

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
UNIVERSITÉ SAAD DAHLEB – BLIDA 1



FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET
DE LA VIE

DEPARTEMENT DE BIOTECHNOLOGIE ET
AGROALIMENTAIRE



Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du Master académique en
Sciences de la Nature et de la Vie

Spécialité : Phytopharmacie et Protection des Végétaux

Thème

**Optimisation des apports nutritionnels et de biostimulants
en système hydroponique : cas d'une plante maraichère
« poivron »**

Présenté par
TERMELILE Hadjer
ZITOUNI Nihad

Devant le Jury :

Mr. MOUSSAOUI. K.	M.A. A	U. Blida 1	Président
Mme. CHAICHI W	M.C.B.	U. Blida 1	Examinatrice
Mr. DJAZOULI Z. E.	Pr.	U. Blida 1	Promoteur
Mr. CHOUIH. S	Doctorant	U. Blida 1	Co-promoteur

Année Universitaire 2020-2021

Remerciements

On dit souvent que « le trajet est aussi important que la destination » ; Les cinq années de maîtrise nous ont permis de bien comprendre la signification de cette phrase toute simple... Ce parcours, en effet, ne s'est pas réalisé sans défis ni sans soulever de nombreuses questions pour lesquelles les réponses nécessitent de longues heures de travail.

Avant de présenter ce mémoire, nous tenons à remercier ALLAH le tout puissant de nous avoir donné la foi et de nous avoir permis d'en arriver là.

*Nous tenons à adresser nos vives reconnaissances et nos sincères remerciements au **Pr DJAZOULI Z.E**, Professeur à l'université de Blida 1, pour son encadrement, son aide et sa disponibilité ; il nous a servi de modèle et il a toujours honoré ses engagements, par son savoir et son sérieux.*

*Nos vifs remerciements et notre profonde gratitude à notre Co- promoteur **Mr CHOUH.S** qui nous a accompagné, orienté, éclairé et bien guidé avec beaucoup de patience et de gentillesse tout au long de notre pratique expérimentale, nous avons grandement apprécié son aide et tout le temps qu'il nous a consacré.*

Nous voulons également remercier très chaleureusement les membres de jury :

***Mr MOUSSAOUI. K**, président des jury, enseignant à l'université BLIDA 1, d'avoir accepté de juger et d'évaluer ce travail de thèse.*

***Mme CHAICHI**, enseignante à l'université BLIDA 1 d'avoir accepté d'examiner ce travail.*

*Notre gratitude ira également aux membres du laboratoire de recherche pour leur disponibilité, en particulier **Mlle MOUHAMDJ. A**, et **Mr HEUSSAM**, et **Oncle Youssef**.*

Nos remerciements les plus sincère vont à tous nos camarades ayant participés de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.

Dédicaces

Tout d'abord, je me prosterne devant Dieu le tout puissant, qui m'a donné la force et le courage d'accomplir ce modeste travail que je dédie à ceux qui m'ont appris les belles choses de la vie :

L'amour

La confiance

La vérité

Le droit chemin

Les plus chères au monde

Mes parents en premier lieu : ma mère et mon père

*Ma chère sœur Fatma Zohra et Mon frère Mohamed Ridha
et mes petits neveu Youness et Yassine*

Mes oncles, ainsi que tous les membres de ma famille

Mon binôme Hadjer

Mes amis qui font partie de ma promotion et avec qui j'ai fait le parcours de mes études

A tous ceux qui j'aime et ceux qui m'ont aidé et encouragée de près ou de loin.

Z. Nihad

Dédicaces

Dédicace Merci «ALLAH» de m'avoir donnée la capacité d'écrire et de réfléchir, la force d'y croire, la patience d'aller jusqu'au bout du rêve et le bonheur de lever mes mains vers le ciel et de dire «YA RAHMAN».

♥*Mes très chers parents, MOHAMED et HOURIA, qui ont toujours été là pour moi ET pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long mes études,*

♥*Ma chère sœur, SIHAM pour leurs encouragements permanents, ET leur soutien moral,*

♥*Les enfants de ma sœur MARIA ET CHIHAB qui ont fait le sourire sur mon visage*

♥*Mon amie et mon bras droit MANEL KIAS pour son appui et encouragement*

♥*Enfin, je remercie mes amis, qui ont toujours été là pour moi. Leur soutien inconditionnel et leurs encouragements ont été d'une grande aide.*

Merci d'être toujours là pour moi.

♥♥♥*TERMELLIL Hadjer* ♥♥♥

RÉSUMÉ

Optimisation des apports nutritionnels et de biostimulants en système hydroponique : cas d'une plante maraichère poivron »

En Algérie, le poivron représente une culture très importante occupant une place conséquente dans le domaine agronomique et économique.

Pour favoriser la croissance de cette culture et pallier les différents problèmes phytosanitaires, notre travail vise à évaluer et comparer l'effet des différents types de fertilisation (sous forme de gel, poudre ou d'origine végétale), par application racinaire et foliaire, sur la croissance végétale, le rendement et la qualité du fruit. Cette expérimentation a été réalisée sur deux variétés de poivron (*estefan* et *adina*) cultivées sur un système hydroponique.

Parallèlement à cet essai, une étude phytochimique a été réalisée dans le but de confirmer l'effet des différents fertilisants sur la croissance végétale.

Les résultats obtenus ont montré que la fertilisation chimique (gel ou poudre ou liquide) est beaucoup plus performante que la biofertilisation (végétale), et ce par application racinaire sur les deux variétés étudiées. Toutefois, l'application foliaire a montré des résultats remarquables pour les deux types de fertilisation (biologique ou chimique) ,

Mots-clés : système hydroponique, le *poivron*, variété *estefan*, la variété *adina* les fertilisants chimique, biofertilisant

ABSTRACT

In Algeria, pepper represents a very important crop occupying a significant place in the agronomic and economic field.

To promote the growth of this crop and overcome the various phytosanitary problems, our work aims to evaluate and compare the effect of different types of fertilization (in the form of gel, powder or plant origin), by root and foliar application, on plant growth, yield and fruit quality. This experiment was carried out on two varieties of pepper (estefan and adina) grown on a hydroponic system.

In parallel with this trial, a phytochemical study was carried out with the aim of confirming the effect of different fertilizers on plant growth.

The results obtained showed that chemical fertilization (gel or powder) is much more efficient than biofertilization (vegetable), and this by root application on the two varieties studied.

However, foliar application has shown remarkable results for both types of fertilization (organic or chemical).

And have shown that the variety adina has an advantage by port eu estefan over the growth parameters.

Keywords: hydroponics system, Pepper, estefan variety, adina variety
chemical fertilizers, biofertilizer

المخلص

في الجزائر، يمثل الفلفل محصولا هاما ويحتل مكانة هامة في المجال الزراعي والاقتصادي ولتعزيز نمو هذا المحصول والتغلب على مختلف مشاكل الصحة النباتية توجهنا هذا العمل يهدف الى لتقييم ومقارنة تأثير أنواع مختلفة الأسمدة (في شكل هلام، مسحوق أو أصل النباتي)، من خلال تطبيقها على الجذور ملاحظة تأثيرها على نمو النبات، والغلة وجودة الفاكهة. وقد أجريت هذه التجربة على نوعين من الفلفل (استيقان وأدينا) نمت على نظام الزراعة المائية. وبالتوازي مع هذه التجربة، أجريت دراسة فيت وكميائية بهدف تأكيد تأثير الأسمدة المختلفة على نمو النبات. وأظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن الإخصاب الكيميائي (هلام أو مسحوق) هو أكثر كفاءة بكثير من الاستخلاص الحيوي وهذا عن طريق التطبيق الجذري على نوعينا الفلفل. ومع ذلك، أظهر تطبيق السماد النباتي على الأوراق نتائج ملحوظة لكلا النوعين الاسمدة (عضوي أو كيميائي). و سجلنا أن النوع ادينا له نتائج جيدة في مقياس النمو.

الكلمات المفتاحية: نظام الزراعة المائية، الفلفل مجموعة متنوعة استيقان، نوع ادينا الأسمدة الكيميائية، الأسمدة الحيوية

Table des matières

INTRODUCTION	1
Chapitre 1 : synthèse bibliographique	
I. Poivron	3
I.1. Généralité	3
I.2. Types de poivron	3
I.4. Description morphologique	6
I.5. Cycle de développement	7
<i>I.5.1. Les stades phénologiques</i>	8
I.6. Importance de la culture	8
I.7. Exigences écologiques	11
I.8. Maladies	12
II. Système hydroponique	15
II.1. Historique	15
II.2. Avantages et inconvénients	16
II.2.2. Inconvénients	17
II.3. Différents systèmes de culture hydroponique	17
II.4. Réseaux de distribution	19
II.5. Principaux substrats	22
II. 6. Conditions de la culture hydroponique	24
Chapitre 2 : Matérielle et Méthode	
L'objectif de notre travail consiste en trois volets, soit :	27
1. Situation géographique	27
2. Matériel végétale	27
6. Paramètres étudiés	31
7.2. Quantification des acides aminés solubles et de la proline au niveau des feuilles	34
Chapitre 3 : résultat	

1	Estimation de l'expression végétative	38
1.1	Variation temporelle du nombre de feuilles chez les deux variétés du poivron.....	38
1.2	Variation temporelle de la longueur de plante	40
1.3	Biomasse fraîche de la partie aérienne et souterraine.....	41
1.4	Biomasse sèche de la partie aérienne et souterraine	42
2	Estimation des paramètres de production	43
2.2	Estimation des fruits récoltés	44
2.2.4	Estimation de calibre du fruit.....	47
3	Estimation des paramètres physiologique.....	48
3.1	Variation de l'activité photosynthétique.....	48
3.2	Variation de l'acide amine.....	50
3.3	La variation de Proline	50
	Chapitre 3 : Discussions	
	CONCLUSION GENERALE.....	54
	Référence bibliographique	

Liste des figures :

Figure 1:Types carre et rectangulaire	4
Figure 2:Type triangulaire	5
Figure 3:Presentation des différentes parties du poivron	7
Figure 4:Différents stades physiologique du poivron	8
Figure 5:Production de poivron dans le monde	9
Figure 6:Evolution de la superficie et la production de poivron en Algérie	11
Figure 7:Système hydroponique passif	18
Figure 8:Systeme NFT	19
Figure 9:Systeme aquiculture	20
Figure 10:Système aérophone (source Google).....	20
Figure 11:Systeme goutte à goutte.....	22
Figure 12:Fonctionnement d'une table à marée	22
Figure 13:Disponibilite des éléments nutritifs a différents niveaux de pH	26
Figure 14:Situation locales de la zon	28
Figure 15:Dispositif expérimental.....	29
Figure 16:Schéma de dispositif expérimental	30
Figure 17:La récolte	32
Figure 18:Biomasses fraîches et sèches de la partie aérienne et souterraine des plants	34
Figure 19:Mesure du poids calibre et longueur du fruit.....	34
Figure 20:Préparation d'échantillon	35
Figure 21:Lecture à l'aide d'un spectrophotomètre	35
Figure 22:Centrifugation des échantillons.....	36
Figure 23:Effets de différents traitements sur le taux de production des feuilles de deux variétés du poivron	40
Figure 24: Effets de différents traitements sur la longueur des deux variétés de poivron	42
Figure 25: Effet des différents traitements sur le poids frais de la partie aérienne du poivron	43
Figure 26:Effet des différents traitements sur le poids frais de la partie sous-terrainne du poivron	43
Figure 27:Effet des différents traitements sur le poids sec de la partie aérienne	44

Figure 28:Effet des différents traitements sur le poids sec de la partie souterraine.....	44
Figure 29:Effets des différents traitements sue la production des fleurs chez les deux variétés du poivron	45
Figure 30:Effets des différents traitements sur la production des fruits chez les deux variétés du poivron	46
Figure 31:Effet des différents traitements sur le poids frais des fruits	47
Figure 32:Effets des différents traitements sur la longueur de fruit	48
Figure 33:Effets des différents traitements sur le calibre des fruits	49
Figure 34:Effet des différentes fertilisations sur l'activité photosynthétique	51
Figure 35:Effet des differents traitments sur l'accumulation des acides aminees.....	52
Figure 36:Effet compare des differents traitements sur l'accumulation de proline	52

Liste des tableaux :

Tableau 1:Description morphologique du poivron	6
Tableau 2:Durée du cycle du poivron.....	7
Tableau 3:Principaux pays producteurs du poivron Tableaux 03 :	
Principaux pays producteurs du poivron (FAO, 2019).....	10
Tableau 4:Production du poivron en Algérie en 2019	11
Tableau 5:Maladies cryptogamiques du poivron	13
Tableau 6:Principaux ravageurs du poivron.....	14
Tableau 7:Principaux substrats	23
Tableau 8:Traitements utilises	30

Liste d'abréviation

pH : Potentiel hydrogène.

EC : Conductivité électrique.

NFT : Nutrient Film Technique (technique du film nutritif).

Ha : Hectare

hg/ha : Hectogramme par Hectare

cm : Centimètre

m : Mètre

L : Litre

ml : Millilitre

Tr/min : Tour par minute

g : Gramme

mg : Milligramme

Chl : Chlorophylle

NPK : Engrais à base d'azote (N), de phosphore (P₂ O₅) et de potassium (K₂O).

AD : Variété de poivron *Adina*

ES : Variété de poivron *estefan*

PFA : Poids fraie de la partie aérienne

PFR : Poids frais de la partie souterraine

PSA : Poids sec de la partie aérienne

PSR : Poids sec de la partie souterrain

T : température

INTRODUCTION

En Algérie, les légumineuses occupent une place importante dans l'alimentation humaine. Plus de 23000 ha sont consacrés annuellement à la culture du poivron (**ITCMI, 2010**). Cependant, cette culture reste vulnérable à plusieurs maladies dues aux facteurs biotiques ou abiotiques.

Plusieurs méthodes de lutte ont été proposées avec plus ou moins de succès, néanmoins la lutte chimique demeure le pilier dans la protection de cette culture. Cependant, l'utilisation excessive d'intrants chimiques a entraîné une destruction des écosystèmes en affectant négativement la fertilité et la microfaune du sol et en provoquant des effets néfastes sur la santé humaine et animale (**Aktar et al., 2009**).

La culture hydroponique répond partiellement à cette problématique, et se définit comme étant une technique moderne, qui consiste à cultiver des plantes sur un substrat inerte étant irrigué d'un courant de solution comportant des sels minéraux et des nutriments essentiels. L'ajustement en continu des concentrations de chaque élément des solutions nutritives n'est pas réalisable actuellement et seuls les paramètres de guidage comme le pH et la conductivité (EC) permettent de régler les apports via un environnement contrôlé, et ce pour obtenir des produits de la plus haute qualité.

Cette étude consiste à comparer l'effet de différentes solutions nutritives (fertilisants chimiques et biologiques) sur deux espèces de poivron par application racinaire et foliaire, suivi d'une étude phytochimique.



CHAPITRE 1

synthèse

bibliographique

Chapitre 1 : synthèse bibliographique

I. Poivron

I.1. Généralité

C'est l'un des légumes les plus consommés dans le monde, appartenant à la grande famille d'origine tropicale « *solanacées* », il est de la même espèce que le piment cultivé mais est issu de la sélection de variétés dites « *douces* » (**Anonyme 2016**).

Le poivron est originaire du Mexique du sud et de la zone centrale du continent sud-américain qui correspond à la Bolivie actuelle : il s'agit d'une zone de transition entre le climat tempéré et le climat subtropical, non soumise aux gelées et relativement sèche (**Pochard, 1987**).

On distingue essentiellement deux grands groupes de piment cultivés :

A- Les piments piquants appelés « *piment* » ces plantes donnent des fruits à très fortes teneurs en capsaïcines.

B- Les piments doux appelés « *poivrons* » ou « *piment a gros fruits* » : ces plantes donnent des fruits à teneur nulle en capsaïcine (**Bpera, 1992**)

Il est cultivé dans toutes les régions tropicales du monde, ainsi que dans les régions tempérées chaudes, plus exigeant en température que la tomate 24 °C en moyenne journalière (**Polese et Devaux, 2007**).

I.2. Types de poivron

Les piments varient énormément en termes de forme, de taille, de couleur, d'épaisseur de la chair, de nombre de loges et de la teneur en capsaïcine (à laquelle est due la saveur très forte du piment) (**Anonyme ,2013**)

I.2.1. Le type carre (carre court ou yolo Wonder)

Ces fruits ont une forme régulière et leur calibre varie de 8 à 12 cm. Ils ont une peau SC et une chair épaisse (Figure 01).

I.2.2. Type rectangulaire (ou carre long ou type lamuyo ou type méditerranéen)

Ils sont caractérisés par leur longueur, qualifiés de demi-long (12 à 15 cm), ou trois-quarts long (15 à 18 cm) ou longs (>18 cm). Il représente le type le plus cultivé en France (Figure 01).

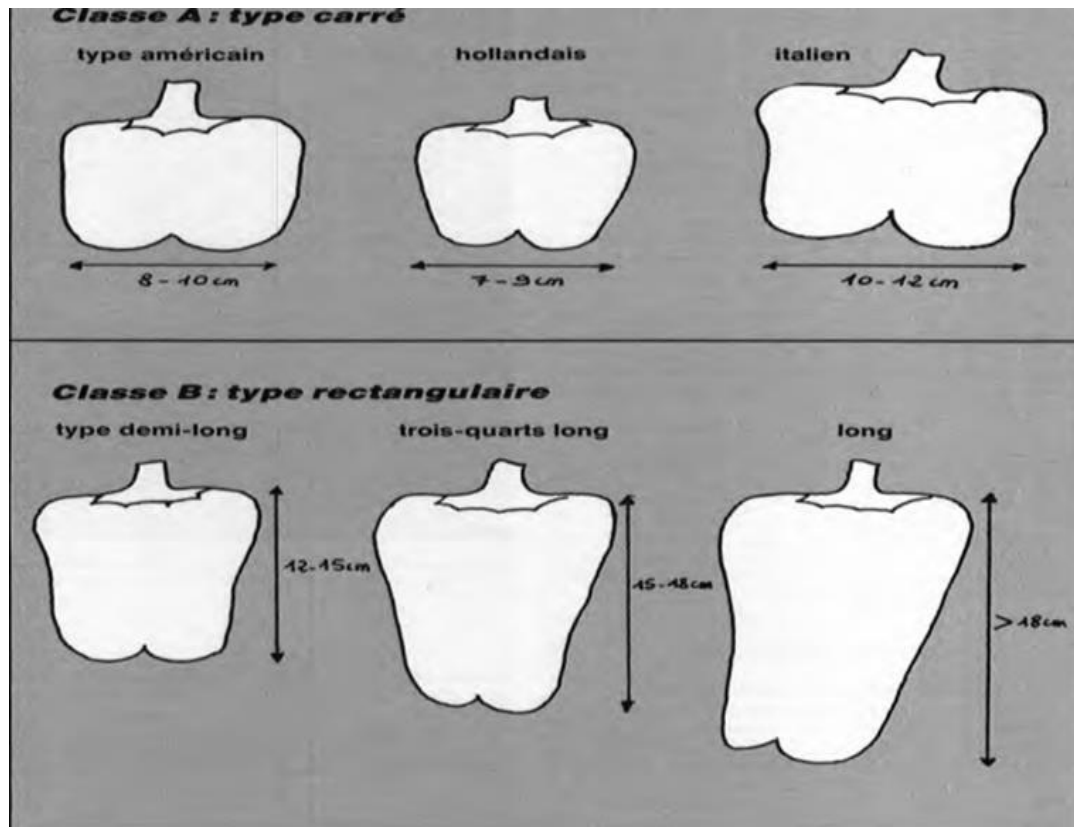


Figure 1:Types carre et rectangulaire(Bpera, 1992)

I.2.3. Type triangulaire (ou type corne)

Ces fruits sont allongés et pointus se rapprochant des espèces primitives et sauvages (**Bpera, 1992**) (Figure 02)

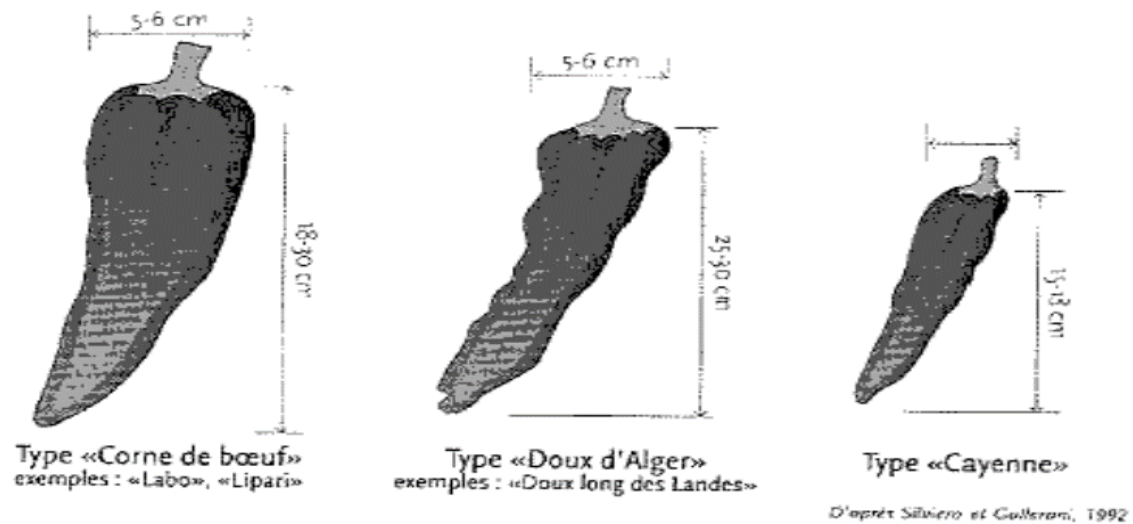


Figure 2: Type triangulaire (Bpera, 1992)

I.3. Systématique

Le genre *Capsicum* fut institué par **Tournefort (1719)**, et adapté par **Linne (1735)**. Le nom générique de *Capsicum* qui vient de capsas, boîte ou étui, décrit parfaitement le fruit du *poivron*.

Selon (Qronqist, 1981) :

- Règne : *Plantae*
- Division : *Agnoliophyta*
- Classe : *Magnoliopsida*
- Ordre : *Solanales*
- Famille : *Solanaceae*
- Genre : *Capsicum*
- Espèce : *Capsicum annuum*

I.4. Description morphologique

Tableau 01 : Description morphologique du poivron
(Kolev.1976)

Organes	Descriptions
Systèmes racinaire	Pivotant Profondeur : 30 à 60 cm
Tige	Ronde à la base. Herbacée plus haut. Hauteur de 25 à 125 cm Grande ramification
Les fleurs	Blanchâtres. Dresse ou pendantes Située à l'aisselle des bifurcations 1 à 2 fleurs par nœud 6 pétales, 6 sépales, 5 à 6 étamines,
Les fruits	Type : baies Couleur : selon les variétés : vert, vert Foncée, verte claire, jaune, blanche à Maturité : jaune, orange ou rouge foncée
Feuille	Alternés se terminant en pointe.



Fleurs

feuille

tige

fruit

Figure 3: Présentation des différentes parties du poivron (originale)

I.5. Cycle de développement

Le cycle de culture du poivron dure en moyenne cinq mois et demi (Tableau 2). La levée n'est pas très rapide puisque les graines mettent une dizaine de jours avant de sortir de terre. Il est recommandé ensuite d'élever les jeunes plantules en pépinière durant un peu plus d'un mois et de les replanter en plein champ au stade de 8-10 feuilles, lorsque les plants ont atteint environ 20 cm, soit à peu près un mois et demi après le semis. Après la plantation, il faudra encore aux plants de poivron un mois avant de fleurir puis un second mois afin que les fruits grossissent avant de pouvoir être récolter.

La récolte peut donc avoir lieu deux mois après le repiquage, soit trois mois et demi après le semis. Elle s'étale généralement sur deux mois mais peut être facilement prolongée dans de bonnes conditions de culture. Le poivron peut se cultiver toute l'année, mais en raison des températures élevées et des fortes intempéries que l'on rencontre en saison des pluies et qui peuvent causer d'importants dégâts, il est conseillé de cultiver le poivron durant la saison fraîche (**Anonyme 2016**) Tableaux 02 : la durée du cycle du poivron

Tableau 02 : Durée du cycle du poivron (Anonyme 2016)

Levée	Repiquage	Plantation	1ères fleurs	Début récolte	Fin récolte
10 jours	2 à 3 semaines	1,5 mois	2,5 mois	3,5 mois	5,5 mois

I.5.1. Les stades phénologiques

Le cycle végétatif du poivron suit plusieurs stades végétatifs qui sont (Figure04) :

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 tige

Stade 4 : Début floraison

Stade 5 : Floraison

Stade 6 : Développement du fruit. (ITCMI 2018)



Figure 04 : Différents stades physiologiques du poivron (ITCMI 2010)

I.6. Importance de la culture

I.6.1. Dans le monde

Le poivron occupe la troisième place dans le monde après *la pomme de terre* et *la tomate* avec un rendement de 24623 hg/ha (FAO, 2019). Le premier

producteur mondial est la Chine avec 16 millions de tonnes, soit près de 50 % de la production mondiale (FAO, 2014) (Figure 05, Tableau 03).

Part de la production de Piments doux et épicé par région

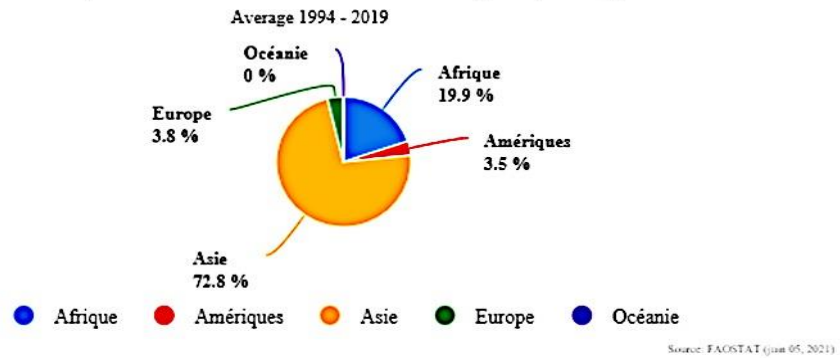


Figure 05 : Production de poivron dans le monde (FAO, 2019)

Tableaux 03 : Principaux pays producteurs du poivron (FAO, 2019)

Payes	Superficies (ha)	Rendement (hg/ha)	Production (Tonnes)
China	48273	67541	326040
Mexique	31389	19340	60706
Inde	780000	22346	1743000
Cot d'ivoire	28029	62706	175758
Turquie	10511	25341	26636
Nigeria	1350	97763	13198
Ghana	16099	78446	126291
Maroc	1344	224509	30174
Egypte	18452	33746	62269
Tout le monde	1728071	24623	4255050

I.6.2. En Algérie

La superficie occupée par le poivron en Algérie est d'environ 3968 hectares avec un rendement moyen d'environ 239074 hg/ha (**FAO stat, 2019**) (Tableau 04, Figure 06).

Tableau 04 : Production du poivron en Algérie en 2019 (FAO, 2019)

Superficie (ha)	Rendement (hg/ha)	Productions (Tonnes)
3968	42850	17003

Production/Rendement de Piments doux et épicé en Algérie

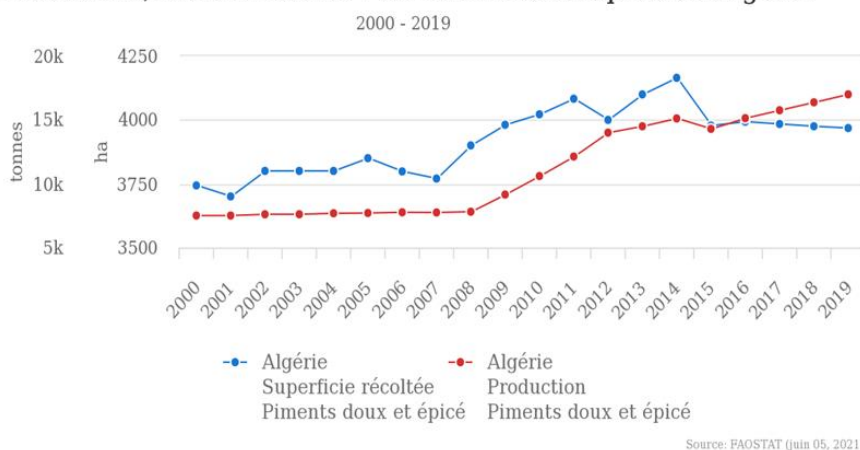


Figure 06 : Évolution de la superficie et la production de poivron en Algérie (FAO, 2019).

I.7. Exigences écologiques

I.7.1. Température

La plante est très frileuse de tous les légumes d'été (ex : tomate, courgette), c'est celui qui exige le plus de chaleur pour se développer (**Gry,1991**).

La température idéale pour sa culture est comprise entre 20 °C et 25 °C. le zéro végétatif se situe à 8 °C, mais la croissance de la plante ralentie a des températures inférieures à 13 °C. le poivron est très sensible aux températures basses, tandis que les températures supérieures à 35° réduisent la fructification et la photosynthèse (**Skiredj et al., 2003**).

I.7.2. Luminosité

Le poivron requiert une bonne luminosité, les exigences photopériodiques varient de 12 à 15 heures (**Valdez,1994**).

I.7.3. pH

Sa croissance est optimale à des pH qui varient entre 6.5 à 7 (**Brinon et al., 2001**), avec des sols bien aérées et bien drainées.

I.8. Maladies

I.8.1. Maladies virales

Les dégâts sur piment et poivron en plein champ sont rares, ils sont plus fréquents sous serre. Les variétés les plus sensibles réagissent soit par une mosaïque, soit par nécrose de la tige ou d'une branche. Certaines souches sont transmissibles par les semences (**ITCM, 2001**).

I.8.2. Maladies bactériennes

Parmi les maladies bactériennes, la plus fréquente est le flétrissement bactérien. Cette maladie affecte des plantes isolées ou en groupe dans certaines parties du champ.

Chez les plantes âgées, le symptôme initial est le flétrissement des feuilles basales, mais dans le cas des jeunes plantes les feuilles apicales flétrissent en premier. Après quelques jours le flétrissement de la plante devient irréversible, et les tissus vasculaires de la base des tiges et des racines sont décolorés (**Black et al., 1993**).

I.8.3. Maladies cryptogamiques

Tableau 05 : Maladies cryptogamiques du poivron (ITCMI,2001)

Maladies	Symptômes
<i>Mildiou</i>	Grandes taches brunes sur feuilles et tiges.
<i>Alternarios</i>	Manque à la levée et pourriture du collet
<i>Oïdium</i>	Feutrage blanc sur feuille

I.8.4. Ravageurs

Le poivron est une culture très sensible à l'attaque de nombreux ravageurs (Tableau 06).

Tableau 06 : Principaux ravageurs du poivron (Eric. C,2018)

Les ravageurs	Symptômes
<i>Nématodes</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Flétrissement des plants atteints. • Rabougrissement (nanisme). • Jaunissement des feuilles. • Perte prématurée des feuilles et des fruits. • Mort des plantes. • Présence de galles sur les racines -faisant disparaître les poils absorbants.
<i>Pucerons</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Présence des insectes de petite taille sur la face inférieure des feuilles. • Affaiblissement de la plante dû au prélèvement de la sève par les insectes. • Déformations des feuilles. • Présence de la fumagine empêchant la photosynthèse. • Réduction de la croissance des plantes.
<i>Chenilles</i> <i>(Ex : Helicoverpa)</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Les chenilles se nourrissent des --feuilles et défolient la plante. • Elles occasionnent des dégâts sur les fruits tout en laissant leur déjection à l'intérieur des fruits.
<i>Acariens</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Présence en dessous des feuilles. • Apparition de jaunissement à la base des feuilles âgées.

II. Système hydroponique

II.1. Historique

La publication la plus ancienne sur la culture hors-sol est le livre *Sylva Sylvarum* publié en 1627 par Francis Bacon ; par la suite, cette technique est devenue une recherche populaire. En 1699, John Woodward a publié ses expériences réalisées sur la menthe verte. En 1859-1860, les découvertes des botanistes allemands Julius von-Sachs et Wilhelm Knop ont permis de développer encore la technique de la culture hors-sol.

Cette technique de culture est devenue rapidement un standard de la recherche et de l'enseignement qui est encore largement utilisée. En 1929, Gerick Berkeley met en évidence la capacité de cette technique à promouvoir la croissance des plantes, en faisant pousser des tomates jusqu'à vingt-cinq pieds de haut dans des solutions nutritives minérales. Il a aussi inventé le terme de la culture hydroponique en 1937 du grec hydro « eau » et ponos « travail ». Un des premiers succès de la culture hydroponique a eu lieu à Wake Island où la culture hydroponique était utilisée pour cultiver des légumes pour les passagers.

Durant les années 1960-1970, les fermes commerciales de la culture hydroponique ont été développées à Abu Dhabi, en Arizona, Belgique, Californie, Danemark, Allemagne, Hollande, Iran, Italie, Japon, la Fédération de Russie et d'autres pays. Au cours des années 1980, de nombreuses fermes hydroponiques automatisées et informatisées ont été établies dans le monde entier. Au cours des dernières décennies, la NASA a effectué des recherches approfondies en hydroponie pour leur système contrôlé de soutien à la vie écologique ou CELSS. **(Jorge, 2013)**

En Algérie l'initiation à la culture hydroponique a été effectuée sur deux solanacées (tomate et poivron) **(D'oudi, 1979 ; Snoussi, 1980)**.

Les cultures hors-sols se sont développées en raison des performances agronomiques supérieures à celles des cultures traditionnelles (sol) avec une réduction du milieu racinaire associée à l'irrigation localisée, la possibilité de mieux maîtriser la température des racines, la souplesse et la mobilité des systèmes proposés permettent une meilleure maîtrise des facteurs de production. Aujourd'hui,

c'est ce dernier critère de performance agronomique qui conduit les producteurs à se convertir au hors-sol. **(Alain Vitre, 2003)**

II.2. Avantages et inconvénients

II.2.1. Avantages

- Fourniture de 70 à 90% d'eau utilisée dans l'agriculture traditionnelle.
- Possibilité de production dans des zones non adaptées à l'agriculture.
- Élimination des problèmes de sol tels que la salinité, les maladies fongiques et les attaques des bioagresseurs.
- Moins de travail, absence de labour, de pillage et d'enlèvement des mauvaises herbes.
- Il existe des systèmes automatisés qui contrôlent les solutions et le taux d'acidité et de sels.
- Pas de perte d'intrants si la solution nutritive est recyclée en hors-sol.
- La surface de plantation est moins importante que la surface utilisée par un champ et est fortement démultipliée en cas de culture verticale
- Leur productivité est généralement stable et supérieure à celles réalisées en terre
- Leur cycle est plus court avec une qualité homogène supérieure (moins ou absence de résidus phytos, meilleure présentation des produits),
- Techniques économes en eau qui donnent des produits savoureux à haute valeur nutritive.
- Rien n'est diffusé dans le sol, ce qui écarte le danger de polluer les nappes phréatiques et de réduire la vie microbienne dans le sol.
- Possibilité de production dans des zones non adaptées à l'agriculture.

Ces avantages expliquent la multiplication actuelle et exponentielle des techniques hors-sol dans toutes les régions du monde **(Alain, 2020)**.

II.2.2. Inconvénients

- Les conditions de culture des plantes (température, lumière, pH, EC, ...etc.) doivent être surveillées en permanence
- Nécessitent une forte consommation d'énergie.
- N'est pas adaptées à tous types de culture.
- Obligation d'accroître la sécurité à cause de la proximité de l'eau et des câbles.
- Certains procédés utilisent beaucoup de plastiques qui sont assez peu recyclés.
- D'après Vincent (2008,) la production des fruits et des légumes cultivés sur substrat nécessite des installations particulières, un suivi journalier des cultures avec de bonnes connaissances techniques, notamment pour le calcul des solutions nutritives **(Vincent, 2008)**
- Pollution par les solutions nutritives, dans le cas où elles ne sont pas recyclées.
- Le recours à des systèmes toujours plus complexes nécessite l'emploi d'un personnel hautement qualifié (ingénieurs spécialisés en gestion de LED, hydraulique, contrôle atmosphérique, informaticiens, etc.).

II.3. Différents systèmes de culture hydroponique

Il existe deux systèmes dont la différence se repose sur le mode d'acheminement de l'eau (ou l'air) :

II.3.1. Système hydroponique passif

Il utilise les propriétés du substrat (ou d'une mèche) pour acheminer l'eau et les nutriments aux racines par capillarité. Ces systèmes conviennent aux amateurs (Figure 07). En effet, le système distribue en permanence l'eau aux plantes et il suffit de compléter la réserve de solution nutritive **(Texier, 2013)**



Figure 07 : Système hydroponique passif (Source : Hydrobox Team)

II.3.2. Système hydroponique actif

Il utilise des pompes qui convertissent l'énergie électrique en énergie mécanique pour distribuer la solution nutritive. Les systèmes hydroponiques actifs permettent une irrigation plus performante, qui est déclenché quand en cas de nécessité et à la juste quantité, conformément aux besoins des plantes. La circulation de la solution nutritive dans un système actif permet d'augmenter la concentration en dioxygène (O₂) et d'homogénéiser la solution nutritive. Ils permettent aussi d'obtenir des cycles de saturation en eau / sécheresse du substrat, contrairement aux systèmes passifs (certaines plantes comme le Laurier rose - Nerima oléandre- demandent des alternances d'irrigation et sécheresse pour fleurir). Ces dernières années ont vu les unités de système hydroponique passif en net recul par rapport au système hydroponique actif. En effet, ces derniers sont plus performants. **(Texier, 2013)**

II.4. Réseaux de distribution

II.4.1. Système a circuit fermée (sans substrat)

Les racines des plants sont en contact direct avec la solution nutritive qui est recyclée, récupérée et renvoyée aux plants. Les racines sont en permanence ou par intermittence immergées dans une solution nutritive. Ces installations sont de plus en plus adaptées pour des raisons économiques et écologique (**Alain et al., 2020**).

II.4.1.1. Technique du film nutritif (N.F.T.)

La technique du film nutritif a été développée en 1960 par le Dr. Allan Cooper à l'Institut de recherche des cultures sous serre à Littlehampton en Angleterre (Cocos, 2014). Un certain nombre de perfectionnements ultérieurs ont été réalisés au niveau du même institut. Le principe de cette méthode est d'arroser la partie souterraine avec un mince film circulant de solution nutritive recyclée (Figure 09) (**Alain et al., 2020**).

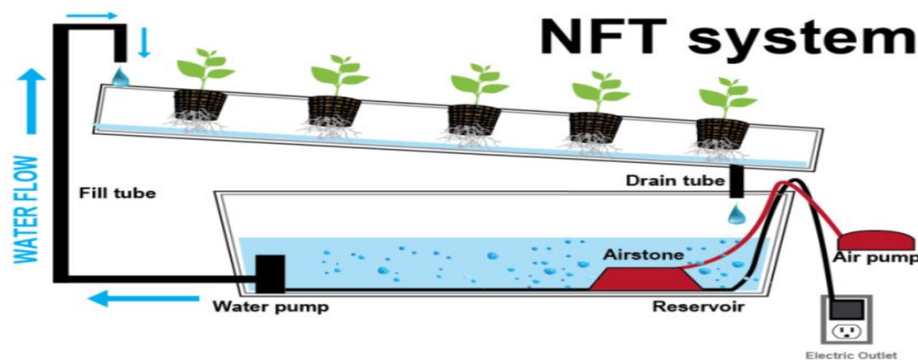


Figure 08 : Système NFT (Source Google)

II.4.1.2. Aquiculture

Dans l'aquiculture, la solution nutritive est contenue dans un bac. Elle demande une oxygénation complémentaire de la solution nutritive pour éviter l'asphyxie des racines, via l'utilisation d'un procédé technique complexe. L'aquiculture reste de ce fait un système destiné à la recherche, qui est peu développé (Figure 10) (**Cervantes, 2012**).



Figure 9 : Système aquiculture (Source : HydroboxTeam)

II.4.1.3. Aeroponie

Dans cette technique les racines sont en saturation et maintenues dans un brouillard nutritif en circuit fermé par des pulvérisations régulières (Figure 11) (**Alain Vitre, 2003**)

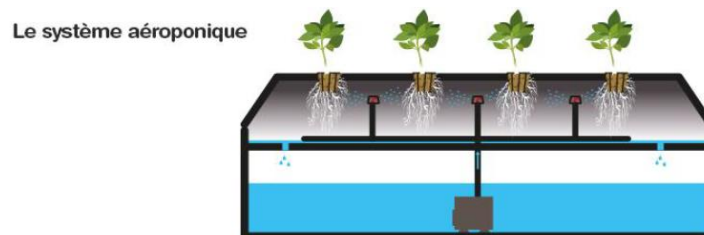


Figure 10: Système aérophone (source Google)

II.4.2. Système à circuit ouvert (avec substrat)

Ce système se rapproche à la culture traditionnelle par présence du substrat qui est un support solide. Ce dernier assure la réserve en eau et élément nutritif tout en contribuant à l'oxygénation (**Johcmn Habben**)

II.4.2.1. Système de goutte à goutte

Ce système est très facile à installer, ils utilisent une pompe qui permet d'amène la solution nutritive au-dessus du substrat, qui s'infiltre, puis descend par gravité dans le réservoir situé en dessous de la culture et est ensuite réinjectée par la pompe. Les plants eux-mêmes peuvent être installés dans des pots individuels ou

sur un plateau commun. L'eau circule à travers les pots et revient dans le réservoir (Figure 12) (Van Os et al., 2008)

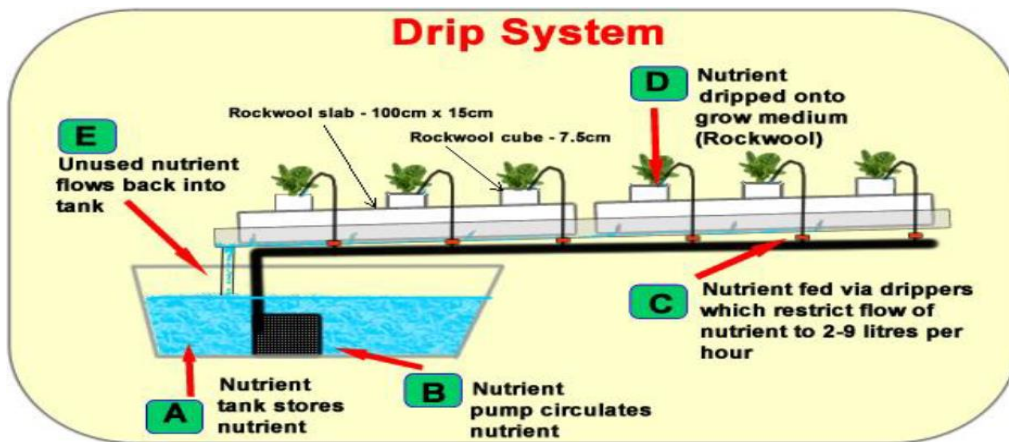


Figure 11 : système goutte à goutte.

II.4.2.3. Système de table à marées (Flux-reflux)

Parfois appelés (inondation-drainage), procédé qui utilise une table étanche à rebords périodiquement inondés par une pompe contenant la solution nutritive, puis celle-ci est écoulee par gravité dans un système de flux-reflux continuels (Figure 13) (Van Os et al., 2008)

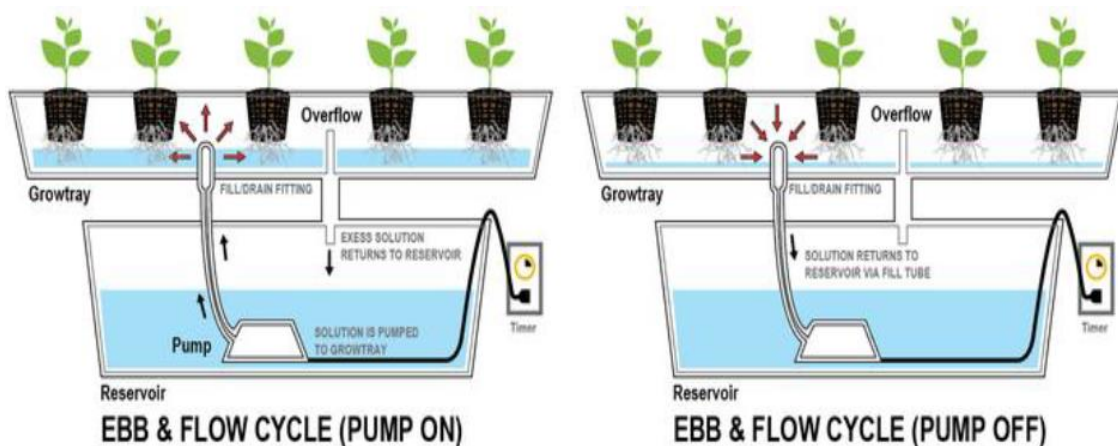


Figure 12 : Fonctionnement d'une table à marée.

II.4.2.4. Système à flux continu

Procédé constitué de plusieurs petites unités opaques contenant un substrat alimenté par un réservoir, continuellement recyclé par une pompe à air (**Alain et al., 2020**)

II.5. Principaux substrats

Le terme de substrat en agriculture s'applique à tous les matériaux naturel ou artificiel (Tableau 07), pur ou en mélange qui permet l'ancrage du système racinaire et joue ainsi un rôle de support vis-à-vis de la plante (**Blanc, 1987**). Pour pouvoir véritablement revendiquer le label hors-sol, la production faisant appel à des substrats de culture qui devaient utiliser de manière exclusive des matériaux chimiquement et biologiquement inertes (**Urban, 1997**).

Tableau 07 : Principaux substrats
(Vaïmoana, 2016)

Origine organique	Origine minérale
1. Ecorce de pin	1. Perlite
	
2. Fibre de coco	2. Laine de roche
	
3. Terreau	3. Vermiculite
	
4. Tourbe	4. Bille d'argile
	
6. sable	5. Graviers
	

II. 6. Conditions de la culture hydroponique

II.6.1. La Solution nutritive

On distingue deux principales catégories de nutriments :

- Les sels minéraux : azote (N), phosphore(P), potassium (K), calcium (Ca), chlore (Cl) magnésium (Mg), sodium (Na)...etc.
- Les oligo-éléments : fer (Fe), cuivre (Cu), brome (Br), cobalt (Co), zinc (Zn)...etc. **(Hall et al., 2000).**

Les avancées scientifiques des agronomes et des biologistes ont permis de concevoir une solution nutritive et un environnement favorable à une culture précise. De cela, il faut manipuler avec précaution le niveau de pH, T, EC et le remplacement de la S.N à chaque fois.

II.6.2. pH

Le potentiel d'hydrogène est une unité qui permet de mesurer dans une l'acidité, la neutralité et la basicité d'une solution sur une échelle de 1 à 14. La gamme de pH optimale pour la solution nutritive de culture hors-sol est comprise entre 5,8 - 6,5. Les carences nutritionnelles apparaîtront ou des symptômes de toxicité se développeront si le pH est supérieur ou inférieur à la fourchette recommandée pour les différentes cultures. La valeur du pH détermine la disponibilité des nutriments pour les plantes (Figure 14). En conséquence, son réglage doit être fait tous les jours **(Senneveld et Vooget, 2009).**

II.6.3. Conductivité électrique (EC)

Elle permet de mesurer la quantité et la valeur globale de la concentration en sels minéraux (engrais) de la solution nutritive, qui est exprimée en EC, ppm ou mg/l. Une EC trop faible risque de provoquer une carence chez la culture, et une EC élevée provoque des dommages au niveau les racines. Ce paramètre varie selon la culture, le stade de développement et saisons **(Vaïmoana,2016).**

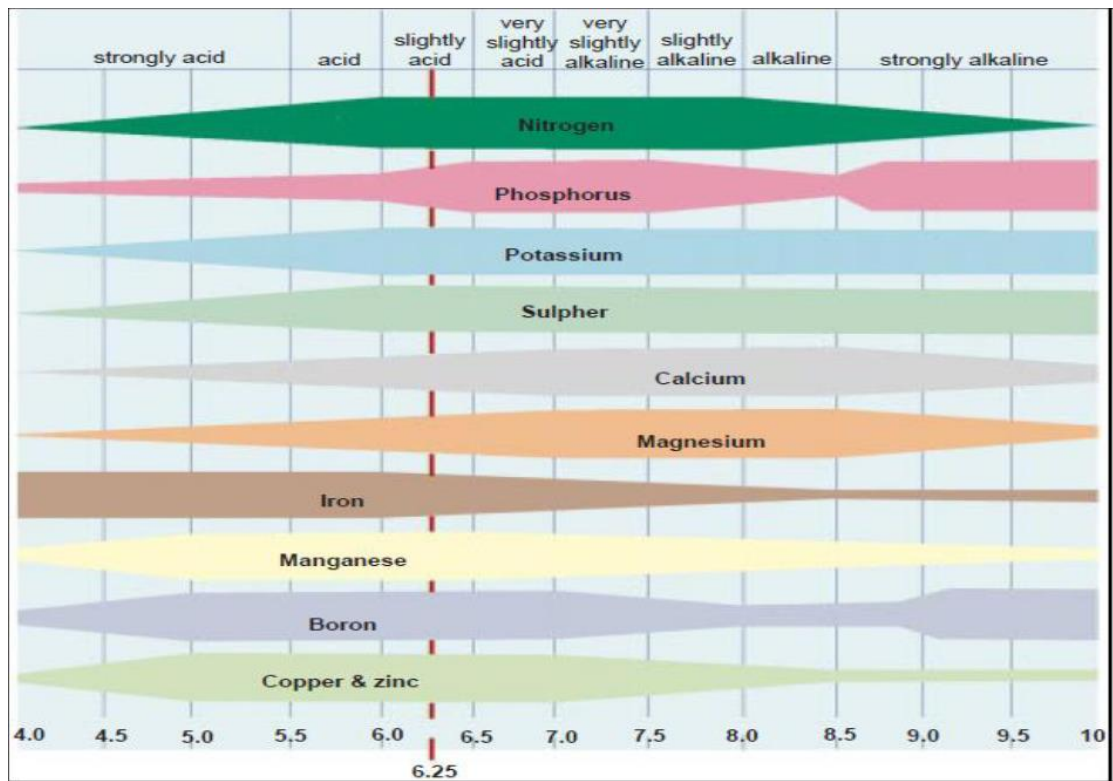


Figure 13 : Disponibilité des éléments nutritifs à différents niveaux de pH

II.6.4. Température

La température de la solution nutritive présente une relation directe avec la quantité d'oxygène consommée par les plantes, et une relation inverse de l'oxygène dissous en elle. La température affecte également la solubilité des engrais et de la capacité de l'absorption des racines. Il est évidemment important de contrôler cette variable en particulier dans un climat extrême. Chaque espèce végétale a une température minimale et maximale pour la croissance, ce qui nécessite l'installation des systèmes de chauffage ou de refroidissement pour équilibrer la température de la solution nutritive. Les rendements diminuent lorsque la température de la solution nutritive augmente pendant les périodes chaudes (**Jensen, 1999**). Au cours de la circulation d'eau, la chaleur peut s'échanger entre la solution nutritive et l'eau stockée dans la conduite d'eau souterraine. En outre, cette circulation peut chauffer la solution nutritive qui devient trop froide dans les nuits froides de l'hiver (**Hidaka et al., 2008**)



CHAPITRE 2

Matérielle et Méthode

Chapitre 2 : Matérielle et Méthode

L'objectif de notre travail consiste en trois volets, soit :

1. Comparer la performance de trois types de fertilisants à savoir de l'engrais sous forme de gel, poudre, et un engrais à base végétale.
2. Comparer la performance de deux espèces différentes de poivron sous les mêmes conditions.
3. Évaluation des effets d'un biostimulant à base végétale en pulvérisation foliaire.

1. Situation géographique

Notre expérimentation s'est déroulée au niveau de la station expérimentale du département de biotechnologies de Blida située dans la plaine de la Mitidja (Figure 01). Dans une serre en polycarbonate de 382.5 m² de surface, dont l'orientation est nord-sud. L'aération est assurée par des fenêtres placées latéralement de part et d'autre de la serre.



Figure14 : Situations locales de la zon (Google)

(Laboratoire de recherche de production végétale)

2. Matériel végétale

Le matériel végétal choisi pour notre expérimentation est le poivron (*caesium annuum*), cultivé au stade de 4 à 5 feuilles, soit 30 à 45 jours après le semi. 150 plants ont été étudiés, répartis sur deux variétés « Estefan » et « Adina ».

Chaque plante est posée dans un pot en plastique (50 cl) contenant de la tourbe.

3. Dispositif expérimental

Le système de fertirrigation doit être en adéquation avec les besoins directs de la plante (**Lieten, 2013**). Dans notre expérimentation le système utilisé est celui de « NFT » (Figure 02 et 03) :

- 5 réservoirs d'eau de 20 L, contenant la solution nutritive qui assure l'alimentation de la plante.
- Des appareils (pH mètre et EC mètre) pour contrôler le pH et la conductivité (CE) dans les blocs.
- Des composants hydrauliques permettant l'acheminement de la solution nutritive jusqu'aux cultures (pompes immergées, vannes, goutteurs, tuyaux, robinet ...) ce qui crée un circuit fermé.
- Cinq tubes en PVC blanc de 80 mm de diamètre et 8 mètres de longueur, contenant 37 trous avec une distance de 15 cm entre les trous.
- Des pots en plastique troués contenant les plantes, qui sont à leur tour déposés dans les tubes.
- A la surface de chaque pot, des billes d'argile sont déposées afin d'éviter l'évaporation de la solution nutritive.



Figure 15 : Dispositif expérimental (Original, 2021)

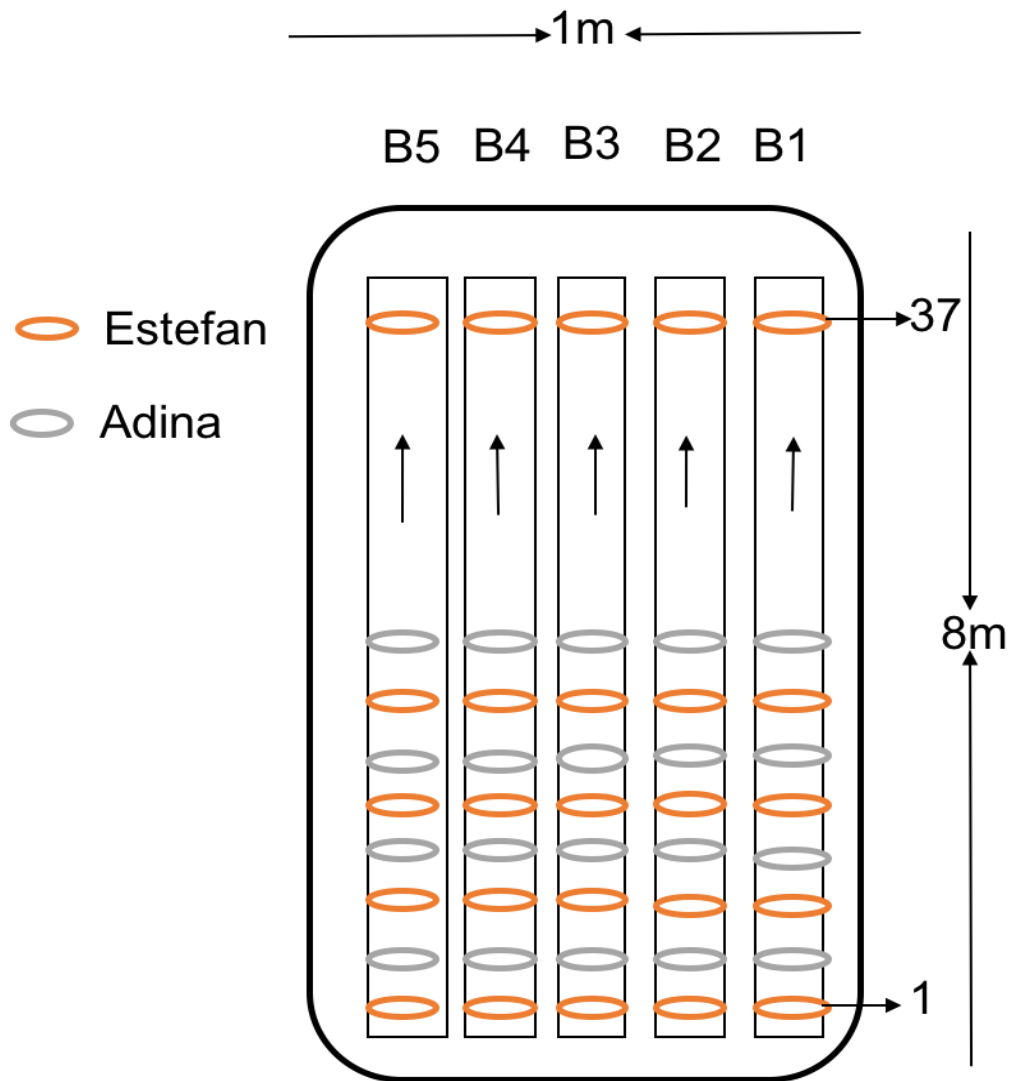


Figure 16:schema Dispositif expérimental

3. Période d'expérimentation

Le choix de la période d'expérimentation s'est fait en fonction de la phénologie des plantes étudiées (poivron), afin de couvrir tous ses stades phénologiques jusqu'à la récolte

Plantation	28 mars
Début de récolte	10 mai
Fin de récolte	30 mai

4. Besoins nutritionnels

Tableau 08 : Traitements utilisés

Type	Nom commercial	Composition principal	Fabricant	Distributeur
Engrais liquides	Carnival	Calcium	Headland	SARL Agroseed
	Codamix	Oligoélément	Coda	
Engrais solubles	Gel 15.30.15	N.P. K		
	Mairol rouge	N.P. K		
Régulateurs de Ph	Easimix	Acide phosphorique	Headland	

L'extrait aqueux (biofertilisant) utilisé a été extrait selon la méthode décrite par **Roy et al. (2011)**.

Les traitements sont effectués comme suit :

- Bloc 1 : fertilisation à base de mélange d'engrais chimique liquide, poudre et gel.
- Bloc 2 : fertilisation à base de mélange d'engrais chimique liquide, poudre et gel.
- Bloc 3 : fertilisation à base de mélange d'engrais chimique liquide et poudre.
- Bloc 4 : fertilisation à base de mélange d'engrais chimique liquide et poudre.
- Bloc 5 : fertilisation à base d'extrait aqueux.

Les trois blocs 1, 3, 5 ont été traités chaque jour par une application foliaire à base de biofertilisant (extrait aqueux).

5. Conditions de mise en culture

L'aspect le plus important de la culture hors-sol, est le milieu de culture qui assure un bon développement des plants. Les principaux paramètres pris en considération sont :

pH : contrôlé à l'aide d'un pH mètre, dont les normes sont de 5.8 à 6.5.

EC : contrôlée par les quantités d'engrais apporté, dont les normes sont de 1.2 à 1.9.

Aération : l'ouverture des fenêtres et des portes permet le renouvellement de l'air, la stabilisation de la température et de l'humidité à l'intérieur de la serre

6. Paramètres étudiés

Afin de pouvoir comparer les trois types de fertilisants sur les deux variétés du poivron, trois paramètres ont été pris en considération : (1) nombre de feuilles, fleurs et fruit. (2) biomasse fraîche et sèche de la partie aérienne et souterraine des plantes. (3) Analyse phytochimique par la détermination de la chlorophylle, des caroténoïdes, d'acides aminées solubles et de proline.

6.1. Nombre de feuilles, fleurs et fruit

Après chaque 15 jours, le nombre des feuilles, des fleurs et des fruits a été déterminé jusqu'à arriver à la récolte (Figure 04).



Figure 17 : La récolte

6.2. Biomasses

A la fin de l'expérimentation (Deux mois), les poids frais et secs des racines et de la partie aérienne des plantes ont été mesurés (Figure 05). Les poids frais de la partie aérienne et de la partie souterraine ont été déterminés immédiatement après la récolte. Le poids, le calibre et la longueur de chaque fruit a été déterminé (Figure 20).

Les matières sèches, des biomasses aérienne et racinaire, sont pesées après étuvage (80°C) durant 3h.



Figure 18 : Biomasses fraîches et sèches de la partie aérienne et souterraine des plants



Figure 19 : Mesure du poids, calibre et longueur du fruit

7. Analyses phytochimiques

7.1. Quantification de la chlorophylle et des caroténoïdes au niveau des feuilles

La méthode proposée par **Lichtenthaler (1987)** a été utilisée pour mesurer la chlorophylle et les caroténoïdes (Figure 07 et 08). Les feuilles fraîches (0,1 g) ont été mélangées à 4 ml d'acétone (80%), puis centrifugées à 3000 tr/min pendant 10 min. l'absorbance du surnageant a été lu à 470, 647, et 664 nm à l'aide d'un spectrophotomètre. La chlorophylle (a, b et totale) ainsi que les caroténoïdes ont été déterminés.



Figure 20 : Préparation d'échantillon (original 2021)



Figure 21: Lecture à l'aide d'un spectrophotomètre (original 2021)

7.2. Quantification des acides aminés solubles et de la proline au niveau des feuilles

L'extraction a été réalisée selon la méthode décrite par **Naidu (1998)**. 50mg de chaque échantillon a été placé dans des tubes de centrifugation (Figure 09) contenant 5ml d'un mélange (Méthanol : Chloroforme : Eau) (60 : 25 : 15 ml). Les tubes scellés ont été chauffés au bain marie (60°C) durant 2 h et centrifugés à 5000 G pendant 10 mn. Le surnageant a servi ensuite aux dosages des acides aminés solubles et de la proline.



Figure 22 : Centrifugation des échantillons

7.2.1. Acides aminés solubles

1ml de solution tampon d'acide acétique /acétate de sodium (pH=4,3) et 1ml de Ninhydrine (5% dans l'éthanol) ont été additionnés à 1ml de surnageant. Les échantillons ont été agités puis chauffés au bain marie (95°C) pendant 15mn. L'absorbance des essais a été déterminée à 570nm. Le blanc est obtenu à partir d'une solution mère de L-leucine 1%, dont on effectue une série de dilutions afin d'obtenir les concentrations suivantes de L-leucine : 0 ; 0,6 ; 6 ; 60 ; 600 ; 6000 ($\mu\text{g}/\text{ml}$).

7.2.2. Proline

La proline a été déterminée par une méthode développée par **Singh (1973)**. 1ml de surnageant, 4ml de solution de Ninhydrine, 4ml d'acide acétique glacial et 1ml d'eau distillée sont placés dans des tubes de centrifugation de 10 ml. Ce mélange a été chauffé au bain marie (90°C) pendant 45mn et refroidi à la température ambiante. L'absorbance a été lue à 520 nm. Le blanc est obtenu à partir d'une solution mère de L- Proline 1%, dont on effectue une série de dilutions afin d'obtenir les concentrations suivantes de L-leucine : 0 ; 50 ; 100 ; 150 ; 200 ; 250 ; 300 ; 350 (μM).

9. Analyses statistiques des données

Les résultats présentés sous forme de courbes, ont été réalisés par l'application Excel. Les données sont représentées par des moyennes \pm écart type.

L'analyse statistique a concerné l'impact des différents types de fertilisation sur l'ensemble des paramètres de croissance sur les deux variétés du poivron. Les analyses de la variance sont faites sur des moyennes homogènes adoptées sur la base d'un coefficient de variance ($CV < 15\%$) en utilisant le logiciel SPSS. La comparaison des moyennes a été confirmée par le test de Tukey. Les contributions significatives retenues sont au seuil d'une probabilité de 5%.



CHAPITRE 3

Résultat et discussions

Chapitre 3 : résultat et discussions

La présente étude vise à estimer la capacité de quelques fertilisants chimiques comparées avec un biofertilisant organique sur la vigueur et l'expression végétative du deux variétés du poivron *Estefan* et *Adina* dans un système hydroponique NFT contenant cinq blocs distingués par cinq solutions nutritive différentes.

1 Estimation de l'expression végétative

Les expressions végétatives des deux variétés du poivron ont été étudiées selon différents traitements. Pour cela nous avons pris en considération : le nombre de feuilles, la longueur de la plante, la biomasse fraîche et sèche de la partie aérienne et souterraine des plantes, les paramètres de production et enfin les paramètres physiologiques.

1.1 Variation temporelle du nombre de feuilles chez les deux variétés du poivron

La figure 24 représente l'évolution du nombre de feuilles en fonction de deux facteurs étudiés à savoir le temps et le type de fertilisation utilisé, chez les deux variétés *Estefan* et *Adina*.

Les graphes (A et B) mettent en évidence que les deux variétés du poivron ont montré une même fluctuation temporelle de nombre des feuilles. En comparant l'effets des traitements A B C D E, nous constatons une nette différence. Les quatre premières solutions nutritives présentent une forte production de feuilles entre T0 et T4, alors que le traitements E montre une faible production accompagnée de chute puis qui reprend son développement qu'après T3.

L'analyse de variance ONE-WAY ANOVA confirmé par le test TUKEY, montre une différence non significative de nombre de feuille des deux variétés étudiées avec les effets des différentes fertilisations ($p=0,07$).

Nous remarquons sur l'histogramme (Fig.23 C), que les traitements A, B, C et D montre pratiquement les mêmes moyennes de nombre de feuille avec un léger

avantage pour le traitement A, C et D. Cependant, le minimum a été observé dans avec le traitement E qui présente le nombre des feuilles le plus faible.

En comparant l'effet sur les deux variétés du poivron, nous constatons que la variété *Adina* présente le nombre de feuille le plus élevé.

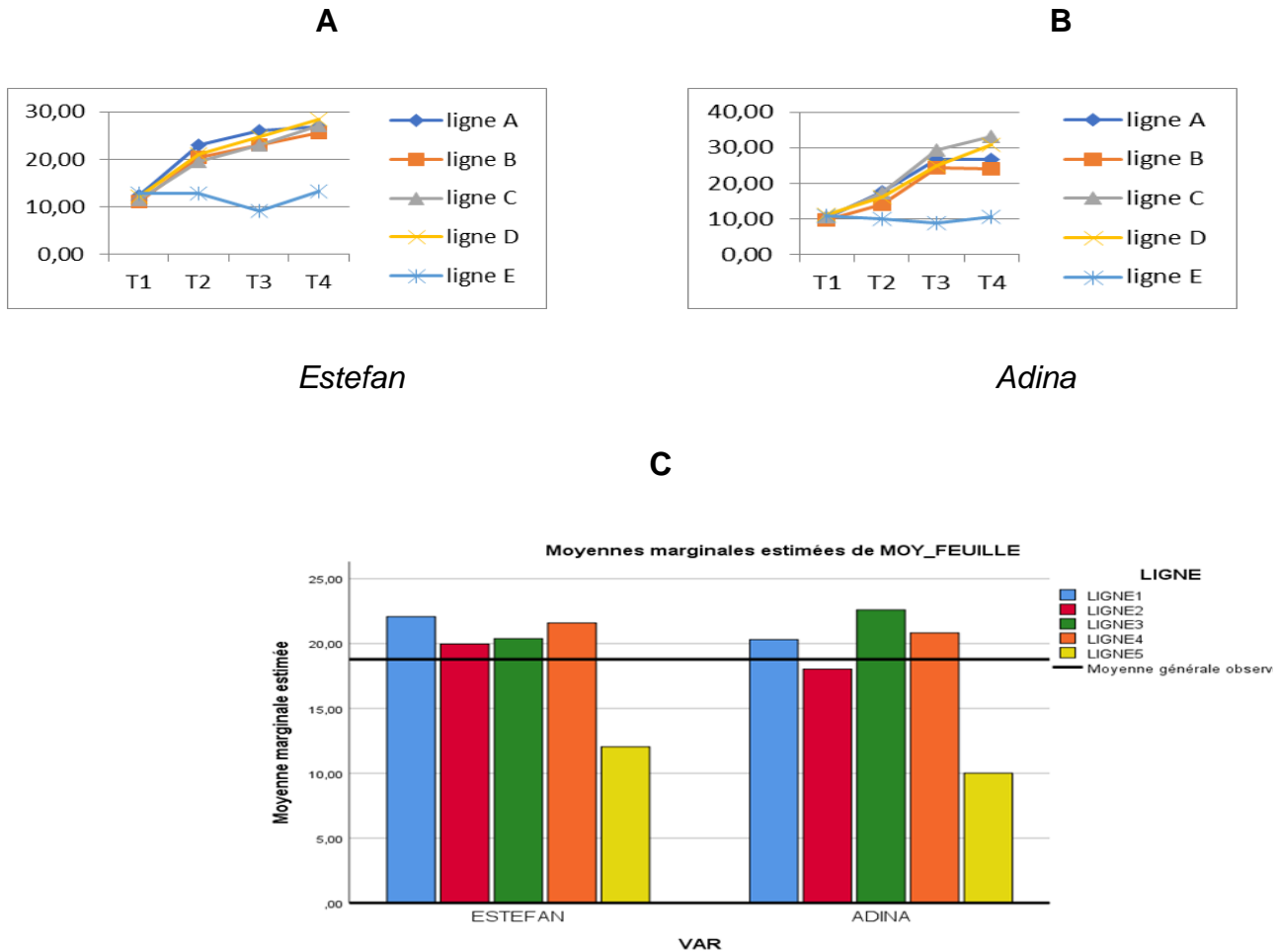


Figure 23: Effets de différents traitements sur le taux de production des feuilles de deux variétés du *poivron*

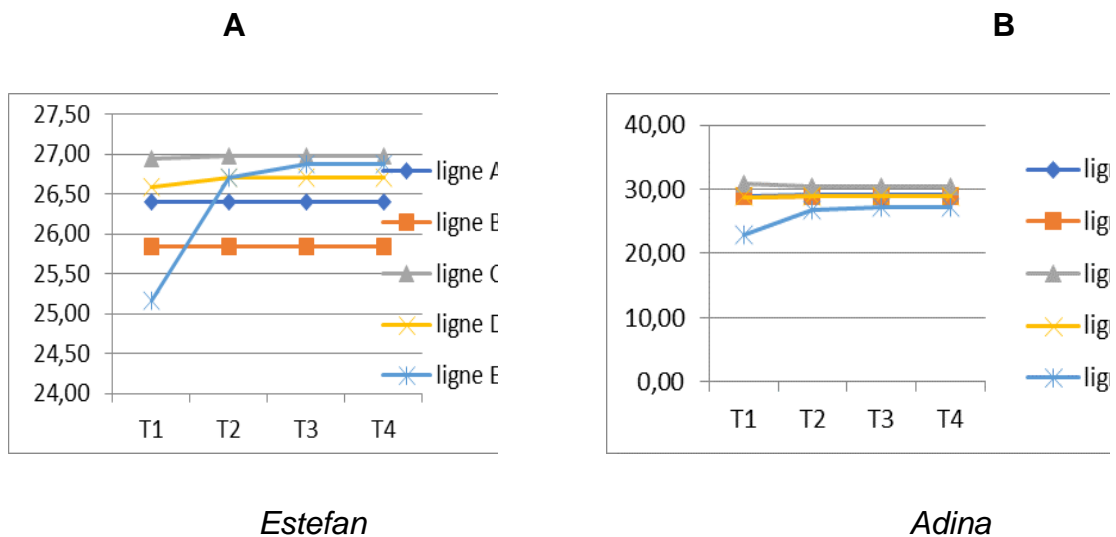
- Ligne 1 : fertilisation à base de mélange d'engrais chimique liquide, poudre et gel+ fertilisation foliaire par extrait aqueux
- Ligne 2 : fertilisation à base de mélange d'engrais chimique liquide et poudre.
- Ligne 3 : fertilisation à base de mélange d'engrais chimique liquide et poudre+ fertilisation foliaire par extrait aqueux
- Ligne 4 : fertilisation à base de mélange d'engrais chimique liquide et poudre.
- Ligne 5 : fertilisation à base d'extrait aqueux+ fertilisation foliaire par extrait aqueux

1.2 Variation temporelle de la longueur de plante

La figure 24 présente la longueur de la partie aérienne chez les deux variétés du poivron. L'évolution est estimée selon la nature du traitement appliqué et la variété utilisée.

A partir de graphes (A, B), nous constatons que les profils de croissance en longueur des plants *Adina* et *Estefan* traités par les différents traitements, affichent une même fluctuation temporelle.

L'analyse de variance du test ONE-WAY ANOVA confirmé par le test TUKEY, montre un effet non significatif de la longueur de la partie aérienne avec les différents traitements et variétés ($p=0.07$). L'histogramme (Fig2-C) montre que tous les traitements ont un même effet sur la longueur de la partie aérienne, avec un avantage pour la variété *Adina*.



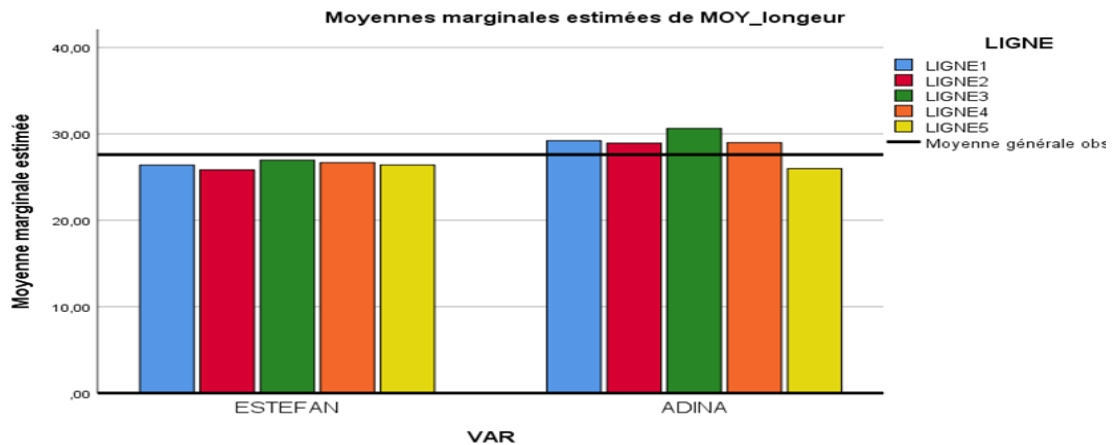


Figure 24 : Effets de différents traitements sur la longueur des deux variétés de poivron

1.3 Biomasse fraîche de la partie aérienne et souterraine

Les figure 25 et 26 présentent l'effet de différents traitements sur le poids frais de la partie aérienne et souterraine des deux variétés du poivron *Estefan* et *Adina* en fonction de type de fertilisant.

L'analyse de la variance des biomasses avec ONE-WAY ANOVA et le test TUKEY, montre une différence hautement significative du poids frais de la partie aérienne ($p=0.00086$) et souterraine ($p=0.001$) chez les deux variétés avec les différents fertilisant.

D'après les résultats obtenus pour la biomasse fraîche de la partie aérienne, nous remarquons que les traitements C et D ont un effet beaucoup plus important par rapport aux autres traitements, avec une valeur faible chez le traitement E (Figure 03). Alors que pour la biomasse fraîche de la partie souterraine (Figure 04), nous avons presque le même poids avec un léger avantage pour le traitement D, et une valeur minimale enregistrée par le traitement E.

En comparant les résultats obtenus chez les deux variétés nous constatons que la variété *Adina* est beaucoup plus performante.

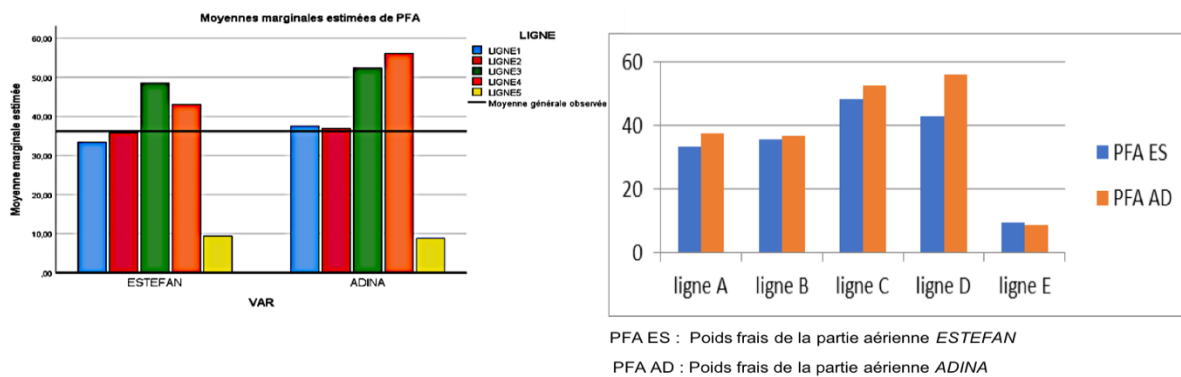


Figure 25: Effet des différents traitements sur le poids frais de la partie aérienne du poivron

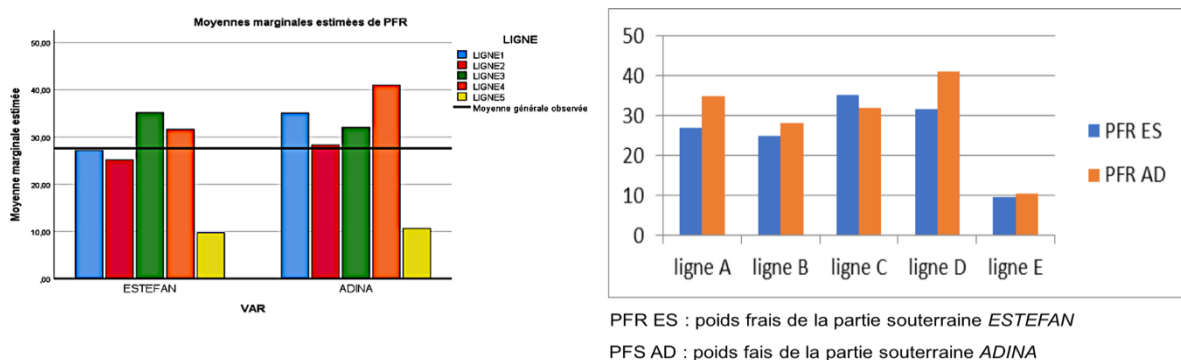


Figure 26 : Effet des différents traitements sur le poids frais de la partie souterraine du poivron

1.4 Biomasse sèche de la partie aérienne et souterraine

Les figures 27 et 28 montrent l'effet des différents traitements sur le poids sec de la partie aérienne et souterraine des deux variétés du poivron.

L'analyse de variance ONE-WAY ANOVA confirmé par TUKEY, montre qu'il y'a un effet significatif sur les poids secs de la partie aérienne ($p=0.03$) et hautement significatif sur la partie souterraine ($p=0.001$).

Les résultats mettent en évidence un avantage pour la variété *Adina*, avec une biomasse aérienne plus importante chez les traitements C et D. Comme nous constatons également que le minimum enregistré a été observé chez le traitement E pour les deux variétés.

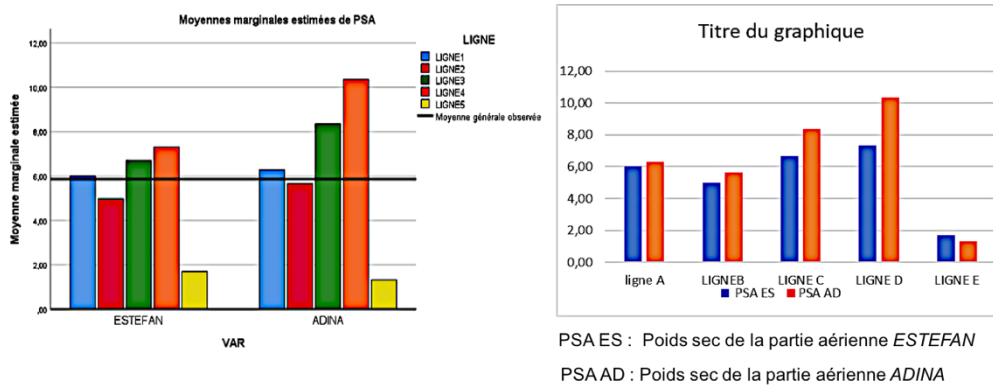


Figure 27 : Effet des différents traitements sur le poids sec de la partie aérienne

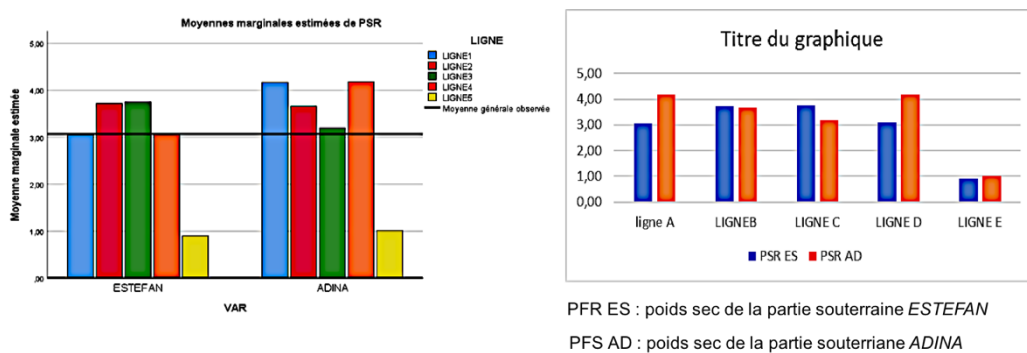


Figure 28 : Effet des différents traitements sur le poids sec de la partie souterraine

2 Estimation des paramètres de production

2.1 Estimation de la production florale

Selon les deux graphes A et B obtenus, nous remarquons presque la même fluctuation florale chez les deux variétés *Estefan* et *Adina*. Nous constatons que les traitements présentent une production florale moyenne rapprochée dans tous les blocs avec un croisement continue et important de nombre des fleurs, les valeurs les plus élevées ont été enregistrées au niveau des traitements A, C et D. Comme nous observons également un changement de tendance temporelle et une diminution de rendement avec quelques différences soulignées chez le traitement E

(Figure 29), où nous constatons une diminution lors des 15 derniers jours pour la variété *Estefan* et des 30 derniers jours pour *Adina*.

L'analyse de variance montrent un effet hautement significatif ($p=0,00026$) sur la production florale chez les deux variétés soumis aux différents traitements. Cependant, il ressort que les traitements C et D provoquent une forte induction florale par rapport aux autres traitements. La variété *Adina* présente les valeurs les plus élevées du nombre de fleurs.

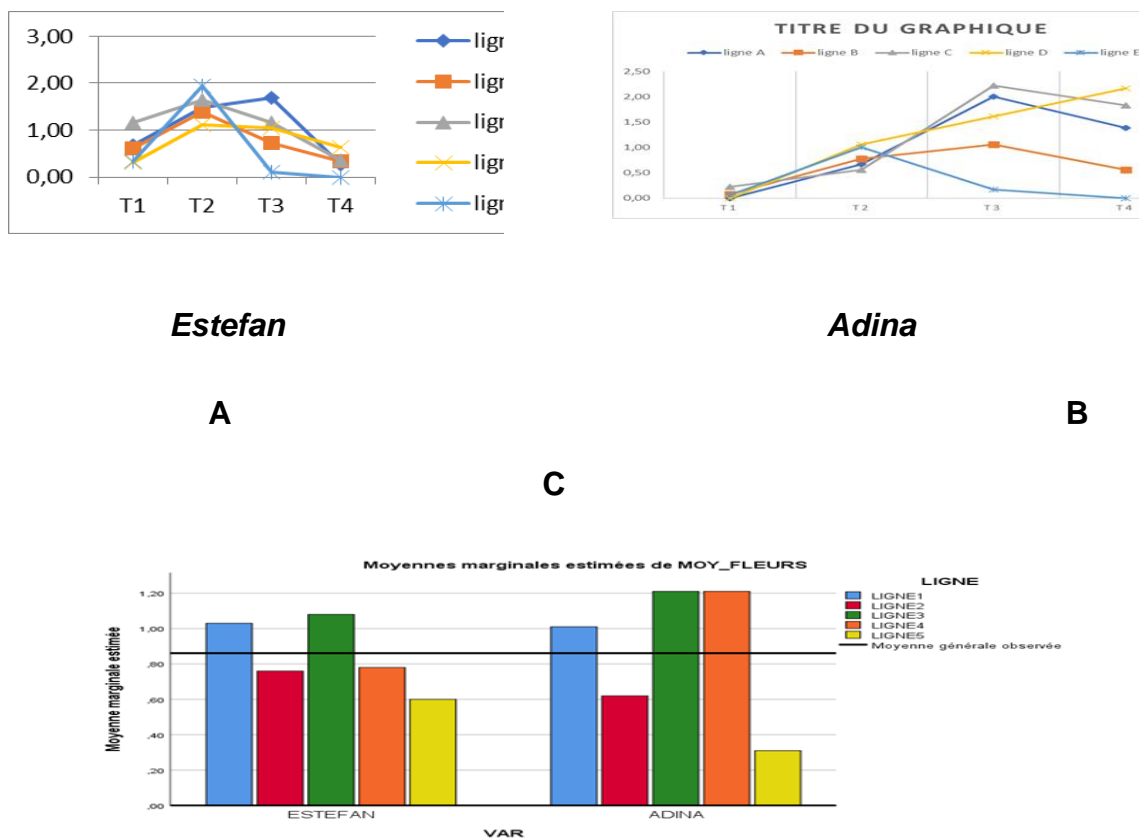


Figure 29: Effets des différents traitements sur la production des fleurs chez les deux variétés du poivron

2.2 Estimation des fruits récoltés

2.2.1 Etude de nombre de fruits

Selon la figure 30-A, nous remarquons que la variété *Estefan* a une production forte et précoce des fruits entre le temps T1-T3, suivi d'une stabilité partielle de la

production et du rendement avec les traitements A, B et C, et d’une diminution après 30 à 45 jours avec le traitement E. Quant au graphe B, nous constatons que chez la variété *Adina*, la production des fruits est forte et précoce au temps T2 avec les différents traitements A, C, D et B, et une diminution remarquable après 45 jours avec le traitement E

L’analyse de la variance calculée par le test de Tukey, montre une différence significative du nombre de fruit ($p=0,0001$) avec les différents traitements chez les deux variétés étudiées. La figure 30-C, montre que les traitements A et D provoquent une forte production du fruit, comme nous constatons également que la variété *Estefan* enregistre les valeurs les plus élevées du nombre de fruits.

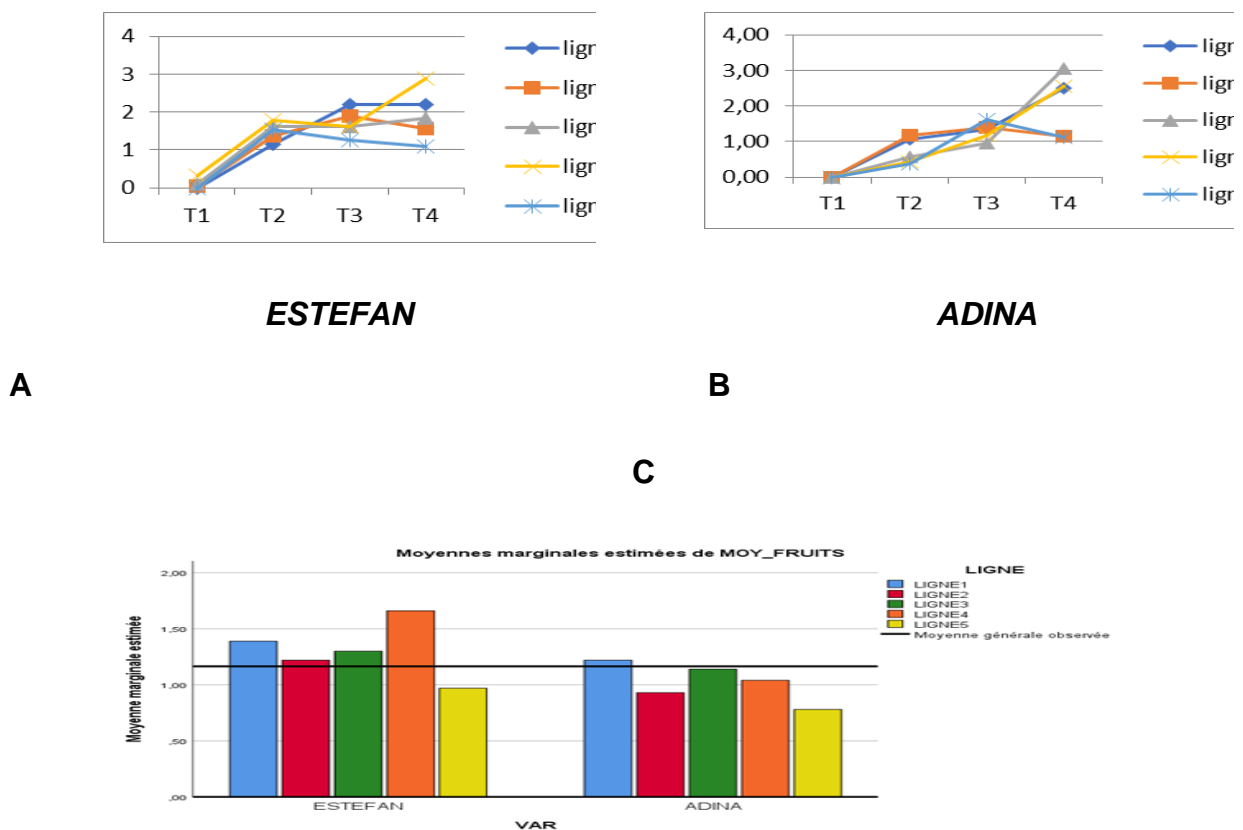


Figure 30 : Effets des différents traitements sur la production des fruits chez les deux variétés du poivron

2.2.2 Estimation du poids du fruit

Les résultats obtenus concernant l'effet des différents traitements entre les deux récoltes de fruits de poivrons durant le cycle de l'expérimentation, montrent avec le test ONE-WAY ANOVA confirmé par TUKEY, un effet nettement significatif des traitements ($p=0,68583$, $p=1$) sur le poids des fruits.

Les histogrammes (Figure 31), montre que les traitements ont presque les mêmes moyennes de poids de fruits, avec un léger avantage avec le traitement D et un minimum observé avec le traitement E. Comme nous constatons également avec les résultats obtenus, que le poids des fruits de la variété *Adina* augmente avec le temps contrairement à la variété *Estefan* qui diminue.

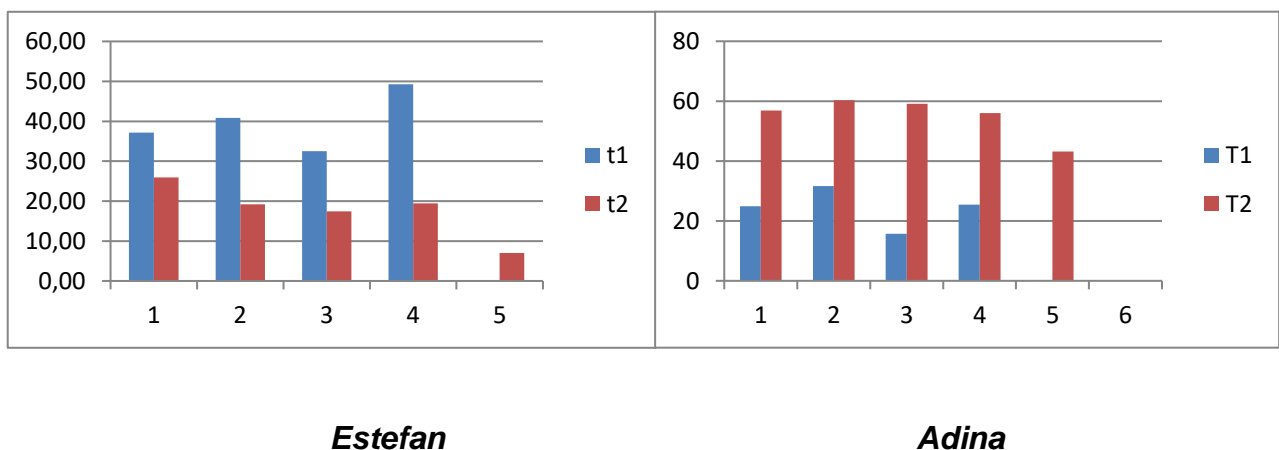


Figure 31: Effet des différents traitements sur le poids frais des fruits.

2.2.3 Estimation de la longueur du fruit

Dans cette partie nous nous sommes intéressés sur les effets des différents traitements sur la longueur du fruit chez les deux variétés du poivron.

La figure 32 présente l'évolution temporelle de la longueur du fruit chez les deux variétés du poivron, avec une diminution de la longueur chez la variété *Estefan* et une augmentation chez la variété *Adina*. Cependant, l'analyse de variance et du test TURKY, montre une différence marginalement significative de la longueur du fruit chez les deux variétés étudiées.

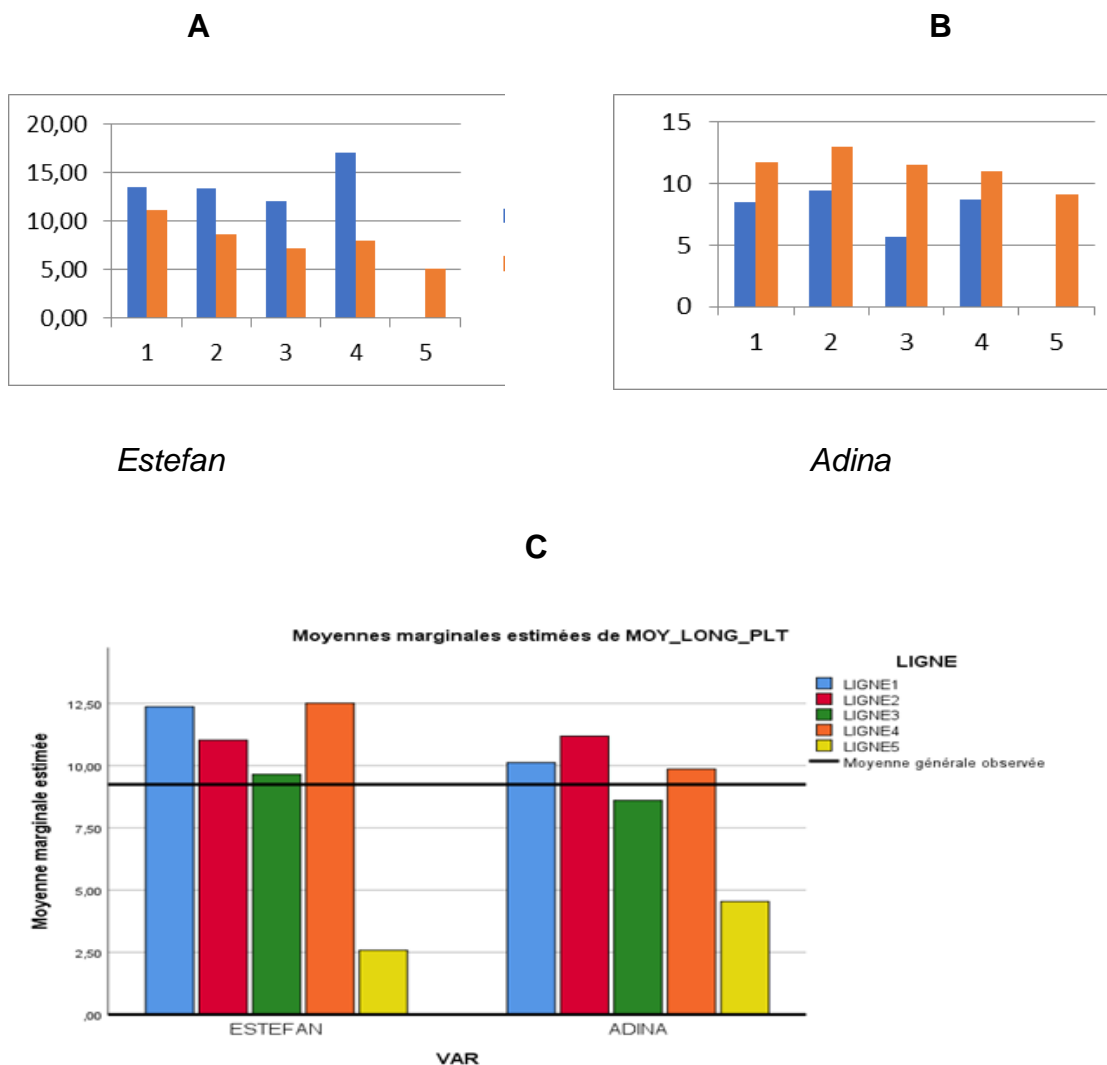


Figure32 : Effet des différents traitements sur la longueur de fruits

2.2.4 Estimation de calibre du fruit

A travers les graphes obtenus (Figure 33), nous remarquons que le calibre des fruits de la variété *Adina* montre une augmentation remarquable avec l'utilisation des traitements, contrairement à la variété *Estefan* qui marque une diminution et ce du début à la fin de la plantation.

Ce résultat est confirmé par l'analyse de la variance calculée par le test de TUEKY, qui stipule l'existence d'une différence non significative ($p=0.10$) entre les deux variétés.

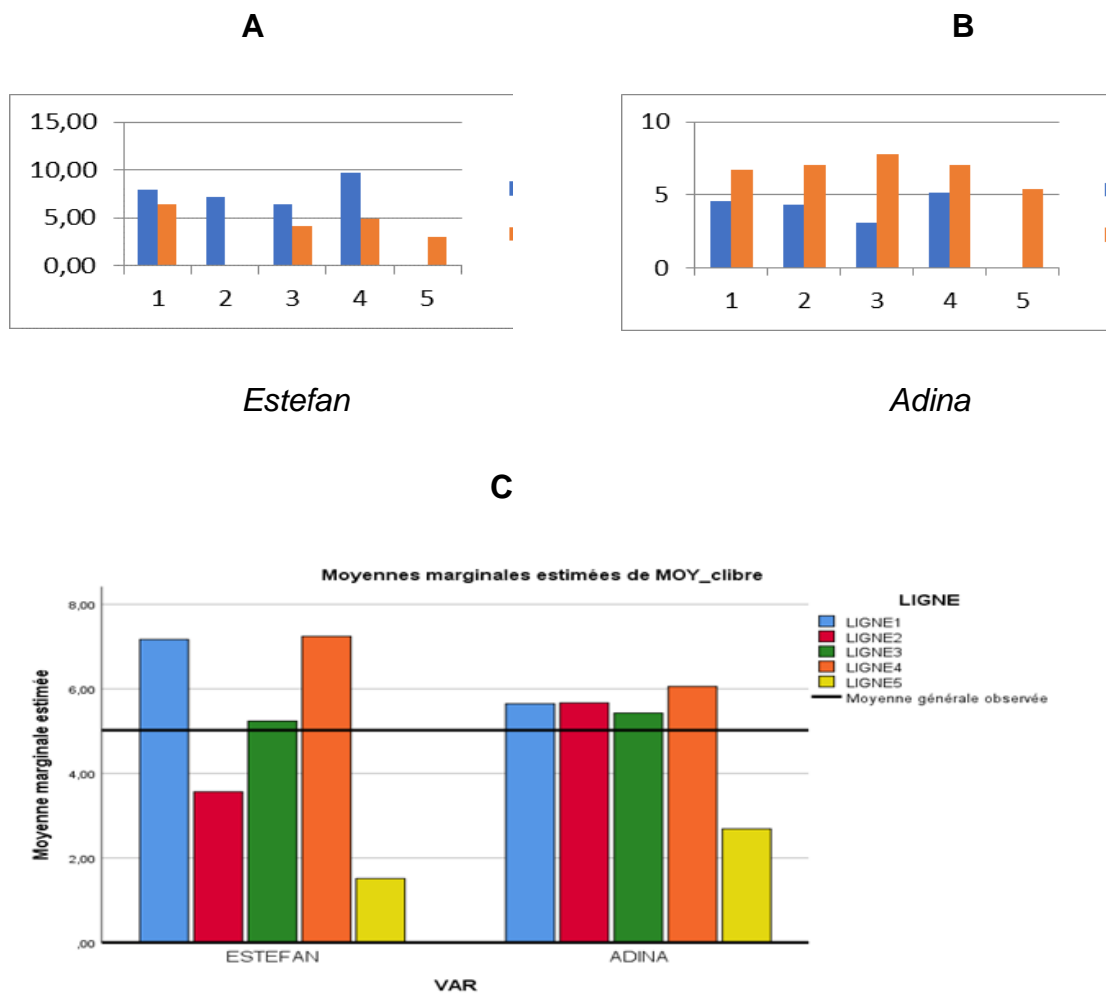


Figure 33: Effets des différents traitements sur le calibre des fruits

3 Estimation des paramètres physiologique

La fluctuation temporelle des traits biochimiques des deux variétés du poivron a été étudiée sous l'effet des différents régimes nutritionnels. Nous avons considéré que l'accumulation de la chlorophylle, les acides aminés et la proline, comme étant des paramètres ayant la capacité de dévoiler l'effet des différents types de fertilisation sur les deux variétés étudiées.

3.1 Variation de l'activité photosynthétique

Cette partie est consacrée à la présentation des résultats du remaniement des taux de la chlorophylle et de caroténoïde exprimés par les plants du poivron de la variété Estefan à travers l'application des différents types de fertilisations

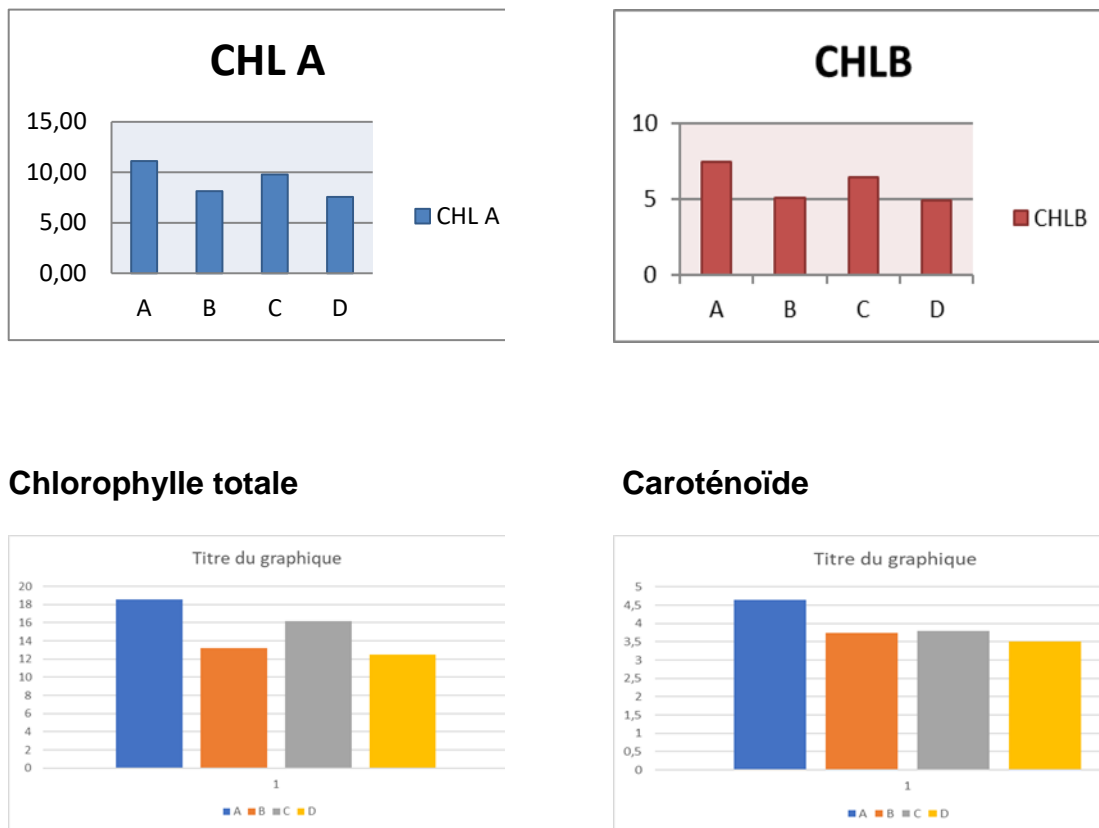


Figure 34 : Effet des différentes fertilisations sur l'activité photosynthétique des plants du poivron

L'analyse de variance ONE-WAY ANOVA confirmé par le test Tukey, signalent un effet non significatif des différents traitements sur le facteur chlorophylle-a ($p=0.5$), chlorophylle b ($p=0.92$), chlorophylle totale ($p=0.08$, $p>5\%$) et caroténoïdes ($p=0.09$, $p>5\%$).

Selon les histogrammes (Figure 35), nous constatons que l'accumulation de la chlorophylle totale est maximale chez le traitement A et minimale chez le traitement E. Quant aux caroténoïdes, nous remarquons que la quantité au niveau des feuilles est presque similaire avec tous les traitements.

3.2 Variation de l'acide amine

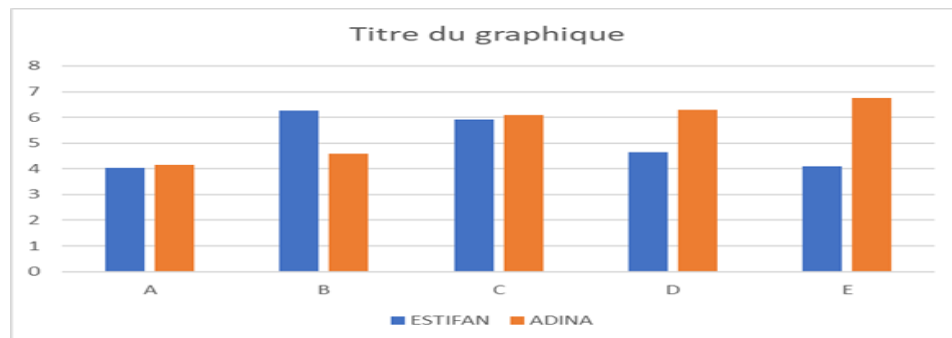


Figure 35 : Effet des différents traitements sur l'accumulation des acides aminées

L'analyse de variance type ONE-WAY ANOVA montre que la variation des acides aminés est hautement significative ($p=0.01$, $p<5\%$) sur les traitements des deux variétés étudiées. Comme nous remarquons également que les traitements E et B enregistrent une forte accumulation de l'acide amine contrairement au traitement A. En comparant les deux variétés *Estefan* et *Adina* nous constatons un effet presque similaire (Figure 35).

3.3 La variation de Proline

L'analyse de variance de type ONE-WAY ANOVA montre un effet non significatif sur l'accumulation de proline ($p=3.79$, $p>5\%$) sur l'application des différents traitements chez les deux variétés utilisées (Figure 37).

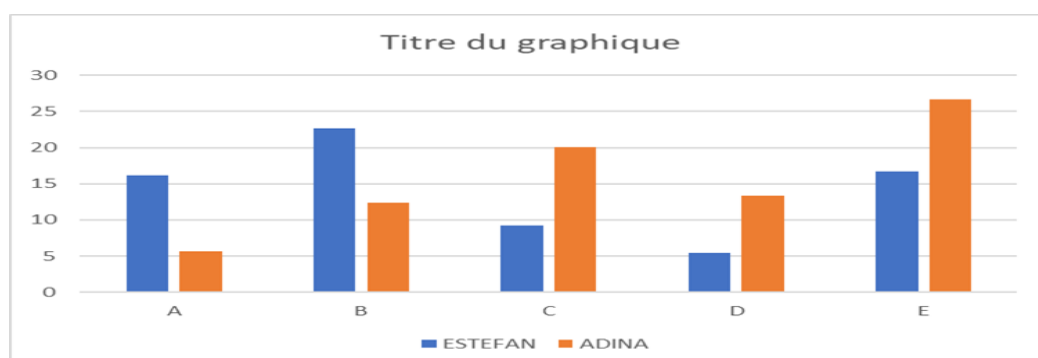


Figure 36 : Effet comparé des différents traitements sur l'accumulation de proline

Discussions

La présente étude réalisée dans un milieu hors sol sous serre, a pour objectif d'étudier la différence entre les différents types de fertilisant sur deux variétés de poivron (*Estefan* et *Adina*), et de déterminer l'avantage d'utilisation d'un biofertilisant en application foliaire.

La culture hydroponique est très présente en horticulture et dans la culture forcée de certains fruits et légumes. Elle permet d'accélérer le processus de maturation des fruits grâce à un rythme nyctéméral plus rapide et permet plusieurs récoltes par an (**Anonyme, 2014**).

Les résultats obtenus durant notre expérimentation montrent qu'il y a une différence significative entre les deux variétés étudiées dans les paramètres d'expression végétative mais à des valeurs rapprochées ; cela peut être expliqué par le fait que ce soit des variétés hybrides, classées parmi les variétés essence encore très commercialisées (**Journal officiel de l'Union européenne, 2009**). La variété *Estefan* est classée parmi les variétés les plus productives et résistantes aux maladies en Algérie (**ITCM, 2018**), alors que la variété *Adina* elle représente une plante productive, rustique, tolérante au virus en Europe (**Mazollier et al., 2014**)

Nos résultats ont pu démontrer que les traitements ont un effet significatif sur les paramètres d'expression végétative, où nous remarquons que la fertilisation conventionnelle présente la meilleure production foliaire, contrairement à notre biofertilisant qui présente des taux assez faibles. Nous pouvons expliquer cela par le fait que les engrais chimiques aient une solubilité facile et rapide dans l'eau ce qui permet une meilleure assimilation par la plante dès leur épandage (**Farre, 2004**)

Les engrais chimiques étant des substances destinées à fournir à la plante les éléments nutritifs dont elle a besoin, il va de soi que les engrais sont principalement composés des éléments dont la plante a le plus besoin, c'est-à-dire l'azote (N), le phosphore (P) et le potassium (K) (**FAO,1987**).

Dans les expériences **d'Ezzo et al. (2012)**, sur l'amendement 100% d'un biofertilisant, ils ont obtenu sur la courgette une croissance lente, une floraison précoce, des petits fruits et des rendements faibles par rapport à l'engrais minéral et

d'autres amendements organiques. Dans le cas de cette étude, des observations similaires ont été faites sur les témoins qui ont eu une mauvaise croissance, une première récolte précoce, des poids faibles et un nombre réduit des fruits obtenus et donc au final des rendements faibles. Toutefois, le fertilisant a été un peu précoce également, et ce dû probablement au stress hydrique subi par le FC et le témoin.

En ce qui concerne les paramètres de croissance, retenus pour mettre en évidence l'effet des types de fertilisants sur la réaction de la croissance des plantes du poivron (longueur, nombre des feuilles, PFA, PFR, PSA, PSR). Les fertilisants ont montré un effet significatif sur les paramètres étudiés que ce soit avec les fertilisants chimique ou végétal, ce qui signifie que le biofertilisant est en mesure de fournir suffisamment de nutriments pour la croissance appropriée des plantes de poivron.

L'utilisation de l'extrait aqueux brut du biofertilisant pour nourrir les cultures est une pratique ancienne utilisée dès l'antiquité. Plus récemment, plusieurs travaux de recherche (**Briand, 1998**), ont été orientés vers la mise au point de ce procédé de purification des substances actives afin d'améliorer leur efficacité biostimulante et de développer des modes d'apports plus adaptés aux cultures actuelles ; l'analyse de la composition de ces biofertilisants a révélé la présence de macro et microéléments essentiels tels que Ca, Mg, K, P...etc. Ils contiennent également des antioxydants, des composés phénoliques et des phytohormones, cette composition diverse indique que leurs extraits peuvent être utilisés comme biostimulants végétal ; de nombreuses recherches ont souligné aussi le rôle de ces biofertilisants dans l'amélioration de la croissance et le développement des plantes dans de différentes cultures.

Dans notre expérimentation, nous avons démontré que l'effet de la fertilisation foliaire par extrait aqueux brut donne des valeurs presque similaires au fertilisant chimique en application racinaire. Cependant, presque toute l'information que l'on a sur la pulvérisation foliaire est d'ordre anecdotique et il est difficile d'en tirer des conclusions. Dans certains cas, elles peuvent augmenter la qualité des rendements mais elles ne remplacent pas la fertilisation de base (**Equiterre, 2009**).

Pour ce qui est des résultats obtenus pour les paramètres de l'activité photosynthétique (chlorophylle et caroténoïde), nous avons constaté une différence non significative entre les traitements chimiques et biologique.

L'acquisition de ressources telles que l'azote, le phosphore et d'autres minéraux essentiels (**Sinha et al., 2011**) chez les plantes, a contribué à l'augmentation de la chlorophylle des feuilles et la teneur en caroténoïdes qui a entraîné l'augmentation de l'efficacité photosynthétique et l'augmentation d'accumulation d'acide amine et de proline.

L'activité photosynthétique issue d'une part d'une accumulation des sucres (**Patterson et al., 1912**) et des éléments minéraux (**Nordin, 1911**), et du maintien de l'activité photosynthétique et de la production d'énergie dans les feuilles (**Cooper, 1973**). L'augmentation de la fertilisation azotée favorise davantage le développement de la partie aérienne que celui de la partie racinaire.

Selon **Abd el monaim (1994)** et **Chibane (1999)**, l'azote joue un rôle important pendant la croissance végétative en favorisant un bon développement de la plante. D'après **marti et mills (2002)**, le taux d'azote a un effet significatif sur le rendement en feuille de la pomme de terre. Cet élément a un effet sur l'augmentation de l'indice foliaire et sur le taux de la photosynthèse chez cette plante.

Nous avons noté également que l'analyse des acides aminées montre une différence non significative entre les traitements minéraux et le biofertilisant. Ce dernier ayant enregistré la valeur la plus faible. L'analyse de proline nous montre également une différence non significative entre les différents types des traitements, ce résultat est comparable à celui obtenu par **khaled sassi (2008)**, qui a trouvé que la plupart des acides aminés analysés soit 76.47% dans le blé sont plus fréquents en mode conventionnel qu'en mode biologique à l'exception d'histidine, phénylalanine, proline et la cystéine. Ce dernier acide aminé est en effet plus important dans la plupart des variétés conduites en mode biologique (**khaled sassi, 2008**).

CONCLUSION GENERALE

Ce travail de recherche s'intéresse à l'ensemble de paramètres de croissance, de production, de phytochimie du poivron conduit en hors sol sous système NFT. Cette étude a été réalisée au sein de l'université de Blida pendant plus de 3 mois, dans le but de comparer les effets des différents fertilisants chimiques et biologique sur notre culture, et pour mettre en évidence la différence entre les performances des deux variétés cultivées *Estefan* et *Adina*, ainsi que l'effet de la fertilisation foliaire par un biofertilisant.

A partir de cette investigation nous pouvons dégager les résultats suivants :

- Les résultats ont montré qu'il n'existe pas une grande différence entre les deux variétés sur les paramètres de croissance et du rendement.
- Nous avons remarqué que les fertilisations chimiques montrent un effet beaucoup plus important sur la croissance végétale et les paramètres de production (taux de production foliaire, floraison, le rendement, le calibre, la longueur et le poids frais et sec de la partie aérienne et sous terrain) à celui observé par le fertilisant biologique.
- Les résultats ont prouvé également qu'il existe une différence non significative sur le rendement moyen de chaque paramètre.
- La fertilisation foliaire par un biofertilisant nous montre quant à lui, une faible différence sur les différents paramètres de croissance et du rendement.
- La présente étude nous a montré que nos biofertilisants permettent une importante accumulation en chlorophylle et d'acide amine, avec des valeurs q rapprochées à celles obtenues avec les engrais chimiques.

Il est à noter que les résultats obtenus concernant la croissance et du rendement du poivron en la faveur de la solution minérale, sont dus à la facilité de son absorption par la plante et sa richesse en éléments nutritifs, toutefois, nous ne pouvons négliger son effet sur l'environnement, la qualité de la plante ainsi que sur le rendement vu son prix largement supérieur à celui de la solution organique.

Référence bibliographique

Alain P. Bonjean .,2020- PRODUIRE HORS-SOL, UNE SOLUTION POUR LA TERRE. Hors collection . p 275 - 289.

Alain Vitre., 2003- FONDEMENTS et PRINCIPES DU HORS-SOL.VOL 3.1. P 1 -10.

Al-Obailan., 2015, Chairman of GCCAAO and Vernon Soare, Micro-irrigation That delivers water directly to plant roots could.

Anonyme 2014. Coco Sol. L'Agriculture hors sol : pour une agriculture saine rentable et respectueuse de l'environnement, p 1-3.

ANONYME, COCOSOL-Fiche technique Culture hydroponique du POIVRON SOUS ABRI

ANONYME ,2013- Majesté la Reine du chef du Canada, représentée par le ministre de l'Agriculture et de l'Agroalimentaire.

Anonyme, 2016-. Service du développement rural. Polynésie française Ministère en charge de l'agriculture Service du développem9ent rural.

BLACK LOWELL, SYLVIA.K, GREEN GLEN.L, HARTMAN.N, AND JEAN.M, POULOS.,1993- « maladies du poivron. Un guide pratique. Département of pathology and physiology louisiana agricultural. Experment station louisiana state university agriculture centre bâton rouge LA 70803USA. Centre Asiatique de recherche et de développement de légume. Centre technique de coopération agricole et rurale » ACP-CEE.p 14-30

Blanc D, 1987. Les cultures hors sol. ED. INRA. Paris. 409p Philippe M.1995. Les cultures végétales hors sol. Ecole nationale supérieure agronomique de toulouse, p304.

Bpera.,1992-poivron généralité- chambre d'agriculture 56 station expérimentale /horticole de bretagne sud. P 1-7.

Brinonil, Desvals.L, Micoleau.E, Daly.p.,2001-Guide de la culture du poivron en nouvelle Calédonie Ed : direction du développement rural. En système recyclé. Agroscope RAC Changins, Centre d'arboriculture et d'horticulture des Fougères.p368-372.

Catherine MAZOLLIER, et Abderraouf SASSI, et Sarah AUFFRET.,2014- Grab Maraichage.CR variétés poivron abris. POIVRON EN AGRICULTURE BIOLOGIQUE Essai variétal en tunnel froid Compte rendu d'essai. P 1-12.

. Egodawatta, W.C.P., Sangakkara, U.R, Stamp, P., 2012- Impact of green manure and mineral fertilizer inputs on soil organic matter and crop productivity in a sloping landscape of Sri Lanka. Field Crops Research 129 (2012) 21–24

Equiterre.,2008-les fertilisation autres que les fumiers et les composts

Eric. C, et Legba., 2018.- FICHE TECHNIQUE SYNTHETIQUE POUR LA PRODUCTION DU POIVRON (*Capsicum annuum* L.), Laboratoire of Genetics, Horticulture and Seed Science (GB iOS), Université d'Abomey-Calavi (UAC). P5

Essadaoui M, 2013 : Industrie Agroalimentaire, Bulletin édité par l'Institut Marocain de l'Information scientifique et technique IMIST, N° p 25. 34

Ezzo, M.I., Glala, A. A., Saleh, S.A., Omar, N.M., 2012- Improving Squash Plant Growth and Yielding Ability Under Organic Fertilization Condition. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 6(8): 572-578, 2012. ISSN 1991-8178.

FAO, 2009. Food and Agricultural organisation

FAO.,2019. Food and Agricultural organisation

FARRE.,2004-les différents types d'engrais action. FARRE 1p. France.p100-102.

Frédéric BARJON, et Vaimoana FOGLIANI.,2016- Gestion et maîtrise des maladies et ravageurs. Direction du Développement Rural de la province Sud.p 1-66

Gryl.,1991 semences et progres

Hidaka, T. Ohnishi, H. Wakamatsu., 1999. Additive effects of les produits de combustion (gaz brûlés) en dégagent de la chaleur. Actahorticulturae (481) : p 719 – 130

ITCMI.,2001. Guide pratique de la culture du piment sous serre. Ed institut technique des cultures maraichères et industrielle ITCM.

Jensen. MH, 1999. Hydroponics Worldwide - A Technical Overview.

Katerji. N, et Hamdy. A, et Raad. A, et Mastrorilli. M.,1991- Conséquence d'une contrainte hydrique appliquée à différents stades phénologiques sur le rendement des plantes de poivron. Agronomie, EDP Sciences. P679-687.

Kolev. N., 1976 -les cultures maraichère en Algérie. Légumes fruits. Edj.BAILLIERE. Paris.V1. P207.

Philippe M.1995. Les cultures végétales hors sol. Ecole nationale supérieure agronomique de toulouse, p 304.

PIVOT. D, et GILLIOJ-M.,2004-Poivron : adaptation de la solution nutritive. Ed Agroscope RAC Changins, Centre d'arboriculture et d'horticulture des Fougères. V36.p 368-372.

Pochard. E., 1987- Histoire du piment et recherche. INRA Mensuel, FR, no. V29; p 5-8.

Polese J-M. et Devaux. S., 2007- Plante aromatique et condimentaire.

Sassi. K.,2008-. Contribution à l'étude de l'adaptation des cultivars de blé dur à l'agriculture biologique : rendement en grain, stabilité et qualité technologique et nutritionnelle. thèses de doctorat en sciences agronomiques .institut national agronomique de Tunisie.p25-141.

Skiredj. A, Elattir .H, Elfadi. A., 2003-culture de poivron. Institut agronomique et veterinaire Hessian Π département d'horticulture.

Texier W., 2013. L'hydroponie pour tous : tout sur l'horticulture à la maison. France : Mama édition, 15-33 p.

Vaïmoana FOGLIANI. 2016. Initiation, découverte de la culture hors sol. Vue de leurs utilisations en cultures hydroponiques, Thèse Ing Agro INA, Alger, p67.

Vincent G, 2008 : Adaptation des techniques hors-sol pour la production de fruits et légumes sur substrat en Valais. Office maraîcher valaisan-Châteauneuf p 16. »

Site internet :

www.vulgarisation.net

www.legume-fruit-maroc.com

[https://www.istockphoto.com/fr/vectorel/poivre-croissance-de-la-sc%C3%A8ne-](https://www.istockphoto.com/fr/vectorel/poivre-croissance-de-la-sc%C3%A8ne-gm529138030-93243199)

[gm529138030-93243199](https://www.istockphoto.com/fr/vectorel/poivre-croissance-de-la-sc%C3%A8ne-gm529138030-93243199)

<http://biblio.rsp.free.fr/Pdf/SemEtProgres/Poivrons.pdf>

[http://www. Hanna.france.com](http://www.Hanna.france.com)

google

Hydrobox Team