



Université Mohamed Khider de Biskra
Faculte des sciences exactes et des sciences de la nature et de la vie
Département des Sciences Agronomiques

MÉMOIRE DE MASTER

Science de la Nature et de la Vie
Sciences Agronomiques
Hydropédologie

Réf. : Entrez la référence du document

Présenté et soutenu par :

Gouicem Nessrine

Le : lundi 27 juin 2022

Effet de stress hydrique sur la croissance et la production de la culture de tomate sous abri en système aquaponique

Jury :

M.	HADJEB. A	MCA	Université de Biskra	Président
Mme.	KESSAI A.	MAA	Université de Biskra	Rapporteur
M.	BOUKEHIL Khaled	MAA	Université de Biskra	Examineur

Remerciements

Nous tenons tout d'abord à remercier Dieu le tout puissant et miséricordieux, qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce Modeste travail.

Mes remerciements les plus vifs en priorité à mon encadreur Dr. KESAI ABLA

Et je n'oublie pas les membres de jury

Dr. BOUKEHIL KHALED

Dr. HADJEB AYOUB

Merci à toutes les personnes qui mon aide
Moralement et matériellement.

GOUICEM NESSRINE

DEDICACES

Je dédie ce travail à la femme de fer, un exemple de force et de sacrifice. Une femme qui s'est plus fatiguée que moi dans mes études, ma chère mère Nadia,

Mon père Qwaider est ma force et mon soutien.

Mes amis, Wafa, merci pour les plus beaux souvenirs, wanassa mon amie d'enfance, Najwa Girl of Attitudes. Merci du fond du coeur.

Ma sœur Shaima et mes frères Alaa et Yasser

Merci à ma grande famille ma chère grand-mère, tantes et oncles

J'ai écrit ces mots de mon cœur et je pensais chaque mot que j'ai écrit. Que Dieu vous protège pour moi,

إن شاء الله

Table des matières

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction.....01

CHAPITRE I : GENERALITE SUR LA TOMATE

1. Généralité sur la tomate.....03

1.1. Origine et Historique.....03

1.2. Classification de la tomate.....03

1.2.1. Caractéristiques génétiques.....**03**

1.2.2. Classification botanique.....04

1.3. Description botanique de la tomate.....05

1.4. Le Cycle biologique de la tomate06

1.4.1. Phases végétatives.....06

1.4.2. Phase de reproduction..... 06

1.5. Importance économique07

1.5.1 La production dans le monde 07

1.5.2. La production en Algérie08

1.5.3. La production a Biskra.....09

CHAPITRE II : Le système aquaponique et Le stress hydrique

2. Le système aquaponique10

2.1. Définition du système aquaponique 10

2.2. Historique de l'aquaponie 10

2.3.. Avantages et inconvénients de l'aquaponie	12
2.4. Types d'un système aquaponique.....	13
2.4.1. Radeau (DWC)	13
2.4.2. Lits remplis de médias.....	14
2.4.3. Technique de culture sur film nutritif (NFT)	15
2.4.4. Technique du lit de culture à substrat (Media Bed Technique ou MBT).....	15
2.5. Le substrat.....	16
2.6. La qualité de l'eau des systèmes aquaponiques.....	17
3. Le stress hydrique	19
3.1. Définition de stress hydrique	19
3.2 Effets du déficit hydrique sur le développement de la plante.....	19
3.3. Mécanismes de Stratégie au déficit hydrique.....	19
3.3.1. Stratégie d'esquive ou l'échappement	20
3.3.2. Stratégie d'évitement	20
3.3.3. Stratégie de la tolérance	20
3.4. Paramètres affectés par le stress hydrique	20
3.4.1. La croissance végétative	21
3.4.2. La croissance des organes reproducteurs	21
3.4.3. L'alimentation minérale	21.
3.4.4. La photosynthèse	21
3.4.5. Le rendement	21

Chapitre III : Matériel et méthodes

4. Objectif du travail	23
4.1. Présentation du site d'étude.....	23
4.2. Description de la serre d'étude.....	23
4.3. Matériels utilisés	24
4.3.1. Matériel végétatif	24
4.4. Substrats utilise.....	25
4.4.1. Fibre de noix coco	25
4.5. Pots de plantation	25
4.6. La gestion des cultures.....	26
4.7. La qualité de l'eau en systèmes aquaponique.....	26
4.7.1. Modalité aquaponie.....	26
4.7.2. Le bac d'élevage des poissons.....	27
4.8. Dispositif expérimental	28
4.9. Paramètres et mesures.....	29

Chapitre IV : Résultats et Discussions

6. Résultats et Discussions.....	30
6.1. Caractéristique de l'eau d'irrigation aquaponique.....	30
6.2. L'effet du stress hydrique sur les stades de croissances en système aquaponique.....	34
6.3. L'effet du stress hydrique sur les caractéristiques morphologiques en système aquaponique.....	36

6.3.1. Longueur de la tige principale (cm)	36
6.3.2. Nombres des feuilles moyen.....	37
6.3.3. Le poids total moyen des fruits de tomate (g/plant).....	38
6.3.4. Le calibre moyen du fruit de tomate (cm)	39

Conclusion	41
-------------------------	-----------

Résumé	42
---------------------	-----------

Références bibliographique

Annexe

Liste des tableaux

Tableau 1 : Classification botanique de tomate

Tableau 2 : Production annuelle de tomate en régions Ouest (Ministère ADRP, 2006)

Tableau 3. Principales communes de la production de tomate au niveau de Biskra (2017) DSA Biskra (2018).

Tableau 04. Établir un compromis pour les paramètres de la qualité et la chimie de l'eau du système aquaponique TECA, (2016a)

Tableau 05 : Résultats du Bilan ionique de l'eau aquaponique

Tableau 06 : Résultats des paramètres de la qualité et la chimie de l'eau du système aquaponique

Tableau 07 : La durée des stades de croissances en jours.

Tableau 08 : Analyse de la variance(les longueurs de la tige principale moyenne)

Tableau 09 : Analyse de la variance (Nombre des feuilles)

Tableau 10 : Analyse de la variance(Le poids total moyen des fruits de tomate)

Tableau 11 : Analyse de la variance(le diamètre de la tomate)

Liste des figures :

Figure 1 : Plante Tomate

Figure 02: Fruit de la tomate, Schéma d'un fruit en coupe transversale représentant les différentes parties de la baie.

Figure 3: Répartition de la production mondiale de la tomate

Figure 04 : Un système aquaponique

Figure 05 : Méthode de radeau

Figure 06 : Méthode de lits remplis de média

Figure 07: Technique de culture sur film nutritif

Figure 08 : Représentation d'une unité aquaponique constituée d'un lit de culture à substrat

Figure 09 : dispositif expérimentale de l'essai

Figure 10 : Diagramme de Riverside de l'eau aquaponique

Figure 11: le diagramme de PIPER de l'eau aquaponie

Figure 12 : Le stade de croissances en système aquaponique de la culture de tomate sous stress hydrique

Figure 13: Effet du stress sur les longueurs de la tige principale moyenne (cm)

Figure 14: Effet de stress hydrique sur le nombre de feuilles

Figure 15 : Effet de stress hydrique sur Le poids total moyen des fruits de tomate

Figure 16 : Effet de stress hydrique sur calibre moyen du fruits de tomate

Liste des photos :

Photo 01: serre contrôlée .

Photo 02: variété de tomate SAHARA F1

Photo 03 : Pots utilisés durant la période expérimentale

Photo 04 : La transplantation de plants de tomate

Photo 05: la culture de tomates en aquaponie

Photo 06: bassin d'élevage de poissons

Introduction

Introduction

La tomate est une des cultures les plus répandues à travers le monde. C'est une source importante de vitamines ainsi qu'une culture de rente importante pour les petits exploitants et pour les agriculteurs commerciaux qui ont une exploitation moyenne. La tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) est devenue un des légumes les plus importants du monde. En 2001, la production mondiale de tomate était d'environ 105 millions de tonnes de fruits frais sur une superficie évaluée à 3,9 millions d'hectares. Elle se positionne au premier rang mondial des fruits cultivés avec une production d'environ 152 millions de tonnes en 2010 **(FAO, 2012)**

Les tomates tolèrent mieux le stress hydrique. Elles peuvent modifier leurs processus physiologiques afin de conserver l'eau tout en poursuivant leur croissance. Le stress hydrique durant les premières phases de cycle rend la plante plus tolérante qu'un stress survenant dans les phases productives (floraison et maturation) il apparaît qu'un stress hydrique prolongé affecte toutefois le rendement **(L'ANTARIO, 2016)**.

En effet, Dans le domaine de l'agriculture, les avancées technologiques ont entraîné l'apparition de nombreuses techniques pour l'augmentation des produits agricoles innovantes telle que L'hydroponie (aquaponie).

L'aquaponie nous vient d'Asie avec la rizipisciculture dans laquelle l'élevage de poissons était associé à la culture du riz : les déjections des poissons fertilisaient la rizière tandis que les pieds de riz purifiaient l'eau.

L'aquaculture ou pisciculture qui consiste à élever des poissons dans des bassins pose un problème environnemental car l'eau est régulièrement polluée par les déjections qui contiennent de l'ammoniaque, ce qui oblige à la changer régulièrement. **(FOUCAR ET AL., 2015)**

Vue l'impact de stress hydrique ainsi l'utilisation de la culture aquaponique sur la qualité et la productivité des produits agricoles, notamment la tomate, il s'avère d'une très grande importance, et son amélioration devient l'objet de nombreuses recherches scientifiques.

Introduction

Dans ce contexte, s'inscrit notre objectif de travail qui vise essentiellement à évaluer l'utilisation de l'eau aquaponique pour l'irrigation d'une culture de tomate sous stress hydrique dans la région de Biskra

Ainsi notre travail se répartit comme suit,

La première partie, théorique, est composée de deux chapitres. Le premier s'intéresse à la morphologie de la tomate, le deuxième sur l'effet de stress hydrique sur la croissance de la tomate et explique l'importance de la système aquaponique. La deuxième partie, pratique, traite l'étude expérimentale à savoir : matériels et méthodologies utilisées, ainsi que les traitements et l'analyse des résultats obtenus et leurs discussions.

CHAPITRE I

GENERALITE SUR LA TOMATE

Chapitre I : Généralité sur la tomate**1. Généralité sur la tomate:****1.1. Origine et Historique**

La tomate *Lycopersicon esculentum* originaire d'Amérique du sud fut domestiquée au Mexique. En 1544, elle est Introduite en Espagne en Italie puis dans les autres pays européens. Elle s'est ensuite propagée en Asie du sud et de l'est, en Afrique et en Moyen Orient (**SHANKARA ET AL. 2005**).

Etymologiquement, le mot tomate est une déformation du mot inca Tomalt et le mot *Lycopersicum* qui signifie en latin "Pêche de loup", appellation peu alléchante à laquelle on a ajouté au XVIIIe siècle l'adjectif *esculentum* à cause des propriétés gustatives de ce légume-fruit (**NAIKA ET AL. 2005**).

En Algérie, ce sont les cultivateurs du Sud de l'Espagne (Tomateros), qui l'ont introduit en raison des conditions climatiques qui sont propices pour sa culture. Quant à sa consommation, elle a commencé dans la région d'Oran en 1905 puis, elle s'étendit vers le centre, notamment au littoral algérois (**TOUFOUTI, 2013**)

1.2. Classification de la tomate**1.2.1. Caractéristiques génétiques.**

La tomate cultivée, *Lycopersicon esculentum* Miller est une espèce diploïde avec $2n=24$ chromosomes, chez laquelle il existe de très nombreux mutants mono géniques, dont certains sont très importants pour la sélection. Sa carte chromosomique compte actuellement 235 gènes localisés avec précision (**GALLAIS ET BANNEROT, 1992**). La structure de la fleur de *L. esculentum* assure une cleistogamie (autogamie stricte), mais elle peut se comporter comme une plante allogame. On peut avoir jusqu'à 47% de fécondation croisée dans la nature (**PUBLISHERS, 2004**). Ces deux types de fécondation divisent la tomate en deux variétés qui sont:

A) Variétés fixées

Il existe plus de cinq cents variétés fixées (conservent les qualités parentales). Leurs fruits sont plus ou moins réguliers, sont sensibles aux maladies, mais donnent en général des fruits d'excellente qualité gustative (POLESE, 2007).

B) Variétés hybrides

Les variétés hybrides sont plus nombreuses. Elles sont relativement récentes, puisqu'elles n'existent que depuis 1960 (POLESE, 2007).

1.2.2. Classification botanique

Tout d'abord le nom scientifique *Solanum lycopersicum* L. a été proposé pour remplacer *lycopersicum esculentum* Mille. Utilisée depuis de nombreuses décennies. En effet, les éléments historiques montrent que *Solanum lycopersicum* a été proposé par Linné en 1753, un an avant la proposition de Miller d'associer la tomate au genre *lycopersicum*. Des études phylogénétiques appuient l'idée que la tomate et ces cousins les *lycopersicum* sauvages doivent être placés dans le genre *Solanum*. Les deux noms continuent à être utilisés dans la littérature (BLANCARD, 2009).

Tableau 1 : Classification botanique de tomate

Règne	Plantae
Sous-Règne	Tracheobionia
Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Sous-classe	Asteridae
Ordre	Solanales
Famille	Solanacées
Genre	<i>Lycopersicum</i>
Espèce	<i>Lycopersicum esculentum</i>

1.3. Description botanique de la tomate :



Figure 1 : Plante Tomate (<https://www.lesbeauxjardins.com>)

Grain : Dans chaque fruits, les graines sont petites, nombreuses (environ 300 5 350 graines/gr), Elles sont de 3 à 5 mm de long et 2 à 4 mm de large, 1000 graines pèsent approximativement 2,5 à 3,5g (SHANKARA ET AL, 2005).

Racine : Forte racine pivotante qui pousse jusqu'à une profondeur de 50 cm ou plus. La racine principale produit une haute densité de racines latérales et adventices

Feuillage: Les feuilles sont simples, composées, alternées, sans stipule, mesurant entre 15 et 50 cm de long et 10 et 30 cm de large, le pétiole mesure de 3 à 6 cm (SHANKARA ET AL.2005)

Les fleurs : sont hermaphrodites (Les organes et femelles sont dans la même fleur) en grappe et généralement de couleur jaune. Les pétales sont en partie soudés pour former une corolle étoilée. Les sépales sont verts. Les étamines sont jointes pour former un tube staminique et le pistil est caché dans ce tube (CHAUX, 1994 ; BLARNEY ET AL. 2007)

Les fruits : Le fruit est une baie à placentation centrale, elle comporte un nombre de loges carpellaires variables et supérieur à deux (INDREA, 1989).

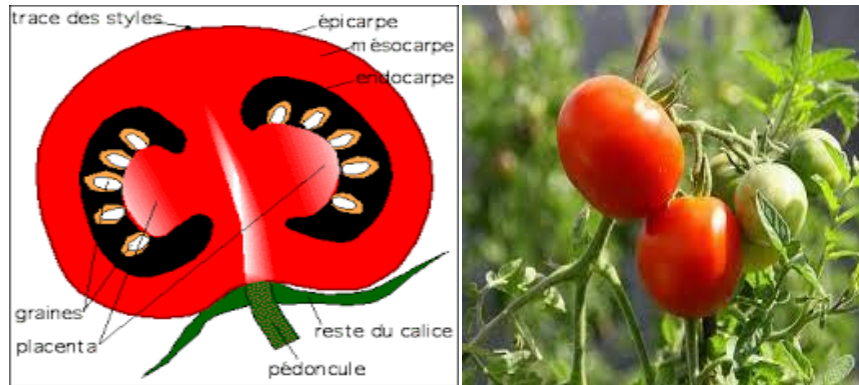


Figure 02: Fruit de la tomate, Schéma d'un fruit en coupe transversale représentant les différentes parties de la baie.

1.4. Le Cycle biologique de la tomate :

1.4.1. Phases végétatives

- ❖ **Phase de germination :** La germination est le stade de levée qui mène la graine jusqu'à la jeune plante capable de croître normalement (CORBINEAU ET CORE, 2006). La germination chez la tomate est épigée, à ce moment une température ambiante d'environ 20°C et une humidité relative de 70 à 80% sont nécessaires (CHAUX et FOURY, 1994).
- ❖ **Phase de croissance :** La racine s'allonge et prend l'aspect d'un filament blanchâtre sur lequel apparaissent des racines secondaires. Les deux premières vraies feuilles apparaissent vers le 11ème jour. Elles ne sont bien développées que vers le 20ème jour. Au bout de premier mois environ, il y a 3 à 4 paires de feuilles (MEMENTO DE L'AGRONOME, 2003)

1.4.2. Phase de reproduction

- ❖ **Phase de floraison :** La première inflorescence, apparaît deux mois et demi environ après le semis. Les autres inflorescences vont apparaître au-dessus de la première, entre deux inflorescences, un nombre variable de feuilles. La floraison s'échelonne donc de bas en haut (MEMENTO DE L'AGRONOME, 2003)

❖ **Phase de fructification et de maturation** : Elle débute durant la phase de floraison. Elle commence par la nouaison des fruits de l'inflorescence de base et se poursuit par les inflorescences supérieures au fur et à mesure de l'apparition des inflorescences et de la fécondation des fleurs. Les fleurs se développent, grossissent et après avoir atteint leur taille définitive, ils commencent par perdre leur coloration verte au profit du jaune puis au rouge de plus en plus accentué. Cette phase dure environ deux mois, soit de quatre à six mois après le semis. La durée du cycle végétatif complet de la tomate est de 4 à 5 mois environ pour les semis direct en pleine terre et de 5 à 6 mois pour les plants repiqués. En contre saison, le cycle végétatif s'allonge et il peut atteindre 7 mois (**ZAGHEZ, 2019**).

1.5. Importance économique :

1.5.1 La production dans le monde :

La tomate est cultivée dans presque tous les pays du monde, sa production est répartie dans toutes les zones climatique, y compris dans des régions relativement froides grâce au développement des cultures sous abri .A l'échelle mondiale la tomate est classée deuxième culture légumière après la pomme de terre de par son volume de production .En effet, près de cinq millions d'hectares sont réservé annuellement à cette culture avec une production supérieure à 140 millions de tonnes et un rendement moyen de 28, 3 tonne à l'hectare (**Fig.3 FAO STAT,2012**) .

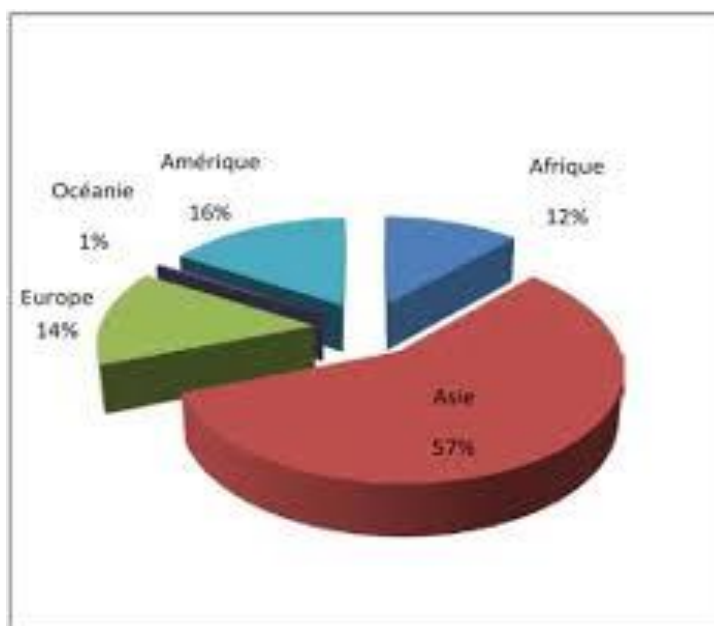


Figure 3: Répartition de la production mondiale de la tomate (FAO, STAT 2012)

1.5.2. La production en Algérie :

La consommation des légumes frais a beaucoup augmenté en Algérie à la suite de l'essor démographique et à la relative amélioration du niveau de vie. La tomate est le second produit maraîcher suite à la place qu'elle occupe dans les habitudes alimentaires des algériens (BACCI, 2008). Selon ANONYME (2009), les principales zones de la tomate industrielle en Algérie sont essentiellement:

Zone Est: elle représente 84% des superficies et regroupe les wilayas de Skikda, El-Taraf, Annaba, Guelma et Jijel, Cette zone est caractérisée par une bonne pluviométrie et possède des sols à forte capacité de rétention d'eau. La culture de tomate se pratique en sec et semi-irrigué, avec une production d'environ 90% de la production nationale.

Zone Centre: représente 12% des superficies et regroupe les wilayas de Blida, d'Alger, Boumerdes, Bejaia, Chleff, Tipaza et Ain Defla

Zone Ouest : Cette zone regroupe les wilayas de Mostaganem, Relizane, Mascara, Sidi-BelAbbès et Tlemcen. Elle représente 2,7% des superficies de la culture de tomate.

Zone Sud : est représentées par les wilayas d'Adrar et Biskra

Tableau 2 : Production annuelle de tomate en régions Ouest (MINISTERE ADRP, 2006)

Régions	Production annuelle (QX)
Oran	35.878
Mascara	129.000
Tlemcen	211.000
Ain Temouchent	150.000
Mostaganem	426.260
Sidi Belabbes	54.930
Relizane	53.200
Tiaret	64.385
Chlef	290.520

1.5.3. La production a Biskra :

Selon les statistiques de la DSA de Biskra en 2017, on distingue que la culture de tomate occupe une place très importante dans la production maraichère sur plan superficie et par conséquent sur la production.

Tableau 3. Principales communes de la production de tomate au niveau de Biskra (2017) DSA Biskra (2018).

Commune	M'ziraa	AinNaga	L'grous	Doucen
Surface (ha)	350	370	150	175
Production (Qx)	545800	873065	219500	228000

CHAPITRE II

Le système aquaponique et Le stress hydrique

2. Le système aquaponique :

2.1. Définition du système aquaponique :

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 macro-organismes aquatiques (STALPORT, BENOIT 2016).

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) (Figure4).

Aquaculture + Hydroponie = Aquaponie

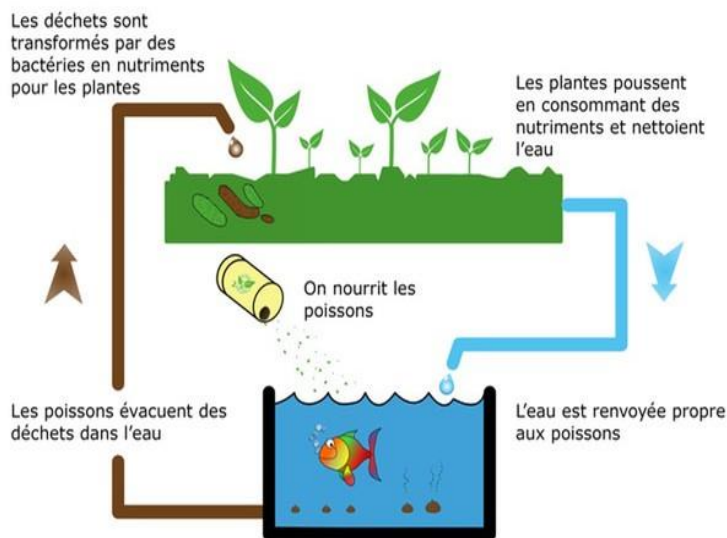


Figure 04 : Un système aquaponique

2.2. 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.

Le système aquaponique et Le stress hydrique

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.

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. (FAO, 2014; SCOTT, 2002).

2.3.. Avantages et inconvénients de l'aquaponie

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Economies d'eau importantes. ➤ Diversification des productions et hauts rendements (SOMERVILLE ET AL, 2014). ➤ Usage d'espaces non exploitables en conventionnel (sols dégradés, milieu urbain), à différentes échelles (familiale, commerciale). ➤ Pas de fertilisants nécessaires. ➤ Production à hauts rendements. ➤ Valorisation de l'aliment aquacole (FOUCARD ET TOCQUEVILLE, 2019). ➤ Démarche d'économie circulaire (FOUCARD ET TOCQUEVILLE, 2019) 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Coûts d'installation et demande en énergie importants ➤ Nécessité de sélectionner des espèces à forte valeur ajoutée (FOUCARD ET TOCQUEVILLE, 2019) ➤ Peu de données technico-économiques et de dimensionnement fiables (FOUCARD ET TOCQUEVILLE, 2019) ➤ Demande une grande exigence technique, savoirs horticoles, aquacoles et bactériologiques nécessaires/ ➤ Recherche de compromis et non d'un optimum pour les paramètres des deux productions, équilibre physicochimique fragile (FOUCARD ET TOCQUEVILLE 2019) . ➤ Pas d'introduction d'antibiotiques possible ➤ Choix de gestion réduits comparé à l'aquaculture ou l'hydroponie seuls (SOMERVILLE ET AL, 2014) ➤ Un label Bio inaccessible étant donné la législation (REGLEMENT (CE) 2018)

2.4. Types d'un système aquaponique

Il existe de nombreuses configurations différentes de système aquaponique. Les composants communs à chaque système aquaponique sont l'aquarium et un lit de plantes sans sol.

2.4.1. Radeau (DWC) :

Dans un système de radeau (également connu sous le nom flotteur, canal profond et écoulement profond) base 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 (magazine@backyardaquaponics.com). 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. Les bactéries bénéfiques vivent dans le réservoir du radeau et dans tout le système (**Fig. 05**). 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 (Nelson and Pade, Inc) in (**BOUHENNI. K, CHABANI. R. 2018**).



Figure 05 : Méthode de radeau(<https://french.alibaba.com>)

2.4.2. Lits remplis de médias :

Le système aquaponique et Le stress hydrique

Un système de lit rempli de médias est la forme la plus simple de l'aquaponie. Ce système utilise un réservoir ou un conteneur rempli de gravier, de perlite ou d'un autre support pour le lit de la plante (magazine@backyardaquaponics.com). Ce lit est périodiquement inondé d'eau provenant de l'aquarium (**Fig. 06**). L'eau retourne ensuite à l'aquarium. Tous les déchets, y compris les solides, sont décomposés dans le lit de la plante.



Figure 06 : Méthode de lits remplis de médias (<https://defimedia.info>).

2.4.3. Technique de culture sur 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 (**Fig. 07**), mais elle n'est pas aussi courante dans les systèmes aquaponiques. Le principal avantage de la méthode NFT est que les racines des plantes sont exposées continuellement à des approvisionnements satisfaisants en eau potable, en oxygène et en vitamines et minéraux. « L'eau riche en nutriments est pompée dans de petites gouttières fermées, l'eau qui coule dans la gouttière n'est qu'un film très mince. Les plantes s'assoient dans de petites coupelles en plastique permettant à leurs racines d'accéder à l'eau et d'absorber les nutriments. Le NFT ne convient vraiment qu'à certains types de plantes, généralement les légumes verts à feuilles, les plantes plus grandes ont des systèmes racinaires trop gros et trop invasifs ou deviennent trop lourds pour les gouttières légères » (magazine@backyardaquaponics.com).

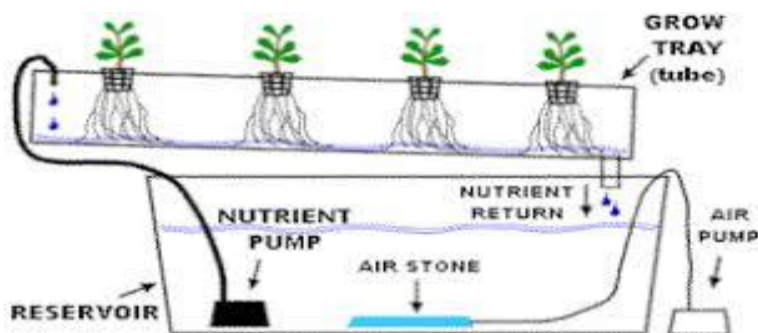


Figure 07: Technique de culture sur film nutritif

2.4.4. Technique du lit de culture à substrat (Media Bed Technique ou MBT)

Selon TECA, (2016) Ce type de culture est constituées d'un lit de culture à substrat sont les plus utilisées dans le cas d'installation à petite échelle. Cette méthode est recommandée dans la plupart des cas.

Pour ces types d'unités à substrat, le lit de culture est à la fois utilisé comme support par les plantes (pour soutenir les racines) et aussi comme filtre mécanique (pour retenir les grosses particules) et comme filtre biologique (fixation des bactéries).

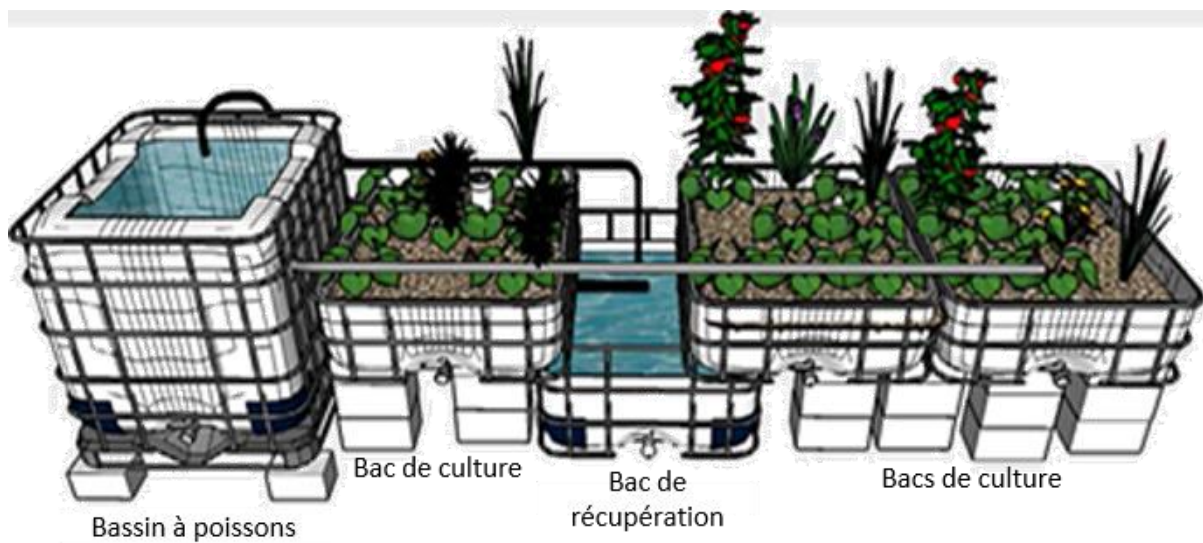


Figure 8. Représentation d'une unité aquaponique constituée d'un lit de culture à substrat (TECA, 2016a)

2.5. Le substrat

Le substrat sert de milieu de culture et joue les mêmes rôles qu'un sol. Il doit avoir une superficie adaptée aux exigences de rendement de l'agriculteur, doit être perméable à l'air et doit laisser l'eau circuler librement, afin de permettre aux bactéries de se développer et aux racines des plantes de respirer et d'absorber les nutriments dissous dans l'eau.

- Le milieu doit être inerte, non poussiéreux, et non toxique.

-Le pH du substrat doit être neutre afin de ne pas modifier la qualité de l'eau.

-L'agriculteur doit choisir un substrat qui lui convient, qui est adapté à ses attentes et à sa manière de travailler.

Les substrats suivants sont utilisés couramment et répondent aux critères précédents

- Des graviers volcaniques (tuf volcanique) ;
- Des pierres ponce volcaniques.
- Des billes d'argile expansée
- Des graviers issus d'un lit de rivière.

Le système aquaponique et Le stress hydrique

D'autres substrats organiques tels que la fibre de noix de coco, la sciure de bois, la tourbe ou des balles de riz (aussi appelées peau de riz ou paille de riz) peuvent être utilisés.

Ils sont généralement peu coûteux, mais risquent de créer des conditions anoxiques et ont l'inconvénient de se détériorer rapidement et de boucher le système. (TECA, 2016 b)

Cependant, ces types de substrats organiques peuvent être utilisés pendant un certain temps et une fois qu'ils commencent à se détériorer, ils peuvent être retirés et remplacés.

2.6. La qualité de l'eau des systèmes aquaponiques

Selon TECA, (2016a) L'eau est l'élément vital et indispensable au bon fonctionnement d'un système aquaponique. C'est grâce à l'eau que les plantes se nourrissent en nutriments et que les poissons puisent leur oxygène. Il est donc très important d'étudier et de comprendre ce qui influence la qualité et la chimie de l'eau afin de gérer correctement la santé du système.

Les paramètres principaux qui agissent sur la qualité de l'eau sont les cinq suivants:

- Taux d'oxygène dissout;
- PH;
- Température de l'eau;
- Concentrations totales en azote (ammoniaque, nitrite, nitrate); et la
- Dureté de l'eau (indicateur de la minéralisation de l'eau, due à la présence des ions calcium et magnésium).

Chaque organisme de l'unité aquaponique dispose d'un intervalle de tolérance spécifique pour chaque paramètre de qualité de l'eau.

Ensuite il est important d'analyser et de suivre (en tenant un registre) chaque semaine la qualité de l'eau en mesurant les paramètres suivants:

- PH
- Température
- Teneur en nitrate et dureté.

Les mesures de teneurs en ammoniaque et en nitrite doivent être effectuées en particulier au démarrage du système et dans les cas où la mortalité des poissons est anormalement élevée (problèmes de toxicité).

Le système aquaponique et Le stress hydrique

Tableau 04. Établir un compromis pour les paramètres de la qualité et la chimie de l'eau du système aquaponique TECA, (2016a)

LES PARAMETRES IDEAUX POUR ETABLIR UN COMPROMIS DE QUALITE DE L'EAU POUR LES 3 TYPES D'ORGANISMES D'UN SYSTEME AQUAPONIQUE	
TEMPERATURE (°C)	18-30
PH	6-7
AMMONIAQUE (MG/L)	<1
NITRITE (MG/L)	<1
NITRATE (MG/L)	1-150
OXYGENE DISSOUS	>5

3. Le stress hydrique :

3.1. Définition de stress hydrique :

Le stress hydrique peut se définir comme le rapport entre la quantité d'eau nécessaire à la croissance de la plante et la quantité d'eau disponible dans son environnement, sachant que la réserve d'eau utile pour la plante est la quantité d'eau du sol accessible par son système racinaire (**Laberche, 2004**).

Le stress hydrique a été défini aussi comme une baisse ou un excès de la disponibilité de l'eau dans le milieu d'installation de telle culture, traduisant par une réduction de la croissance de la plante et/ou de sa reproduction par rapport au potentiel du génotype. La contrainte hydrique est la facteur ou l'ensemble des facteurs ayant pour conséquence le stress. d'autres auteurs limitent la définition de stress aux seules conditions correspondant à une hydratation sub-optimale des tissus (**Lamaze et al., 1994**).

3.2 Effets du déficit hydrique sur le développement de la plante

En général le stress hydrique se répercute sur le développement de la plante par :

- Un retard de la floraison, et du développement des grains ;
- La réduction de la surface foliaire en conditions sèches diminue la surface évaporatrice de la plante et limite considérablement la production primaire et une baisse de la photosynthèse.
- La sénescence foliaire conduit également à une allocation préférentielle des ressources vers les organes reproducteurs. **Pindar (2000) et Attia (2007)**

3.3. Mécanismes de Stratégie au déficit hydrique

L'adaptation des végétaux au stress hydrique peut être permise par différentes stratégies. Néanmoins lorsque l'alimentation en eau est interrompue, la plante a du mal à répondre à la demande climatique. la résistance globale d'une plante au déficit hydrique apparaît comme le résultat de nombreuses modifications où les plantes développent des stratégies et mécanismes de résistance. **Josis et al., (1983)**

Le déficit hydrique se manifeste par la combinaison d'une part, de la restriction de la disponibilité en eau du sol et d'autre part, de l'augmentation de la demande évaporative. La tolérance à la sécheresse est la capacité de la plante à croître et à donner des rendements

satisfaisants dans des zones sujettes à des déficits hydriques épisodiques (**Chaves et al, 2002, Tardieu et al, 2006**). trois stratégies de résistance sont distingués :

3.3.1. Stratégie d'esquive ou l'échappement :

L'esquive permet à la plante de réduire ou d'annuler les effets de la contrainte hydrique par une bonne adaptation de son cycle de culture à la longueur de la saison des pluies. Le développement phénologique rapide avec une floraison précoce, permet à la plante d'éviter les périodes sèches. Cette stratégie appliquée aux espèces cultivées a amené à décaler la date de semis et/ou à sélectionner des variétés plus précoces permettant d'éviter les déficits hydriques de fin de cycle.

La deuxième façon d'éviter ce déficit est la capacité de la plante à maintenir un état hydrique satisfaisant. Cette stratégie adoptée par les plantes est principalement liée, d'une part, à la réduction de la transpiration (fermeture des stomates, réduction de la surface foliaire et diminution de la conductance stomatique) et d'autre part, à une optimisation de l'absorption d'eau par les racines (masse et volume, ramification, profondeur). (**Grieu et al, 2008**).

3.3.2. Stratégie d'évitement :

La Stratégie d'évitement est la capacité d'une plante à supporter une sécheresse en évitant ou retardant la déshydratation des tissus, conservant ainsi un potentiel hydrique interne élevé et satisfait en présence de stress hydrique (**Clavel et al. 2005**)

3.3.3. Stratégie de la tolérance :

La tolérance est la stratégie qui permet à la plante d'assurer ses fonctions physiologiques malgré une dégradation de son état hydrique. Le maintien de la turgescence lors d'un déficit hydrique permet de retarder la fermeture des stomates, de maintenir le volume chloroplastique et de réduire le flétrissement foliaire (**Passioura, 2006**).

3.4. Paramètres affectés par le stress hydrique :

Les végétaux sont caractérisés par une grande capacité à résister aux variations importantes de la teneur en eau de leurs tissus. Néanmoins lorsque l'alimentation en eau est interrompue, la plante a du mal à répondre à la demande climatique. La teneur en eau du sol dans la zone racinaire décroît et induit une diminution de la transpiration ainsi que du potentiel hydrique foliaire.

3.4.1. La croissance végétative :

Le développement végétatif d'une plante cultivée sous conditions hydriques limitantes est fortement perturbé (Chaves et al, 2002; Lebon et al, 2006). On note principalement une diminution importante de la taille, de la longueur des entre nœuds, du nombre de feuilles voire de la surface foliaire (INRA, 2006 ; Lebon et al, 2006; Attia, 2007).

3.4.2. La croissance des organes reproducteurs :

De la même manière que pour les organes végétatifs, la croissance des jeunes organes reproducteurs (ovules, fleurs puis graines) ainsi que leur nombre (défini par des processus de ramification) sont limités en cas de déficit hydrique. Il en résulte une réduction du nombre de grains, qui aura un effet sur le rendement même si les conditions hydriques redeviennent favorables (INRA, 2006).

3.4.3. L'alimentation minérale :

Le déficit hydrique induit un déficit de nutrition minérale et essentiellement en azote qui provient principalement des réductions de flux d'azote au niveau des racines et de la réduction des échanges entre les parties aériennes et racinaires du fait de la chute de capacité de la transpiration (Dugo, 2002).

3.4.4. La photosynthèse :

Parmi les modifications physiologiques liées au stress hydrique, la régulation stomatique qui influence sur la photosynthèse et la respiration, est la plus importante. Plusieurs travaux permettent de voir comment les organes végétaux sont affectés par la sécheresse. La baisse du Ψ potentiel hydrique de la plante se traduit principalement par une diminution de la pression de turgescence puis une régulation stomatique. Donc un stress hydrique, en provoquant la fermeture des stomates se traduit par un ralentissement de la photosynthèse en même temps que la transpiration (Teulat et al, 1997).

3.4.5. Le rendement :

Selon leur intensité et leur positionnement dans le cycle de développement, le stress hydrique influence les rendements ainsi que la composition des graines. Un déficit hydrique après la fécondation réduit la taille des organes et si elle se poursuit pendant la phase de remplissage, elle affecte leur composition. Les différents métabolismes étant inégalement affectés par le

Le système aquaponique et Le stress hydrique

déficit hydrique, les concentrations relatives des différents composés sont modifiées : un manque d'eau induit généralement une baisse des teneurs en amidon et en huile des graines, et une augmentation des teneurs en protéines (**Hireche, 2006**)

Chapitre III

Matériel et méthode

4. Objectif du travail

L'objectif de cet essai porte sur l'évaluation du comportement d'une culture de tomate en système aquaponique dans une serre contrôlée (intelligente), dans des conditions de stress hydrique.

4.1. Présentation du site d'étude :

Notre travail se déroule dans l'exploitation de département de sciences agronomiques de l'université de MOHAMED KHEIDER BISKRA, dans une serre contrôlée de la région de Biskra Du 1 Décembre 2021.jusqu'a 10 mai 2022.

4.2. Description de la serre d'étude

Notre expérience a été réalisée dans une serre multi-chapelle composée par deux secteurs, la mise en place de la serre est faite en Octobre 2019, au premier secteur de la serre.

Les dimension sont :

- Superficie de la serre est : $32 \times 35 = 1120 \text{ m}^2$.
- Nombre de l'ouverture verticale : 04.
- Nombre d'ouvertures latéraux : 02.
- Hauteur 06 m.





Photo 01 : serre contrôlée (Photo originale).

4.3. Matériels utilisés

4.3.1. Matériel végétatif

La variété de tomate utilisée pour cette culture est SAHARA destinée à être cultivée sous abris serres et en plein champ. Elle est connue pour être une variété semi précoces à croissance indéterminée et présentant une bonne vigueur et une résistance aux maladies.



Photo 02: variété de tomate SAHARA F1

4.4. Substrats utilise**4 .4.1. Fibre de noix coco :**

La fibre de coco est la fibre extérieure du tégument de la noix de coco (ou le mésocarpe) qui est composée principalement de fibres grossières, mais aussi d'un matériau fin connu sous le nom de 'poussière de coco' ou 'tourbe de coco'.

4.5. Pots de plantation

Les pots de plantation sont en plastique. En effet, cette étude nécessite 20 pots, ayant une capacité de 7L. Ces derniers sont placés sur un support en métal.



Photo 03 : Pots utilisés durant la période expérimentale (original, 2022)

4.6. La gestion des cultures

- le semis a été effectué le 25 Octobre 2021 dans des alvéoles en plastique dans la serre
- La transplantation Les jeunes plants.
- est effectuée 35 jours après le semis le 1 décembre 2021.
- L'irrigation a été programmée chaque 2 jour pour tous les traitements jusqu'à stade de floraison ou on a appliqué le stress hydrique pour les traitements : T1, T2, T3.



Photo 04 : La transplantation de plants de tomate

4.7. La qualité de l'eau en systèmes aquaponique

L'eau est indispensable au bon fonctionnement d'un système aquaponique. Les plantes de tomates se nourrissent en nutriments et que les poissons puisent leur oxygène.

Les paramètres principaux qui agissent sur la qualité de l'eau sont les cinq suivants:

- taux d'oxygène dissout;
- pH
- température de l'eau;
- concentrations totales en azote (ammoniaque, nitrite, nitrate);
- la dureté de l'eau (indicateur de la minéralisation de l'eau, due à la présence des ions calcium et magnésium).

L'analyse de l'eau a été effectuée au laboratoire d'ITDAS, et au laboratoire de MOUSSAOUI

4.7.1. Modalité aquaponie

L'aquaponie est une technique combinant l'aquaculture et l'hydroponie en un seul et unique système qui fonctionne en circuit fermé: les plants de culture de tomate sont irrigués grâce au recyclage de l'eau issue de l'élevage des poissons dans les 20 pots.

Le système est de type : la Technique du lit de culture à substrat (Media Bed Technique ou MBT) (FAO, 2016) ou le système aquaponiques est constituées d'un lit de culture à substrat sont les plus utilisées dans le cas d'installation à petite échelle

Le système est composé d'une pompe munie d'un filtre et d'un ajusteur de pression injectait de l'eau du bassin raft le plus proche dans un tuyau souple à raison de 10 minutes d'irrigation toutes les 24h.



Photo 05 : la culture de tomates en aquaponie (original, 2022)

4.7.2. Le bac des poissons

Les bacs de poisson dans l'unité aquaponique est une cuve en plastique, ou est élevé le poisson *Tilapia nilotica* (L., 1758) fait partie, comme tous les autres tilapias de la famille des Cichlidae, ordre des Perciformes.























Photo 06 : bassin d'élevage de poissons (original, 2022)

4.8. Dispositif expérimental

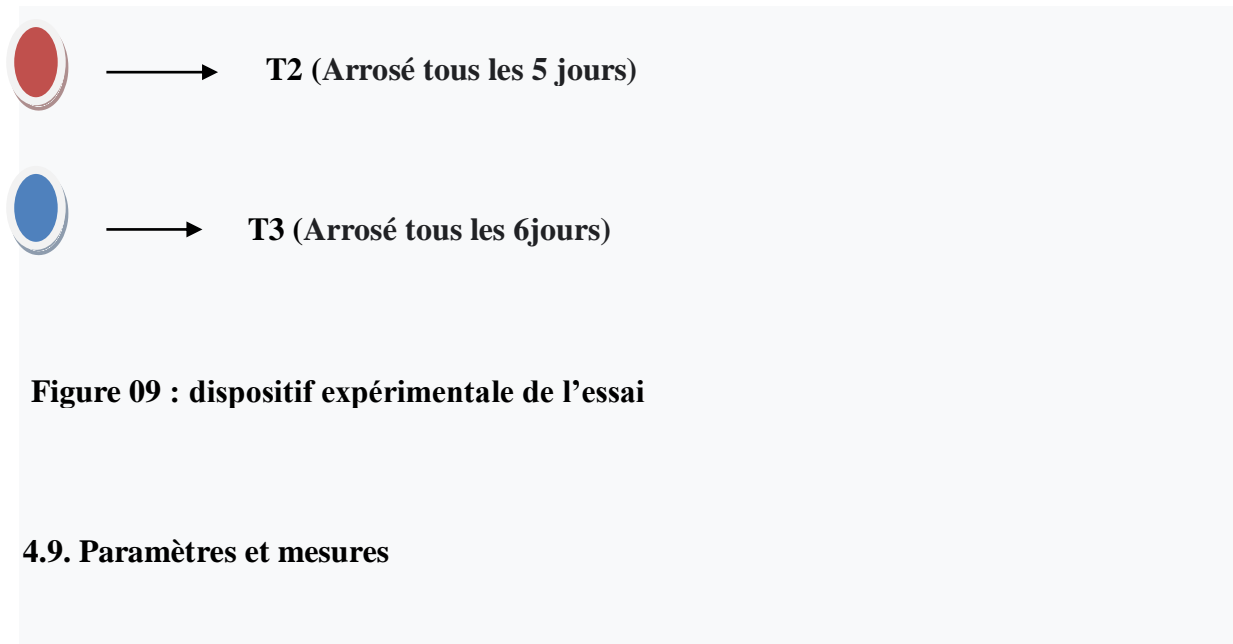
Le dispositif expérimental utilisé dans notre essai est un bloc aléatoire ou le nombre de blocs est de 5 avec quatre traitements d'irrigations : T0, T1, T2, et T3 qui représente les fréquences d'irrigations utilisé, le total est $5 * 4 = 20$ pots.

On note que le stress hydrique ou l'irrigation déficitaire a été appliqué seulement durant la phase de floraison jusqu'à la maturation des fruits.

Bloc1	Bloc2	Bloc 3	Bloc 4	Bloc 5
   	   	   	   	   

 → T0 (Arrosé tous les 2 jours)

 → T1 (Arrosé tous les 4 jours)



4.9. Paramètres et mesures

Le suivie des dates de croissance de la culture et les mesure des paramètres sont

Diamètre finale des fruits

Le diamètre des fruits est mesuré à l'aide d'un pied à coulisse.

Hauteur de tige principale cm

Hauteur de la tige principale : mesuré du collet au sommet de la plante, avec un mètre ruban.
Exprimé en cm

Nombre de bouquets floraux par plants

Le nombre total de fruits par plant est réalisé à la fin du cycle par comptage des bouquets floraux totaux sur les plants.

Nombre de fleurs par plants

Le nombre total de fleurs par plant est obtenu par comptage des fleurs sur les plants mesurés.

Nombre de fruits par plants

Le nombre total de fruit par plant est obtenu par comptage des fruits sur les plants mesurés.

Analyse Statistique

Analyse statistique a été effectué a l'aide du logiciel X1STAT 2015. La comparaison des moyennes a et effectué selon le test de Newman –Keuls au seuil de probabilité 5%

Chapitre IV

Résultats et Discussions

6. Résultats et Discussions

6.1. Caractéristique de l'eau d'irrigation aquaponique

Les tableaux 5 et 6 présentent les résultats du bilan ionique ainsi les résultats des paramètres de la qualité et la chimie de l'eau du système aquaponique

Tableau 05 : Résultats du Bilan ionique de l'eau aquaponique

Profondeur (m)	CE ms/cm	pH	Cations még/l				Anions még/l				Minéralisation g/l	SAR
			Na ⁺	Ca ⁺	Mg ⁺	K ⁺	CO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁻		
/	6.89	7.19	83.53	15.4	19	0.39	0.0	4.6	44.1	25.75	4.40	16,74

D'après la classification qui a été adaptée par la **FAO, 1985** (voir annexe), on déduit que d'après la valeur de la (CE) dans le tableau n° 5 que l'eau aquaponie présente de problèmes sévères à l'irrigation.

la classification adopté par le diagramme de REVERSIDE, permet de constater que l'eau aquaponie se classe dans zone 3 forte de pouvoir alcalinisant vis-à-vis à l'irrigation (**figure n°10**)

Le diagramme de piper, nous a permet de classier que cette veau présente d'eau en deux faciès hydro chimiques : Chloruré sulfaté et chloruré sodique et sodium potassium (**figure n°11**)

Selon **TECA, (2016a)**, Les paramètres principaux qui agissent sur la qualité de l'eau sont les cinq suivants:, taux d'oxygène dissout; pH, température de l'eau; concentrations totales en azote (ammoniaque, nitrite, nitrate);

d'après le **tableau n°6** , on remarque que les valeurs de nitrates (0,09mg/l) sont inférieure à 1, les valeurs de nitrites (10mg/l) sont dans la marge donnée .l'oxygène dissout est inferieur a 5 enfin la température et le pH sont dans la marge donnée par le (**tableau 9 annexe1**)

Tableau 06 : Résultats des paramètres de la qualité et la chimie de l'eau du système aquaponique

Détermination	Résultats	Spécification	Méthode
1 Nitrite (mg/l)	0.09	<0.2	Photomètre UV visible
2 Nitrate (mg/l)	10	<50	Photomètre UV visible
3 Oxygène à 28.7° C (mg/l)	3.8	/	Oxymétrie
4 Température °C	29	7.40	Thermomètre
6 Ammoniac (mg/l)	/	<2	Photomètre UV visible

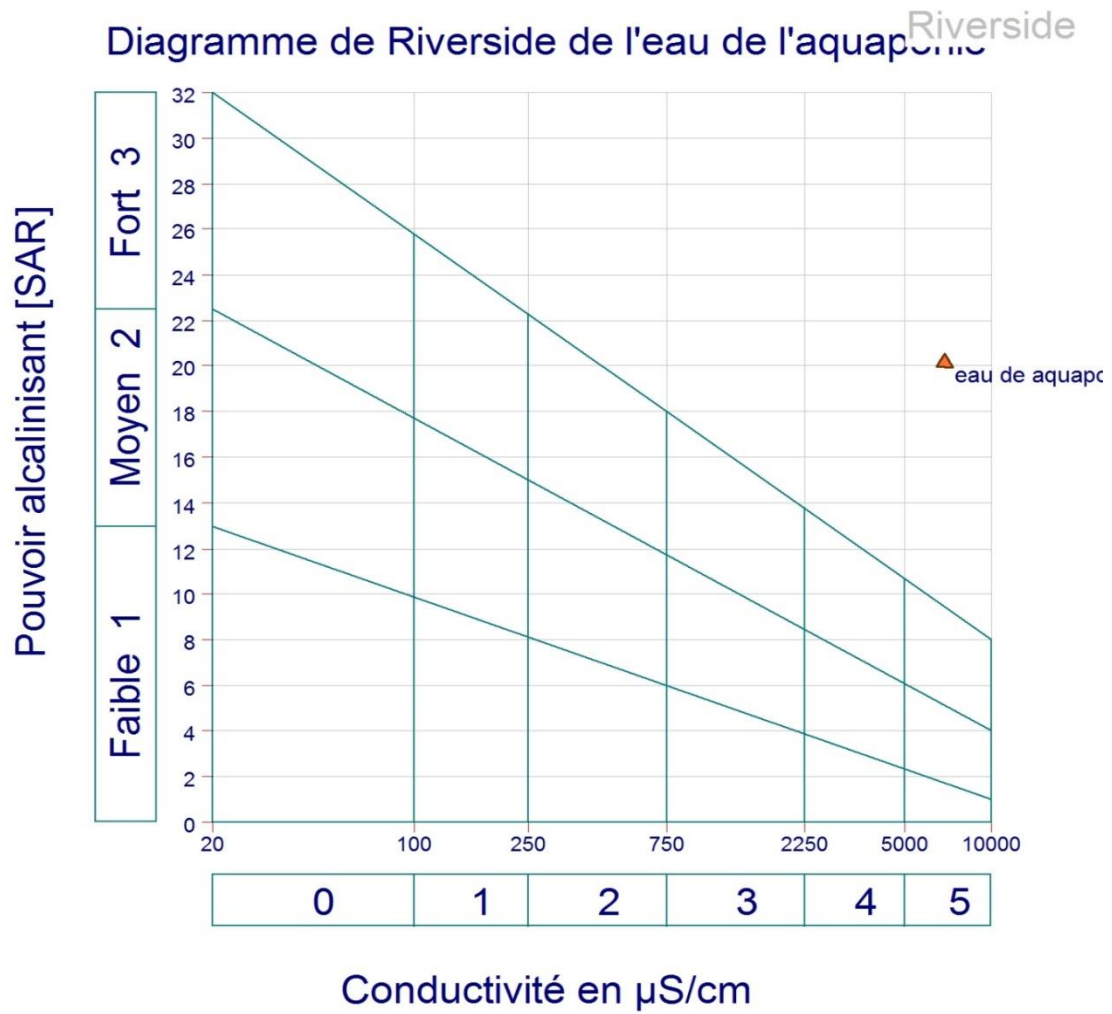


Figure 10 : Diagramme de Riverside de l'eau aquaponique

Diagramme de Piper de l'eau de l'aquaponie

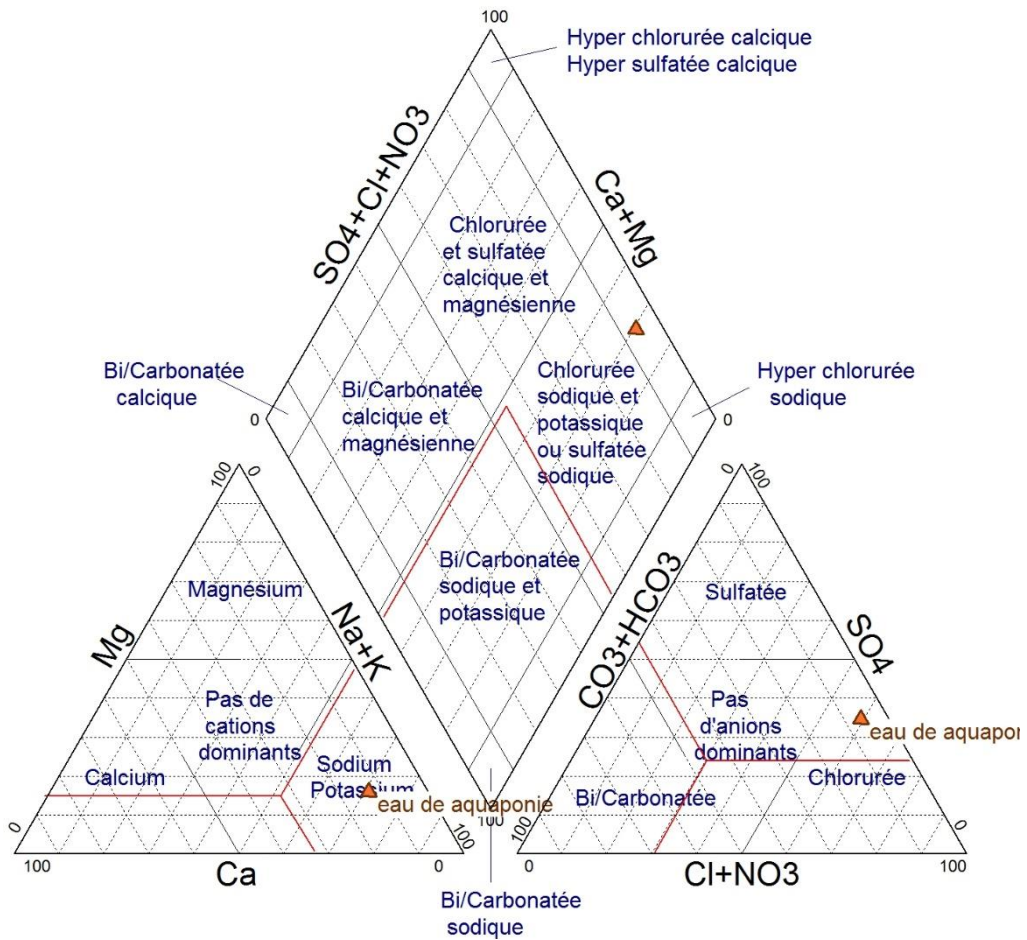


Figure 11: le diagramme de PIPER de l'eau aquaponie

6.2. L'effet du stress hydrique sur les stades de croissances en système aquaponique

Tableau 07 : La durée des stades de croissances en jours.

Les stades	N° des jours (2021-2022)			
	T0	T1	T2	T3
Transplantation	1 décembre 2021			
Stade de croissance	20 Jours	20 jours	20 jours	20 jours
Stade de floraison	45 jours	45 jours	45 jours	45 jours
stade de fructification et de maturation	70 Jours	70 jours	80 jours	80 jours
Récolte	140 jours	140 jours	150 jours	150 jours
N° totale des jours	140 jours	140 jours	150 jours	150 jours

D'après le tableau 07, on remarque, que durant les trois premiers stades de la culture il n'y pas une variabilité entre la durée par rapport fréquences d'irrigations T0 (2jours) , T1(4jours) , T2(5jours) , et T3(6jours) car toutes les traitements ont été irrigué de la même fréquences de 2jours

Mais, Dès le stade de la floraison on observe que les plants dans T2 etT3 qui ont été irriguée par une fréquence longue de durée de 5 à 6jours, ont une différence de durée de fructification et de maturation de 10 jours par rapport aux autres plants dans les traitements T0, T1

A la fin du cycle maturité physiologique, que les plants dans les traitements T2, T3 ont un cycle long : 160 jours par rapport aux plants dans T0 et T1, la différence est de 10 jours entre (T0, T1) et (T2, T3)

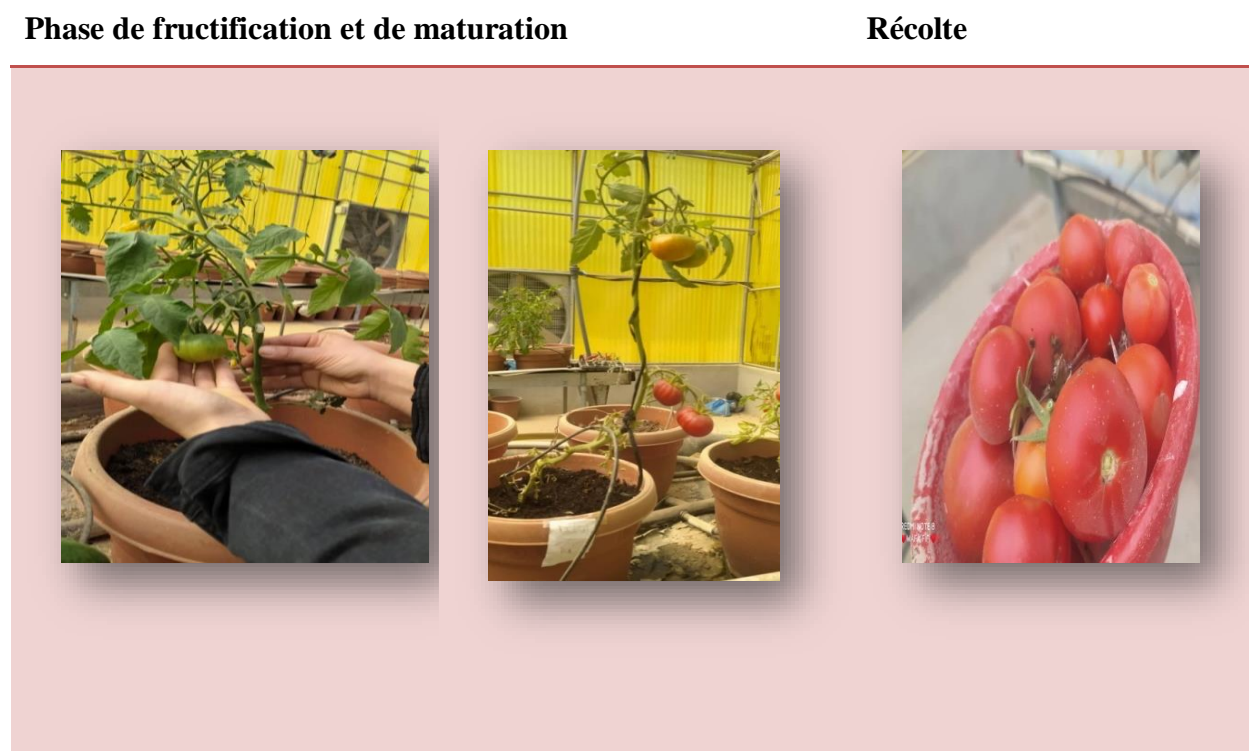
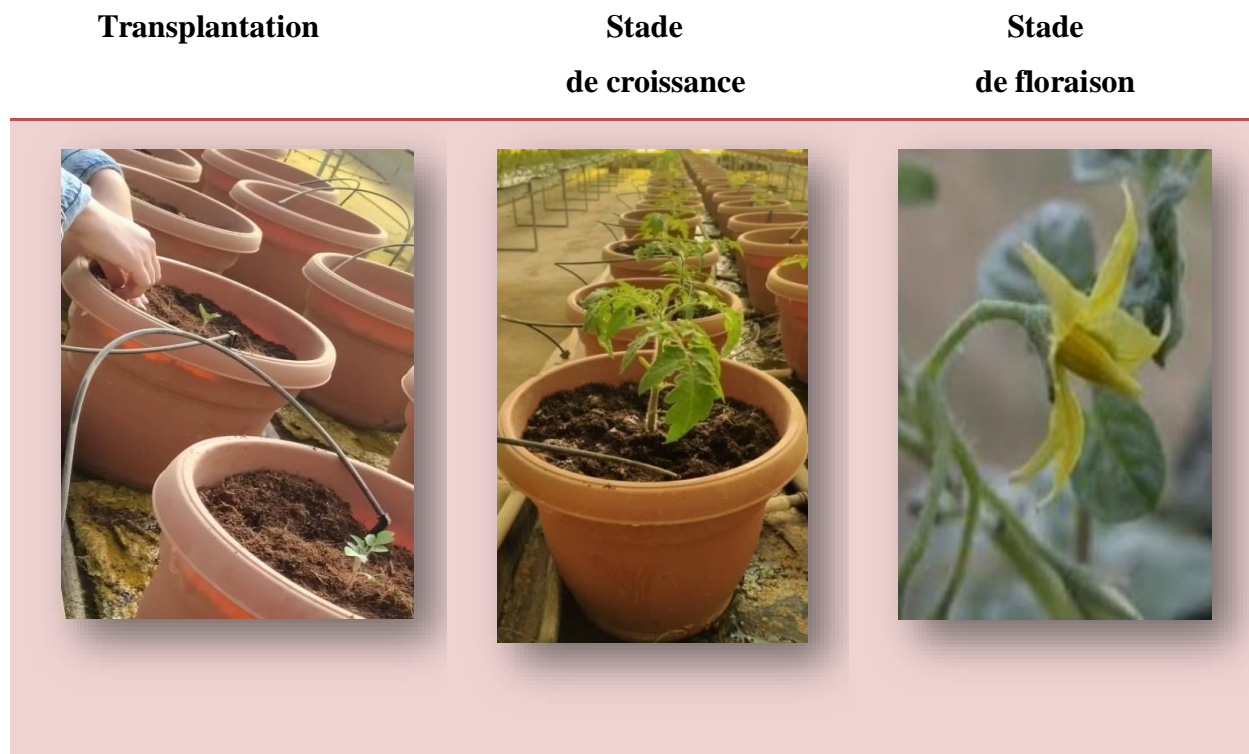


Figure 12 : Le stade de croissances en système aquaponique de la culture de tomate sous stress hydrique

6.3. L'effet du stress hydrique sur les caractéristiques morphologiques en système aquaponique

6.3.1. Longueur de la tige principale (cm)

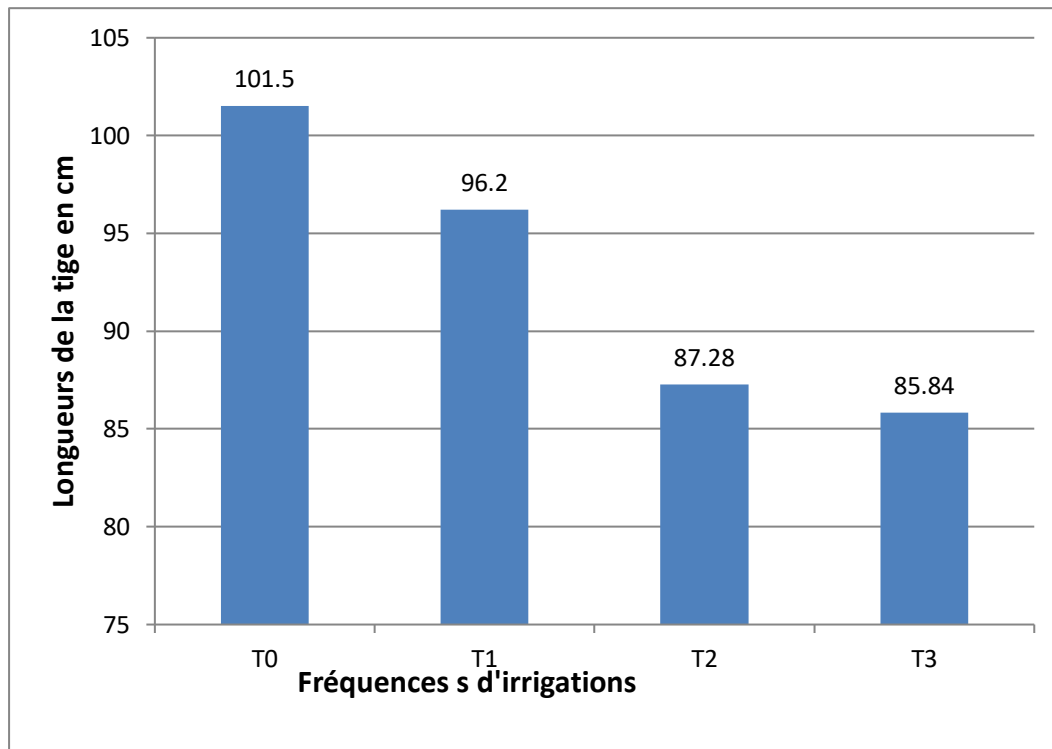


Figure 13: Effet du stress sur les longueurs de la tige principale moyenne (cm)

La figure (13) nous montre : la variation de la longueur de la tige principale moyenne dans des différents traitements (fréquences d'irrigation) : les plants sans stress T0 (2 jours) ont donné une meilleure longueur estimée: (101.2 cm) suivie par la fréquence d'irrigation T1(96.2 cm), alors que la plus faible valeur mesurée est observée dans les traitements d'irrigation stressé : T2 (5 jours) et T3(6 jours) qui sont respectivement : 87.28 cm ; 85.84 cm).

On conclut que les fréquences prolongées de 5 à 6 jours en système aphonique dans les traitements de dans T2 et T3 ont permis une réduction de la taille des plants comparativement aux plants irrigués chaque 2 jours (T0).

L'analyse statistique a montré qu'il y a une différence significative (Newman et Keuls 5%) pour l'effet du stress hydrique sur la longueur de la tige principale, ce test a classé l'effet des fréquences en 2 groupes homogènes le groupe A : T3, T2, groupe B : T1, T0.

Tableau 08 : Analyse de la variance(les longueurs de la tige principale moyenne)

Modalité	Moyenne estimée	Groupes	
T3	85,840	A	
T2	87,280	A	
T1	96,200		B
T0	99,875		B

6.3.2. Nombres des feuilles moyen

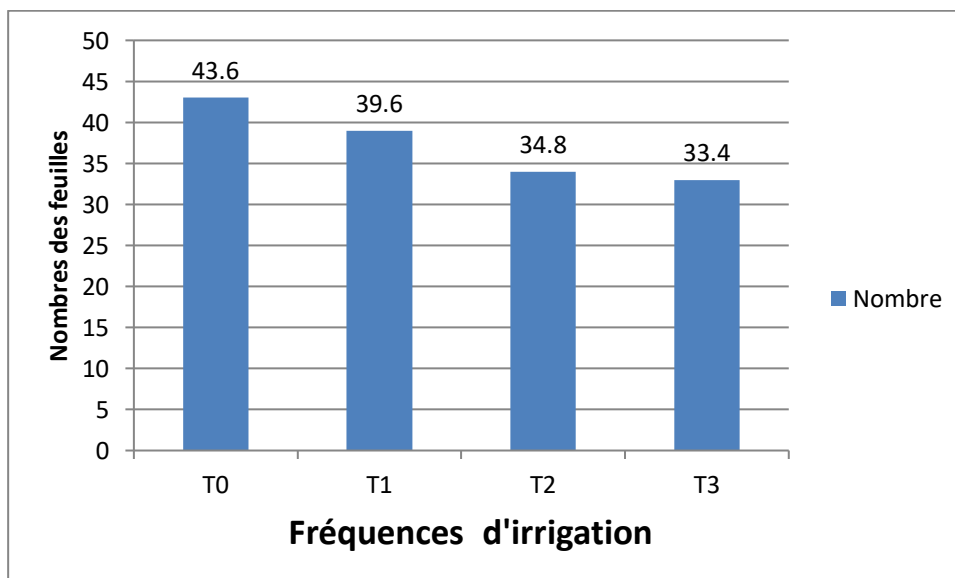


Figure 14: Effet de stress hydrique sur le nombre de feuilles

D'après la figure(14), on observe : le traitement sans stress T0 a donné un meilleur nombre des feuilles estimée : (43.6) suivi par le traitement T1 (39.6) comparativement aux traitements T2 (34.8) et T3 (33.4).

L'analyse statistique a montré qu'il ya une différence significative (**NEWMAN ET KEULS A 5%**) pour l'effet du stress sur le nombre des ramifications, ce test a classé l'effet des fréquences en 2 groupes homogènes le groupe A : T3, T2, groupe B : T0, T1.

Tableau 09 : Analyse de la variance (Nombre des feuilles)

Modalité	Moyenne estimée	Groupes	
T3	33,400	A	
T2	34,800	A	
T1	39,600		B
T0	42,500		B

6.3.3. Le poids total moyen des fruits de tomate (g/plant)

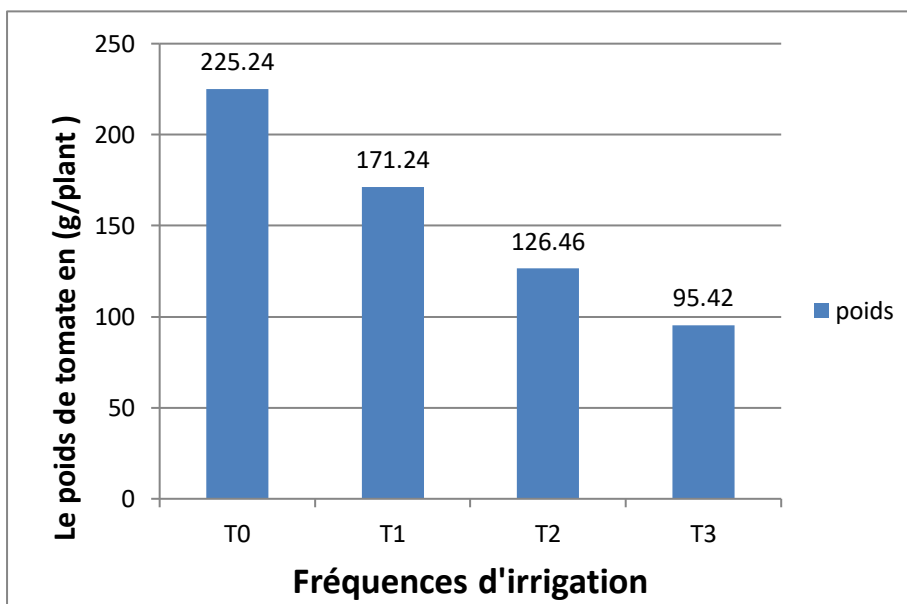


Figure 15 : Effet de stress hydrique sur Le poids total moyen des fruits de tomate

D'après la figure(15) : on observe que le traitement sans stress T0 a donné le meilleur poids de tomate par plant (225,24 g), suivi par le traitement T1 (171,24 g), alors que le faible poids a été enregistré chez les plantes dans traitement T2 (126,46 g) et T3 (95,42g).

L'analyse statistique a montré qu'il ya une différence significative (Newman et Keuls 5%) pour l'effet du stress sur le poids total de tomate , ce test a classé l'effet des fréquences en 4 groupes homogènes le groupe A : T3, groupe B : T 2, et le groupe C :T1,et le groupe D :T0 .

Tableau 10 : Analyse de la variance (Le poids total moyen des fruits de tomate)

Modalité	Moyenne estimée	Groupes			
T3	95,420	A			
T2	126,460		B		
T1	171,240			C	
T0	224,050				D

On déduit que le stress hydrique provoqué par les fréquences d'irrigations longue plus de 5 jours a réduit significativement le poids moyen des fruits en système aquaponique.

6.3.4. Le calibre moyen du fruit de tomate (cm)

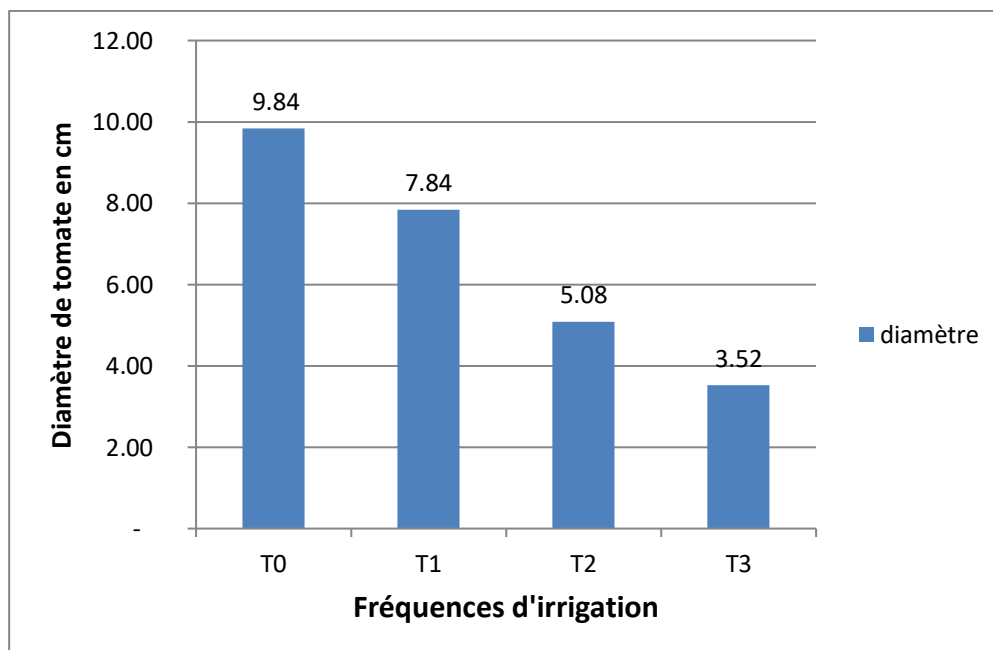


Figure 16 : Effet de stress hydrique sur calibre moyen du fruits de tomate

On observe que le traitement T0 a donné le meilleur calibre de tomate par plant (9,84cm), suivi par le traitement T1 (7,84cm), alors que le faible calibre a été enregistré chez les traitements T2 (5,08) cm et T3 (3,52cm).

L'analyse statistique a montré qu'il y a une différence significative (Newman et Keuls 5%) pour l'effet du stress sur la calibre moyen du fruit de tomate, ce test a classé l'effet des fréquences en 4 groupes homogènes le groupe A : T3, groupe B : T2, et le groupe C : T1, et le groupe D : T0.

Tableau 11 : Analyse de la variance (le diamètre de la tomate)

Modalité	Moyenne estimée	Groupes			
T3	3,520	A			
T2	5,080		B		
T1	7,840			C	
T0	9,800				D

On déduit que le stress hydrique provoqué par les fréquences d'irrigations longue plus de 5 jours a réduit significativement le poids moyen des fruits en système aquaponique.

Conclusion

L'objectif de cet essai porte sur l'évaluation du comportement d'une culture de tomate en Système aquaponique dans une serre contrôlée (intelligente), dans des conditions de stress hydrique En serre contrôlée située à l'université de Mohamed khider Biskra.

Les plants de la culture de tomates ont être irriguées sous des différentes fréquences irrigations (traitements) a savoir : T0 sans stress (2jours) ; T1 (4 jours), T2 (5 jours) et T3 (6jours) . le stress hydrique a été appliqué seulement durant la phase de floraison jusqu'à la maturation des fruits.

Les résultats primordiales en système aquaponique obtenus ont montrés que la croissance pondérale dans les plants stressés (T1, T2, T3), a été réduite comparativement a aux plants sans stress (T0.: 2jours) Cette diminution a été marquée, sur le nombre de feuilles. , la hauteur de la tige Principale et le diametre de la tige.

Concernnant le rendement de la culture, le stress hydrique prolongé en système aquaponique de 6 jours à réduit a significativement le poids moyen des fruits et le calibre des fruits comparativement aux autres traitements d'irrigations.

On note que le stress hydrique moyen (T1: 4jours) en système aquaponique durant la phase De floraison n'a pas montré une grande chute de rendement comparativement au traitementT0 sans stress (irrigation chaque 2jours)

Ces résultats, montre que l'irrigation des cultures en système aquaponie doit être intégré dans la filière horticole car elle offer la possibilité d'une meilleure gestion de l'eau et une valorisation des rejets aquacoles grâce à l'épuration par les plants

Ce système peut être placé dans la filière agricole si elle prend en considérations toutes les contraintes Zootechniques, pyrotechniques et économiques pour sa durabilité

Enfin, nous souhaitons que cette technique d'irrigation soit t suivi par ; autre sessais

Expérimentaux dans le but de la diffusion et la vulgarisation de l'information pour améliorer la Productivité agricole.

Résumé :

Ce travail, a été mené dans des substrats en noix de coco 1 , au département des sciences agronomiques à l'université Mohamed Kheider Biskra. Dans une serre intelligente.

L'objectif de ce travail est d'évaluer l'effet du stress hydrique sur la croissance et le développement d'une variété de tomate sahara en système aquaponique L'étude a été menée au cours de l'hiver 2022 dans une serre contrôlée située on Université de Mohamed khider Biskra. Les plantes ont été réparties en trois lots stressé T1 (4jours), T2 (5jours),T3 (6jours) et les plants sans stress T0 (2jours). Les résultats obtenus ont montré que la croissance pondérale des différents organes (feuilles, fruits) est réduite en conditions de stress hydrique. De même, nous avons enregistré une diminution au niveau du nombre, de la largeur et la longueur des feuilles. Pour les fruits aussi nous avons observé une diminution significative de la hauteur et du diamètre.

la qualité de l'eau d'irrigation aquaponie a permis une bonne croissance et développement de la culture de tomate due, sa richesse en éléments nutritifs comme les nitrates et nitrites .

Summary :

This work was carried out in coconut substrates, at the department of agronomic sciences at Mohamed Kheider Biskra University. In a smart greenhouse.

The objective of this work is to evaluate the effect of water stress on the growth and development of a variety of sahara tomato in an aquaponic system. The study was carried out during the winter of 2022 in a controlled greenhouse located on University of Mohamed Khider Biskra. The plants were divided into three stressed batches T1 (4 days), T2 (5 days), T3 (6 days) and plants without stress T0 (2 days). The results obtained showed that the weight growth of the different organs (leaves, fruits) is reduced under water stress conditions. Similarly, we recorded a decrease in the number, width and length of the leaves. For fruits also we observed a significant decrease in height and diameter.

the quality of aquaponic irrigation water has allowed good growth and development of the tomato crop due to its richness in nutrients such as nitrates and nitrites.

ملخص:

نفذ هذا العمل في ركائز جوز الهند بقسم العلوم الزراعية بجامعة محمد خيضر بسكرة. في دفيئة ذكية

الهدف من هذا العمل هو تقييم تأثير الإجهاد المائي على نمو وتطور مجموعة متنوعة من الطماطم الصحراوية في نظام تربية الأحياء المائية. أجريت الدراسة خلال شتاء عام 2022 في دفيئة خاضعة للرقابة تقع في جامعة أيام) 6 (T3، أيام) 5 (T2، أيام) 4 (T1 محمد خضر بسكرة. تم تقسيم النباتات إلى ثلاث دفعات مجهدة يومان). أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن النمو الوزن للأعضاء المختلفة (T0 والنباتات بدون إجهاد (أوراق ، ثمار) ينخفض تحت ظروف الإجهاد المائي. وبالمثل، سجلنا انخفاضًا في عدد الأوراق وعرضها وطولها. بالنسبة للفواكه، لاحظنا أيضًا انخفاضًا كبيرًا في الطول والقطر

سمحت جودة مياه الري بنظام الاستزراع النباتي والسمكي بالنمو الجيد والتطور لمحصول الطماطم نظرًا لغناه بالعناصر الغذائية مثل النترات والنترات

Références

Bibliographiques

BIBLIOGRAPHIE

1. 12-Blancard D. (2009).Les maladies de la tomate, identifier, connaitre, maîtriser. Edition : Quæ. Paris. 691p
2. 42-Toufouti Zabida Hadjer 2013 Contribution à l'étude de la maladie bactérienne de tomate (*hypersiumesculentum* Mill) cultivée en serre dans l'Est de l'Algérie
3. Anonyme : La rousse agricole. Paris .p :1184.
4. ANONYME 2. 2007. Sarl CASAP. Variétés de tomate. (PDF).3P.
5. Attia F., 2007 : Effet du stress hydrique sur le comportement ecophysiologique et la maturité phénologique de la vigne *Vitis vinifera* L.: étude de cinq cépages autochtones de Midi-Pyrénées. Institut national polytechnique de Toulouse. P194.
6. Auteur : Stalport, Benoît Faculté : Gembloux Agro-Bio Tech (GxABT) Année académique : 2016-2017 URI/URL : <http://hdl.handle.net/2268.2/3009>.
7. BOUHENNI K. CHABANI R. 2018, - Réalisation d'une micro-ferme aquaponique et développement d'une application de gestion commerciale pour les projets d'aquaponie. Université Aboubekr Belkaid -Tlemcen.
8. CHAUX C.L. et FOURY C.L., 1994. Cultures légumières et maraichères. Tome III : légumineuses Potagères, légumes fruit .Tec et Doc Lavoisier, Paris. 563p.
9. Chaux Cl. et Foury Cl., 1994 : Productions légumières. Tome III : légumineuses potagères, légumes fruits. Ed. Tec et Doc. Lavoisier. Paris. Pp 145-231.
10. Chaves M.M., Pereira J.S., Maroco J., Rodrigues M.L., Ricardo c.P.P., Osorio M.L., Carvalho I., Faria T. & Pinheiro C ., 2002. How plants cope with water stress in the field. Photosynthèses and growth. *Annals of Botany* 89: 907-916.
11. CORBINEAU F. et CORE A., 2006 Dictionnaire de la biologie des semences et des plantules. Ed .Tec et Doc. Lavoisier. 226p
12. Dugo M.V.G., 2002. Effet du déficit hydrique sur l'état de nutrition azotée chez les graminées fourragères. Thèse Université de Poitiers (France), 189p.
13. FAO, 2014; Scott, 2002
14. FAOSTAT ,2012-Organisation de la nation unie pour l'alimentation et l'agriculture : <http://www.faostat.fao.org/>
15. Foucard P. ; Tocqueville A. 2019. Aquaponie – Associer aquaculture et production végétale. Quae. 209 pages.
16. Gallais. A, et Bannerot . H, 1992. Amélioration des espèces végétales cultivées objectif et critères de sélection. INRA, Paris. 765p.

17. Grieu P., Maury P., Debaeke P. & Sarrafi A., 2008. Améliorer la tolérance à la sécheresse du tournesol : apports de l'écophysiologie et de la génétique. *Innovations Agronomiques* 2: 37-51.
18. Hireche Y.A. , 2006. Reponse de la luzerne (*Medicago sativa* L) au stress hydrique et à la profondeur de semis. Mémoire de Magister, Université Al Hady Lakhdar-Batna (Algérie), 83p
19. <https://www.wikipedia.org/>
20. INDREA, 1989. Lucariva practice de legumi cultura partea, 2 tipo agronomica cly cy napoca. 18p.
21. INRA, 2006. Sécheresse et agriculture: réduire la vulnérabilité de l'agriculture à un risque accru de manque d'eau. Synthèse du rapport d'expertise scientifique collective, 76p.
22. Laberche, J-C .(2004). La nutrition de la plante In *Biologie Végétale*. Dunod. 2eme (éd). Paris: 154 -163 p.
23. Lamaze, T., Tusch, D., Sarda, X., Grignon, C., Depigny-This, D., Monneveux, P., Belhassen, E. (1994). Résistance de plantes a la sécheresse: mécanismes physiologiques. *Le sélectionneur Français*, 45: 75-85
24. Lebon E., 2006. Effet du déficit hydrique de la vigne sur le fonctionnement du couvert, l'élaboration du rendement et la qualité. INERA Sup Agro, UMR, Laboratoire d'Ecophysiologie des Plantes sous Stress Environnementaux, 4p.
25. magazine@backyardaquaponics.com)
26. Mémento de l'agronome 2003 .
27. Munier Jolain N., 2005 : Agrophysiologie du pois protéagineux, édition paris. P154
28. NAIKA S., DE JEUD J.V.L., DE JEFFAU M., HILMI M. et VANDAM B., 2005. La culture de tomate, production, transformation et commercialisation. Ed. Wageningen, PaysBas. 105p.
29. Pindar A., 2000 : La relation stress hydrique- rendement du maïs en Bresse : quelle perspective de spatialisation ? Utilisation d'un simulateur de culture (STICS), Mémoire d'ingénieur d'Agronomie, Etablissement National d'Enseignement Supérieur Agronomique de Dijon, P86.
30. Polese J.M. ,2007.La culture de la tomate. Ed Artémis .95p.
31. PublishersB. , 2004. Ressources végétales de l'Afrique tropicale. Tome 2 : Légumes. Ed. Dunod. 736p.
32. RÈGLEMENT (CE) No 889/2008 De La Commission, 2018. [en ligne] Disponible sur : <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:02008R0889-20181112&from=EN> (Consulté le 25 Mars 2019)
33. Riou, C. (1993). L'eau et la production végétale. *Sécheresse*, 4: 75 83.
34. Shankara, J., 2005. Recombinant glutathione –S- transterase a major allergen form alternaria clinical use allergy patients. *Molecular Immunology* .43 (12) : 1927-1932.
35. Shankara, Naika, Van, Lidit, De Jeudi, Mardja ,Martin ;2005 : La culture de la tomate production, transformation et commercialisation,6,18,19 ;p20.

36. Somerville C.; Moti C.; Edoardo P.; Austin S.; Alessandro L. 2014. Small-Scale aquaponic food production - integrated fish and plant farming. FAO. Italy: Fisheries and Aquaculture Technical Paper Rome. 589.
37. Tardieu F., Cruiziat P., Durand J.L., Triboï E., Zivy M., 2006. Perception de la sécheresse par la plante. Conséquences sur la productivité et sur la qualité des produits récoltés, pp 49-67.
38. TECA 2016a. Conception et installation d'un système aquaponique, - Technologies and Practices for Small Agricultural Producers . FAO. n° 8630.
39. TECA 2016b. Unité aquaponique: technique du lit de culture à substrat- description détaillée, - Technologies and Practices for Small Agricultural Producers . FAO. n° 8631
40. Teulat B.B., Monneveux P., Wery J., Borries c., Souyriss 1., Charrieri A. & This D., 1997. Relationship between relative water content and growth parameters under water stress in barley: a QTL study. *New Phytol*137: 99-107.
41. Turner, N. (1986). Adaptation to water déficit: a changing perspective. *Aust J Plant Physiol.*, 13:175-190.
42. -Zaghez Amel.2019 Etude des aleurodes de la region de Biskra
43. FAO ,1985.water quality for agruculture.FAO ; irrigation and drainage Paper 29 Vin ; 186 P

ANNEXE

ANNEXE

Tableau 01 : Longueurs de la tige principale

T	Langueurs	Moyen
T0	108	101.5
T0	102	
T0	99.50	
T0	98	
T0	100	
T1	100.50	96.2
T1	99	
T1	89	
T1	90.50	
T1	102	
T2	90.20	87.28
T2	97	
T2	80.50	
T2	88.20	
T2	80.50	
T3	90.50	85.84
T3	89.20	
T3	88	
T3	79	
T3	82.50	

Tableau 02 : Nombres des feuilles

T	Nombres de feuilles	Moyen
T0	48	43.6
T0	46	
T0	40	
T0	39	
T0	45	
T1	40	39.6
T1	39	
T1	40	
T1	41	
T1	38	
T2	33	34.8
T2	38	
T2	35	
T2	38	
T2	30	
T3	39	33.4
T3	33	
T3	30	
T3	35	
T3	30	

Tableau 03 : Le poids de tomate

T	R1 poids(g)	R2 poids (g)	Totale	du total moyen
T0	120	110	230	225.24
T0	130	123	253	
T0	110.4	101.9	212.3	
T0	103	101.3	204.3	
T0	110.5	116.1	226.6	
T1	102.6	92	194.6	171.24
T1	100	69.5	169.5	
T1	99.5	77.2	176.7	
T1	99.8	60.2	160	
T1	100.2	55.2	155.4	
T2	80.5	44.2	124.7	126.46
T2	88.2	50	138.2	
T2	70.9	50.5	121.4	
T2	82	34	116	
T2	76.5	55.5	132	
T3	66.6	40.6	107.2	95.42
T3	50.5	40.5	91	
T3	55.2	33.5	88.7	
T3	60.5	33	93.5	
T3	66	30.7	96.7	

Tableau 04 : Le diamètre de tomate

T	Diamètre de tomate (cm)	Moyen
T0	10	9.84
T0	11	
T0	9.5	
T0	9.8	
T0	8.9	
T1	8.5	7.84
T1	7	
T1	7.5	
T1	7.7	
T1	8.5	
T2	6	5.08
T2	5.5	
T2	4.2	
T2	4.5	
T2	5.2	
T3	4.4	3.52
T3	3.5	
T3	3.2	
T3	3.5	
T3	3	

Tableau 05 : T0 / Newman-Keuls (SNK) / Analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95% :

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
T3 vs T0	-14,035	-3,846	2,882	0,008	Oui
T3 vs T1	-10,360	-3,011	2,598	0,022	Oui
T3 vs T2	-1,440	-0,419	2,131	0,681	Non
T2 vs T0	-12,595	-3,451	2,598	0,009	Oui
T2 vs T1	-8,920	-2,593	2,131	0,020	Oui
T1 vs T0	-3,675	-1,007	2,131	0,330	Non

Tableau N°6 : T0 / Newman-Keuls (SNK) / Analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95% :

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
T3 vs T0	-9,100	-4,345	2,882	0,003	Oui
T3 vs T1	-6,200	-3,140	2,598	0,017	Oui
T3 vs T2	-1,400	-0,709	2,131	0,489	Non
T2 vs T0	-7,700	-3,677	2,598	0,006	Oui
T2 vs T1	-4,800	-2,431	2,131	0,028	Oui
T1 vs T0	-2,900	-1,385	2,131	0,186	Non

Tableau N°7 : T0 / Newman-Keuls (SNK) / Analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95% :

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
T3 vs T0	-6,280	-13,376	2,882	< 0,0001	Oui
T3 vs T1	-4,320	-9,759	2,598	< 0,0001	Oui
T3 vs T2	-1,560	-3,524	2,131	0,003	Oui
T2 vs T0	-4,720	-10,053	2,598	< 0,0001	Oui
T2 vs T1	-2,760	-6,235	2,131	< 0,0001	Oui
T1 vs T0	-1,960	-4,175	2,131	0,001	Oui

Tableau N°8 : T0 / Newman-Keuls (SNK) / Analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95% :

Contraste	Différence	Différence standardisée	Valeur critique	Pr > Diff	Significatif
T3 vs T0	-128,630	-13,926	2,882	< 0,0001	Oui
T3 vs T1	-75,820	-8,706	2,598	< 0,0001	Oui
T3 vs T2	-31,040	-3,564	2,131	0,003	Oui
T2 vs T0	-97,590	-10,565	2,598	< 0,0001	Oui
T2 vs T1	-44,780	-5,142	2,131	0,000	Oui
T1 vs T0	-52,810	-5,717	2,131	< 0,0001	Oui

LES PARAMETRES IDEAUX POUR ETABLIR UN COMPROMIS DE QUALITE DE L'EAU POUR LES 3 TYPES D'ORGANISMES D'UN SYSTEME AQUAPONIQUE

TEMPERATURE (°C)	18-30
PH	6-7
AMMONIAQUE (MG/L)	<1
NITRITE (MG/L)	<1
NITRATE (MG/L)	1-150
OXYGENE DISSOUS	>5

Tableau N°9 : Établir un compromis pour les paramètres de la qualité et la chimie de l'eau du système aquaponique **TECA, (2016a)**

Tableau 10 :L'évolution du nombre de feuilles pendant la période de floraison

La période	T0	T1	T2	T3
S1	15	13	9	10
S2	29	17	15	15
S3	33	25	20	19
S4	36	30	27	20
S5	40	35	30	29
S6	49	42	39	35
TOTAL	49	42	39	35

Tableau 11 :L'évolution du nombre de la longueur de tige (cm) pendant la période de floraison

La période	T0	T1	T2	T3
S1	50	52	51	50
S2	73	69	70	71
S3	89	78	77	75
S4	95	90	88	79
S5	100	95	90	87
S6	108	100.5	97	90.5
TOTAL	108	100.5	97	90.5

Tableau 12:Interprétation de la qualité d'eau d'irrigation n agriculture¹

Source: FAO, 1985

Potential Irrigation Problem				Units	Degree of Restriction on Use		
					None	Slight to Moderate	Severe
<i>Salinity(affects crop water availability)²</i>							
	EC _w			dS/m	< 0.7	0.7 – 3.0	> 3.0
	(or)						
	TDS			mg/l	< 450	450 – 2000	> 2000
<i>Infiltration(affects infiltration rate of water into the soil. Evaluate using EC_w and SAR together)³</i>							
SAR	= 0 – 3	and EC _w	=		> 0.7	0.7 – 0.2	< 0.2
	= 3 – 6		=		> 1.2	1.2 – 0.3	< 0.3
	= 6 – 12		=		> 1.9	1.9 – 0.5	< 0.5
	= 12 – 20		=		> 2.9	2.9 – 1.3	< 1.3
	= 20 – 40		=		> 5.0	5.0 – 2.9	< 2.9
<i>Specific Ion Toxicity(affects sensitive crops)</i>							
	Sodium (Na) ⁴						
	surface irrigation			SAR	< 3	3 – 9	> 9
	sprinkler irrigation			me/l	< 3	> 3	
	Chloride (Cl) ⁴						
	surface irrigation			me/l	< 4	4 – 10	> 10
	sprinkler irrigation			me/l	< 3	> 3	
	Boron (B) ⁵			mg/l	< 0.7	0.7 – 3.0	> 3.0
Trace Elements (see Table 21)							
<i>Miscellaneous Effects(affects susceptible crops)</i>							
	Nitrogen (NO ₃ - N) ⁶			mg/l	< 5	5 – 30	> 30
	Bicarbonate (HCO ₃)						
	<i>(overhead sprinkling only)</i>			me/l	< 1.5	1.5 – 8.5	> 8.5
	pH				NormalRange 6.5 – 8.4		