



Université Mohamed Khider de Biskra
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
DEPARTEMENT DES SCIENCE AGRONOMIQUE

MÉMOIRE DE MASTER

Science de la nature et de la vie
Science Agronomique
Production végétale

Réf. : Entrez la référence du document

Présenté et soutenu par :
Bellatreche Redouane Abdessalem

Le : mardi 29 juin 2021

Contribution à l'étude de la performance d'un système aquaponique pour la production de légumes sous abri. Cas de la variété locale de piment

Dr.	BACHAR Mohamed Farouk	MCA	Université de Biskra	Président
Dr.	ACHOURA Ammar	MCA	Université de Biskra	Examineur
Pr.	TARAI Nacer	Pr	Université de Biskra	Rapporteur

Année universitaire 2020-2021

Remerciement

*Avant tout, je remercie **DIEU** le tout puissant de m'avoir accordée la Force et le courage pour réaliser ce modeste travail, atteindre mon but et*

Réaliser ainsi un rêve.

*Je tiens à exprimer toute ma reconnaissance à mon encadreur **Mr Tarai Nacer** docteur d'état et maitre de conférences au département d'agronomie université de BISKRA. Je le remercie de m'avoir encadré, orienté, aidé et conseillé*

Je dédie ce modeste travail à mes parents, qui sont pour moi l'exemple du sacrifice de compréhension, d'encouragement et qui m'ont donné tous les

Moyens d'aller aussi loin.

*Spécialement à mon cher amie **Abdallâh Kourbaa** pour tout son aide, sa disponibilité,*

Son suivi et sa confiance.

*A mes proches amies et mes frères **Ayoub Arfaouia Chérifi Kacem** et **Tarek Hachani**, **Mohamed chérif Soudani** et mon chers amies et Je leurs souhaite rester tout jours ensemble*

*A toute la famille: **BELLATRECHE***

*A toute la famille: **Bachir Chérif**.*

*A mon chers frères : **Hadjou Guidoum** et **Ayman***

*Ames sœurs:(**WEDED, MOUNIR,KHADIDJA, DAOUIA, LOUBNA, FERIEL**).*

*A l'ensemble des étudiants de **2 ème** année MASTER Production végétal et à tous les enseignants du département d'agronomie de l'université de **Biskra**.*

A toute personne que je connais.

Redouane

Didécace

Que ce travail témoigne de mes respects

*A l'homme de ma vie, mon exemple éternel, mon
Soutien moral et source de joie et de bonheur, celui qui s'est
toujours sacrifié pour me voir réussir, mon père*

Bellatreche Noureddine

Et

*A la lumière de mes jours, la source de mes efforts, la flamme de
mon cœur, ma vie et mon bonheur ; maman que j'adore **Bachir
Cherif Aïcha**, je remercie de m'avoir donné tant d'amour et de
tendresse « je suis très fière d'être votre FILS »*

*Aucune dédicace ne pourrait exprimer mon respect, ma
considération et mes profonds sentiments envers eux*

Pour son soutien et ses encouragements, je lui témoigne

Mon grand respect

Mes frères

Mes chères sœurs

Mes oncles et tantes

Mes cousines et mes cousins

A tous mes amis et mes collègues

Enfin, à tous ceux qui ont participé de près ou de loin à

La réalisation de ce modeste travail

Liste des Tableaux

Tableau 1: Les principaux avantages et inconvénients.....	17
Tableau 2: Les avantages et inconvénients	19
Tableau 3: les avantages et inconvénients de types lit remplis de médias.	20
Tableau 4: les valeurs idéales des éléments de l'eau.	32
Tableau 5: Les différents stades Végétatifs du piment.....	37
Tableau 6: Premiers pays producteurs du piment en 2012. (FAO, 2015).....	42
Tableau 7: Situation et production des cultures protégées dans la wilaya de Biskra de la filière piment. (DSA, 2021).....	44
Tableau 8: Composition de piment selon Kolev (1976).....	45
Tableau 9: Préparation avant l'implantation.....	54
Tableau 10: Les Analyses de l'eau normale et l'eau d'aquaponie.	57
Tableau 11: production des plantes.	Error! Bookmark not defined.
Tableau 12: La longueur des plantes dans quatre observations.....	67
Tableau 13: Nombre des Fleures dans quatre observation	69
Tableau 14: Nombre des fleurs dans quatre observations.....	72

Liste des figures

Figure 1: système de culture aquaponie.	15
Figure 2: Une image qui s'implique la méthode NFT	17
Figure 3: Une image qui s'implique la méthode de radeaux.....	19
Figure 4 : Une image qui s'implique la méthode de lits remplis de la production.	20
Figure 5: Cycle de l'azote dans le système	23
Figure 6: Équations de transformation de l'ammoniac en nitrite puis en nitrate	24
Figure 7: Une petite pépinière de la salade.	26
Figure 8: Les plantes célèbres en aquaponie.	27
Figure 9: Certains types de poissons utilisés en aquaponie.....	29
Figure 10: Fonctionnement le siphon-cloche en aquaponie.	31
Figure 11: Evolution de la production mondiale du piment (2003 – 2013).....	41
Figure 12: Evolution de la production du piment en Algérie (2005 – 2014) (FAO,2015)	43
Figure 13: la production du piment dans la wilaya de Biskra depuis 2005-2014. (DSA 2015)...	43
Figure 14: Types de culture du piment à Biskra (2005 – 2014).....	45
Figure 11: Situation géographique de la zone d'étude.....	51
Figure 12: La façade avant de la serre contrôlée. (Origine, 2021)	52
Figure 13: préparation pour la germination des semences de piment.....	53
Figure 14: Semis en pépinière (originale, 2020).	53
Figure 15: les containers utilisés.....	54
Figure 16: L'aération de la serre. (Originale, 2020)	56
Figure 17: La Longueur des plantes pour chaque observation.	58
Figure 18: Les plantes dans le stade de ramification (Originale, 2021).....	58
Figure 19: Nbr des fleurs de chaque plantes pour chaque observation.....	59
Figure 20: Nbr des fruits des plantes dans chaque obdesvations.....	60

Liste des abréviations

FAO: Food and Agriculture organisation.

DSA: Direction des Services Agricoles.

ITDAS : Institut technique de Développement Agricole Saharienne.

Nbr : Nombre.

N : Numéro.

Cm : Centimètre.

L : Litre.

Mm : Millimètre.

Km : Kilomètre.

°C : Degré Celsius.

G : Gramme.

Ha : Hectare.

Qx : Quintaux.

T: Tonne.

Mg: Milligramme.

PH: Potentiel Hydrogène.

NFT: Technique de Filme Nutritif

Sommaire

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations

Introduction générale

Première partie : Etude bibliographique

Chapitre I : Généralité sur la culture aquaponie

II. Généralité sur la culture aquaponique.....	14
I.1 Section 01 : Présentation de système aquaponique	14
II.1.1 Introduction	14
II.1.2 Définition du système aquaponique.....	14
II.1.3 Historique de l'aquaponie	15
II.1.4 Les types d'un système aquaponie.....	16
II.1.5 Les principaux avantages et inconvénients :	17
II.1.6 Radeau (DWC)	18
II.1.7 Lits remplis de médias	20
II.1.8 Conclusion.....	21
III. Section de Fabrication des systèmes aquaponie	21
III.1 Fabrication des systèmes aquaponiques.....	21
III.1.1 Les éléments qui composent le système aquaponique	22

Chapitre II: Généralité sur le piment

IV. Généralités sur le piment.....	35
IV.1 Introduction générale chapitre 02	35
IV.2 Historique et origine du piment	35
IV.3 Culture du piment	36

IV.3.1	Description de la plante.....	36
IV.4	Phénologie de la plante	37
IV.4.1	Les variétés les plus cultivées.....	38
IV.4.2	Valeur nutritionnelle:	38
IV.4.3	Différentes utilisations du piment :.....	40
IV.5	L'importance de la culture de piment	41
IV.5.1	Situation des piments dans le monde	41
IV.5.2	Evolution de la production mondiale du piment	41
IV.5.3	Situation du piment en Algérie	42
IV.5.4	Situation du piment à Biskra	43
IV.6	Importance alimentaire.....	45
IV.6.1	Consommation.....	45
IV.6.2	Composition du fruit	45
IV.6.3	Usages et vertus	46
IV.7	Exigences écologiques de la culture	47
IV.8	Rôle des principaux éléments minéraux	47
IV.8.1	L'azote (N).....	47
IV.8.2	Le phosphore (P).....	47
IV.8.3	Le potassium (K)	47
IV.8.4	Carences en fer (Fe)	48
IV.8.5	Carences en magnésium (Mg)	48
IV.8.6	Carences en soufre (S)	48
IV.8.7	Carences en bore (B).....	48
IV.8.8	Récolte du piment.....	48

Deuxième Partie: Etude bibliographique

V.	Conditions expérimentales	50
V.1	Présentation de la zone d'étude :	50
V.1.1	Situation géographique et climat de la région d'étude.....	50
V.1.2	Dispositif d'expérimentation	52
V.2	Objectif du travail	52
V.3	Matériels et Méthodes	52
V.4	Résultat et discussion	57
V.4.1	Résultat d'analyses végétatives	Error! Bookmark not defined.
V.4.2	Résultat d'analyse d'eau.....	57
V.4.3	Conditions climatiques.....	Error! Bookmark not defined.
V.4.4	Production des plants	Error! Bookmark not defined.
V.4.5	Itinéraire technique en culture	Error! Bookmark not defined.

Conclusion Générale

Référence bibliographique

Annax

Introduction Générale

Introduction Générale

L'aquaponie est l'élevage de poissons et culture des végétaux dans un environnement partagé.

Les deux activités fonctionnent dans un circuit fermé. En effet, l'eau enrichie des déchets des poissons et minéraux est destinée à l'irrigation des cultures.

Cette dernière est une épuration de l'eau qui peut être retournée au bassin d'élevage des poissons. Le principe général de l'aquaponie réside dans la symbiose entre poissons, plantes et bactéries dans un micro-écosystème .

Les déjections des poissons engendrées par la consommation de nourriture sont transformées par des bactéries en matières assimilables par les plantes. Quant à ces dernières, elles purifient l'eau par l'absorption des nutriments, ce qui assure leur croissance, et offrent un substrat aux bactéries.

Entre autres, ils profitent chacun l'un à l'autre par la création un milieu adéquat. Poissons et végétaux comestibles sont des produits comestibles.

Le principe général du genre « Rien ne se perd, rien ne se crée, tout se recycle » est la volonté de minimiser l'empreinte environnementale d'une production alimentaire motivent fréquemment les gens qui optent pour ce type de production. En pratique, dans les climats chauds et tempérés, les systèmes aquaponiques sont de forme intégrée. La version la plus simple consiste à placer poissons et végétaux dans le même bassin ou le même étang. Certaines rizières d'Asie en sont probablement l'exemple le plus ancien.

Une version plus moderne sépare les poissons des végétaux. L'eau du bassin d'élevage des poissons est destiné à l'irrigation des culture. Ce dernier est retourné vers le bassin d'élevage des poissons. L'eau utilisée en boucle à maintes reprises pour l'élevage des poissons caractérise les systèmes de production en recirculation intensive. L'ajout d'une part d'eau neuve, quoiqu'indispensable, est beaucoup moindre que dans un système de production conventionnel. Fréquemment, un bio filtre est intégré dans la boucle de recirculation de l'eau. Il s'agit d'un récipient contenant un substrat offrant un support supplémentaire à l'établissement de bactéries. Ces bactéries transforment les déchets azotés des poissons (provenant de la digestion des protéines) qui deviennent nocifs à compter d'une certaine concentration.

Introduction Générale

L'ajout d'un bio filtre permet d'accroître la production de poissons. Il est à noter que, dans les régions chaudes ou tempérées, la fourchette de température qui satisfait tant les exigences des végétaux que celles des poissons est similaire, voire identique.

Notre travail est constitué de deux parties. La première partie est une étude bibliographique divisée en deux chapitres. Le premier chapitre est consacré à l'étude le système aquaponie et le deuxième est une généralité sur la culture du piment.

La partie expérimentale composée de deux chapitres, le matériels et méthodes utilisés durant la période d'échantillonnage et résultats et discussions.

Première Partie :
Synthèse Bibliographique

Chapitre 01:

Généralités sur

l'aquaponie

I. Généralité sur l' aquaponie

I.1 Présentation de système aquaponie

I.1.1 Introduction

La technique de l'aquaponie est une nouvelle technique récemment utilisée à l'échelle nationale et internationale. Pour cette raison, nous avons essayé de présenter dans ce chapitre, les principaux éléments du système aquaponique.

I.1.2 Définition

L'aquaponie est un système de production révolutionnaire qui associe l'élevage de poissons et la culture de plantes dans un système fermé. Ce système est considéré comme étant un procédé qui est à 100% écologique. Ce système vertueux utilise les effluents des poissons comme engrais pour nourrir les plantes qui agissent à leur tour comme filtre biologique. Ces nutriments nécessaires à la croissance des plantes proviennent de la transformation en éléments assimilables par des populations bactériennes des déchets produits par les macros organismes aquatiques (**FAO, 2014**).

Le mot « aquaponie », traduction de l'anglais « aquaponics », est un mot-valise formé par la fusion des mots aquaculture (élevage de poissons ou autres organismes aquatiques) et hydroponie (culture des plantes par de l'eau enrichie en matières minérales) (Figure 01). Aquaculture + Hydroponie = Aquaponie (**Bouhenni et Chabani, 2018**).

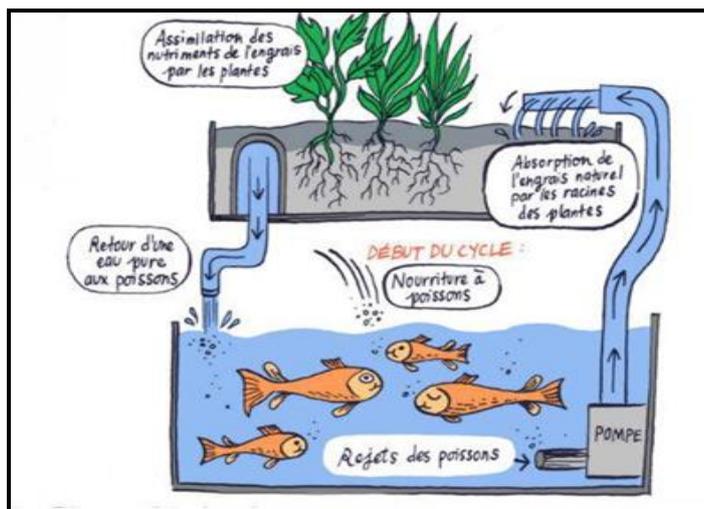


Figure 0 1: système de culture aquaponique (Bouhenni et Chabani, 2018).

I.1.3 Historique de l'aquaponie

L'aquaponie, bien que largement développée par l'homme aujourd'hui, exploite un phénomène naturel, omniprésent sur notre planète. Que ce soit en eau douce ou en milieu marin, les excréments produits aquatiques sont ensuite minéralisés par les populations bactériennes. Les végétaux absorbent ensuite les éléments minéraux et l'eau s'en trouve purifiée .

Les premières traces d'aquaponie domestique remontent toutefois à 1500 ans, en Asie et en Amérique du Sud, sous des formes beaucoup plus simples que celles utilisées aujourd'hui. A cette époque, les asiatiques élevaient leurs canards dans des cages au-dessus de leurs élevages de poissons, afin que les déchets des uns nourrissent les autres. L'eau enrichie des bassins servait ensuite à irriguer les cultures de riz. Au Pérou, les incas créaient des étangs à poissons avec des îles cultivables. Dans les régions de hauts plateaux, le climat est froid avec des étés pluvieux et des hivers secs et gelés. Les îlots de culture, gorgés d'eau enrichie d'excréments d'oiseaux attirés par ce milieu artificiel, offraient des rendements impossibles à atteindre autrement dans cette région . (Bouhenni et Chabani, 2018).

Ce n'est qu'autour de la fin des années 1970 que l'aquaponie regagna l'intérêt du public et de la communauté scientifique, encouragée par la recherche de solutions aux problématiques environnementales et grâce à l'amélioration des techniques d'hydroponie et d'aquaculture .

I.1.4 Les types d'un système aquaponique

Il existe de nombreuses configurations différentes de systèmes aquaponiques. Les composants communs à chaque système aquaponique sont l'aquarium et un lit de plantes sans sol. Les variables comprennent les composants de la filtration, les composants de la tuyauterie, le type de lit de la centrale et la quantité et la fréquence de la circulation de l'eau et de l'aération. En règle générale, les systèmes qui utilisent une certaine filtration pour éliminer les déchets de poisson solides auront une production plus élevée de poissons et de plantes que ceux qui n'utilisent pas la filtration. **(Bouhenni et Chabani, 2018)**.

Il existe trois principales méthodes aquaponiques émergentes dans l'industrie : la technique de film nutritif, le radeau, et le système de lits remplis de médias. Chacune de ces méthodes est basée sur une conception de système hydroponique, avec des adaptations pour le poisson et la filtration. **(Bouhenni et Chabani, 2018)**.

- ***Technique de film nutritif (NFT)***

La technique du film nutritif est une méthode hydroponique couramment utilisée dans laquelle les plantes sont cultivées dans des canaux longs et étroits, mais elle n'est pas aussi courante dans les systèmes aquaponiques. **(Bouhenni et Chabani, 2018)**.

Le principal avantage de la méthode NFT est que les racines des plantes sont exposées continuellement à des approvisionnements satisfaisants en eau potable, en oxygène et en vitamines et minéraux. « L'eau riche en nutriments est pompée dans de petites gouttières fermées, l'eau qui coule dans la gouttière n'est qu'un film très mince. Les plantes s'assoient dans de petites coupelles en plastique permettant à leurs racines d'accéder à l'eau et d'absorber les nutriments. Le **NFT** ne conviennent vraiment qu'à certains types de plantes, généralement les légumes verts à feuilles, les plantes plus

Chapitre I : Généralité sur le système aquaponie

grandes ont des systèmes racinaires trop gros et trop invasifs ou deviennent trop lourds pour les gouttières légères » (Bouhenni et Chabani, 2018).

Le défaut de cette méthode réside dans la vérité qu'il a un tampon extrêmement faible contre les interruptions dans le mouvement puisque la plomberie utilisée dans un système de NFT hydroponique n'est généralement pas assez grande pour être utilisée en aquaponie car la nature organique du système et l'eau «vivante» provoquera le colmatage des petits tuyaux et des tubes. (Bouhenni et Chabani, 2018).

La technique **NFT** est particulièrement adaptée à la culture de la mâche, la laitue, du persil, du basilic, des fraises. Car elle permet d'économiser de la place grâce à la culture verticale. Mais attention, elle ne convient pas à la culture de certaines autres plantes comme par exemple les tomates car la rigole ne serait alors pas assez profonde pour permettre une bonne irrigation des racines (Figure, 2). (Bouhenni et Chabani, 2018).



Figure 2 : Une image qui s'implique la méthode NFT

I.1.5 Les principaux avantages et inconvénients :

Tableau 1: Les principaux avantages et inconvénients

Les avantages	Les inconvénients
Forte économie en eau (fin film d'eau)	Circuits hydrauliques fin (risques de colmatage)
Irrigation et oxygénation homogène dans le temps	Espèces de plantes cultivables limitées

Facile à mettre en place	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)

I.1.6 Radeau (DWC)

Dans un système de radeau (également connu sous le nom flotteur, canal profond et écoulement profond) travaille sur l'idée de plantes flottantes au-dessus de l'eau permettant aux racines de pendre dans l'eau. Cela peut être fait de plusieurs façons. **(Bouhenni et Chabani, 2018).**

Les plantes sont cultivées sur des conseils de polystyrène (radeaux) qui flottent au-dessus de l'eau. Le plus souvent, ceci est dans un réservoir séparé de l'aquarium. L'eau s'écoule en continu de l'aquarium, à travers les composants de filtration, à travers le réservoir de radeau où les plantes sont cultivées et ensuite de retour à l'aquarium. **(Bouhenni et Chabani, 2018).**

Les bactéries bénéfiques vivent dans le réservoir du radeau et dans tout le système. Le volume d'eau supplémentaire dans le réservoir de radeau fournit un tampon pour le poisson, réduisant le stress et les problèmes potentiels de qualité de l'eau. C'est l'un des plus grands avantages du système de radeau **(Bouhenni et Chabani, 2018).**

Dans un système commercial, les réservoirs de radeau peuvent couvrir de grandes zones, en utilisant au mieux l'espace au sol dans une serre. Les semis de plantes sont transplantés à une extrémité du réservoir du radeau. Les radeaux sont poussés vers l'avant à la surface de l'eau au fil du temps, puis les plantes matures sont récoltées à l'autre extrémité du radeau. Une fois qu'un radeau est récolté, il peut être replanté avec des semis et mis en place à l'extrémité opposée. L'optimisation de l'espace au sol, qui est particulièrement important dans une serre commerciale (Figure, 3). **(Bouhenni et Chabani, 2018).**



Figure 3: Une image qui s'implique la méthode de radeaux

I.1.6.1 Les principaux avantages et inconvénients :

Tableau 2: Les avantages et inconvénients

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

I.1.7 Lits remplis de médias

Un système de lit rempli de médias est la forme la plus simple de l'aquaponie. Ce system utilise un réservoir ou un conteneur rempli de gravier, de perlite ou d'un autre support pour le lit de la plante. **(Bouhenni et Chabani, 2018).**

Ce lit est périodiquement inondé d'eau provenant de l'aquarium. L'eau retourne ensuite à l'aquarium. Tous les déchets, y compris les solides, sont décomposés dans le lit de la plante. Parfois, les vers sont ajoutés au lit de plantes rempli de gravier pour améliorer la décomposition des déchets. Cette méthode utilise le moins de composants et aucune filtration supplémentaire, ce qui la rend simple à utiliser. La production est cependant beaucoup plus faible que les deux méthodes décrites ci-dessus. Le lit rempli de médias est souvent utilisé pour les applications de passe-temps où la maximisation de la production n'est pas un objectif (figure, 4). **(Bouhenni et Chabani, 2018).**



Figure 4 : Une image qui s'implique la méthode de lits remplis de la production.

I.1.7.1 Les avantages et inconvénients de types lit remplis de médias :

Tableau 3: les avantages et inconvénients de types lit remplis de médias.

Les avantages	Les inconvénients
Agit en filtre mécanique et biologique	Irrigation et oxygénation homogène
Les médias servent de support pour les plantes	Les plantes situées en bout de circuit peuvent avoir des carences en oxygène et en nutriments

Choix de plantes à cultiver plus large	Accumulation importantes de composés solides
Forte économies en eau	Risques de formation de zones anaérobies
Récolte aisée et rendements élevé	Surcoût lié au transport des médias (gros volumes, poids important)

I.1.8 Conclusion

Dans cette section, nous avons introduit la notion d'aquaponie et nous avons insisté sur ses avantages et ses bienfaits qu'elle offre à l'agriculture, à l'économie, à l'écologie et à l'être humain en général. Nous avons ainsi profité de ce chapitre pour lister des différentes techniques utilisées pour fabriquer un système aquaponique, et nous avons listé ainsi les avantages et les inconvénients de chacune d'entre elle.

La recherche des techniques existantes nous a guidés vers le choix de la technique qui nous convient dans notre projet. De ce fait, nous avons choisit la technique de lits remplis de médias comme elle semble meilleure pour les débutants.

Dans la section suivante, nous allons parler sur les éléments de système aquaponique, ainsi que les étapes de fabrication ce système.

II. Section de Fabrication des systèmes aquaponie

II.1 Fabrication des systèmes aquaponiques

L'un des points les plus importants pour le succès des projets aquaponiques est de connaître tous les moyens qu'ils comportent et méthodes de fabrication. Les systèmes d'aquaponie ne sont pas aussi complexes que certains le pensent, ils sont relativement faciles, à condition de respecter les règles de fabrication.

Comme nous avons déjà expliqué dans le chapitre précédent, les systèmes d'aquaponie sont de trois types : le **NFT**, le radeau, et les lits remplis de médias. Dans ce chapitre, nous détaillons le type que nous avons choisit pour la réalisation de notre projet : les lits remplis de médias. Nous présentons par la suite tous les moyens de ce type et toutes les étapes de sa propre fabrication.

II.1.1 Les éléments qui composent le système aquaponique

Chaque élément du système aquaponique a une fonction et un objectif, soit pour la pisciculture soit pour la culture des plantes dans des meilleures conditions. Il est essentiel pour nous essayer d'équilibrer notre système aquaponique à travers faire des études approfondies sur chaque élément de ce système, et certainement les éléments les plus importants sont l'azote, les plantes et les poissons. L'élevage de poissons (et donc, l'alimentation donnée aux poissons) doit fournir les nutriments nécessaires au développement des plantes et en contrepartie, les plantes doivent suffisamment filtrer l'eau pour les poissons. De plus, le filtre biologique intermédiaire entre les poissons et les plantes, doit également être suffisamment grand et efficace afin de pouvoir convertir l'ensemble des déchets rejetés par les poissons, et pour cela nous allons donc mentionner l'importance de chacun de ces éléments et les conditions optimales que nous choisirons pour obtenir un meilleur résultat. **(HARLAUT in Chabani 2018).**

II.1.1.1 L'azote

L'aquaponie est une méthode de culture complexe qui a évolué comme une solution efficace pour le recyclage des déchets générés dans l'aquaculture. Les déchets azotés produits dans l'aquaculture des poissons ou écrevisses sont utilisés comme engrais pour les plantes cultivées en hydroponie. L'aquaponie repose sur le cycle de l'azote présent dans la nature. Un système aquaponique est naturellement plein d'azote et des bactéries et vers aident à la dégradation des déchets des poissons en nitrates et nitrites qui peuvent être absorbés par les plantes. L'eau d'un système aquaponique est propre, n'est pas recyclée et tourne en circuit fermé [10]. Pour cette raison, l'azote est l'élément le plus important du système d'aquaponie. **(HARLAUT in Chabani, 2018).**

II.1.1.1.1 L'importance de l'azote en system d'aquaponie

L'azote, est un des éléments constitutifs des protéines. Il est donc vital, pour tous les êtres vivants, aussi bien animaux que végétaux **(FAO, 2014 ; Zhen, 2015).**

Les engrais hydroponiques complets sont composés de 20% à 30% d'éléments azotés et sont responsables pour plus de 10% des coûts de production.

En aquaculture seule, l'azote représente 50% à 70% des coûts de production et 70% de l'azote se retrouve dans les rejets, sous forme d'ammoniac **(FAO, 2014 ; Zhen, 2015).**

L'aquaponie permet de récupérer les éléments nutritifs relâchés par les poissons afin de nourrir la croissance des plantes, tout en réduisant les coûts et les impacts environnementaux. L'azote peut, quant à lui, être utilisé comme indicateur de l'équilibre du système et de l'état des solutions nutritives. (Pierre HARLAUT, Bouhenni et Chabani, 2018).

II.1.1.1.2 Le cycle de l'azote

Le cycle de l'azote d'un système aquaponique commence par le nourrissage des poissons. Au plus la nourriture est riche en protéines, au plus celle-ci contient de l'azote. Une partie des protéines consommées par les poissons est absorbée pour la croissance des poissons, le reste est rejeté par l'urine, sous forme d'ammonium. Cette forme de l'azote est ensuite consommée et transformée en nitrites par une première génération de bactéries, présente dans l'eau et concentrée dans le bio filtre. L'ammonium et les nitrites sont hautement toxiques à partir de basses concentrations pour les poissons (FAO, 2014 ; Zhen, 2015).

Ils doivent donc rapidement être dégradés. Une seconde génération de bactéries transforme les nitrites en nitrates. (Pierre HARLAUT, Bouhenni et Chabani, 2018).

Cette dernière configuration chimique est toxique à des concentrations 100 fois plus élevées que les deux précédentes et est la plus accessible pour les plantes.

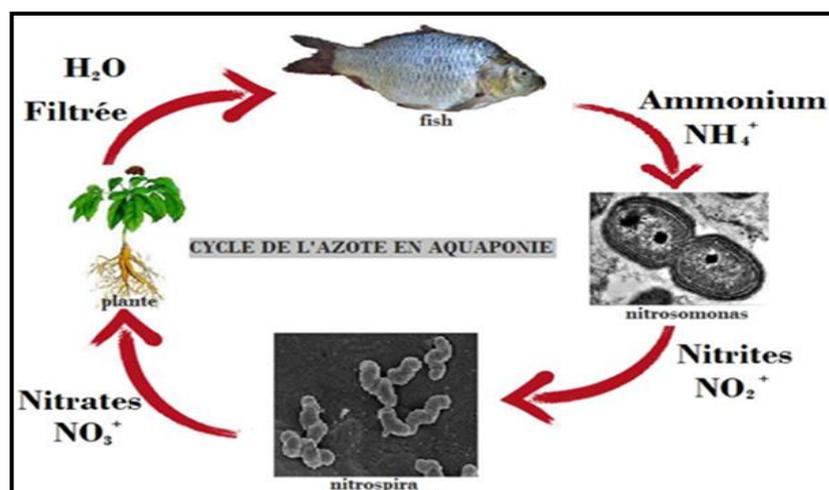


Figure 5: Cycle de l'azote dans le système

II.1.1.1.3 L'importance des bactéries dans le cycle de l'azote

Les bactéries sont essentielles et indispensables au bon fonctionnement d'un système aquaponique, car ce sont elles qui permettent de convertir les déchets issus de l'élevage de poisson en nutriments disponibles pour les plantes. Les bactéries nitrifiantes convertissent les déchets entrant dans le système principalement sous forme d'ammoniac, en nitrite puis en nitrate, qui est alors absorbé par les racines végétales. (Pierre HARLAUT, Bouhenni et Chabani, 2018).

Le processus de conversion se déroule en deux étapes, chacune impliquant un groupe de bactéries spécifiques, tel qu'indiqué sur la. Par conséquent un bon établissement de ces deux types de colonies bactériennes est crucial pour la réussite de la production aquaponique. (Pierre HARLAUT, Bouhenni et Chabani, 2018).

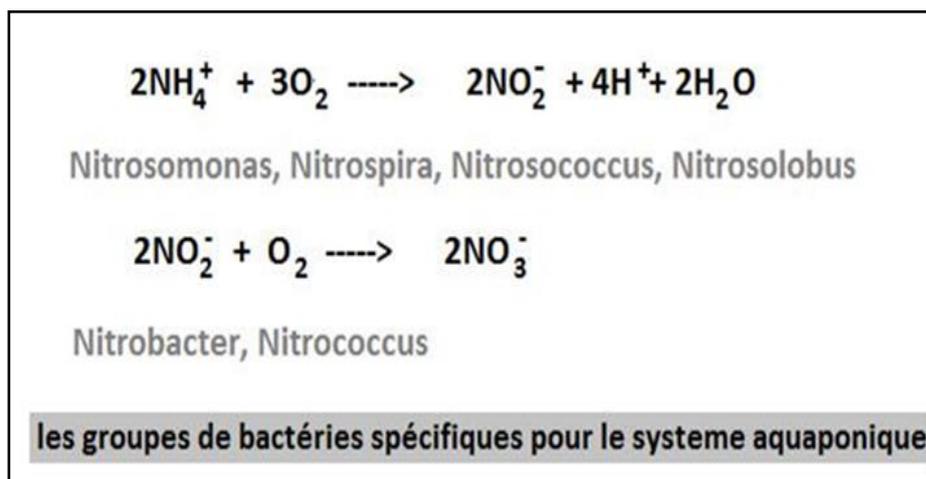


Figure 6: Équations de transformation de l'ammoniac en nitrite puis en nitrate

II.1.1.1.4 Nitrites

Les nitrites (NO_2) sont des sels de l'acide nitreux qui résultent de la réduction de l'ammoniaque par les nitrobactéries. Ces mêmes nitrites vont ensuite être transformés en nitrates par ces mêmes nitrobactéries.

Trop de nitrites dans l'eau et c'est l'asphyxie assurée pour nos poissons. Sachons que chez l'homme et les mammifères, la présence de nitrites dans le sang empêche l'hémoglobine de fixer convenablement l'oxygène (Pierre HARLAUT, Bouhenni et Chabani, 2018).

II.1.1.1.5 Nitrates

Les nitrates (NO₃) constituent le produit final essentiel du cycle de l'azote mais, à la différence de l'ammoniaque et des nitrites, ils ne commencent vraiment à être toxiques qu'à des concentrations relativement élevées et sur un plus long terme. Les poissons résistent mieux aux forts taux de nitrates qu'aux forts taux de nitrites, ce n'est pas pareil. Tout comme les questions de température ou de PH, la résistance des poissons face à une surcharge de nitrates est propre à l'espèce des poissons élevés (Pierre HARLAUT, Bouhenni et Chabani, 2018).

II.1.1.2 Plantes

Les jeunes plants peuvent être transférés dans les bacs ou rigoles de culture dès qu'il y a production de nitrates. Les premières plantes transplantées dans le système vont généralement se développer lentement du fait de la carence temporaire des nutriments apportés par l'eau : il faut laisser le temps que tous les cycles des différents éléments se mettent peu à peu en place. Il faut d'attendre 3-4 semaines pour que les nutriments commencent à s'accumuler, et en général, les systèmes aquaponique ont un taux de croissance inférieur à celui du sol ou celui d'une production hydroponique pendant les six premières semaines. Cependant, une fois que la concentration en nutriments est établie et entretenue (après 1 à 3 mois de fonctionnement), le taux de croissance des plantes devient alors 2-3 fois plus rapide que dans un sol.

II.1.1.2.1 Gestion des cultures

Les légumes sont la principale production d'un système aquaponique de petite échelle. Il est donc essentiel que seules les plantes saines et résistantes soient cultivées. De plus, il est important d'éviter au maximum les chocs (ou stress) lors du transfert des jeunes plants de la pépinière au bac ou rigole de culture aquaponique. Il est donc recommandé d'établir une simple et petite pépinière afin d'assurer un approvisionnement permanent de l'unité aquaponique en plants sains et prêts à être plantés (Figure 1.7).



Figure 7: Pépinière de la salade.

Il est toujours préférable d'avoir un excès de plantes prêtes à être transplantées, car si les semis sont plantés trop tard, il peut y avoir un grand retard de production de légumes.

II.1.1.2.2 Transplanter les jeunes plants dans l'unité aquaponique

Transplanter (ou repiquer), dans une unité aquaponique, des jeunes plants qui ont germé dans un vrai sol n'est pas recommandé sauf si cela s'avère strictement nécessaire. Si c'est le cas, tout le sol retenu par les systèmes racinaires des jeunes plants doit être soigneusement retiré, car il peut contenir des agents pathogènes qui peuvent contaminer le système aquaponique. Le nettoyage des racines est très stressant pour les plantules et étant donné que le plant transféré doit se réadapter à un nouvel environnement, il est commun de perdre 4-5 jours de croissance (**Pierre HARLAUT, Bouhenni et Chabani, 2018**).

II.1.1.2.3 Les légumes les plus populaires que l'on retrouve dans la culture aquaponique

Cette liste de végétaux à cultiver en aquaponie n'est pas bien sûr pas exhaustive. Mais ils connaissent les plantes les plus importantes qui croissent dans le système aquaponique.

- Le basilic
- Le chou-fleur
- Le chou

- Les poivrons
- Les tomates
- Les concombres
- Les haricots
- Le persil
- Tomate
- Piment
- poivrent
- La salade



Figure 8: Les plantes célèbres en aquaponie.

II.1.1.3 Poissons

Les poissons sont la centrale électrique d'un système aquaponique, ils fournissent les nutriments pour les plantes et si nous poisson comestible en croissance, ils fournissent également des protéines pour nous-mêmes. Garder le poisson peut être un peu décourageant pour certains, en particulier ceux qui n'ont aucune expérience préalable, mais nous ne devrions pas être découragé. Garder le poisson dans un système aquaponique est plus simple que de garder les poissons d'aquarium, aussi longtemps que nous suivons des directives simples, alors la croissance du poisson de la taille des alevins, au poisson prêt à manger peut être extrêmement simple

Les poissons doivent être correctement acclimatés à leur nouvel environnement et à l'eau du système aquaponique. L'acclimatation des poissons dans les nouveaux bacs d'élevage peut être une étape très stressante pour les poissons, Et pour cela l'élevage de poisson a besoin de beaucoup d'informations sur son qualité de vie, alors nous avons préféré de donner tous les conditions optimales de la pisciculture sans aucun problème

Chapitre I : Généralité sur le système aquaponie

affectent négativement sur le système aquaponique, nous étudierons en profondeur cet élément important du succès de notre système (**Pierre HARLAUT, Bouhenni et Chabani, 2018**).

Il y a eu nombreux développements dans les domaines de la pisciculture et de l'agriculture récemment. Certains d'entre eux ont accompli des merveilles pour l'amélioration de l'agriculture et de la pisciculture, et certains n'ont pas respecté les anticipations. Quand quelque chose échoue, les gens habituellement blâment le programme seulement et non les conditions de son succès. Chaque système a ses propres mérites et démérites. Un système d'aquaponie de poissons n'est pas une exception. (**Pierre HARLAUT, Bouhenni et Chabani, 2018**).

La méthode d'obtention a commencé avec un système d'aquaponie a vraiment besoin de conseils appropriés. Une manière immature de gérer cette méthode ne pourrait pas nous rapporter les résultats recherchés. (**Pierre HARLAUT, Bouhenni et Chabani, 2018**).

Une méthode aquaponie peut être expliquée comme un processus combiné de l'élevage des organismes aquatiques comme le poisson et la végétation en croissance en utilisant des options de minéraux nutritifs. En d'autres termes, c'est un mélange d'aquaculture et de culture hydroponique. Chacun de ces processus se déroule simultanément, et ce système aborde les éléments négatifs de l'aquaculture et de la culture hydroponique de la meilleure façon possible. L'effluent de poisson extrêmement nutritif est un excellent mélange de toutes les vitamines et minéraux pour la progression optimale des plantes. Le nettoyage et la purification de l'eau sont effectués avec l'aide de la végétation et du milieu dans lequel ils se développent. Dès que la procédure de filtration est terminée, l'eau potable sera recyclée dans l'aquarium. Le même processus peut être répété sans avoir à jeter l'eau (**Pierre HARLAUT, Bouhenni et Chabani, 2018**).

Bien que nous ayons la liberté de cultiver n'importe quel type de poisson dans l'aquaponie, nous devons accorder une attention appropriée aux caractéristiques organiques et financières. Nous devons choisir des espèces de poissons capables de se reproduire en captivité, et des soins sévères devront être apportés pour choisir des espèces de poissons qui ont un long mode de vie. D'autres facteurs importants sont l'adaptabilité aux aliments synthétiques, les spécifications de culture effectivement connues, les exigences de l'industrie, le haut degré de tolérance dans les conditions

d'encombrement et de densité élevée, l'adaptabilité à une agriculture multi-spécifique et une puissante énergie (Pierre HARLAUT, Bouhenni et Chabani, 2018).

II.1.1.3.1 Choisir les types de poissons

Il a été constaté que plusieurs espèces de poissons possèdent d'excellents taux de croissance lorsqu'ils sont élevés en unité aquaponique. Les espèces de poissons particulièrement bien adaptées à l'élevage aquaponique sont les suivants: tilapia (*Tilapia sp*), la carpe commune (*Cyprinus carpio*), la carpe argentée (*Hypophthalmichthys molitrix*), la carpe de roseau (ou herbivore, *Ctenopharyngodon idella*), le barramundi (*Latescalcarifer*), la perche jade (*Scortumbarcoo*), le poisson-chat (*Ameiurus melas*), la truite et le saumon (famille des Salmonidés), la morue de Murray (*Maccullochella peelipeelii*) et l'achigan à grande bouche (*Micropterus salmoides*). (Figure, 9) (Pierre HARLAUT, Bouhenni et Chabani, 2018).



Figure 9: Certains types de poissons utilisés en aquaponie.

II.1.1.3.2 L'état de santé des poissons

Le principal indicateur du bien-être et de l'état de santé des poissons est leur comportement. Afin de maintenir les poissons en bonne santé, il est important de reconnaître le comportement des poissons en bonne santé ainsi que les comportements qui sont signes de stress, de maladies, de présence de parasites, etc. ainsi, le meilleur moment pour observer les poissons correspond à la phase d'alimentation quotidienne, à la fois avant et après l'ajout de la nourriture, et en notant (dans un cahier d'élevage par exemple) la quantité de nourriture consommée tous les jours.

- Des poissons en bonne santé présentent les comportements suivants:
- Les nageoires sont étendues, l'aileron dorsal et l'aileron caudal (la queue)

sont droits.

-Les poissons nagent normalement. Aucune léthargie (c'est-à-dire aucun signe de nonchalance extrême. La léthargie correspond à l'état pendant lequel les poissons montrent un comportement de nage lente et ne répondent pas normalement aux stimuli externes). Il est important de noter que les poissons-chats dorment souvent sur le fond de la cuve jusqu'à ce qu'ils se réveillent et commencent à se nourrir.

-Les poissons montrent un fort appétit et ne s'enfuient pas lorsque les aliments sont donnés.

-Pas de marques (ex. rayures, blessures, écailles manquantes, etc.) le long du corps.

-Aucune présence de taches de lignes ou de stries décolorées.

-Aucun frottement ou friction contre les parois de la cuve d'élevage.

-Absence de nécessité des poissons d'aller respirer à la surface (si des poissons viennent respirer à la surface cela signifie que l'eau du bac n'est pas suffisamment oxygénée).

Yeux nets, brillants et vifs. **(Pierre HARLAUT, Bouhenni et Chabani, 2018).**

II.1.1.4 Un siphon-cloche

Le siphon-cloche permet de soulager notre pompe d'aquaponie en lui évitant d'avoir à s'allumer et s'éteindre tout en permettant de créer les marées hautes et basses dans votre système aquaponique. Le siphon-cloche permet de prolonger la durée de vie de votre pompe mais permet surtout d'améliorer la croissance de vos plantes grâce aux alternances des marées si chères à nos systèmes de culture aquaponique **(Pierre HARLAUT, Bouhenni et Chabani, 2018).**

Dans un autre terme, grâce au siphon-cloche nous pouvons distribuer toute l'eau à venir de notre bassin au bac de la culture régulièrement.

II.1.1.4.1 Fonctionnement du siphon-cloche

À première vue de nous essayons de comprendre le fonctionnement du siphon cela nous semblera difficile mais à la réalité c'est très facile de comprendre leur fonctionnement si nous fabriquons le siphon personnellement.

Par exemple, nous avons un tuyau et nous voulons vider l'eau d'un niveau élevé à un niveau bas la méthode consiste à placer l'un des pôles sur le dessus et l'autre au place où nous voulons vider l'eau à condition que le tuyau soit rempli d'eau. Cette méthode

est réalisée par la plupart des gens à travers l'expérience sans comprendre leur dimension scientifique. Donc, le siphon-cloche fonctionne de la même manière que le tuyau et voici l'image qui explique leur fonctionnement (**Figure, 10**).

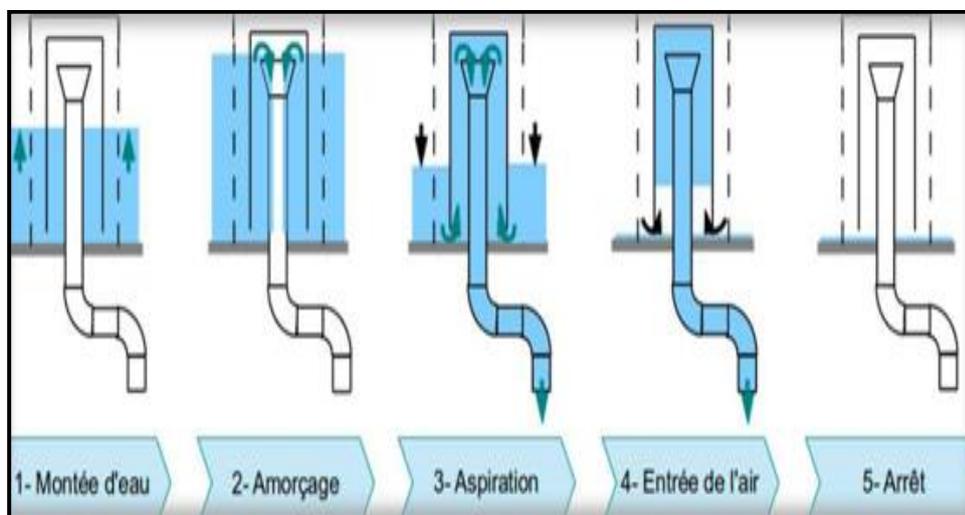


Figure 10: Fonctionnement le siphon-cloche en aquaponie.

II.1.1.5 Substrat

Un substrat est une base matérielle, un support, un socle si ce n'est un terreau ou une assise qui permet de recevoir un quelconque élément scriptural ou autre, organique, pour lui assurer pérennité ou développement. C'est ce sur quoi s'exerce une action (**Stalport, Benoît 2016_2017**)

Le substrat dans le cadre de l'aquaponie est la matière qui fera office de support de croissance aux plantes et aux bactéries de notre système aquaponique. C'est dans ce substrat que se développeront les racines de nos plantes.

II.1.1.5.1 Type de substrat

Voici les types de substrats que nous pouvons utiliser en aquaponie

➤ **Billes d'argile expansée**

Il s'agit d'argile cuite. Elle a un coût élevé et plus simplement et rapidement que les autres types. (**Pierre HARLAUT, Bouhenni et Chabani, 2018**).

➤ **Schiste expansé**

Le schiste expansé est très proche de l'argile expansée. Il se présente sous forme de petites billes de taille identique. Par rapport au gravier, il est beaucoup plus léger, ne modifie pas le pH de votre eau et se trouve être plus agréable à manipuler. (**Pierre HARLAUT, Bouhenni et Chabani, 2018**).

L'installation de gravier est assez forte et peut être trouvée même dans les lieux de construction. Le gravier est le substrat le moins cher et seul inconvénient que nous trouvons est son poids.

➤ **La mousse synthétique**

La mousse trouvera sa place dans les systèmes verticaux dans lesquels elle se placera naturellement. Son coût est assez élevé mais tout reste relatif. Le souci de la mousse est sa durabilité dans le temps (**Pierre HARLAUT, Bouhenni et Chabani, 2018**).

II.1.1.5.2 Qualité requises pour un bon substrat

Pour notre part nous utilisons le gravier car est plus facile à trouver. Nous avons apporté une quantité de gravier de notre résidence et nous l'avons bien lavé avant de le placer dans le bac de culture.

II.1.1.5.3 Cultiver sans substrat

En aquaponie la seule technique qui utilise le substrat c'est de technique de Lits remplis de médias alors en aquaponie peut aussi se pratiquer sans substrat.

La technique de Radeau et **NFT** ne jamais utiliser le substrat.

II.1.1.5.4 L'eau de système

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

Tableau 4: les valeurs idéales des éléments de l'eau.

Les éléments	Les valeurs idéales
PH	Entre 6 et 7
Température eau	Entre 18 et 30°C
Oxygène dissous	Entre 5 et 8 mg/litre (ou plus)
Ammoniac	0 mg/litre
Nitrites	0 mg/litre
Nitrate	Entre 5 et 150 mg/litre
KH	Entre 60 et 140 mg/litre

II.1.1.5.4.1 Choix de l'eau

Les eaux sont très souvent polluées et pour cela, dans les systèmes aquaponiques, de nombreuses types d'eaux sont utilisées. Dans la suite nous le reconnaissons et les caractéristiques de chaque type.

II.1.1.5.4.2 Eau de robinet

L'utilisation de l'eau du robinet est plus facile que d'autres sources d'eau mais il reste cependant des inconvénients majeurs, Lié à l'ajout de nombreux suppléments. Un autre problème majeur avec l'eau du robinet est qu'elle est souvent calcaire et absorption par les plantes.

II.1.1.5.4.3 Eau de pluie

La meilleure eau est évidemment l'eau de pluie, l'eau de pluie doit être correctement récoltée et stockée. Elle restera la source d'eau la plus saine et naturelle qui convient à notre système aquaponique. Cette méthode fait de belles économies d'eau et en plus elle est de bien meilleure qualité que l'eau du robinet.

II.1.1.5.4.4 Eau de puits

L'eau peut être tirée d'un puits. Cependant, l'eau que nous extrairons du puits doit être testée car elle peut être polluée et l'eau est sélectionnée en testant la proportion des matériaux dont nous avons parlé plus tôt.

II.1.1.5.5 La lumière

La lumière est l'un des éléments essentiels de la vie végétale pour réaliser la photosynthèse. Et en termes de quantité d'énergie consommée, « la plupart des jardiniers utilisent au moins 25 W pour 30 cm² d'espaces de culture quel que soit le type de lumière. Nous pouvons diminuer cette puissance si nous pouvons compléter avec de la lumière naturelle ou que nous cultivons une plante qui ne nécessite pas beaucoup de lumière comme la laitue par exemple. Cependant, de nombreux jardiniers préfèrent doubler voire tripler la puissance recommandée pour atteindre des taux de croissance plus rapide. Il n'y a vraiment rien de mieux que d'utiliser trop de lumière mais il faut rester vigilant car dans de petits espaces cela génère énormément de chaleur qui peut être difficile à contrôler. La plupart des jardiniers d'intérieur utilisent un éclairage compris entre 12 et 18 heures par jour » (**Pierre HARLAUT Bouhenni et Chabani, 2018**).

II.1.1.6 Étapes de fabrication

La fabrication d'un système aquaponique n'est pas aussi difficile que certains le pensent, mais avec le manque de respect pour les étapes successives de la fabrication, nous pouvons rencontrer beaucoup de problèmes. Voici alors les étapes de fabrication d'un système aquaponique:

- Préparer un design avant de commencer la fabrication.
- Préparer tous les matériaux nécessaires à la fabrication du système.
- Fabriquer le siphon
- Installer le système aquaponique
- Faire un test de sécurité avec démarré du système sans poissons et sans plantes

chapitre II: Généralités

chapitre II: Généralités

sur le piment

III. Généralités sur le piment

III.1 Introduction générale

Le piment appartient au genre *Capsicum*. C'est l'un des légumes les plus consommés dans le monde et dans les cinq premiers en Afrique (**GABRIEL, 2010**).

Le piment est une excellente source de beaucoup de nutriments et de métabolites secondaires importants pour la santé humaine (potassium, flavonoïdes, antioxydants), tous liés à la réduction des risques de nombreuses maladies comme le cancer et les maladies cardiovasculaires (**WILCOX et al., 2002**). Cet aliment est très prisé par les consommateurs parce qu'il est consommé sous toutes ses formes en frais ou sous forme de produits transformés (piment conservé, piment séché, épices).

Le piment destiné à la transformation tient particulièrement une place importante dans les industries alimentaires algériennes. Les surfaces consacrées à cette culture ont également augmenté. Elles sont passées de 9998 hectares en 2011, pour arriver à 10598,8825 hectares en 2015 (**DSA, 2017**), ce légume représente donc un enjeu économique important soumis à une forte concurrence.

Dans ce sens notre projet de fin d'études a pour objectif d'étudier l'effet de l'irrigation par l'eau de résidu d'aquacultures sur le rendement et la qualité d'une variété de piment cultivée sous serre.

III.2 Historique et origine du piment

Le piment fait partie de la famille des solanacées, comme la tomate, l'aubergine, l'alkékengé, la pomme de terre, le tamarillo et le tabac. Le mot vient probablement du mot Capsa, un terme latin désignant une boîte à livres ayant la forme du fruit (**FRANCINE, 2010**).

La culture du piment est très ancienne; on pense qu'il est originaire du Brésil. Au Mexique, à Tehuacan, on le cultivait déjà 7500 ans avant J.C. Ce fut l'une des premières plantes cultivées en Amérique du Sud, il y a 7000 ans. On utilisait les piments pour leurs propriétés médicinales, comme condiment ou comme légume. Les piments ne furent introduits en Europe qu'à la fin du XVe siècle, à la suite des voyages de Christophe Colomb. Découvert par les Espagnols à Saint-Domingue, le piment deviendra

Chapitre II : Généralité sur le Piment

rapidement «l'épice du pauvre». En effet, au 17^{ème} et 18^{ème} siècle, les épices importées coûtaient très cher et constituaient un signe extérieur de richesse. Le piment remplaça donc le « poivre d'Inde », très dispendieux. (FRANCINE, 2010).

À l'origine, la culture du piment n'était faite qu'à des fins décoratives ; par la suite, on l'utilisa en médecine et on l'apprécia ensuite pour sa valeur culinaire. S'adaptant très facilement, il s'est propagé rapidement, surtout grâce à Magellan qui l'introduisit en Afrique et en Asie. On le cultive maintenant sur tous les continents. Le piment est vivace dans les régions tropicales et annuelles dans les régions tempérées. C'est au Mexique et aux Antilles que l'on retrouve la plus grande variété (FRANCINE, 2010).

III.3 Culture du piment

La culture des piments s'effectue en pots ou en caissettes à l'abri, à une température comprise de 21 à 26°C. Dès l'apparition de deux belles feuilles, les plants sont prêts pour le repiquage en jardin, en terre chaude. Quinze jours avant de les ensemercer, il faut les habituer doucement aux températures extérieures dans un lieu ensoleillé. On doit creuser des sillons distants de 80 centimètres entre eux puis, des trous espacés d'une quarantaine de centimètres et d'un centimètre de profondeur. On dépose dans chaque cavité, une bonne quantité de compost et/ou du terreau. Le pH doit être alors neutre, équivalent à 6 ou 7. Il faut reboucher les trous en installant une cuvette et un paillis et arroser abondamment les pieds (et non le feuillage). Les températures ne doivent pas descendre sous les 15°C pour cela, il est préférable de les installer sous serre (POCHARD, 1987).

III.3.1 Description de la plante

III.3.1.1 Description et classification botanique

Le piment (*Capsicum annum* L.), est une plante dicotylédone qui appartient à la famille des solanacées, sa classification selon CRONQIST, (1981) est la suivante :

- **Division:** Magnoliophyta.
- **Classe:** Magnoliopsida.
- **Ordre:** Solanales.
- **Famille:** Solanacées.

Chapitre II : Généralité sur le Piment

- **Genre:** *Capsicum*.
- **Espèce:** *Capsicum annum* L.

III.3.1.2 Description morphologique

Le piment est une gousse plus au moins charnue qui contient de nombreuses graines dans sa cavité intérieure. Ils poussent sur des plants qui peuvent atteindre environ 1.5 mètres de hauteur. Il existe près de 10 espèces de piments qui se présentent sous des formes, tailles, couleurs et saveurs différentes (**BERNIER *et al.* 2004**).

III.4 Phénologie de la plante

Le cycle végétatif de la culture dure de 70 jusqu'aux 95 jours, il est formé selon **ITCMI (2010)** par sept stades.

Dans cette partie, nous présentons les exigences, la conduite ainsi que la protection de la culture du piment.

Tableau 5: Les différents stades Végétatifs du piment

Stade 0	Levée
Stade 1	Les cotylédons sont étalés
Stade 2	Deux feuilles étalées sur la tige principale
Stade 3	Davantage de feuilles étalées sur la tige
Stade 4	Début floraison
Stade 5	Floraison ;
Stade 6	Développement du fruit.

Chapitre II : Généralité sur le Piment

	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Jui	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec	
Culture primeur (Abris plastique)	←				→													
Culture de saison					←						→							
Culture d'arrière saison											←			→				
Culture saharienne					←						→							
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p>Semis</p> <p>←</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Récolte</p> <p>→</p> </div> </div>																		

Tableau 6: Calendrier culturel du piment.

III.4.1 Les variétés les plus cultivées

III.4.1.1 Dans le monde :

Cayenne, Gorria, Tabasco, Habanero, Lipari, Corne de bœuf.

III.4.1.2 En Algérie

Eternel, Lipari, Italico, Doux Marconi, Doux d'Espagne (type doux) , Corne de chèvre, Nour, Foughal, Capel hot (type piquant) .

III.4.1.3 Dans la wilaya de Biskra

Selon les agriculteurs d'Ainnaga, Les variétés de poivrent les plus cultivées dans la wilaya de Biskra sont: Tahat, dizille, Bloqué, Quatre coins Piment : starsar, frnas, grangzal, Messouda, Prince, piment locale (**Felfel l'arbi**).

III.4.2 Valeur nutritionnelle:

III.4.2.1 Les antioxydants

Les antioxydants sont des composés qui protègent les cellules du corps des dommages causés par les radicaux libre. Ces derniers sont des molécules très réactives qui seraient impliquées dans le développement des maladies cardiovasculaires, de certains cancers et d'autres maladies liées au vieillissement (**WILLCOX et al., 2004**). Les piments forts renferment plusieurs types d'antioxydants et au fil de leur mûrissement, la concentration de plusieurs de ces composés augmente (**HOWARD et TALCOTT, 2000 ; METERSKA et PERUCKA, 2005**). Dans une étude analysant

Chapitre II : Généralité sur le Piment

plusieurs antioxydants du piment, le composé ayant l'activité antioxydante la plus forte était la lutéoline, suivie de la capsaïcine et de la quercétine (LEE et al., 1995).

III.4.2.2 La capsaïcine (ou capsicine) et ses dérivés

Sont responsables de la sensation de chaleur piquante du piment (BORGES, 2001), en plus de posséder une activité antioxydante (METERSKA et PEERUKA, 2005; LUQMAN et RIZVI, 2006). Des études chez l'humain révèlent que la capsaïcine du piment entraîne une augmentation du métabolisme basal après la prise alimentaire (DOUCENT et TREMBLAY, 1997 ; LIM et YOSHIOKA, 1997).

Il a aussi été démontré chez l'humain que la capsaïcine du piment peut augmenter la sensation de satiété (WESTERTERP *et al.*, 2005) et diminuer l'apport alimentaire (YOSHIOKA et IMANAGA , 2004 ; WESTERTERP *et al.*, 2005). Combiné à de saines habitudes de vie, ces effets à court terme du piment peuvent être un atout supplémentaire pour les personnes qui surveillent leur poids corporel. Enfin, bien que la recherche ait parfois supposé le contraire, de plus en plus d'études s'accordent sur le fait que la capsaïcine révélerait *in vitro* et chez l'animal des propriétés pouvant contribuer à la prévention du cancer (SURH, 2002 ; AGGARWAL et SHISHODIA, 2006).

On doit toutefois évaluer dans quelle mesure ces propriétés anti cancer peuvent s'appliquer à l'organisme humain.

III.4.2.3 Les flavonoïdes

Les piments forts contiennent plusieurs flavonoïdes, une vaste famille d'antioxydants: les principaux flavonoïdes des piments incluent notamment la lutéoline et la quercétine (MIEAN et MOHAMED, 2001). Bien que de nombreuses études *in vitro* et chez l'animal révèlent un effet protecteur contre certaines maladies chroniques (par exemple le cancer et les maladies cardiovasculaires), des revues de la littérature scientifiques ajoutent que davantage d'études chez l'humain sont nécessaires pour mieux comprendre l'effet des flavonoïdes (ROSS et KASUM, 2002 ; SCALBERT et MANACH 2005).

III.4.2.4 L'Alpha-tocophérol

Certaines variétés de piment fort sont de bonnes sources d'alpha-tocophérol, un composé antioxydant qui est aussi une forme de **vitamine E**. En effet, plusieurs de ces piments contiennent plus de 7 mg d'alpha-tocophérol par portion de 100 g (CHING et

MOHAMED, 2001). À titre de comparaison, la noisette, un aliment considéré comme très riche en alpha-tocophérol, en contient 15 mg par portion de 100 g. En plus de ses propriétés anti oxydantes, l'alpha-tocophérol, selon certaines données de recherches, pourrait jouer un rôle dans la prévention de certains cancers, des maladies cardiovasculaires et de la maladie d'Alzheimer. Les données à ce sujet sont toutefois encore mitigées et demandent des études plus approfondies (TUCKER et TOWNSEND, 2005).

III.4.2.5 La vitamine C :

Le **piment** est une **excellente source** de vitamine C. Le rôle que joue la vitamine C dans l'organisme en plus de ses propriétés antioxydantes ; elle contribue aussi à la santé des os, des cartilages, des dents et des gencives. De plus, elle protège contre les infections, favorise l'absorption du fer contenu dans les végétaux et accélère la cicatrisation (INDAF, 2009). Le piment contient également d'autres vitamines telles que la vitamine B6 et K, ainsi que d'autres éléments minéraux tels que : le fer, le manganèse, et le cuivre.

III.4.3 Différentes utilisations du piment :

La culture de piment est utilisée en médecine traditionnelle, grâce à sa richesse en capsaïcine, son principal principe actif, en vitamines et en antioxydants, le piment est recommandé pour traiter un certain nombre de pathologies telles que grippe, rhinopharyngites et syndromes rhumatismaux. Il aide la digestion et protège des maladies cardio-vasculaires du fait de son action sur la formation du mauvais cholestérol. En outre, il est diurétique et sudorique (GERARD et FRANÇOIS, 2009).

III.4.3.1 Propriétés médicinales du piment

III.4.3.1.1 Utilisation interne :

Antibactérien, antiseptique, diurétique, sudorique : Grippe, rhumes, bronchites, pathologies rhumatismales, prévention de maladies cardio-vasculaires, digestions difficiles, gastro-entérites, activateur de l'appétit.

- **Antioxydant**

Prévention de l'oxydation cellulaire, renforcement de la tonicité physique, renforcement des défenses immunitaires, prévention de certains cancers

(GRUNWALD et CHRISTOF, 2004).

III.4.3.1.2 Utilisation externe :

Anti-inflammatoire: peut être utilisé en cataplasme pour traiter certaines inflammations rhumatismales (ne pas utiliser sur une plaie) (GRUNWALD et CHRISTOF, 2004).

III.5 L'importance de la culture de piment

Les piments sont appréciés un peu partout dans le monde, présentant une importance économique. Dans cette partie nous allons exposer la situation des piments en termes de production à l'échelle mondiale, nationale et régionale.

III.5.1 Situation des piments dans le monde

D'après Marchoux et al. (2008), la culture des piments s'étend maintenant sur tous les continents habités et comporte deux volets: le piment-légume et le piment-condiment transformé en poudre; ils sont exprimés en tonnes de matières sèches.

III.5.2 Evolution de la production mondiale du piment

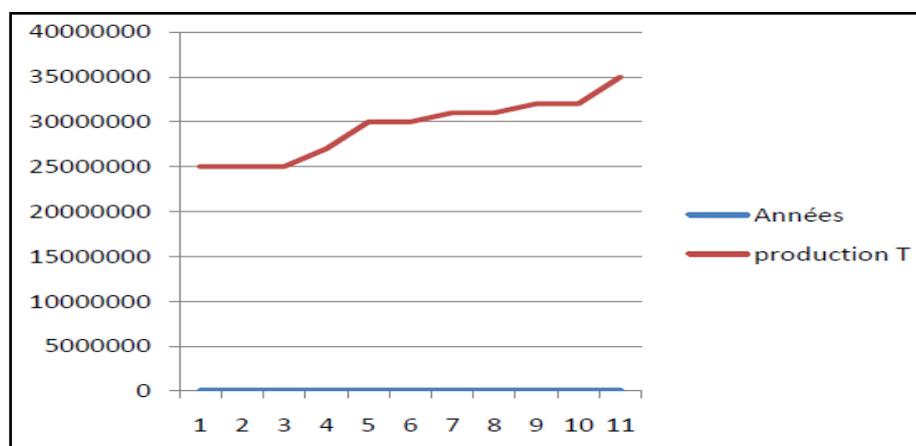


Figure 11: Evolution de la production mondiale du piment (2003 – 2013).

Nous remarquons que la production des piments à l'échelle mondiale s'est développée d'une année à l'autre, allant d'une production de 24 735 120 t en 2003 et arrivant par la suite à 31 131 225,56 t en 2013, avec un taux d'accroissement estimé à 78% (Figure 11).

III.5.2.1 Principaux pays producteurs du piment

Environ 21,7 Mt de piments frais sont produites dans le monde sur près de 1,6 Mha dont près de la moitié en Asie; ils sont également cultivés en Amérique du Nord et Centrale. Alors que l’Afrique est dominante pour la production de piments piquants, dont le Nigeria est le premier producteur (**Marchoux et al., 2008**).

Nous présentons dans le tableau suivant les dix premiers pays du monde producteurs des piments (forts et doux frais) pour l’année 2012.

Tableau 7: Premiers pays producteurs du piment en 2012. (FAO, 2015)

Pays	Production (tonnes)
Chine, continentale	15 600 000
Mexique	2 379 736
Turquie	2 042 360
Indonésie	1 656 243
Etats-Unis d’Amérique	1 014 098
Espagne	970 296
Egypte	650 054
Nigéria	500 000
Algérie	426 566
Ethiopie	402 109

Nous constatons à partir du tableau 05 que l’Algérie se trouve en neuvième rang pour la production des piments à l’échelle mondial au courant de l’année 2012.

III.5.3 Situation du piment en Algérie

Le piment est parmi les cultures les plus anciennement cultivées en Algérie. Dans cette partie, nous allons mettre plus de lumière sur la culture de piment à l’échelle nationale puis nous détaillons le cas de la Wilaya du Biskra en positionnant la culture de piment par rapport aux autres cultures maraîchères. Dans la figure suivante nous présentons la production du piment au niveau national durant la période 2005 – 2014.

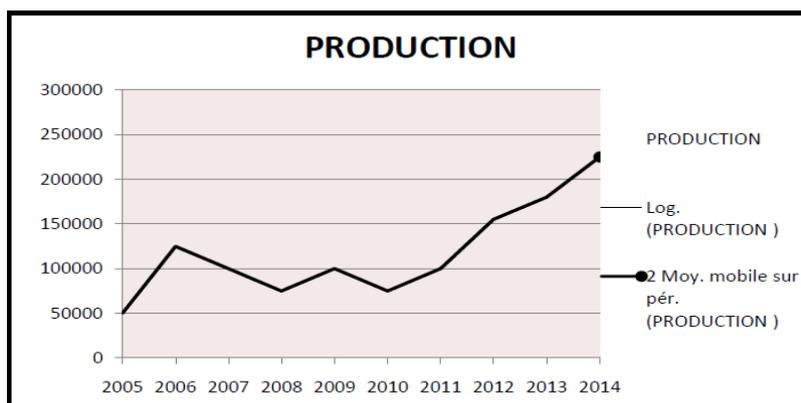


Figure 12: Evolution de la production du piment en Algérie (2005 – 2014) (FAO,2015)

Nous remarquons que la production du piment augmente d'une année à l'autre (2005 : 97 971 t - 2014 : 233 550 t), en enregistrant un taux d'accroissement d'environ 50%, indiquant ainsi l'importance de cette culture dans la production et la consommation nationale (**Figure 12**).

III.5.4 Situation du piment à Biskra

III.5.4.1 Evolution de la production du piment

Au niveau du Biskra, le secteur agricole a connu une évolution accélérée durant ces dernières années particulièrement en production maraîchère. La production du piment dans la région est accrue d'une année à l'autre grâce à son importance économique et même alimentaire. La figure ci-dessous représente l'évolution de la production du piment pendant la dernière décennie dans la région du Biskra.

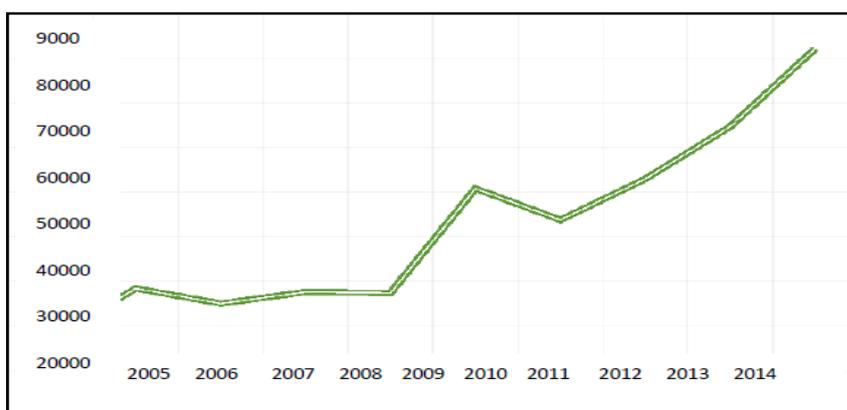


Figure 13: la production du piment dans la wilaya de Biskra depuis 2005-2014. (DSA 2015)

Chapitre II : Généralité sur le Piment

Nous enregistrons une augmentation de la production du piment depuis l'année 2005 qui était de 16 848 t, jusqu'à l'année 2014 où elle a atteint les 82 031,4 t ; avec un taux d'accroissement estimé de 20,54% (**Figure, 13**). Parallèlement, l'accroissement estimé à 61%, a été noté en superficies occupées par le piment (du 2005: 723 ha à 2014: 1193 ha).

Tableau 8: Situation et production des cultures protégées dans la wilaya de Biskra de la filière piment. (DSA, 2021)

	2016-2017		2017-2018		2018-2019		2019-2020	
	Superfici es (Ha)	Producti on (Qx)	Superfi cies (Ha)	Produc tion (Qx)	Superfi cies (Ha)	Productio n(Qx)	Superfi cies (Ha)	Produc tion (Qx)
Piments	1370	990730	1531	116390 0	1550	1175400	1670	126550 0
Serre Tunnels	1246,7	842120,5	1393,2 1	989315	1410,5	999090	1520	108100 0
Serre Multicha pelle	123,30	148609,5	137,79	174585	139,50	176310	150	184500

Le tableau représente les superficies cultivées et la production de la culture de piment dans la wilaya de Biskra dans la période (2016-2020) on remarqué qu'il y a une augmentation des superficies cultivées et les productions du piment avec le temps, en 2016 la superficie cultivé est 1370 Ha avec une production de 990730 par rapport le 2020 la superficie cultivées est 1670 Ha avec une production de 1265500 Qx.

III.5.4.2 Type de culture

Cette augmentation de la production du piment concerne plus la culture protégée que celle de plein champ; la situation est illustrée dans la figure ci-dessous.

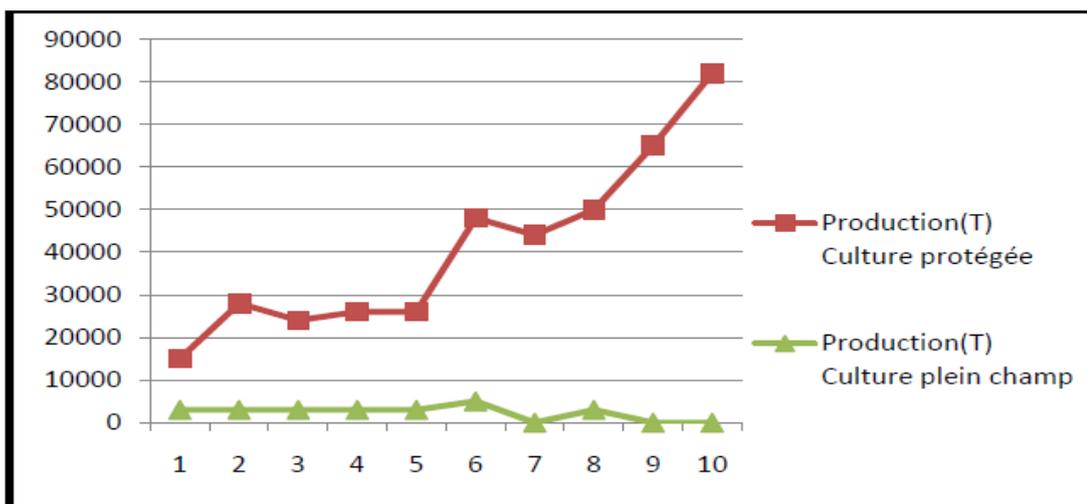


Figure 14: Types de culture du piment à Biskra (2005 – 2014)

Nous remarquons à partir des graphes, que la culture du piment protégée au niveau de Biskra est dominante évoluant de 14 873 t en 2005 à 82 031 t en 2014 ; contrairement à la culture de plein champ qui est totalement abandonnée dans les deux dernières années, de 1975 t en 2005 à 0 t en 2014 (DSA, 2015).

Ce qui nous mène à conclure que le piment dans la Wilaya de Biskra est cultivé, à titre privé dans des superficies restreintes et n'est pas destiné à la commercialisation.

III.6 IMPORTANCE ALIMENTAIRE

III.6.1 Consommation

Le piment est consommé cru ou cuit comme légume, condiment ou épice. Ainsi, suivant l'usage, on distingue le piment légume qui désigne la plante maraîchère dont les fruits sont consommés tels quel ou après une préparation culinaire (piment fort ou poivron), du piment épice cultivé de façon industrielle et destiné à la production de poudre (Hamza, 2010).

III.6.2 Composition du fruit

D'après Kolev (1976), le fruit de piment contient de:

Tableau 9: composition de piment selon Kolev (1976)

Pourcentage	Composition
7 à 13%	Matières sèches

Chapitre II : Généralité sur le Piment

3 à 6%	Sucre
0,2 à 0,4%	Acides organiques
1 à 1,9%	Protéines

Selon **Ounada (1993)**, le fruit est une source excellente de vitamine C; très riche en carotène (provitamine A) et en vitamine B1 et B2. Aussi, il contient de grandes quantités de sels minéraux (K, Ca, Mg, P, Cl).

III.6.3 Usages et vertus

D'après **Hamza (2010)**, le piment présente de nombreux usages et vertus citant :

Epices et colorant alimentaire : Il donne du goût et de la couleur à une alimentation monotone à base de féculent. Il est également utilisé pour la production d'oléorésine, extrait lipophile riche en pigments rouges (capsantine et capsorubine) ayant un débouché important dans l'industrie agro-alimentaire. Ils servent, entre autres, d'additifs naturels dans les boissons, l'industrie laitière (y compris la fromagerie), la pâtisserie, la confiserie et pour les aliments des volailles ;

Source de vitamine C (fruits verts surtout): Isolée et cristallisée pour la première fois à partir de fruits de piment, le jus des jeunes fruits en contient 20 à 30 fois plus que le jus d'orange;

Source de vitamine E (alpha-tocophérol): Certaines variétés de piment contiennent 7 mg d'alpha-tocophérol par portion de 100 g ; en comparant avec la noisette qui est considérée comme un aliment très riche en alpha-tocophérol, en contient 15 mg par portion de 100 g ;

Source d'antioxydants: Les piments forts renferment plusieurs types d'antioxydants dont les plus actives sont la lutéoline, la capsaïne et la quercétine (**Lee et al., 2005 in Hamza, 2010**) ;

Répulsif contre certains crustacés (les pouces-pieds), qui en se fixant sur les coques des navires, peuvent les endommager. Il est aussi actif contre les souris qui rongent les câbles électroniques souterrains (**Hamza, 2010**) ;

Les alcaloïdes de piment peuvent être utilisés dans un programme de gestion de *Bemisia tabaci* en culture sous serre (**Bouchelta et al., 2005 in Hamza, 2010**).

III.7 Exigences écologiques de la culture

Selon l'ITCMI, (2010), la culture de piment est une culture qui préfère les terres profondes, aérées bien drainées, riches en humus. Toutefois, les sols silico-argileux sont conseillés aux cultures de primeur et les terres argilo siliceuses pour les cultures de saison. La plante est exigeante en chaleur, aime les climats tempérés. Les températures exigées sont 20 à 30°C le jour et 15 à 20 °C la nuit. Il s'agit également d'une plante de jours longs, très exigeantes en lumière, tolère un pH de 6.5 à 7, elle est moyennement tolérante en salinité: 1.92 à 3.2 g/l (3 à 5 mmhos/cm-1). L'humidité du sol convenable se situe entre 80 à 85 % et celle de l'air de 60 à 70 %.

III.8 Rôle des principaux éléments minéraux

III.8.1 L'azote (N)

L'azote est un élément fondamental pour le développement du végétal ; plantes. Toutefois, l'excès doit être évité notamment en phase de floraison et de fructification. Sa carence a pour conséquences des branches courtes, rabougries et peu nombreuses avec des petites feuilles déformées (Mitra, 1990). La couleur de ces dernières évolue progressivement du vert clair à un vert plus ou moins jaunâtre et elles se détachent prématurément. De plus les fruits sont petits, maigres et chlorosés (FOURY et PITRAT, 2015).

III.8.2 Le phosphore (P)

Le phosphore favorise le développement du système racinaire et régularise la mise à fleur et le développement et la maturation des fruits, ce qui permet un développement harmonieux de la plante.

Il doit être optimisé en phase de développement (floraison- fructification). En cas de carence de cet élément, les feuilles sont petites, resserrées et incurvées de l'intérieur (Mitra, 1990). Les vieilles feuilles jaunissent avec des bords roses. Les fruits sont menus et déformés. Une nutrition correcte de cet élément influence positivement la résistance de la plante à certaines maladies (FOURY et PITRAT, 2015).

III.8.3 Le potassium (K)

Si les carences en azote, en potassium ou en phosphore peuvent être graves pour les plantes, les conséquences des carences en éléments nutritifs secondaires tels que le magnésium et le soufre) et oligoéléments comme le bore et fer sont plus modérés, mais

ces éléments contribuent toutefois au bon développement de la plante.

III.8.4 Carences en fer (Fe)

Le fer joue un rôle important dans la formation de la chlorophylle et la respiration de la plante .il influe également sur la qualité des fruits (**FOURY et PITRAT, 2015**).

III.8.5 Carences en magnésium (Mg)

Le magnésium entre dans la composition de la chlorophylle et intervient dans l'assimilation de l'azote et de phosphore. Il participe activement au murissement des fruits et à la qualité des légumes. (**FOURY et PITRAT, 2015**).

III.8.6 Carences en soufre (S)

Le soufre sert à la fabrication des protéines et de la chlorophylle, et favorise la fixation de l'azote chez les légumineuses (**FOURY et PITRAT, 2015**).

III.8.7 Carences en bore (B)

Le bore participe au bon état général de la plante (transport en synthèse des sucres et des substances de croissance, respiration, fécondation) (**FOURY et PITRAT, 2015**).

III.8.8 Récolte du piment

Lorsque les conditions climatiques sont adéquates, les piments croissent très rapidement tout comme pour les tomates, il est de loin préférable de les cueillir lorsqu'ils sont murs. Les piments verts et immatures ne sont pas aussi juteux et parfumés que les piments murs. Plus le piment mûrit sur la plante, plus sa saveur est excellente. Tout comme pour les tomates, la moitié du cycle du piment est consacrée à la croissance tandis que l'autre moitié est dévolue au processus de murissement.

Selon les variétés et le but de la production, la période de récolte peut varier. Les poivrons sont généralement récoltés verts, manuellement, avec leur pédoncule lorsque les fruits n'ont pas encore atteint la maturité complète car étant d'un meilleur rapport (**Beniest, 1987**) quoique nutritionnellement meilleurs à l'état mûr (jaunes ou rouges selon les variétés. Il est recommandé de prévoir la récolte entre 50 et 55 jours après la floraison pour les fruits verts (**Laumonier, 1979**) ou 60 à 80 jours repiquage

Chapitre II : Généralité sur le Piment

(Beniest, 1987). Dans ce cas, les risques de pourriture, d'attaques d'insectes ou de coups de soleil sont limités.

La récolte peut durer trois (03) mois ou plus tant que les niveaux de maladies sont contrôlables ou alors que la production devient insignifiante.

Les rendements en fruits frais sont de l'ordre de 10 à 20 tonnes à l'hectare mais théoriquement des rendements de 40 tonnes sont possibles alors que les rendements en grains sont de l'ordre de 120 kg/ha

Deuxième
partie : Etude
expérimentale

IV. Conditions expérimentales

IV.1 Présentation de la zone d'étude

L'oasis de Biskra constitue la transition entre le domaine plissé et montagneux du nord et les grands plateaux présahariens du Sud; Du point de vue climatique, elle constitue une transition entre le milieu semi aride des hautes plaines et le domaine hyperaride du Sahara **GOUSKOV (1962)**.

Sur le plan phyto-sociologique, l'oasis de Biskra est caractérisée par des formations végétales climaciques et édaphiques influant sur la géomorphologie.

Au Nord on rencontre dans les derniers reliefs de l'Atlas Saharien des Monts du Zab des formations steppiques telle que les steppes à Alfa, des Steppes à Chamephytes est des steppes arborées (Alfa+ Genévrier). (**SALEMKOUR N, 2012**)

IV.1.1 Situation géographique et climat de la région d'étude

Les Ziban ou Biskra est située dans le Sud-est algérien, au piémont sud de l'Atlas saharien. Elle s'étend sur une superficie de 21.671,20 Km². Elle est limitée au nord par la wilaya de Batna, à l'est par la wilaya de Khenchela, au sud par la wilaya de Ouargla et El-Oued et à l'ouest par la wilaya de M'sila et Djelfa (**Fig. 11**).

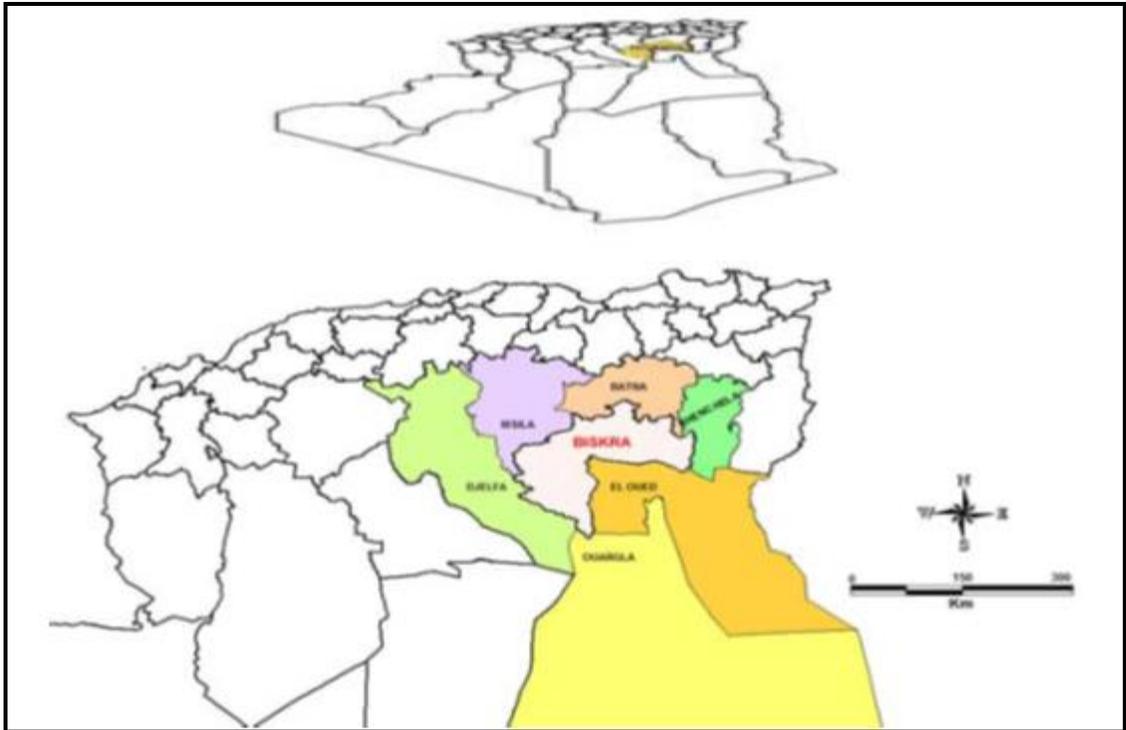


Figure 15: Situation géographique de la zone d'étude.

Du point de vue climatique, les Ziban est une zone aride située dans l'étage saharien à hiver tempéré, caractérisé par des températures très élevées en été, l'hiver est relativement froid. Le mois le plus chaud est juillet et le plus froid est janvier ; Les pluies sont brutales et irrégulièrement réparties sur l'année. La lecture des données relative aux précipitations illustré dans le tableau (1) durant la période (1991-2007) montre qu'elles sont assez faibles et ne dépassent pas 132,37 mm/an et que la pluviométrie moyenne la plus élevée est celle enregistrée durant le mois de Janvier avec 21,8mm et la plus faible est celle enregistrée au mois de Juillet avec 0,77 mm. Pour l'année expérimentale (2007-2008) les données mentionnées montrent bien l'irrégularité des précipitations durant l'année et aussi leurs taux faibles qui ne dépassent pas les 69,07 mm/an avec un maximum de 36 mm enregistré durant le mois de Septembre et un minimum de 00 mm enregistré durant les mois de Février, Juin, Juillet, Août et Novembre (N. SALEMKOUR, 2012)

IV.1.2 Dispositif d'expérimentation

Cette étude à été réalisé dans une serre contrôlée au niveau du département des sciences agronomiques , Université de Biskra.



Figure 16: Serre polycarbonate contrôlée, Université de Biskra. (Original, 2021)

IV.2 Objectif du travail

Le but de ce travail est l'étude de l'efficacité de système aquaponique sur la qualité et le rendement de l'espèce *Capsicum annum* L. en vue d'améliorer sa production en quantité et qualité.

IV.3 Matériels et Méthodes

IV.3.1.1 Matériels utilisés

Premièrement, pour la germination des graines de piment, il faut, des papiers filtres. La transplantation des plants est réalisée dans des pots avec un substrat composé de fibre de cocons. Trois variétés de piment choisis, une locale et deux variétés importées.

IV.3.1.2 Mode Opérateur

IV.3.1.2.1 Pré-germination

La prégermination est la première opération effectuée. Elle à été réalisée le 12 décembre 2020 dans des boîtes de pétri sur un coton mouillé.



Figure 17: Plantation des semences de piment dans un milieu contrôlé

IV.3.1.2.2 Transplantation des semences germées

La deuxième opération est la transplantation des semences germées. Elle a été réalisée le 19 décembre 2020 dans des plaques alvéolaires contenant de la Turbe.

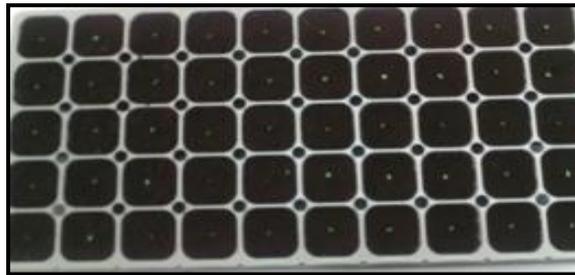


Figure 18: Transplantation des semences germées dans des plaques alvéolées (originale, 2020).

IV.3.1.2.3 Préparation avant transplantation

Les essais ont été conduits pendant la saison de 2020-2021, sur un dispositif en blocs complètement randomisés sur des pots (3) répétitions. Les doses de NPK (15-15-15) en quantité notamment suffisant. Le semis a été réalisé à des plaques alvéoles avec un substrat de tourbe le 25 Février 2021 à Biskra. La transplantation est effectuée 35 jours après le semis le 05 mars 2021. Le NPK (15-15-15) est apporté sous forme de fumure de fonds épanchée avant la transplantation, puis refermés pour éviter l'évaporation de l'engrais dans l'air. (Tab. 10)

Tableau 10: Préparation avant transplantation de plants de piment

<i>Préparation avant transplantation</i>	Installer les fibres des cocons
	Faire une imbibition de fibres
	Ajouter l'engrais NPK (15-15-15) comme une fumure de fond
Installation du goutte-à-goutte	Choisie le substrat pour éviter le bouchage des orifices car l'eau d'irrigation salée mélanger avec résidus des poissons. Mouillage des emplacements vérifier le bon fonctionnement

IV.3.1.2.4 Substrat utilise

Le substrat utilisé durant la période d'échantillonnage est un mélange (1/3 fibre de noix de cocon+1/3 sol+ 1/3 de tourbe noire). La tourbe noire d'origine allemande du nom commercial (KEKKILA) . Cette dernière est caractérisée par une capacité de rétention importante et riche minéraux . Une quantité de 250 g de gravier de 5-8mm de diamètre a été placée au fond de chaque pot pour assurer un meilleur drainage.

IV.3.1.2.5 Pots de plantation

Les pots de plantation sont en plastique. En effet, cette étude nécessite 92 pots , ayant une capacité de 7 L. Ces derniers sont placés sur un support en métal .



Figure 19: Pots utilisés durant l'expérimentation

IV.3.1.2.6 Repiquage sous serre

Le repiquage à été effectuée le 5 mars 2021 lorsque les plants sont devenus rigoureux. L'opération consiste à poser la motte de la plantule de Piment (stade 4 et 5 feuilles) directement dans le substrat, les recouvrir puis les irriguer pour avoir une bonne cohésion entre les racines et le substrat.

IV.3.1.3 Mode de suivi

Le suivis de la plantation est réalisé chaque 10 jours .

Durant chaque observation, des mesures de la tailles, nombres de fleurs, nouaisons et fleurs avortées sont calculées. Des analyses de l'eau à l'état normale et eau d'aquaponique sont réalisées aussi durant chaque observation. La température et humidité de la serre sont prélevées chaque jour.

IV.3.1.4 Méthode de plantation

IV.3.1.4.1 Densité de plantation

La densité de plantation en fonction des :

- Des caractéristiques de la variété choisie
- De l'objectif de la production.
- De l'époque de plantation (densité augmentée en relation avec la lumière)
- Type d'abri et système d'irrigation .
 - **Dans les entre-rangs et Sur le rang :**

Disposition qui doit permettre un passage aisé. (Espace de 60 cm environ), 40 cm entres chaque plante.

IV.3.1.5 Travaux d'entretien

IV.3.1.5.1 Irrigation

L'irrigation est très importante en culture maraîchère et surtout après le repiquage, car elle permet une bonne reprise des plantules. Elle est effectuée tous les 2 à 3 jours.

IV.3.1.5.2 Protection de plants

- Contre les ravageurs : (insectes proove): surélever les mottes, installer des pièges à phéromone.

- Contre les maladies :

Favoriser le ressuyage des mottes : arroser le matin ; utiliser de la perlite en mélange avec le terreau pour un bon drainage. Eviter d'arroser juste après un repiquage pour éviter le développement de Pythium.

IV.3.1.5.3 L'aération de la serre

L'aération de la serre se fait quotidiennement par l'ouverture des fenêtres et de la porte de la serre. Ces ouvertures ont pour but de diminuer les excès d'humidité et de chaleur qui représentent des conditions favorables du développement des Maladies cryptogamiques. Un filet a été placé au niveau de la porte et des fenêtres à cause des insectes.



Figure 20: L'aération de la serre. (Originale, 2020)

IV.3.1.5.4 Désherbage

Cette opération est effectuée manuellement en arrachant les mauvaises herbes qui poussent autour des pieds de piment et gênent son développement.

IV.3.1.5.5 Binage

Le binage consiste à faire tourner le sol de façon irrégulière à l'aide d'un « piquet». Dans le but d'aérer le sol et réduire le tassement du sol.

IV - Résultat et discussion

IV-1- Analyse de l'eau

Le tableau 11 représente les résultats obtenus sur les analyses de l'eau ordinaire et l'eau du bassin d'élevage. Il faut mentionner que le pourcentage des éléments minéraux de l'eau du bassin d'élevage est plus élevé que dans l'eau d'irrigation ordinaire. La richesse de l'eau du bassin d'élevage influe sur le développement de plants de piment.

Tableau 11: Les Analyses de l'eau normale et l'eau d'aquaponie.

N° D'échantillon	CE Ds / m	pH	Cation Még /L				Anions Még /L				Mineralisat° g /l
			Na ⁺	Ca ⁺ +	Mg ⁺ +	K ⁺	CO ₃ ⁻	HC O ₃ ⁻	CL ⁻	CO ₄ ⁻ -	
1: eau aquaponie	6.5	8.5	48.5	19.2	11.6	0.4	0	0	14.2	23.2	4.17
2 : eau normale	3.1	7.2	15.7	11	13	0.2	0	0	3.7	27.5	2

IV-2- Développement de plants de piment

IV-2-1- Stade de ramification

La figure 17 et 18 représentent la croissance de la taille de plants de piment irrigués avec de l'eau du bassin d'élevage durant la période d'échantillonnage. En effet, La longueur maximale durant la 3^{ème} Observation est de 78 Cm. Alors que, le minimale est de 10 Cm.

Par ailleurs, la variabilité de la longueur de plants est marquée durant chaque observation. A partir de ces résultats on peut dire que l'eau du bassin d'élevage contribue à la croissance du piment.

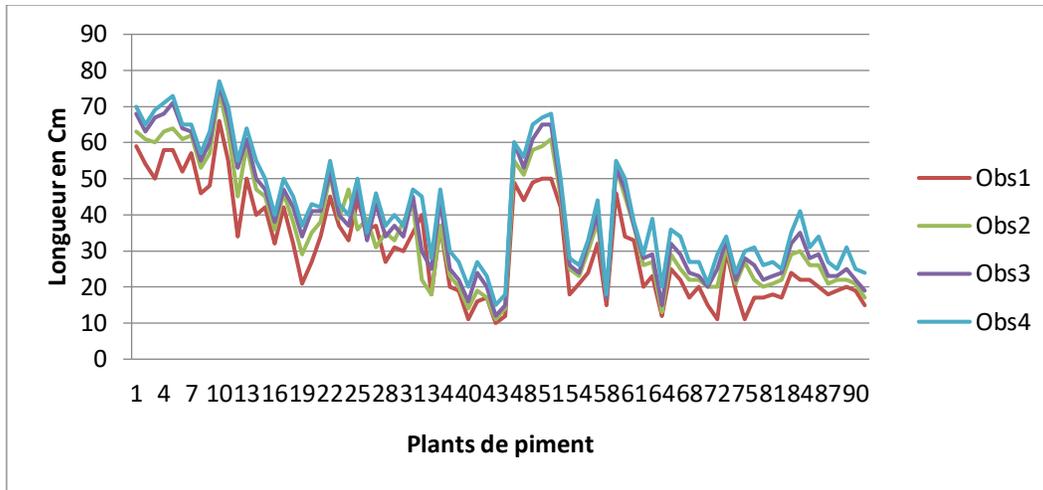


Figure 21: Variation de la longueur de piment irrigué par l'eau du bassin d'élevage



Figure 22: Stade de ramification de piment (Originale, 2021).

IV-2-2- Stade de floraison

La figure 18 représente le nombre des fleurs des plantes dans quarts observations, on a remarqué le nombre Max des fleurs de la plante N° 16 dans la 3^{ème} observation avec un nombre de 27 fleurs/plante, et un nombre Min de 0 Fleurs/Plante pour la majorité des plantes dans les 4 observations.

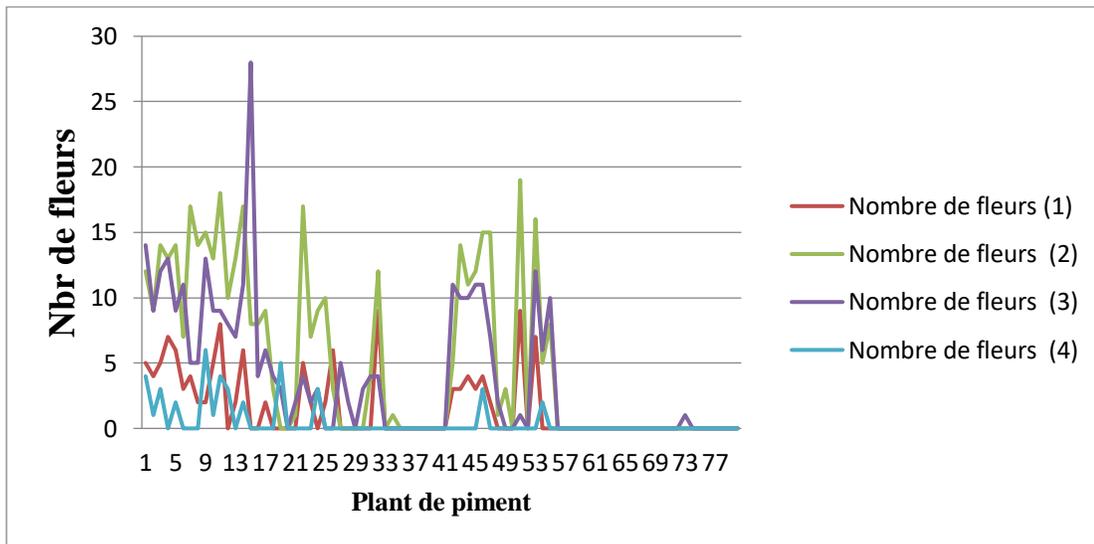


Figure 23: Nbr de fleurs de piment irrigué par l'eau du bassin d'élevage en fonction du temps

IV-2-3- Stade de fructification

Le nombre de fruits comptés pour chaque plants de piment durant les quatre observations sont variables (Fig. 20). En effet , le nombre maximale de fruits est de 14 fruits/Plant. Alors que , l'effectif minimale est de deux fruits enregistrés durant les quatre observation.

Cette variation peut être liée par l'instabilité des facteurs climatiques , la température et humidité de la serre polycarbonate durant le stade de développement de piment.

La température influe sur la croissance et la fertilité de la plante ainsi que les dimensions de fruits . En effet, le piment est exigeant à la chaleur avec un degré bien déterminé. Si les températures sont trop basses, le fruit est mince et pointu ; si elles sont élevées, le fruit est plus trapu (**Ouamane , 2019**).

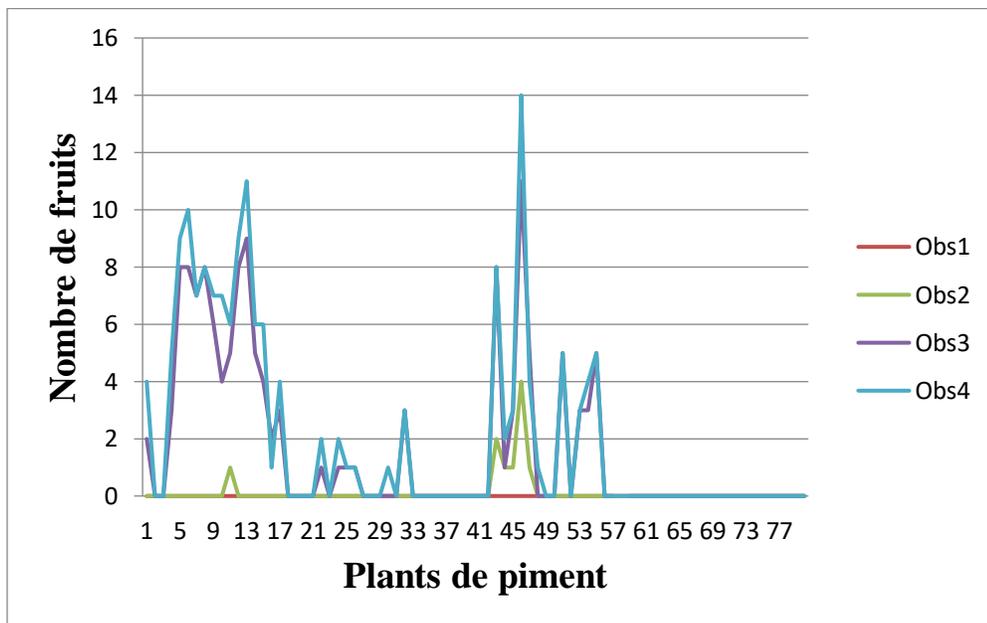


Figure 24: Nombre de fruits de piment irrigué par l'eau du bassin d'élevage comptés durant les quatre observations

Conclusion générale

L'étude réalisée au niveau de la région de Biskra et plus spécialement la serre poycarbonate , Université de Biskra indique que , l'irrigation par l'eau du bassin d'élevage contribue à la croissance du piment .

Il existe plusieurs facteurs qui favorise la croissance de piment notamment la Température et l'humidité. Ces deux facteurs influent sur la qualité de fruit qui devient mince et pointu. Par contre, la température élevée agit sur le calibre de fruit.

On outre, la température idéale durant la période de développement de piment est entre 25° à 45 °C avec une humidité de 66%.

Autant que, le piment est cultivé sous serre contrôlée dont la modification des facteurs climatiques contribue au stress de production, tels que ; le Calibre, la couleur et taille de fruit.

Atravers cette étude, en peut conclure que l'aquaponie a des avantages sur la production à travers l'apport en aliments nutritifs assuré par l'eau d'irrigation. Ce dernier influe de manière positive sur la production.

Comme perspective, Il faut développer les techniques d'élevage pour assurer la production de poisson d'eau douce associée à la production horticole.

Référence bibliographique

1. **AGGARWAL B.B, SHISHODIA S., 2006.** Molecular targets of dietary agents for prevention and therapy of cancer. *Biochem Pharmacol.*, 71 (10):1397-421.
2. **BERNIER P. D., BORVANO M., OUGASTA F ., 2004.** Syndrome du côlon irritable. Manuel de nutrition clinique en ligne. Ordre professionnel des diététistes du Québec P12.
3. **BORGES R.M., 2001.** New Mexico State Université. [Consulté le 10 avril 2004]. www.chilepepperinstitute.org
4. **Bouchelta et al., 2005 in Hamza, 2010. in OUMANE SOUFIANE ; 2018-2019.** Enquête sur la culture de piment local dans la régions de Biskra : conduit et biodiversité ; mémoire master université Mohamed khieder - Biskra , 57p
5. **Bouhenni C, 2017-2018.** Réalisation d'une micro-ferme aquaponique et développement d'une application de gestion commerciale pour les projets d'aquaponie ; Mémoire de master ; université ; Abou bekr Belkaid – Tlemcen ; 101p
6. **CHING LS, MOHAMED S., 2001.** Alpha-tocopherol content in 62 edible tropical plants. *J Agric Food Chemistry*, 49(6):3101-5.
7. **CRONQIST, 1981.** Alpha-tocopherol: roles in prevention and therapy of human disease. *Biomed Pharmacother.*
8. Direction des innovations et des systèmes d'information P75.
9. **DOUCET E, TREMBLAY A., 1997.** Food intake, energy balance and body weight control. *Nutrition*, 51(12):846-55.
10. **DSA 2021.**
11. **DSA, 2017.** Données statistiques. Document interne non publié.
12. **DSA, 2021 .** Données statistiques. Document interne non publié.
13. **FAO, 2007 .,** disponible sur: <http://Faostate.Fao.org> et <http://ecocrop.Fao.org>.

Référence bibliographique

14. **FAO, 2014; Scott, 2002.**
15. **FAO, 2014; Zhen, et al., 2015.**
16. **FOURY C et PITRAT M., 2015 :** Histoires de légumes pour la science p200.
17. **GABRIEL M., 2010.** Diversité de rasionia *Solana cearum* au cameroun et bases genetiques de la resist ance chez le piment (*Capsicum annum*) et les solanacees.<https://pastel>.
18. **GERARD D. et FRANÇOIS C., 2009.** Petit Larousse des plantes médicinales P47.
19. **Graber & Junge, 2009 in Bouhenni C, 2017-2018.** Réalisation d'une micro-ferme aquaponique et développement d'une application de gestion commerciale pour les projets d'aquaponie ; Mémoire de master ; université ; Abou bekr Belkaid – Tlemcen; 101p.
20. **GRUNWALD J. et CHRISTOF J., 2004.** Guide de la phytothérapie, département de biologie. L'origine de l'agriculture P261.
21. **Hamza, 2010). in OUMANE SOUFIANE ; 2018-2019 .**Enquête sur la culture de piment local dans la régions de Biskra : conduit et biodiversité ; mémoire master université Mohamed khieder - Biskra, 57p
22. **HOWARD L.R., TALCOTT ST., 2000.** Changes in phytochemical and antioxidant activity of selected pepper cultivars (*Capsicum species*) as influenced by maturity. J Agric Food Chemistry, 48(5):1713-20.
23. **INDAF., 2005.** Institut des nutraceutiques et des aliments fonctionnels, Santé Canada. Fichier canadien sur les éléments nutritifs.
24. **ITCM., 2010 .**fiches techniques valorisées des maraîchères et industrielles.
25. **ITCMI (2010) in OUMANE SOUFIANE ; 2018-2019 .**Enquête sur la culture de piment local dans la régions de Biskra : conduit et biodiversité ; mémoire master université Mohamed khieder - Biskra, 57p
26. **ITDAS 2021;** Les Analyses de l'eau normale et l'eau d'aquaponie.

Référence bibliographique

27. Kolev (1976), in **OUMANE SOUFIANE** ; 2018-2019 .Enquête sur la culture de piment local dans la régions de Biskra : conduit et biodiversité ;mémoire master université Mohamed khieder - Biskra , 57p
28. **l'ITCMI, (2010)**
29. **Lee et al., 2005 in Hamza, 2010, in OUMANE SOUFIANE** ; 2018-2019 .Enquête sur la culture de piment local dans la régions de Biskra : conduit et biodiversité ; mémoire master université Mohamed khieder - Biskra , 57p
30. **LEPINE LACROIX G. ET BERNIER P., 2004.** Ulcère gastroduodéal. Manuel de nutrition clinique en ligne, Ordre professionnel des diététistes du Québec P63.
31. **LIM K., YOSHIOKA M., 1997.** Dietary red pepper ingestion increases carbohydrate oxidation at rest and during exercise in runners. *Med Sci Sports Exerc.*, 29(3):355-61
32. **LUQMAN S, RIZVI SI., 2006.** Protection of lipide peroxidation and carbonyl formation in proteins by capsaicin in human erythrocytes subjected to oxidative stress. *Phytother Res.*, 20(4):303-6.
33. **Marchoux et al. (2008), in OUMANE SOUFIANE** ; 2018-2019 .Enquête sur la culture de piment local dans la régions de Biskra : conduit et biodiversité ;mémoire master université Mohamed khieder - Biskra , 57p
34. **MATERSKA M., PERUCKA I., 2005.** Antioxydant. *J Agric Food Chem.*, 53(5):1750-6.
35. **MIEAN K.H., MOHAMED S., 2001.** Flavonoid (myricetin, quercetin, kaempferol, luteolin, and apigenin) content of edible tropical plants. *J Agric Food Chem.*, 49(6):310612.
36. **MITRA S. K., SADHU M. K., BOSE T. K., 1990.** Nutrition of vegetable crops. Ed. Naya Prokash. Calcutta, India, pp 101 – 105.
37. **Ounada (1993) , in OUMANE SOUFIANE** ;2018-2019 .Enquête sur la culture de piment local dans la régions de Biskra :conduit et biodiversité ;mémoire master université Mohamed khieder - Biskra , 57p
38. **POCHARD E., 1987.** Histoire du piment et recherche de l'appui au

Référence bibliographique

développement

39. **ROSS J.A., KASUM C.M., 2002** Dietary flavonoids : bioavailability, metabolic effects, and safety. *Annu Rev Nutr* ; 22:19-34
40. **S., 2003.** Tomates and cardiovascular health. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 43: 451-463.
41. **SCALBERT A., MANACH C., 2005** Dietary polyphenols and the prevention of diseases. *Crit Rev Food Sci Nutr.*, 45(4):287-306.
42. **SURH YJ., 2002.** Anti-tumor promoting potential of selected spice ingredients with antioxidative and anti-inflammatory activities: a short review. *Food Chem Toxicol.*,40(8):1091-7.
43. **Treftz & Omaye, 2015 in Bouhenni C, 2017-2018.** Réalisation d'une micro-ferme aquaponique et développement d'une application de gestion commerciale pour les projets d'aquaponie ; Mémoire de master ; université ; Abou bekr Belkaid – Tlemcen ; 101p.
44. **WESTERTERP-PLANTENGA M.S., SMEETS A., LEJEUNE M.P., 2005.** Sensory and gastrointestinal satiety effects of capsaicin on food intake. *Int J. Obes.*, (6):682-8.
45. **WILCOX J.K., CATIGNANI G.L. et LAZARUS**
46. **WILLCOX J.K., ASH S.L., CATIGNANI G.L., 2004.** Antioxidants and prevention of chronic disease. *Crit Rev Food Sci Nutr.*, 44(4):275-95.
47. **YOSHIOKA M., IMANAGA M., 2004.** Maximum tolerable dose of red pepper decreases fat intake independently of spicy sensation in the mouth. *Br. J. Nutr.*, 91(6):991-
48. **YOSHIOKA M., ST-PIERRE S., 1999.** Effects of red pepper on appetite and energy intake. *Br. J. Nutr.*, 82(2):115-23.

Tableau 12: La longueur des plantes dans quatre observations.

Plantes	Obs1	Obs2	Obs3	Obs4
1	59	63	68	70
2	54	61	63	65
3	50	60	67	69
4	58	63	68	71
5	58	64	71	73
6	52	61	64	65
7	57	62	63	65
8	46	53	55	57
9	48	57	60	63
10	66	74	76	77
11	55	63	67	70
12	34	45	53	55
13	50	59	61	64
14	40	47	50	55
15	42	45	47	50
16	32	36	38	40
17	42	46	47	50
18	32	38	42	45
19	21	29	34	37
20	27	35	41	43
21	34	38	41	42
22	45	51	52	55
23	37	39	40	43
24	33	47	37	40
25	44	36	47	50
26	36	39	33	35
27	37	31	43	46
28	27	35	34	37

Annex

29	31	33	37	40
30	30	38	34	37
31	35	43	45	47
32	40	22	30	45
33	18	18	25	28
34	37	37	44	47
37	20	23	25	30
38	19	20	22	27
40	11	14	16	20
41	16	19	24	27
42	17	17	20	23
43	10	11	12	15
45	12	14	15	18
47	49	55	60	60
48	44	51	53	56
49	49	58	61	65
50	50	59	65	67
51	50	61	65	68
52	42	45	47	50
53	18	25	26	28
54	21	23	24	26
55	24	30	32	33
56	32	38	40	44
58	15	17	17	18
59	46	53	53	55
60	34	45	47	50
61	33	37	37	38
62	20	26	28	29
63	23	27	29	39
64	12	13	15	20
65	25	29	32	36

66	22	25	29	34
68	17	22	24	27
70	20	22	23	27
71	15	20	20	21
72	11	20	25	29
73	30	31	33	34
74	19	21	22	24
75	11	27	28	30
76	17	22	26	31
80	17	20	22	26
81	18	21	23	27
82	17	22	24	25
83	24	29	32	35
84	22	30	35	41
85	22	26	28	31
86	20	26	29	34
87	18	21	23	27
88	19	22	23	25
89	20	22	25	31
90	19	21	22	25
91	15	17	19	24

Tableau 13: Nombre des Fleures dans quatre observation

Plantes	Nombre de fleurs (1)	Nombre de fleurs (2)	Nombre de fleurs (3)	Nombre de fleurs (4)
1	5	12	14	4
2	4	9	9	1
3	5	14	12	3
4	7	13	13	0
5	6	14	9	2

Annex

6	3	7	11	0
7	4	17	5	0
8	2	14	5	0
9	2	15	13	6
10	5	13	9	1
11	8	18	9	4
12	0	10	8	3
13	2	13	7	0
14	6	17	11	2
15	0	8	28	0
16	0	8	4	0
17	2	9	6	0
18	0	3	4	0
19	0	0	3	5
20	0	0	0	0
21	0	1	2	0
22	5	17	4	0
23	2	7	2	0
24	0	9	3	3
25	2	10	0	0
26	6	3	0	0
27	0	0	5	0
28	0	0	2	0
29	0	0	0	0
30	0	0	3	0
31	0	4	4	0
32	9	12	4	0
33	0	0	0	0
34	0	1	0	0
37	0	0	0	0

Annex

38	0	0	0	0
40	0	0	0	0
41	0	0	0	0
42	0	0	0	0
43	0	0	0	0
45	0	0	0	0
47	3	5	11	0
48	3	14	10	0
49	4	11	10	0
50	3	12	11	0
51	4	15	11	3
52	2	15	7	0
53	0	1	2	0
54	0	3	0	0
55	0	0	0	0
56	9	19	1	0
58	0	0	0	0
59	7	16	12	0
60	0	5	6	2
61	0	8	10	0
62	0	0	0	0
63	0	0	0	0
64	0	0	0	0
65	0	0	0	0
66	0	0	0	0
68	0	0	0	0
70	0	0	0	0
71	0	0	0	0
72	0	0	0	0
73	0	0	0	0

74	0	0	0	0
75	0	0	0	0
76	0	0	0	0
80	0	0	0	0
81	0	0	0	0
82	0	0	0	0
83	0	0	0	0
84	0	0	1	0
85	0	0	0	0
86	0	0	0	0
87	0	0	0	0
88	0	0	0	0
89	0	0	0	0
90	0	0	0	0
91	0	0	0	0

Tableau 14: Nombre des fruit dans quatre observations

Plants	Obs1	Obs2	Obs3	Obs4
1	0	0	2	4
2	0	0	0	0
3	0	0	0	0
4	0	0	3	5
5	0	0	8	9
6	0	0	8	10
7	0	0	7	7
8	0	0	8	8
9	0	0	6	7
10	0	0	4	7
11	0	1	5	6
12	0	0	8	9

Annex

13	0	0	9	11
14	0	0	5	6
15	0	0	4	6
16	0	0	2	1
17	0	0	3	4
18	0	0	0	0
19	0	0	0	0
20	0	0	0	0
21	0	0	0	0
22	0	0	1	2
23	0	0	0	0
24	0	0	1	2
25	0	0	1	1
26	0	0	1	1
27	0	0	0	0
28	0	0	0	0
29	0	0	0	0
30	0	0	0	1
31	0	0	0	0
32	0	0	3	3
33	0	0	0	0
34	0	0	0	0
37	0	0	0	0
38	0	0	0	0
40	0	0	0	0
41	0	0	0	0
42	0	0	0	0
43	0	0	0	0
45	0	0	0	0
47	0	0	0	0
48	0	2	8	8

Annex

49	0	1	1	2
50	0	1	3	3
51	0	4	11	14
52	0	1	5	4
53	0	0	0	1
54	0	0	0	0
55	0	0	0	0
56	0	0	5	5
58	0	0	0	0
59	0	0	3	3
60	0	0	3	4
61	0	0	5	5
62	0	0	0	0
63	0	0	0	0
64	0	0		0
65	0	0	0	0
66	0	0	0	0
68	0	0	0	0
70	0	0	0	0
71	0	0	0	0
72	0	0	0	0
73	0	0	0	0
74	0	0	0	0
75	0	0	0	0
76	0	0	0	0
80	0	0	0	0
81	0	0	0	0
82	0	0	0	0
83	0	0	0	0
84	0	0	0	0
85	0	0	0	0

Annex

86	0	0	0	0
87	0	0	0	0
88	0	0	0	0
89	0	0	0	0
90	0	0	0	0
91	0	0	0	0

Résumé: Le but principal de cette étude est la détermination de l'effet d'irrigation par l'eau d'aquaponie sur le rendement et la croissance de piment. Les résultats obtenus indiquent que l'essai qui irriguer par l'eau d'aquaponie a une croissance et rendement plus que le témoin. Cela indique que l'irrigation par l'aquaponie améliorer le rendement et la croissance de piment

Mots clés: Croissance, rendement, piment, aquaponie.

Summary: The main aim of this study is the determination of the effect of irrigation with aquaponics water on the yield and growth of chilli. The results obtained indicate that the test which irrigated with aquaponics water had more growth and yield than the control. This indicates that aquaponics irrigation improves chilli yield and growth

Keywords: Growth, yield, pepper, aquaponics.

ملخص: الهدف الرئيسي من هذه الدراسة هو تحديد تأثير الري بمياه الاستزراع النباتي والسمكي على محصول ونمو الفلفل الحار. النتائج التي تم الحصول عليها تشير إلى أن الاختبار المروي بمياه الأكوابونيك كان له نمو وحاصل أكبر من المقارنة. يشير هذا إلى أن ري نظام الاستزراع النباتي والسمكي يحسن محصول الفلفل ونموه

الكلمات المفتاحية: النمو ، المحصول ، الفلفل ، الأكوابونيك