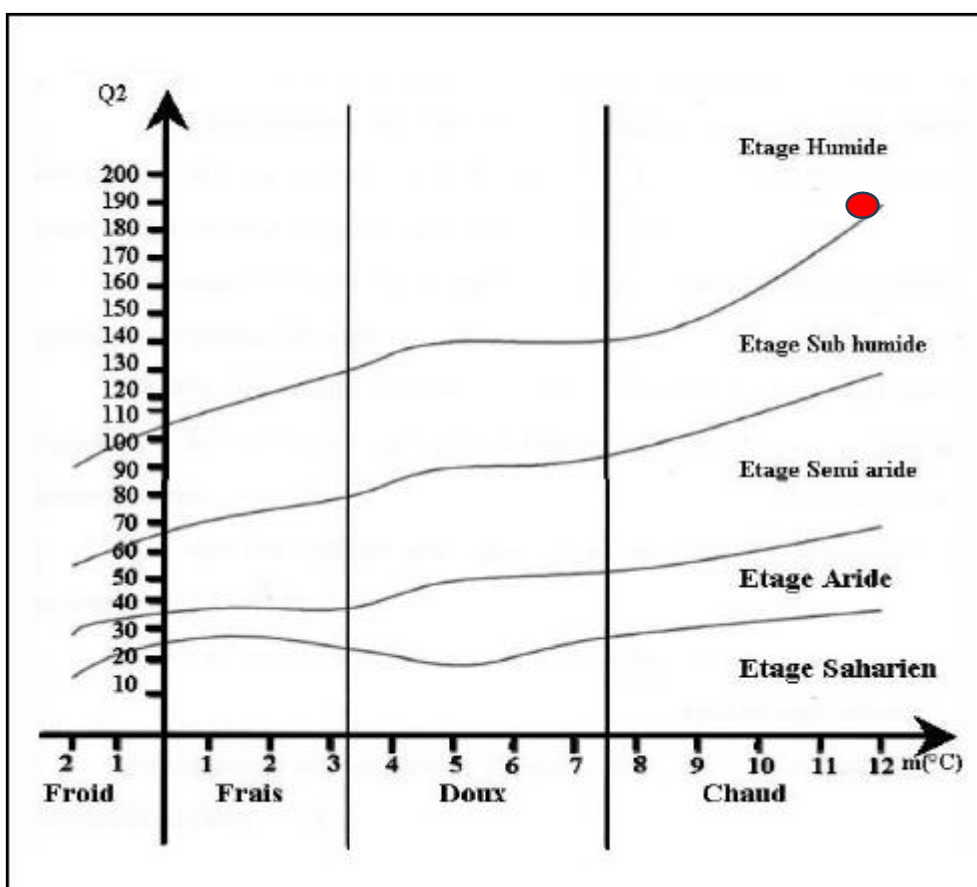


Figure II.7 Diagramme d'Emberger de la région de Collo.

5. Conception du système d'aquaponie

Pour la mise en place du système aquaponique NFT (Nutrient Film Technique) sous serre, nous avons utilisé une série de composants spécifiques et suivi des protocoles rigoureux pour assurer l'efficacité et la viabilité de l'expérience. Le matériel principal comprenait :

5.1. La serre

La serre offre un environnement contrôlé afin de favoriser la croissance des plantes en offrant des conditions idéales telles que la lumière, la température et l'humidité. Elle est une méthode efficace pour cultiver différentes plantes tout au long de l'année, en les préservant des conditions météorologiques et des insectes nuisibles. En outre, cela offre la possibilité d'étendre la période de croissance, d'améliorer les rendements et d'assurer une production de haute qualité.

5.2. Les bassins

Les bassins jouent un rôle essentiel dans notre système et jouent un rôle essentiel dans le développement de nos poissons et de nos plantes. Dans notre cas, nous avons installé deux bassins de forme carrée de 1 m³ de volume pour chacun, un pour l'aquaponie (A) et l'autre comme témoin (B) dont il contient de l'eau de source.



Figure II.8: Les bassins : (A) eau aquacole et (B) eau de source ou témoin

5.3. Système de filtration

Les filtres dans le système aquaponique sont nombreux, et chaque filtre présente ses propres avantages et inconvénients. Nous avons employé un filtre auto-fonctionnel dans notre système afin de préserver les filtres mécaniques et biologiques. Nous l'avons sélectionné en raison de sa capacité de filtration exceptionnelle. Une fois installé, le filtre auto-fonctionnel garantit une filtration continue et autonome, sans nécessiter d'intervention humaine. Il agit comme une protection efficace contre les déchets, préservant ainsi la qualité de l'eau en éliminant les substances indésirables, tout en favorisant la prolifération des bactéries bénéfiques pour la santé globale du système aquaponique. En raison de sa capacité à offrir une filtration mécanique et biologique en une seule unité, il constitue une option pratique et performante pour notre système. Dans ce système de filtration, les déchets sont d'abord capturés de manière mécanique, puis les bactéries bénéfiques présentes dans le filtre biologique décomposent les déchets organiques en substances moins toxiques pour les poissons et les plantes. En éliminant les déchets et en favorisant la croissance des bactéries nécessaires, ce processus maintient un équilibre sain dans le système.



Figure II .9 : Système de filtration

5.4. Système de pompage

Des pompes submersibles (eau douce) sont installées sur une surface proche des installations de biofiltration et de tuyauterie, avec une puissance de 750 W. Son rôle est de répartir 80 % de l'eau vers les bassins de poissons et les 20 % restants vers les conduites.

5.5. Système d'oxygénation

Pour oxygéner l'eau des bassins d'élevage, on utilise un dispositif de diffusion d'oxygène. La puissance de cette unité est de 100 W et elle est placée sur une surface proche des appareils de filtration et de tuyauterie. Son objectif est de garantir une distribution optimale de l'oxygène dans l'eau, ce qui favorise la santé et la croissance des poissons.



Figure II.10: Pompe submersible de l'eau



Figure II.11: Système d'oxygénation

5.6. Tuyaux et supports

Dans le système aquaponique NFT, nous avons installé des tuyaux en PVC d'un diamètre de 110 mm et d'une longueur de 2,25 m, inclinés à 1 % afin de faciliter le drainage de l'eau. Entre chaque cercle de culture dans le tube, une distance de 30 cm a été conservée pour garantir une distribution homogène de l'eau et des nutriments. Avec 7 cercles de culture dans chaque tube, il est possible de cultiver un grand nombre de plantes dans un espace limité. Ce système a été élaboré dans le but de créer un environnement idéal pour la croissance des plantes.

Le support en acier est placé à une hauteur confortable au-dessus des tuyaux, avec une légère inclinaison pour permettre à l'eau de circuler à travers eux et vers le réservoir du biofiltre.

6. Fonctionnement du système NFT

Toutes les composantes de l'appareil NFT (aquarium, séparateur mécanique, biofiltre, tuyaux) ont été remplies avec de l'eau provenant d'un puits. En effet, la circulation de l'eau se déroule de la façon suivante : L'eau s'écoule de l'aquarium par gravité, passe par le filtre auto-fonctionnel (une section du filtre à vortex mécanique) afin de séparer les déchets et les grosses particules. L'eau est filtrée en spirale dans le fût, tandis que les déchets solides sont restés au fond.

Ensuite, l'eau atteint le biofiltre en remontant du dessous du séparateur mécanique, où le tambour est rempli d'un substrat filtrant (éponge) afin de garantir l'élimination complète des déchets solides et des matières en suspension.

Les bactéries présentes sur toutes les surfaces du tambour filtrant biologique filtrent l'eau, puis l'eau se déplace dans le tuyau de transfert des aquariums et du système NFT, où 80% de l'eau est destinée aux aquariums et 20% à l'usine (Tuyaux de plante). Les couvertures légèrement inclinées contribuent à la décomposition des déchets en nutriments. Par la suite, l'eau se dirige vers l'usine (Tuyaux de plante), où l'inclinaison garantit une distribution équitable de l'eau, ce qui permet à l'eau de se déplacer dans son cycle fermé.

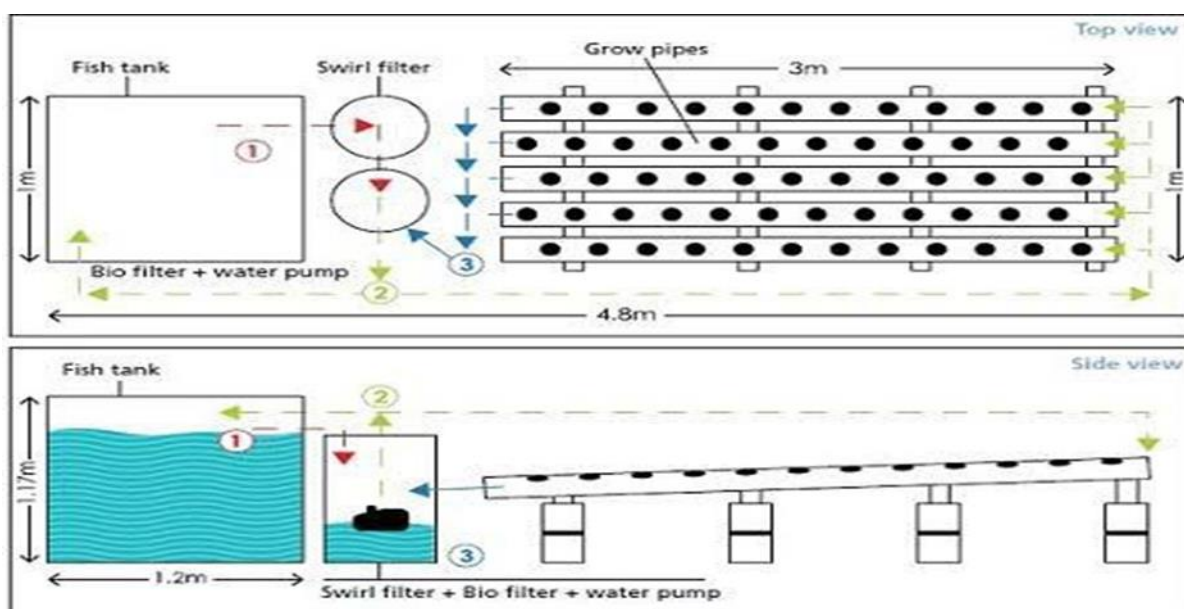


Figure II .12: Système NFT

6.1. Cycle de l'azote ou cyclisation

La cyclisation, également connue sous le nom de cycle de l'azote, est une étape essentielle dans le système aquaponique afin de maintenir un équilibre biologique stable. Cela nécessite l'incorporation de bactéries bénéfiques dans le système qui transforment l'ammoniac issu des déchets de poisson en nitrite puis en nitrate, qui est moins nocif pour les poissons et bénéfique pour les plantes.

Après avoir installé le système et après avoir entré la quantité d'eau (eau de puits) et allumé la pompe pour s'assurer qu'aucun dépôt ne s'est produit et s'assurer de l'efficacité du système, nous avons commencé à l'étape de base, qui est la mise en place de la nourriture pour les poissons, et la raison de cette étape est l'activation des bactéries dans le biofiltre et la formation de bactéries, et la quantité de nourriture était de 60 g par semaine, pendant 8 semaines et dès que notre eau, qui contient de l'ammoniac, et cela à chaque fois peu de temps après avoir ajouté de l'ammoniac à cette eau, notre système devient prêt pour recevoir du poisson. Par la suite, on affirme que le système a été modifié. Afin de lancer le processus de production d'azote, nous introduisons du poisson dans le système et entamons la production de déchets. Les déchets génèrent de l'ammoniac, qui à des concentrations élevées est toxique pour les poissons. Ensuite, les surfaces du système sont colonisées par des bactéries nitrifiantes, telles que Nitrosomonas et Nitrobacter, que ce soit dans le biofiltre ou le substrat végétal.

L'ammoniac est converti par ces bactéries en nitrite puis en nitrate. Pendant cette étape, il est essentiel de surveiller les concentrations de ces composés et de garantir qu'ils atteignent des niveaux sécurisés pour les poissons tout en fournissant des nutriments adéquats aux plantes. Il est possible que cette étape prenne de quelques semaines à quelques mois, en fonction des conditions particulières du régime. Après l'établissement du cycle de l'azote et la stabilité des niveaux de nitrite et de nitrate, le système est prêt à cultiver des plantes saines et à équilibrer les populations de poissons.

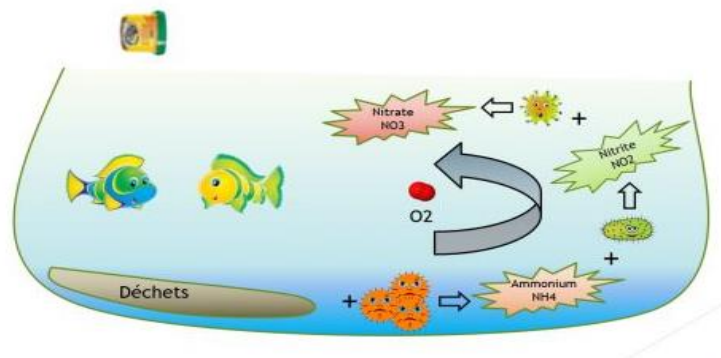


Figure II .13 : Cycle d’azote dans le système aquaponique

6.2. Dimensionnement d’un système NFT

Selon la FAO (2016), La relation entre l’alimentation du poisson et les plantes à légume-feuille comme la laitue est déterminée par le rapport poisson/plante de la manière suivante :

- Chaque m^2 de l'emplacement des plantes doit recevoir 50 g d'aliment de poisson par jour.
- Chaque m^2 de l'emplacement des plantes doit être couvert de 20 à 25 plantes de légume-feuille.
- 50 g d’aliment distribuée journalièrement aux 1000g poissons.

Pour notre expérience, nous avons employé des tuyaux NFT afin de faire pousser des plantes sur une surface de 2,25 m^2 . Cela signifie que nous avons distribué 112,5 g d'aliment de poisson par jour sur 2250 g de poisson à la fin des essais, ainsi que 45 à 55 plantes, mais nous avons seulement planté 27 plantes.

6.3. Estimation de la surface nécessaire pour la production de bactéries nitrifiantes :

Nous aspirons à déterminer la surface minimale de la composition bactérienne en fonction des résidus totaux d'azote ammoniacal dissous (TAN) libérés par le poisson pendant sa digestion.

Selon la **FAO 2004**, l'estimation de la surface des biomatériaux se présente comme suit :

À 0,57 g d'ammonium est la quantité quotidienne décomposée pour 1 m^2 de bios médias.

Et 100 grammes d'aliments pour poissons (32% de protéines) produisent 3,75 grammes d'azote ammoniacal total.

Donc la surface nécessaire à l'adhésion des bactéries qui décomposent cette quantité d'azote où l'ammoniac total est calculé comme suit :

$$\frac{3,75}{0,57} = 6.57 \text{ m}^2$$

Le filtre auto-fonctionnel assure une surface essentielle aux bactéries nitrifiantes

6.4. Choix du poisson

Le tilapia est souvent choisi dans les systèmes aquaponiques raison de ses multiples qualités. Tout d'abord, ce poisson présente une grande résistance et une grande tolérance aux changements de qualité de l'eau. En outre, il se développe rapidement et peut atteindre une taille commerciale en six à huit mois, ce qui facilite la production continue. Il est aussi omnivore, consommant une grande diversité d'aliments, y compris les déchets végétaux produits dans le système aquaponique. Finalement, le tilapia est apprécié pour sa chair douce et savoureuse, ce qui en fait un choix populaire à la fois pour la consommation personnelle et pour la vente sur les marchés locaux. Le tilapia est une espèce de poisson spécialement conçue pour l'aquaponie, avec sa résilience, son efficacité et sa rentabilité.

Dans notre expérience, nous avons sélectionné 85 poissons de tilapias mâles issus du stock de poissons des aquariums d'élevage de l'ITPA de Collo, et nous avons pesé chaque poisson pour sélectionner les échantillons appropriés, nous avons donc choisi un groupe d'un poids de 40 à 45 g et nous avons mis les poissons dans les deux aquariums expérimentaux, avec 42 individus dans le témoin et 43 dans le bassin d'aquaponie avec des poids totaux successivement de 1839,6 et 1849 g.

Après avoir placé les poissons dans les deux aquariums et observé leur coexistence avec l'eau des aquariums après l'installation du cycle de l'azote, et lors des moniteurs d'évolution des poissons, nous avons développé un schéma d'alimentation par nutriment (37% de taux de protéines) avec 50 g de nourriture chaque jour pour chaque bassin.



Figure II.14 : Nourrir et sélection les poissons

6.5. Choix de la culture

Il est souvent judicieux de choisir de cultiver de la laitue (*Lactuca sativa L.*) dans un système aquaponique en raison de plusieurs bénéfices qu'elle offre pour la croissance des plantes : La laitue se caractérise par sa rapidité de croissance, ce qui en fait une option idéale pour les systèmes aquaponiques où les conditions de croissance sont généralement optimisées, où la combinaison d'une bonne nutrition et d'un environnement contrôlé permet d'obtenir des rendements élevés de laitue en un temps très court. □ La laitue se développe grâce à des nutriments tels que l'azote, le phosphore et le potassium, qui sont fournis de manière efficace dans un système aquaponique par les déchets des poissons transformés en nutriments par les bactéries utiles.

La laitue de l'eau absorbe directement ces nutriments, ce qui favorise sa croissance et sa santé. La laitue, à la différence d'autres plantes plus exigeantes, ne requiert pas de quantités excessives de nutriments. Il est possible de la cultiver sans surcharger le système aquaponique en maintenant un équilibre entre les niveaux de nutriments pour les poissons et les plantes. Il est possible de cultiver la laitue dans différents environnements aquaponiques en raison de sa capacité à supporter les variations de température et de lumière. Cela contribue à une culture plus robuste et fiable tout au long de l'été. La mise en place des semis a été réalisée chez soi en utilisant la plante de la pépinière. Une fois que nous avons répandu les graines dans le sol, nous les avons arrosées de manière régulière.

Après 20 jours, nous avons retiré les plants du sol pour les transplanter en aquaponie et témoin.



Figure II .15 : Plantation de la laitue

6.5.1. Sélection des substrats

Nous avons choisi des boules de fibres, caractérisées par des particules emmêlées comme des particules de laine naturelles mais avec des pores artificiels qui ne retiennent pas trop l'eau, offrant un drainage efficace (faible rétention d'eau) et une densité claire élevée (parfois perçue comme un inconvénient) où une étape approfondie de lavage et de stérilisation peut être nécessaire avant utilisation.

Les plantes ont besoin de soutien pour établir leurs racines de base et assurer leur stabilité. Parce que ces substrats contribuent à l'apport en nutriments des plantes car ils sont généralement inertes et dépourvus de nutriments essentiels.



Figure II .16 : Le substrat

6.5.2. Transplantation

Nous avons choisi des plantes à quatre à cinq feuilles trois semaines après la plantation du 02/03/2024 et les avons placées dans des gobelets en plastique après avoir percé de petits trous sur les côtés et le fond des gobelets.

Ensuite, nous avons employé du coton pour assurer la sécurité du tronc et des racines



Figure II.17 : Transplantation de la laitue

7. Maintenance du système aquaponique et du bassin témoin

La maintenance et le suivi réguliers d'un système aquaponique sont essentiels pour garantir son bon fonctionnement et la santé des plantes et des poissons. Il est essentiel de prendre soin régulièrement du système aquaponique afin de préserver la qualité de l'eau. Les principales responsabilités incluent :

- Nourrir les poissons,
- Vérifier régulièrement les pompes à eau et à air,
- Nettoyer les sédiments qui se sont accumulés dans les aquariums,
- Surveiller de près la qualité de l'eau,
- Assurer le nettoyage du filtre vortex et du média filtrant biologique,
- Si besoin, ajustez le niveau d'eau dans les réservoirs,
- Assurez-vous que les poissons et les plantes sont en bonne santé.
- Reconstituer un quart de la prise d'eau deux fois par semaine dans le bassin témoin,
- Réapprovisionner toute l'eau de la piscine tous les mois.



Figure II.18 : Nettoyage du système d'aquaponie et du bassin témoin

8. Protocoles expérimentaux

Selon Pinet et al. (1961), le prélèvement d'un échantillon d'eau est un processus complexe qui nécessite une grande attention ; il est essentiel que l'échantillon soit homogène, représentatif et obtenu sans altérer les caractéristiques physiques et chimiques de l'eau.

Ils ont été prélevés dans des récipients en polyéthylène propres de 1,5 litre, dans des flacons en verre de 225 ml pour analyses bactériologiques, conservés dans une glacière à 4 °C et transportés au laboratoire dans un délai maximum de deux heures conformément aux normes requises (Rodier et al., 1996).

Au moment du prélèvement, les bouteilles doivent être rincées trois fois avec de l'eau à analyser, puis remplir à ras bord. Le couvercle est disposé de façon à éviter les bulles d'air et à éviter qu'il ne soit renversé lors du transport.

Après les prélèvements, les bouteilles sont étiquetées avec les informations suivantes : le nom du point de prélèvement d'eau et son emplacement précis (source, puits, puits, rivière, lac, barrage, citerne, etc.), la température de l'eau, la date et l'heure du prélèvement,

Les échantillons restent au réfrigérateur jusqu'à ce qu'ils soient analysés.

Les résultats peuvent être erronés si les échantillons ne sont pas analysés dans les 24 heures suivant le prélèvement pour les analyses physiques et chimiques, et dans les 6 heures pour les analyses bactériologiques.

Dans notre cas, trois échantillons d'eau provenant de puits ont été analysés au niveau du laboratoire d'analyse de l'eau d'ITPA Collo.



Figure II.19 : Prélèvement des échantillons

8.1. Les analyses physico-chimiques :

Les analyses physiques et chimiques sont des facteurs qui peuvent être facilement mesurés en continu par des capteurs installés aux stations de surveillance de la qualité de l'eau (ABAYAHIA et al., s. d.)

8.1.1. Mesure de la température (T)

Afin de garantir une température optimale, trois sondes de température sont installées sur le système aquaponique afin de maintenir des températures entre 24 et 28°C. Une sonde est placée dans le bassin témoin, une autre dans le bassin de culture et la dernière dans le bassin de poisson.

8.1.2. Mesure du potentiel d'hydrogène (pH)

- Prendre 1,5 ml d'eau de bassin d'aquaponie dans un bécher et y rajouter 3 gouttes du bleu de bromothymol (BBT) ;
- Mélangez doucement pour assurer une répartition uniforme de l'indicateur dans la solution ;
- Observez le changement de couleur de la solution après l'ajout de l'indicateur. Je choisis la valeur la plus proche ;
- Comparez la couleur observée avec une échelle de couleur standard associée à l'indicateur utilisé pour estimer le pH de la solution ;
- Notez le pH approximatif en fonction de la couleur observée.

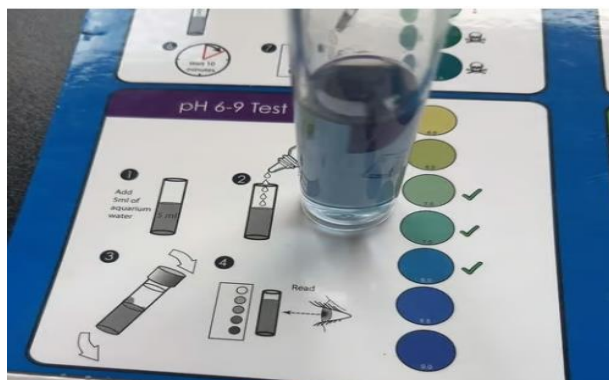


Figure II.20 : Test de pH

8.1.3. Mesure de la teneur en oxygène dissous (OD)

- Prélever 5 ml d'eau du bassin d'aquaponie ;
- Effectuer une mesure de l'oxygène dissous dans l'échantillon prélevé à l'aide d'un appareil de mesure approprié (Optical DO meters) ;
- Noter la valeur obtenue.



Figure II.21 : Mesure de la teneur en oxygène dissous (OD)

8.1.4. Mesure de la teneur en dioxyde de carbone (CO₂)

- Prélever 5 ml d'eau du bassin d'aquaponie ;
- Effectuer une mesure du CO₂ dissous dans l'échantillon à l'aide d'un appareil de mesure approprié (Kits de test de CO₂) ;
- Ajouter le réactif du kit de test de CO₂ à l'échantillon d'eau ;
- Laisser reposer la solution et observer les changements de couleurs ;
- Comparer cette valeur avec les plages de référence recommandées par le kit de CO₂ dissous ;
- Noter la valeur obtenue.



Figure II.22 : Mesure de la teneur en CO₂

8.1.5. Mesure de la teneur en ammonium (NH₃⁺)

- Prendre 5 ml d'eau du bassin d'aquaponie
- Ajouter 0.6 ml du réactif (NH₃⁻¹) et mélanger ;
- Ajouter 1 micro-cuiller bleue arasée du réactif (NH₃⁻²) et agiter jusqu'à dissolution totale du réactif ;
- Laisser le mélange reposer pendant 5 minutes puis ajouter 4 gouttes de réactif NH₄⁻³ et mélanger ;
- Laisser reposer 5 minutes puis introduire l'échantillon dans la cuve du spectrophotomètre et mesurer.
- La teneur en NH₃ est donnée par la relation suivante : $NH_3^+ = NH_3-N \times 1.3$



Figure II.23: Dosage d'ammonium

8.1.6. Mesure de la teneur en nitrites (NO_2^-)

- Prendre 5 ml d'eau du bassin d'aquaponie et y ajouter 5 gouttes du réactif de (NO_2^-) ;
- Agite jusqu'à dissolution totale du réactif ;
- Ajuster le pH si nécessaire avec de l'hydroxyde de sodium en solution ou de l'acide sulfurique dont le pH doit être compris entre 2 et 2,5 ;
- Laisser reposer 10 minutes, puis introduire l'échantillon dans la cuve du spectrophotomètre et mesurer.

La teneur en NO_2^- est donnée par la relation suivante : $\text{NO}_2^- = \text{NO}_2\text{-N} \times 3.3$



Figure II.24: Dosage de nitrite.

8.1.7. Mesure de la teneur en Nitrate (NO_3^-)

Les nitrates ont été dosés par la méthode au salicylate de sodium selon le mode opératoire suivant :

- Prendre 10 ml de l'échantillon à analyser. Puis ajouter 2 à 3 gouttes de NaOH à 30 % et 1 ml de salicylate de sodium.
- Evaporer à sec au bain marie ou à l'étuve 75-88 °C et laisser refroidir.
- Reprend le résidu avec 2 ml H_2SO_4 et laisser reposer 10 min.
- Ajouter 15 ml d'eau distillée et 15 ml de NaOH et le tartrate double de sodium et de potassium.

- La solution est dosée au spectrophotomètre à 415 nm.
- La teneur en NO_3^- est donnée en mg/l, en se référant à la courbe d'étalonnage.



Figure II.25 : Dosage de nitrate.

CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION

1. Introduction

Ce chapitre se concentre sur l'analyse et l'interprétation des paramètres clés liés à l'aquaponie, en mettant particulièrement l'accent sur les paramètres abiotiques et biotique qui revêtent une importance cruciale dans le contexte de l'aquaponie, en examinant comment les interactions entre les poissons, les bactéries bénéfiques, et les plantes. Ces données nous fourniront des informations essentielles pour évaluer la performance globale du système aquaponique, ainsi que pour identifier les facteurs qui influencent la croissance des plantes et le bien-être des poissons.

2. Evaluation des facteurs abiotiques

Les facteurs abiotiques jouent un rôle important dans le fonctionnement et la réussite d'un système aquaponique. Parmi ces facteurs :

2.1. Evaluation des effets de la température

Les données relatives à la température (figure 36) mettent en évidence des variations saisonnières normales tout au long de l'étude, avec des niveaux différents entre le système aquaponique et les témoins. Au début de l'étude, la température dans le système aquaponique était de 25°C, légèrement inférieure à celle des témoins qui était de 26°C.

La température dans le système aquaponique a fluctué, passant à 26°C à la deuxième semaine, puis à 24°C à la troisième semaine, pour finalement remonter à 27°C à la quatrième semaine. En revanche, dans les témoins, la température a également varié, passant de 26 à 28°C à la troisième semaine, pour atteindre 29°C à la quatrième semaine. Il est observé que toutes les températures enregistrées dans les deux bassins sont comprises entre 18 et 30°C, ce qui répond aux normes de la FAO (2016).

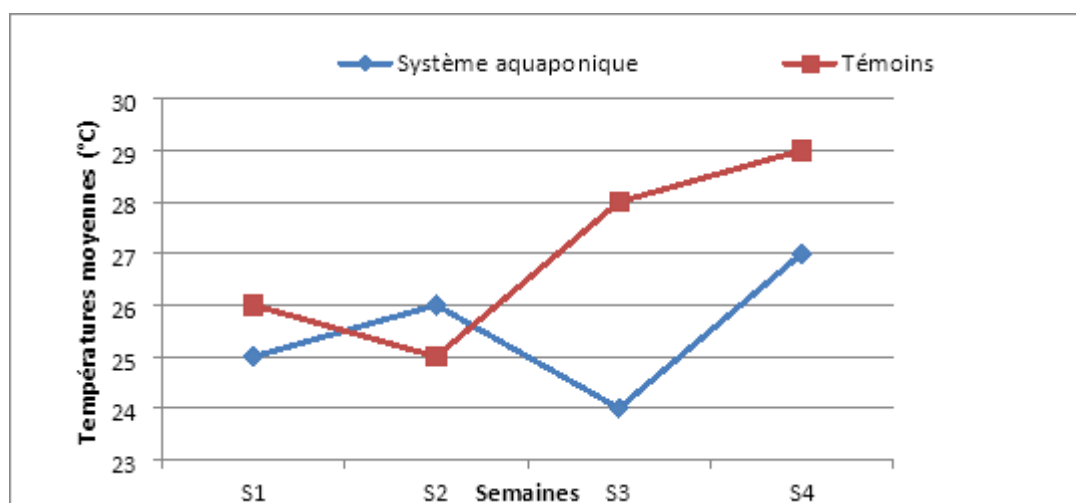


Figure III.1: Variations de la température

2.2. Evaluation des effets du pH

Les résultats de la figure 377 révèlent une cohérence remarquable dans les valeurs de pH entre le système aquaponique et les témoins tout au long de l'étude. Au cours de la première semaine, le pH dans le système aquaponique était de 7,7, tandis qu'il était de 7,9 dans les témoins. Bien que légèrement inférieures, les valeurs dans le système aquaponique restaient proches de celles des témoins.

La légère diminution constatée au cours de la deuxième semaine, où le pH est passé de 7,4 dans le système aquaponique à 7,7 dans les témoins, pourrait être le signe d'une adaptation biologique au sein du système. Cependant, les valeurs sont rapidement revenues à la normale au fil des semaines suivantes, se situant entre 7,5 et 7,8 dans le système aquaponique et restant stables dans les témoins. On peut noter que toutes les valeurs, que se soit pour l'aquaponie ou pour le témoin, se situent entre 6,5 et 8 répondants ainsi aux exigences de la FAO.

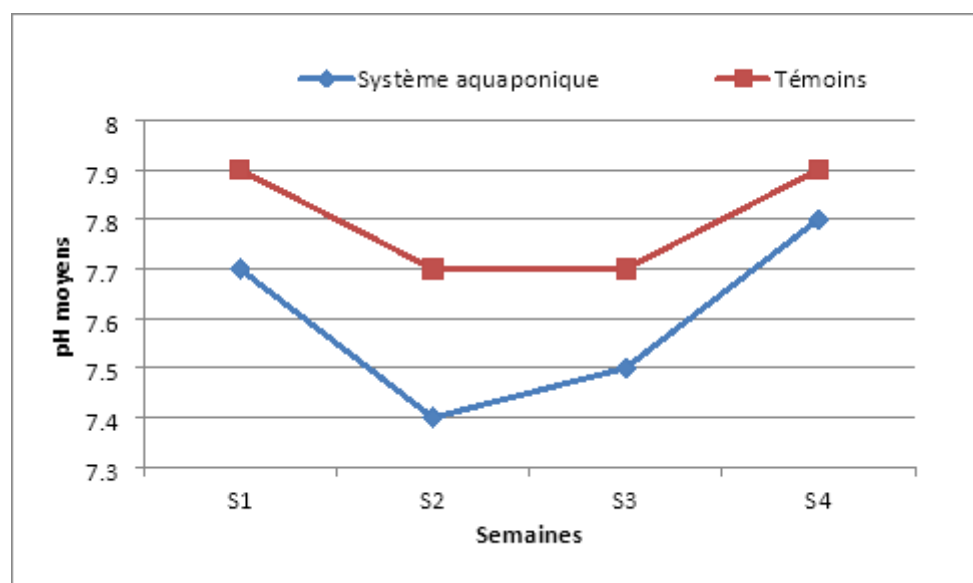


Figure III.2: Variations du pH

2.3. Evaluation des effets de l'ammoniac (NH_3^+)

Les données concernant l'ammoniac (Figure 38) montrent une différence notable entre le système aquaponique et les témoins tout au long de la période d'étude. Au début de l'observation, les niveaux d'ammoniac dans le système aquaponique étaient plus bas que ceux des témoins, avec des valeurs de 0,14 mg/l par rapport à 0,22 mg/l, respectivement.

Au cours des semaines suivantes, les niveaux d'ammoniac dans le système aquaponique ont augmenté de manière légère mais constante, passant à 0,17 mg/l à la quatrième semaine. En revanche, dans les témoins, les niveaux d'ammoniac sont restés relativement stables, atteignant 0,24 mg/l à la quatrième semaine.

La teneur admissible en ammoniac exigée par la FAO (2016) doit être inférieure ou égale à 0,25 mg/l. Il semble que le système aquaponique ait été plus efficace pour maintenir des niveaux d'ammoniac inférieurs à ceux des témoins tout au long de l'expérience. Cela s'explique par la capacité des bactéries nitrifiantes du système aquaponique à convertir l'ammoniac en nitrites puis en nitrates, absorbés par les végétaux. Tandis qu'une concentration excessive peut causer la mort des poissons.

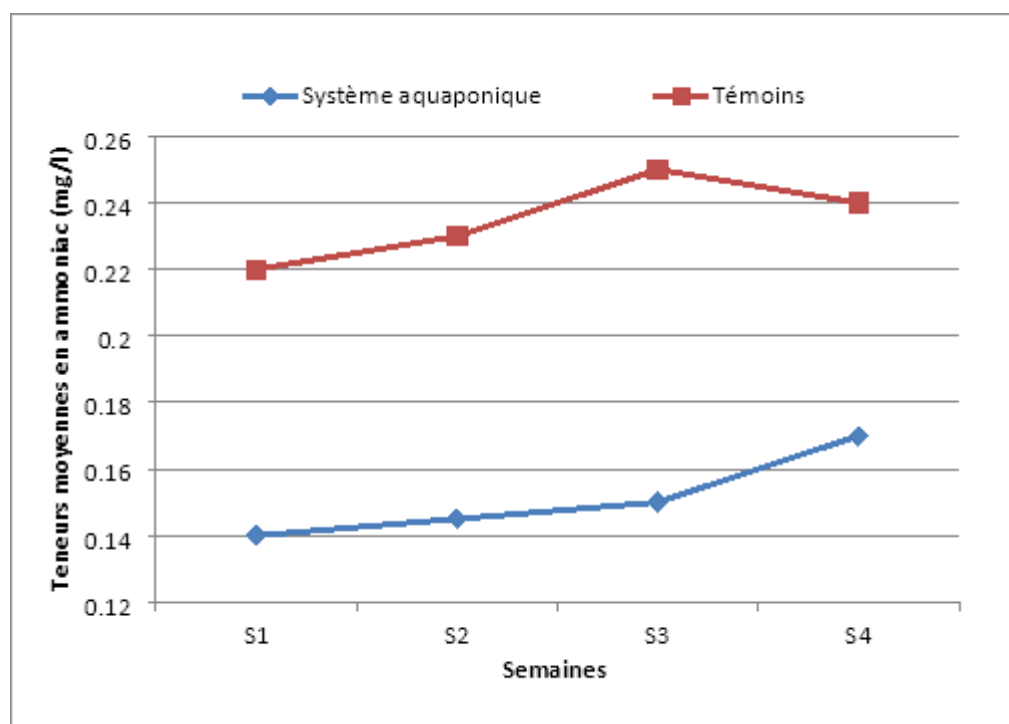


Figure III.3: Variations des teneurs en ammoniac (NH_3^+)

2.4. Evaluation des effets des nitrites (NO_2^-)

Les données concernant les nitrites (Figures 39) montrent une tendance intéressante au fil des semaines dans le système aquaponique par rapport aux témoins. Au début de l'étude, les niveaux de nitrites dans le système aquaponique étaient légèrement inférieurs à ceux des témoins, avec des valeurs de 0,14 mg/l par rapport à 0,2 mg/l respectivement. Cependant, au cours des semaines suivantes, les niveaux de nitrites ont augmenté dans les deux cas, mais de manière plus modérée dans le système aquaponique.

Dans les témoins, la progression a été plus prononcée, avec des valeurs passant de 0,2 à 0,31 mg/l à la fin de la période d'observation. Alors que dans le système aquaponique, les niveaux de nitrites ont progressé de manière presque constante, passant de 0,14 à 0,2 mg/l à la fin de l'étude, conformément aux recommandations de la FAO (2016) qui exige une concentration en nitrites inférieure ou égale à 0,2 mg/l.

Cette différence des niveaux de nitrites entre le système aquaponique et les témoins indique que le système aquaponique a été plus efficace pour maintenir des niveaux de nitrites relativement faibles malgré son augmentation au cours de l'expérimentation. Cela démontre que le système est capable de gérer efficacement les déchets azotés, ce qui est important pour préserver un environnement sain pour les poissons et les plantes.

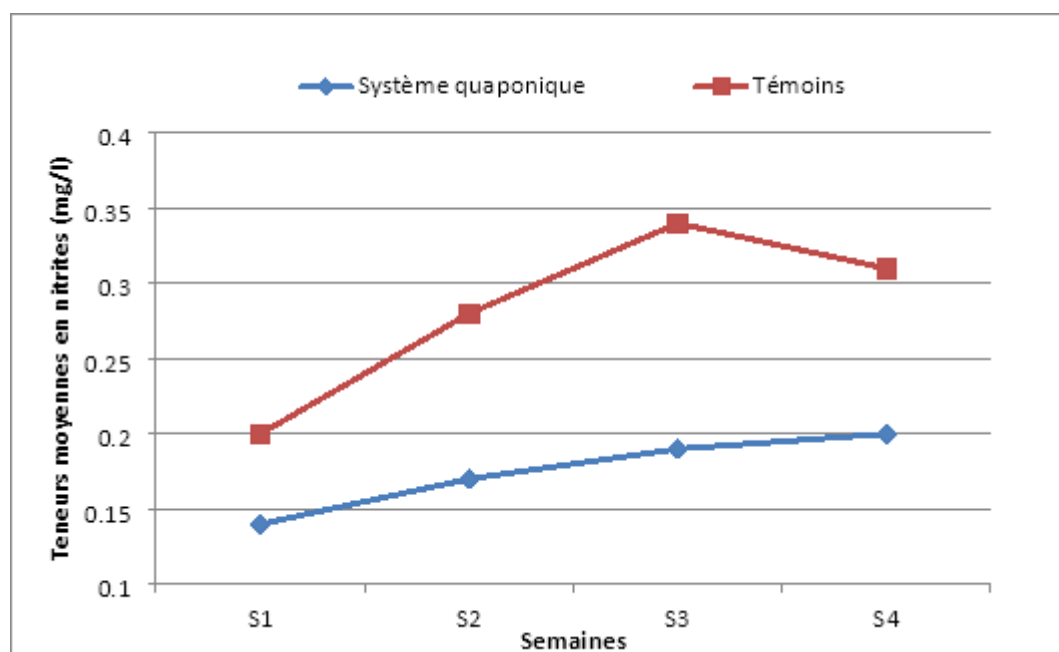


Figure III.4: Variations des teneurs en nitrites (NO_2^-)

2.5. Evaluation des effets des nitrates (NO_3^-)

Les données relatives aux nitrates (Figure 40) révèlent des différences significatives entre le système aquaponique et les témoins au cours de la période d'étude. Au début de l'observation, les niveaux de nitrates étaient nettement plus bas dans le système aquaponique par rapport aux témoins, avec des valeurs de 14 mg/l par rapport à 28 mg/l respectivement.

Ensuite, les niveaux de nitrates dans le système aquaponique ont montré une légère tendance à augmenter jusqu'à la troisième semaine, où ils ont atteint 18 mg/l. En revanche, dans les témoins, les niveaux de nitrates ont également augmenté mais de manière plus marquée, atteignant 33 mg/l à la troisième semaine. On peut dire que les deux milieux d'expérimentation sont en accord avec les recommandations de la FAO (2016) qui préconise une concentration en nitrates comprise entre 0 et 50 mg/l.

Le système aquaponique a été plus efficace pour maintenir des niveaux de nitrates relativement stables et inférieurs à ceux des témoins tout au long de l'expérience. Ce qui est nécessaire pour assurer un équilibre nutritionnel optimal des plantes cultivées dans le système aquaponique et minimiser les risques de toxicité pour les poissons.

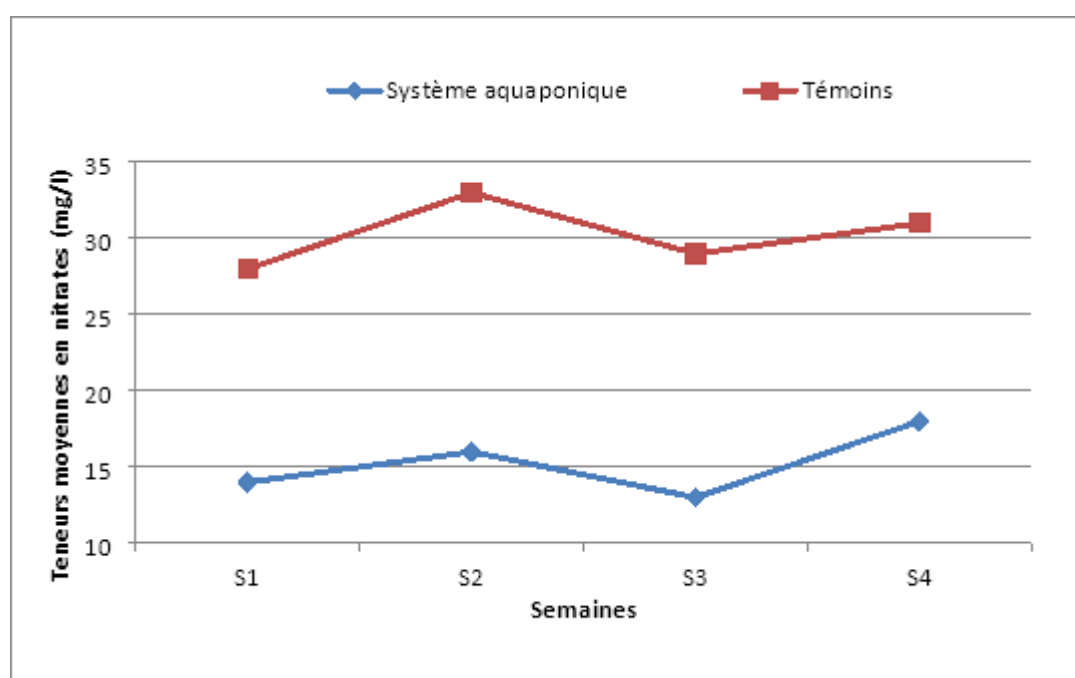


Figure III.5: Variations des teneurs en nitrates (NO_3^-)

2.6. Evaluation des effets de l'oxygène dissous (OD)

Selon la figure 41, au début de l'étude, les concentrations d'oxygène dissous dans le système aquaponique étaient supérieures à celles des témoins, avec des valeurs respectives de 4,3 et 3 mg/l.

Au cours des semaines suivantes, les niveaux d'oxygène dissous ont augmenté de manière constante dans les deux milieux, mais de manière plus marquée dans le système aquaponique. À la quatrième semaine, l'oxygène dissous dans le système aquaponique était de 6,9 mg/l, tandis que dans les témoins, il était de 3,9 mg/l. Il est important de souligner que sa concentration dans le système aquaponique se situe dans la fourchette de 5 à 6 mg/l recommandée par la FAO (2016).

On peut expliquer cette forte augmentation de l'oxygène dissous dans le système aquaponique par une aération améliorée et une activité biologique accrue grâce à la présence de poissons et de plantes, ce qui favorise une saturation en oxygène de l'eau. Cela signifie que l'eau dans le système aquaponique est de meilleure qualité, ce qui est important pour la santé des poissons et la croissance des plantes.

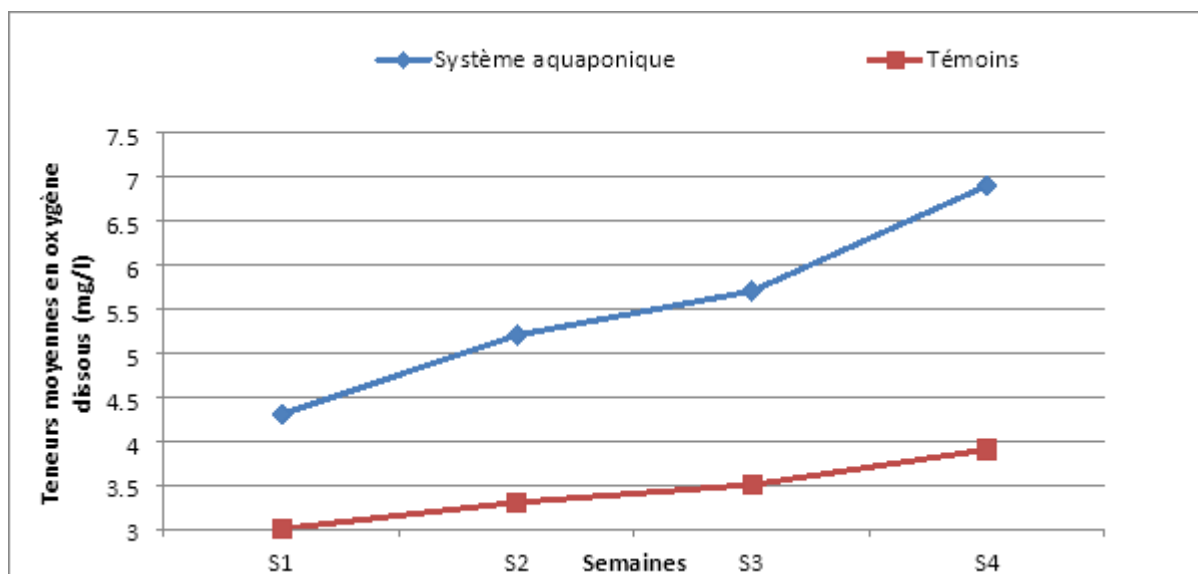


Figure III.6: Variations des teneurs en oxygène dissous (OD)

2.7. Evaluation des effets de dioxyde de carbone (CO₂)

Les concentrations de dioxyde de carbone mettent en évidence des différences significatives entre le système aquaponique et les témoins tout au long de la période d'étude. Les niveaux de CO₂ dans le système aquaponique étaient considérablement inférieurs à ceux des témoins pendant la première semaine, avec des valeurs de 6 et 19 mg/l respectivement.

Les teneurs en CO₂ dans le système aquaponique ont continué de baisser au cours des semaines suivantes, passant de 6 à 3,3 mg/l à la quatrième semaine. D'un autre côté, pour les témoins, les niveaux de CO₂ ont connu une augmentation significative, atteignant 30 mg/l à la quatrième semaine. Des teneurs de 4 à 5 mg/L dans le système aquaponique, ce qui est nettement inférieur aux recommandations optimales de la FAO (2016) de 15 à 30 mg/l.

La présence de plantes utilisant le CO₂ pour la photosynthèse peut expliquer ces faibles niveaux, tandis que les poissons peuvent supporter des niveaux plus bas pour leur métabolisme et leur respiration. Cependant, des concentrations de CO₂ trop faibles ne sont pas aussi inquiétantes que des concentrations trop élevées, qui peuvent provoquer une acidose et des troubles respiratoires chez les poissons. Pour favoriser la croissance des plantes et maintenir un équilibre de pH, il est possible d'augmenter les concentrations de CO₂ en augmentant de manière contrôlée la charge biologique (nombre de poissons et de plantes) afin d'atteindre une production naturelle de CO₂.

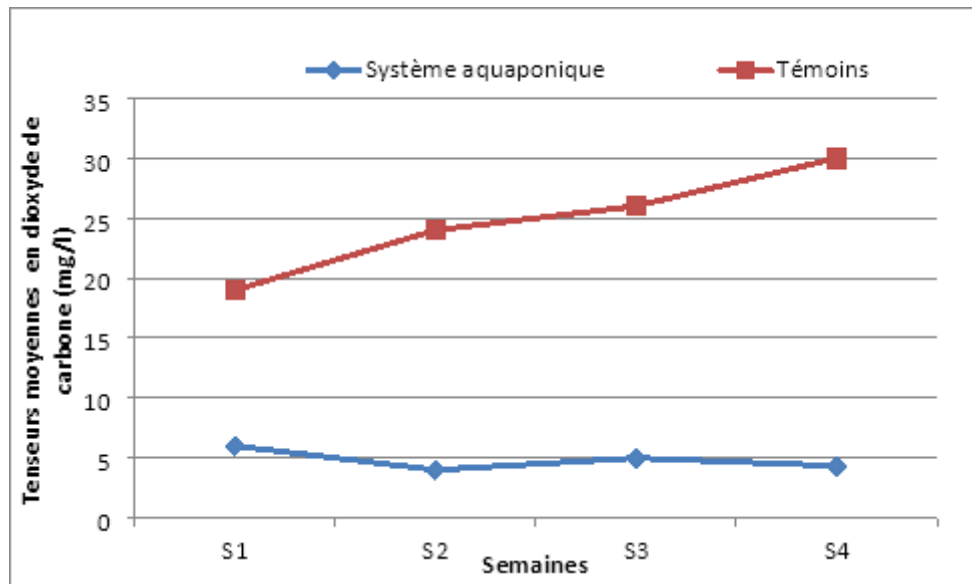


Figure III.7: Variations des teneurs en dioxyde de carbone (CO₂)

3. Evaluation des facteurs biotiques

Les paramètres biotiques dans un système aquaponique comprennent les organismes vivants qui interagissent entre eux et avec leur environnement. En premier lieu, les poissons jouent un rôle central en fournissant les nutriments nécessaires aux plantes grâce à leurs déjections. De plus, les micro-organismes bénéfiques présents dans le système, tels que les bactéries nitrifiantes, sont importants pour la transformation des déchets des poissons en formes d'azote utilisables par les plantes. Alors que les plantes cultivées absorbant les nutriments, en filtrant l'eau et en fournissant de l'ombre et des zones de refuge pour les poissons.

Ces paramètres sont essentiels pour maintenir l'équilibre écologique et assurer le bon fonctionnement du système.

3.1. Le poisson (Tilapia)

Pour notre système aquaponique, nous avons opté pour le tilapia en raison de la stratégie adoptée par l'Algérie pour favoriser la production abondante de cette espèce en accordant des subventions incitatives, avec un soutien de 50 DA par kilogramme de tilapia produit, ce qui rend cette espèce économiquement avantageuse et accessible pour les producteurs. En plus, le tilapia est reconnu pour sa robustesse, sa croissance rapide et sa capacité à supporter les variations de conditions environnementales, ce qui le rend idéal pour les systèmes aquaponiques.

Les Figure (43, 44, 45,46) ci- dessous illustre l'évolution de poids, de longueur totale, de longueur standard et de la largeur tout au long de l'expérimentation

3.1.1. Poids

Nous avons placé 85 Poisson Tilapia dans deux systèmes

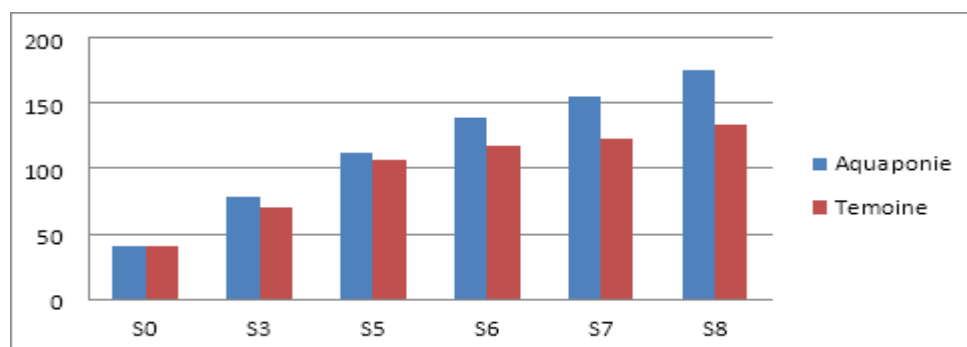


Figure III.8: Evolution du poids des individus en fonction du temps.

Remarque importante (S0= La semaine de démarrage des poissons dans les bassin)

D'après l'analyse graphique et le test de comparaison des moyennes de témoin, il est clair qu'il y a trois périodes distinctes de croissance pondérale chez les poissons, avec des différences significatives entre le groupe aquaponique et le groupe témoin à différentes étapes de l'expérience.

Tout d'abord, dans les semaines S0 et S3, la croissance pondérale semble relativement équilibrée entre les poissons du système aquaponique et ceux du groupe témoin, avec des poids initiaux similaires de 40 grammes et une croissance modérée mais comparable.

Ensuite, dans les semaines S5 et S6, on observe une légère amélioration de la croissance pondérale dans le groupe aquaponique, bien que cette différence ne soit pas significative statistiquement.

La troisième période de croissance, qui correspond aux semaines S6 et S7, enregistre une différence significative de poids en faveur des poissons du système aquaponique.

Finalement, à la huitième semaine (S8), la croissance pondérale dans le système aquaponique continue à surpasser celle du groupe témoin.

Ces résultats suggèrent que le système aquaponique a permis une croissance pondérale plus importante chez les poissons par rapport au groupe témoin, particulièrement notable à partir de la sixième semaine de l'expérience et se maintenant jusqu'à la huitième semaine. Cela met en évidence les avantages du système aquaponique en tant qu'environnement de croissance favorisant la santé et le développement des poissons.

3.1.2. Longueur totale

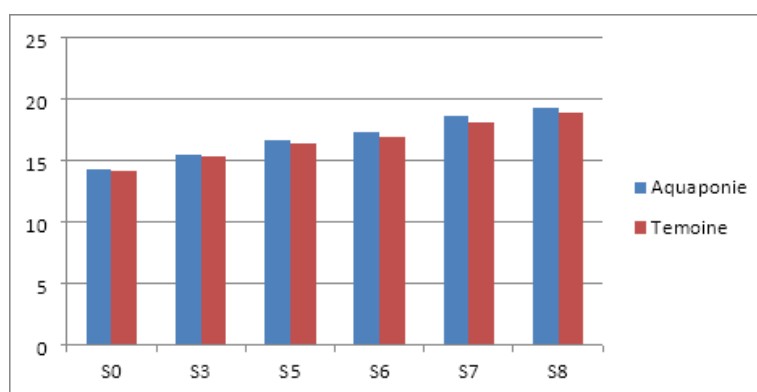


Figure III.9: Evolution de longueur totale des individus en fonction du temps.

La croissance en longueur totale suit une tendance similaire à celle de la croissance pondérale, avec un développement plus significatif chez les poissons du système aquaponique par rapport au groupe témoin. Cependant, malgré cette tendance générale, le test de témoin révèle quelques différences dans les niveaux de significativité statistique à différentes étapes de l'expérience.

Tout d'abord, il est clair que la croissance en longueur totale est plus prononcée chez les poissons du système aquaponique que chez ceux du groupe témoin tout au long de l'expérience. Cela indique que le système aquaponique offre un environnement de croissance plus favorable pour les poissons, favorisant ainsi leur développement physique.

Enfin, malgré quelques variations dans les niveaux de significativité statistique, les résultats confirment globalement que la croissance en longueur totale est plus importante chez les poissons du système aquaponique, mettant en évidence les avantages de ce système en tant qu'environnement de croissance favorisant la santé et le développement des poissons.

IV.3.1.3. Longueur standard

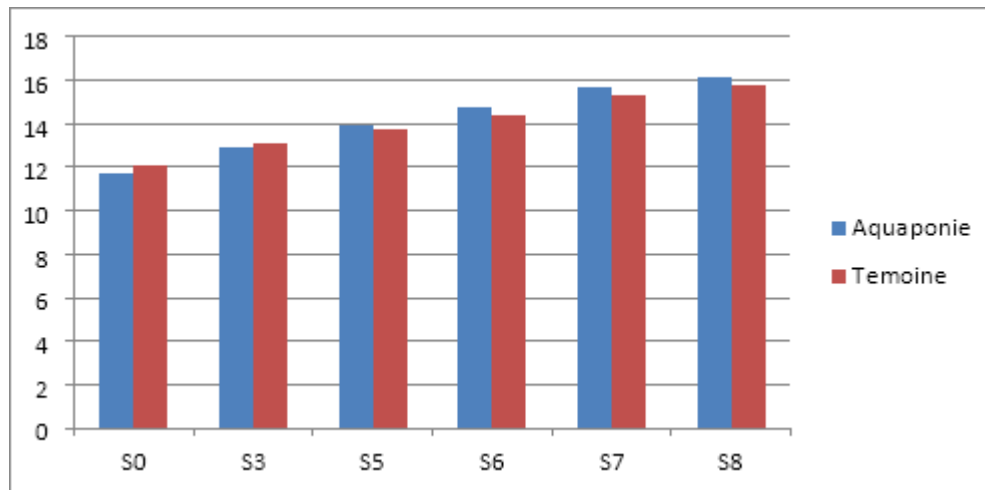


Figure III.10: Evolution de longueur standard des individus en fonction du temps.

D'après l'analyse graphique des données, il est clair que, dès le début de l'expérience (S0), la longueur standard des poissons dans le groupe témoin est nettement supérieure à celle du groupe aquaponique. Cependant, au fil du temps, la longueur standard des poissons dans le système aquaponique montre une croissance plus rapide que celle des poissons témoins, et cette différence devient significative à plusieurs moments clés de l'expérience.

Même après six semaines (S6), où la différence était significative, cette tendance persiste et devient encore plus marquée dans les semaines suivantes. Ainsi, à la septième semaine (S7) et à la huitième semaine (S8), la longueur standard des poissons dans le système aquaponique continue de dépasser de manière significative celle des poissons témoins.

Ces résultats suggèrent que malgré un départ avec des poissons témoins ayant une longueur standard initialement supérieure, le système aquaponique a permis un développement plus rapide et significatif de la longueur standard des poissons au fil de l'expérimentation. Cela met en lumière l'efficacité du système aquaponique en tant qu'environnement de croissance favorable pour les poissons, favorisant ainsi leur développement physique.

3.1.4. Largeur

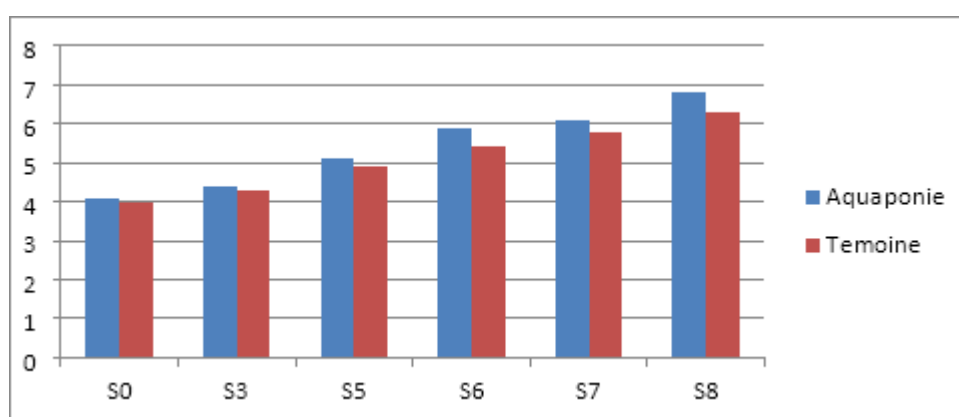


Figure III.11: Evolution de largeur des individus en fonction du temps.

La croissance en largeur des poissons suit une tendance similaire à celle de la longueur standard, avec un développement plus significatif chez les poissons du système aquaponique par rapport au groupe témoin. Cette tendance est soutenue par les résultats du test de comparaison des moyennes (témoin), qui révèle des différences significatives à plusieurs étapes de l'expérience.

Tout d'abord, il est clair que la croissance en largeur est plus prononcée chez les poissons du système aquaponique que chez ceux du groupe témoin tout au long de l'expérience. Cela indique que le système aquaponique offre un environnement de croissance plus favorable pour les poissons, favorisant ainsi leur développement physique dans toutes les dimensions.

Le test de comparaison des moyennes (témoin) confirme ces observations, en révélant des différences significatives entre les deux groupes à plusieurs moments de l'expérience. Notamment, des différences significatives sont observées aux semaines S0, S3, S5, S6, S7 et

S8 indiquant une croissance en largeur plus importante chez les poissons du système aquaponique à ces étapes.

Les résultats globaux montrent que la croissance en largeur est davantage développée chez les poissons du système aquaponique par rapport au groupe témoin, avec des différences significatives confirmées par le test de comparaison des moyennes. Cela renforce l'idée que le système aquaponique offre des avantages significatifs

3.2. La culture (laitue)

Le choix de la laitue (*Lactuca sativa L*) comme plante expérimentale dans une étude comparative sur la croissance en milieu aquaponique et en milieu témoin (eau de source) est pertinent en raison de sa popularité, de son cycle de croissance rapide, et de sa sensibilité aux variations des conditions de culture. Dans cette expérience, 12 plants de laitue sont cultivés dans l'eau aquacole, enrichie en nutriments par les déchets métaboliques des poissons, tandis que 12 autres plants servent de témoin en étant cultivés dans de l'eau de source, potentiellement moins riche en nutriments. Cette approche permet de comparer directement l'impact des nutriments disponibles dans un système aquaponique sur la croissance et la santé des plants de laitue par rapport à une source d'eau traditionnelle, offrant ainsi des informations sur l'efficacité et les avantages potentiels de l'aquaponie pour la production de légumes à feuilles.

3.2.1. Poids

Le graphique ci-dessous montre une croissance en poids plus rapide et plus élevée par rapport au système témoin.

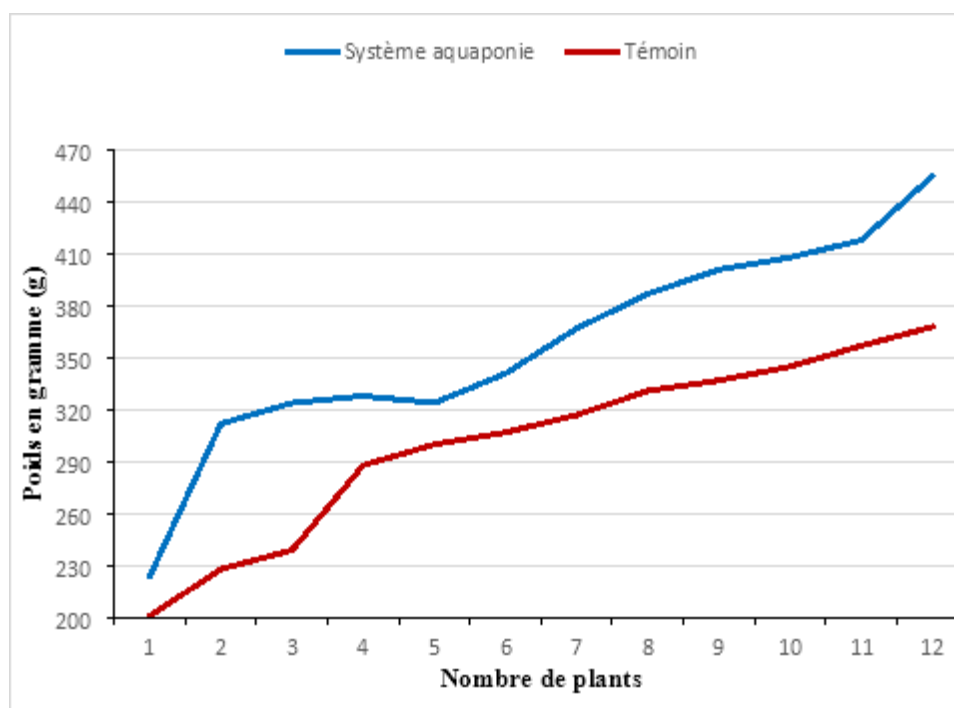


Figure III.12: Evolution de Poids des individus en fonction du nombre de plants

Les poids initiaux des trois premiers plants (1 à 3) montrent une différence notable dès les premiers échantillons avec des valeurs allant de 224 à 324 g pour le système aquaponique qui dépasse rapidement le système témoin avec des poids de 201 à 229 g avec une différence significative de 100g.

La croissance des plantes 4 à 8 dans le système aquaponique continue de dépasser celle du système témoin de manière plus marquée variant successivement de 328 à 387 g et de 288 à 331g. L'écart entre les deux courbes s'élargit, indiquant une augmentation plus rapide du poids dans le système aquaponique.

Le poids des quatre derniers plants (9 à 12) est nettement plus élevé, avec près de 455 grammes pour le système aquaponique, tandis que celui des plants du système témoin atteint environ 368 grammes.

3.2.2. la laitue dans deux systèmes différents

Le tableau ci-dessous présente des données sur la croissance de la laitue cultivée dans deux systèmes différents : un système aquaponique et un système sol. Les paramètres mesurés incluent la hauteur des plantes, la longueur des racines et le nombre de feuilles.

Tableau IV.1 : Croissance de la laitue dans le système aquaponique et sol :

	système aquaponique	Système sol
Longuer des racines (cm)	47	30
Hauteur des plantes (cm)	23,7	19,8
Nombre de feuille	27	25

D'après les informations du tableau, il est observé que :

- La longueur des racines des plants de laitue cultivés dans le système aquaponique sont significativement plus longues, avec une différence de 17 cm. Cela peut être attribué à une meilleure disponibilité et absorption des nutriments dans le système aquaponique, ppoussqnt les plantes à développer un système racinaire plus étendu pour maximiser la prise de nutriments.
- La hauteur des plantes cultivées en aquaponie sont plus hautes de 3,9 cm en moyenne par rapport à celles cultivées dans le sol. Cela indique que l'environnement aquaponique favorise une croissance verticale plus importante, probablement en raison de la disponibilité constante de nutriments fournis par les déchets de poissons.
- Le nombre de feuilles des plantes en aquaponie ont en moyenne deux feuilles de plus que celles cultivées en sol. Même si la différence est assez faible, elle laisse entendre une légère supériorité en production de feuilles dans le système aquaponique, ce qui peut aussi être associé à une meilleure nutrition et à une meilleure santé générale des plantes.



Figure III.13: Comparaison de la longueur des aacines de laitue cultivée en milieu aquaponique et en Sol

Conclusion

D'après les données, le système aquaponique offre des conditions de croissance plus favorables pour la laitue que le système traditionnel. Les plantes aquaponies sont non seulement plus hautes, mais elles ont également des racines plus longues et un nombre de feuilles légèrement plus élevé. L'approvisionnement continu et équilibré en nutriments dans le système aquaponique explique probablement ces avantages, favorisant ainsi une croissance plus vigoureuse et saine. L'aquaponie se présente donc comme une technique de culture efficace et avantageuse pour la production de laitue, offrant des plantes de meilleure qualité en ce qui concerne la taille et le développement des racines.

CONCLUSION

Ce travail est consacré à l'étude de l'aquaponie et la production végétale pour un développement durable au la serre de l'institut technique des pêches et de l'aquaculture (ITPA) de Collo. Ce projet réalisé pour l'objectif d'aider le développement de l'aquaponie, en fournissant des éléments de réflexion aux professionnels intéressés par cette activité dans le territoire nationale, que ce soit dans le cadre de la diversification d'une activité aquacole ou horticole, voire dans le cadre d'une activité nouvelle associant des professionnels aux Compétences complémentaires sur un même espace de production.

Après avoir mené l'étude et suivi la croissance du tilapia et de la laitue et après avoir analysé les résultats des analyses physico-chimiques et bactériologiques, nous pouvons conclure que l'aquaponie constitue une solution innovante et intégrée pour atteindre les multiples objectifs du développement durable.

Grâce à l'aquaponie, une utilisation efficace des ressources en eau peut être obtenue, car les systèmes recyclent et utilisent l'eau de manière très efficace, réduisant ainsi la pression sur les ressources en eau naturelles. De plus, la réduction des émissions de dioxyde de carbone et la réduction des déchets contribuent à améliorer la qualité de l'environnement.

L'aquaponie renforce l'économie locale en créant des emplois locaux et en stimulant la productivité agricole, de plus, les systèmes aquaponiques peuvent réduire les coûts de production et améliorer le rendement financier des agriculteurs en fournissant des sources alimentaires durables et de haute qualité. Nous avons raccourci la croissance de la laitue de 70 jours en culture du sol à 30 jours dans notre système et nous avons obtenu une bonne production et les poissons ont également eu une excellente croissance.

L'aquaponie peut contribuer à améliorer la sécurité alimentaire et à fournir des aliments sains aux communautés locales. De plus, cette technique encourage l'éducation et la formation dans les domaines de l'agriculture durable et favorise la communication et la coopération entre les différents groupes de la société.

En bref, l'aquaponie combine la durabilité environnementale, économique et sociale et est considérée comme un outil efficace pour parvenir au développement durable et promouvoir la durabilité aux niveaux local et mondial.

De plus, nous avons bien géré les déchets de poisson, ce qui nous a aidés à contrôler la qualité de l'eau et à prévenir sa pollution. De plus, la croissance accélérée des plantes et sa qualité sont

CONCLUSION

améliorées grâce à l'application de technologies avancées d'écoulement et d'aération de l'eau, qui contribuent à assurer une distribution efficace des nutriments et de l'oxygène dans le système et à améliorer l'environnement de croissance des poissons et des plantes.

Nous avons inclus certaines technologies modernes telles que la mesure de la température et du pH avec des capteurs intelligents, où avec l'intégration de la technologie dans l'agriculture, nous pouvons obtenir une bonne production biologique.

En utilisant la technologie de manière avancée, la productivité et l'efficacité des systèmes aquaponiques peuvent être améliorées et des progrès significatifs peuvent être réalisés dans la réalisation des objectifs durables de la culture aquaponique.

LES RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ABAYAHIA, M., CHEBOUAT, S., & Gaujou, 1995. (s. d.). Etude de la qualité physico-chimique et microbiologique des eaux épurées dans la région de Ouargla.

Arrignon, J., (1996). L'élevage de *Tilapia mossambica* comme animal de laboratoire. *Verh. Int. Ver. Theor. Angew Limod.* 17, 650–661

BALARIN J.D. et HALLER R.D., 1979. Africa tilapia form shows the profit potential. *Fish Farming Int.*, 6 (2), 16-18.

BALARIN J.D. et HALLER R.D., 1982. The intensive culture of tilapia in tanks, raceways and cages. In: J.F. Muir and Roberts RJ. (Eds), *Récent Advances in Aquaculture*, vol. 1. Croom Helm, London.

Bernstein, S. (2011). *Aquaponic gardening: A step-by-step guide to raising vegetables and fish together*. New society publishers.

Bersier, M. (2017). *Un centre d'agriculture urbaine à Lausanne. Au croisement entre un couloir écologique et un plateau industriel*.

Bouhenni, K., & Chabani, R. (2018). Réalisation d'une micro-ferme aquaponique et développement d'une application de gestion commerciale pour les projets d'aquaponie. *Mémoire de Master en Génie industriel, spécialité ingénierie de la production*. Université Abou bekr Belkaid-Tlemcen, Faculté de Technologie, Algérie.

Chalabi, A. (2015). *L'AQUACULTURE EN ALGERIE ET SON CONTEXTE MAGHREBIN*.

Chapman, C., Jackson, B., Neumann, D., Steffes, B., Weber, N., & Damm, C. (2012). *Collaboration for Aquaponics Sustainable Energy*. Milwaukee School of Engineering. PDF.

Collo et la Géographie Colliote. (s. d.). Consulté 11 mai 2024, à l'adresse <http://colliotte.free.fr/geographie.htm>

Delaide, B., Delhaye, G., Dermience, M., Gott, J., Soyeurt, H., & Jijakli, M. H. (2017). Plant and fish production performance, nutrient mass balances, energy and water use of the PAFF Box, a small-scale aquaponic system. *Aquacultural Engineering*, 78, 130-139. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2017.06.002>

Delaide, B., Monsees, H., Gross, A., & Goddek, S. (2019). Aerobic and anaerobic treatments for aquaponic sludge reduction and mineralisation. *Aquaponics food production systems*, 1, 247-266.

Découvrez l'histoire de l'aquaponie. (2016, avril 17). *Aquaponie*. <https://www.aquaponie.fr/historique-aquaponie/>

Diver, S. (2006). *Aquaponics-Integration hydroponics with aquaculture*. A publication of ATTRA–National Sustainable Agriculture Information Service.

Faklou, N. E., & Mekhloufi, ikram. (2020). *Durabilité et particularité d' un système Aquaponique*.

FAO. (2014). *Integrated Fish and Plant Farming*. FAO: Rome, Italy.

- Foucard, P., & Tocqueville, A. (2019). Aquaponie: Associer aquaculture et production végétale. Quae.
- Gennotte, V., & Noël, A. (2023). Développement d'un pilote d'aquaculture intégrée associé à un circuit court de distribution.
- Gleick, P. H. (2003). Water use. *Annual review of environment and resources*, 28(1), 275-314.
- Goddek, S., Delaide, B., Mankasingh, U., Ragnarsdottir, K. V., Jijakli, H., & Thorarinsdottir, R. (2015). Challenges of sustainable and commercial aquaponics. *Sustainability*, 7(4), 4199-4224.
- Goddek, S., Joyce, A., Kotzen, B., & Dos-Santos, M. (2019). Aquaponics and global food challenges. *Aquaponics food production systems: Combined aquaculture and hydroponic production technologies for the future*, 3-17.
- Gregory, P., Ingram, J. S., Andersson, R., Betts, R., Brovkin, V., Chase, T., Grace, P., Gray, A., Hamilton, N., & Hardy, T. (2002). Environmental consequences of alternative practices for intensifying crop production. *Agriculture, ecosystems & environment*, 88(3), 279-290.
- Gooley, G. J., & Gavine, F. M. (2003). *Integrated agri-aquaculture systems: A resource handbook for Australian industry development*. Rural Industries Research and Development Corporation.
- Guiraud, J.-P. (1998). *Microbiologie alimentaire* (Dunod).
- Hamaidi, S., & Ait Oudhia, K. (Dir). (2019). L'Aquaponie [Thesis, École Nationale Supérieure Vétérinaire]. <http://archive.ensv.dz:8080/jspui/handle/123456789/1860>.
- Harlaut, p. (2016). *Tout savoir sur l'aquaponie*. Ebook. Aquaponie. <https://www.aquaponie.fr/formation-aquaponie/>
- Hilhorst, B., Balikuddembe, W. O., Thuo, S., & Schütte, P. (2011). *Food and agriculture organization of the united nations Rome*. 2011.
- Hui, S. C. (2011). Green roof urban farming for buildings in high-density urban cities. 中国海南 2011 世界屋顶绿化大会.
- Huet, M., 1970. *Traité de pisciculture*. Ed. Ch. de Wyngaert, Bruxelles, 718 p.
- Jones, S. (2002). Evolution of aquaponics. *Aquaponics Journal*, 1.
- Joyce, A., Goddek, S., Kotzen, B., & Wuertz, S. (2019). Aquaponics: Closing the cycle on limited water, land and nutrient resources. *Aquaponics food production systems*, 19.
- Klinger, D., & Naylor, R. (2012). Searching for solutions in aquaculture: Charting a sustainable course. *Annual Review of Environment and Resources*, 37, 247-276.
- Lam, H.-M., Remais, J., Fung, M.-C., Xu, L., & Sun, S. S.-M. (2013). Food supply and food safety issues in China. *The Lancet*, 381(9882), 2044-2053. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(13\)60776-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(13)60776-X)

- Lennard, W., & Goddek, S. (2019). Aquaponics: The basics. *Aquaponics food production systems*, 113.
- Love, D. C., Fry, J. P., Li, X., Hill, E. S., Genello, L., Semmens, K., & Thompson, R. E. (2015). Commercial aquaponics production and profitability: Findings from an international survey. *Aquaculture*, 435, 67-74. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.09.023>
- Love, D. C., Uhl, M. S., & Genello, L. (2015). Energy and water use of a small-scale raft aquaponics system in Baltimore, Maryland, United States. *Aquacultural engineering*, 68, 19-27.
- Martins, C. I. M., Eding, E. H., Verdegem, M. C. J., Heinsbroek, L. T. N., Schneider, O., Blancheton, J. P., d'Orbcastel, E. R., & Verreth, J. A. J. (2010). New developments in recirculating aquaculture systems in Europe: A perspective on environmental sustainability. *Aquacultural Engineering*, 43(3), 83-93. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2010.09.002>
- Nelson, R. L., & Pade, J. S. (2008). Aquaponic food production: Growing fish and vegetables for food and profit.
- OKORIE, O.O., 1975. Environmental constraints to aquaculture development in Africa. *FAO/CIFA Symposium on Aquaculture in Africa, Accra, Ghana CIFA/75/SE1*
- Parkinson, J. (2024). Aquaculture. In Wikipédia. <https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Aquaculture&oldid=214138778>
- Pattillo, D. A. (2017). An overview of aquaponic systems: Hydroponic components.
- Pinet, F., Pinet, A., Barriere, J., & Bouche, B. (1961). Endemic fluoroses of aqueous origin in Souf. Darmoros and fluorosis osteopetroses. A report on 51 cases of condensing osteoses. *Algerie medicale*, 65, 737-749.
- Plamondon-Duchesneau, L. (2011). Gestion de l'irrigation des laitues romaines (*Lactuca sativa* L.) cultivées en sol organique.
- Ramirez, J. C. (2015). Développement d'une culture durable de laitue de transformation en sol minéral.
- Rakocy, J., Shultz, R. C., Bailey, D. S., & Thoman, E. S. (2004). AQUAPONIC PRODUCTION OF TILAPIA AND BASIL: COMPARING A BATCH AND STAGGERED CROPPING SYSTEM. *Acta Horticulturae*, 648, 63-69. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2004.648.8>
- Rodier, J., Geoffray, C., & Rodi, L. (1996). L'analyse de l'eau: Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer: Chimie, physico-chimie, bactériologie, biologie. Dunod.
- Rodier, J., 2009. « Analyse de l'eau. » 9ème édition, Dunod, Paris
- Soliman, A., & Belhaj, F. (2021, septembre 23). La région MENA souffre d'insécurité alimentaire, mais des remèdes existent. World Bank. <https://www.banquemondiale.org/fr/news/opinion/2021/09/24/mena-has-a-food-security-problem-but-there-are-ways-to-address-it>

Stalport, B. (2017). Modélisation et développement d'un système aquaponique avec surveillance météorologique pour l'étude du cycle de l'azote.

Subbarao, K., Hubbard, J., Greathead, A., & Spencer, G. (1997). Verticillium wilt 26 27 Davis RM, Subbarao KV, Raid, RN & Kurtz EA Compendium of lettuce diseases The American Phytopathological Society St. Paul, MN.

Tilman, D., Fargione, J., Wolff, B., D'antonio, C., Dobson, A., Howarth, R., Schindler, D., Schlesinger, W. H., Simberloff, D., & Swackhamer, D. (2001). Forecasting agriculturally driven global environmental change. *science*, 292(5515), 281-284.

Wik, T. E., Lindén, B. T., & Wramner, P. I. (2009). Integrated dynamic aquaculture and wastewater treatment modelling for recirculating aquaculture systems. *Aquaculture*, 287(3-4), 361-370.

Xie, K., & Rosentrater, K. (2015). Life cycle assessment (LCA) and Techno-economic analysis (TEA) of tilapia-basil aquaponics. 1.

(Production alimentaire aquaponique à petite échelle – Élevage intégré de poissons et de plantes, 2023).

Résumé : L'objectif de Notre travail est de mettre en évidence le rôle de la technologie aquaponique pour une production agricole durable, car cette technologie fournit un système intégré qui combine la pisciculture et la culture de plantes dans le même environnement. Le protocole d'entente souligne les avantages de cette technologie pour améliorer l'efficacité de l'utilisation des ressources naturelles, réduire la pauvreté alimentaire et améliorer la qualité des cultures, en mettant l'accent sur les aspects environnementaux, économiques et sociaux de ses applications dans le contexte du développement durable.

Pour la première étape : nous avons suivi la température, le pH, les nutriments ammoniac, nitrite, nitrate et les facteurs de ventilation OD et CO₂.

Nous avons d'abord obtenu les résultats : NH₄⁺ (0,14 mg/l), NO₂⁻ (0,14 mg/l), NO₃⁻ (14 mg/l), OD (4,3 mg/l), CO₂ (6 mg /l). Dans un deuxième temps, nous avons suivi chaque semaine les différents éléments et effets de ce système sur la qualité de l'eau par rapport au bassin témoin. A la fin de l'étape nous avons observé les éléments suivants : NH₄⁺ (0,15mg/l), NO₂⁻ (0,17 mg/l), NO₃⁻ (13 mg/l), OD (5,7 mg/l), CO₂ (5 mg/l). Avec ces résultats, il y a eu une diminution du CO₂, une légère augmentation du processus d'ammoniac et de nitrite, et une augmentation du nitrate et de la DO en raison de l'activité des bactéries oxydantes qui se sont propagées dans le système, et l'efficacité du système a été atteint.

En suivant la biologie du tilapia et de la laitue *Lactuca sativa* L., nous avons obtenu une augmentation de la croissance durant les étapes expérimentales et atteint une production bonne à excellente.

Mots clés : aquaponie, tilapia , laitue, NFT, bactéries nitrifiantes, facteurs biologiques.

ملخص: إن الهدف ويتمثل عملنا في تسليط الضوء على دور تكنولوجيا الأكوابونيك في الإنتاج الزراعي المستدام، حيث توفر هذه التكنولوجيا نظاما متكاملًا يجمع بين تربية الأسماك وزراعة النباتات في نفس البيئة. وتسلط مذكرتنا الضوء على فوائد هذه التكنولوجيا في تحسين كفاءة استخدام الموارد الطبيعية والحد من الفقر الغذائي وتحسين جودة المحاصيل، مع التركيز على الجوانب البيئية والاقتصادية والاجتماعية لتطبيقاتها في سياق التنمية المستدامة.

بالنسبة للخطوة الأولى: قمنا بمراقبة درجة الحرارة ودرجة الحموضة والعناصر الغذائية مثل الأمونيا والنترت والنترات وعوامل التهوية وOD وCO₂ ، وحصلنا أولاً على النتائج: NH₄⁺ (0,14 mg/l), NO₂⁻ (0,14 mg/l), NO₃⁻ (14 mg/l), OD (4,3 mg/l), CO₂ (6 mg /l).

ثانياً، قمنا كل أسبوع برصد العناصر والتأثيرات المختلفة لهذا النظام على جودة المياه مقارنة بحوض التحكم. في نهاية المرحلة لاحظنا العناصر التالية : NH₄⁺ (0,15mg/l), NO₂⁻ (0,17 mg/l), NO₃⁻ (13 mg/l), OD (5,7 mg/l), CO₂ (5 mg/l).

وبهذه النتائج حدث انخفاض في ثاني أكسيد الكربون، وزيادة طفيفة في عملية الأمونيا والنترت، وزيادة في النترات والأكسجين DO بسبب نشاط البكتيريا المؤكسدة التي تنتشر في النظام، وتم تحقيق كفاءة النظام.

ومن خلال متابعة بيولوجيا البلطي والخس *Lactuca sativa* L. حصلنا على زيادة في النمو خلال المراحل التجريبية وحققتنا إنتاج جيد إلى ممتاز.

الكلمات المفتاحية: الأحيومائية، البلطي الأحمر، الخس، NFT، البكتيريا النترية، العوامل البيولوجية

Summary: Our work is to highlight the role of aquaponic technology for sustainable agricultural production, as this technology provides an integrated system that combines fish farming and plant cultivation in the same environment. The MoU highlights the benefits of this technology in improving the efficiency of natural resource use, reducing food poverty and improving crop quality, with emphasis on the environmental, economic and social aspects of its applications in the context of sustainable development.

For the first step: we monitored temperature, pH, nutrients ammonia, nitrite, nitrate and ventilation factors OD and CO₂. We first obtained the results NH₄⁺ (0,14 mg/l), NO₂⁻ (0,14 mg/l), NO₃⁻ (14 mg/l), OD (4,3 mg/l), CO₂ (6 mg /l).

Secondly, we monitored each week the different elements and effects of this system on water quality compared to the control basin. At the end of the stage we observed the following elements: NH₄⁺ (0,15mg/l), NO₂⁻ (0,17 mg/l), NO₃⁻ (13 mg/l), OD (5,7 mg/l), CO₂ (5 mg/l).

With these results, there was a decrease in CO₂, a slight increase in ammonia and nitrite process, and an increase in nitrate and DO due to the activity of oxidizing bacteria that spread through the system , and the efficiency of the system was achieved. By following the biology of tilapia and lettuce *Lactuca sativa* L., we obtained an increase in growth during the experimental stages and achieved good to excellent production.

Keywords: Aquatic, Red Tilapia, Lettuce, NFT, Nitrifying Bacteria, Biological Factors