



RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET
POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



UNIVERSITE DE BLIDA 1
FACULTÉ DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
DEPARTEMENT DES BIOTECHNOLOGIES
LABORATOIRE DE BIOTECHNOLOGIE DES PRODUCTIONS VÉGÉTALES

Mémoire De fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de master 2 en
Science de la Nature et de la Vie

Spécialité : Phytopharmacie et Protection des Végétaux

Thème

**Optimisation des apports de biostimulants foliaires en
système NFT (Nutriment Film Technique) :
Cas d'une plante herbacée**

Présenté Par

BOULHOUACHE IMENE

Devant le Jury :

Mme. NEBIH. D
Mme. CHAICHI. W
M. DJAZOULI Z.E.
M. CHOUIH. S

M.C.A. Université de BLIDA 1
M.C.A. Université de BLIDA 1
Pr. Université de BLIDA 1
Doctorant Université de BLIDA 1

Présidente
Examinatrice
Promoteur
Co-promoteur

Année Universitaire 2019/2020

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, je tiens à remercier ALLAH le tout puissant de m'avoir donné la foi et de m'avoir permis d'en arriver là.

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

*Mes vifs remerciements et ma profonde gratitude à mon Co- promoteur **Mr CHOUIH.S** qui m'a accompagné, orienté, éclairé et bien guidé avec beaucoup de patience et de gentillesse tout au long de ma pratique expérimentale, j'ai grandement apprécié son aide et tout le temps qu'il m'a consacré.*

Je voudrais également remercier très chaleureusement les membres de jury :

***Mme NEBIH**, présidente des jury, enseignante 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 et doyenne de la faculté SNV, d'avoir accepté d'examiner ce travail.*

Ma gratitude ira également aux membres du laboratoire de recherche pour leur disponibilité ainsi qu'à tous mes camarades de promotion ayant participé de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.

Dédicace :

Je dédie ce travail à mes parents sans eux je ne serai jamais arrivée là où j'en suis.

À mon père, Redha

Tu as toujours été un modèle pour moi, pour ta confiance et ton soutien,
Je te dédie ce travail en témoignage de mon amour.

Cher père j'avoue que si je suis devenue quelque chose actuellement c'est grâce à tes efforts à tes conseils et à ta surveillance. Merci et j'espère que vous trouvez dans ce travail l'expression de ma gratitude et mon respect.

Ma réussite est la tienne ! Qu'Allah t'accorde longue vie dans la santé.

Ma très chère mère Kh. Doudja, tu représentes pour moi le symbole de la bonté par excellence, la source de tendresse et l'exemple de dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi. Je te dédie ce travail en témoignage de mon profond amour. Puisse Dieu, le tout puissant, te préserver et t'accorder la santé, longue vie et bonheur.

A mes chères sœur Roumaïssa et Amira et mon frère Abd ellow

À mon cher Fiancé Fathi

Je te remercie pour ton soutien, ta patience et ta confiance en moi. Aucun mot ne saurait t'exprimer mon profond attachement et ma reconnaissance pour l'amour, la tendresse et la gentillesse dont tu m'as toujours entouré

A Mes chères grandes mères Saliha et Djidja qui m'ont accompagné par leurs prières et leurs douceurs. Que dieu les guérisses et les protèges

A tous membres de ma famille paternels et maternels ,petits et grands

A mes cheres cousine djazia assma khadjija yousra soumia soumia siham feriel yasmine que dieu vous gardes et vous protèges

A mes meilleurs amies rania et ines

A mes cheres copines:

mouna, farida, assma, youssra, mereim, nadjwa, mereim, amina, hiba, besma, marwa

Et a toute la promo phytopharmacie 2020

Optimisation des apports de biostimulants foliaires en système NFT (Nutriment Film Technique) : Cas d'une plante herbacée

Résumé :

L'intérêt de la culture hydroponique permet à l'agriculteur de s'installer dans les régions les plus défavorables et l'éliminer les problèmes liés aux sols tels que les maladies et la fatigue de sol

L'importance agronomique et économique du fraisier nous a dirigé à mener ce travail dont l'objectif est d'accroître la productivité et d'améliorer la qualité des fruits du fraisier cultivés en hors-sol en optimisant la fertilisation, nous avons réalisé une étude théorique comparative de deux systèmes de production (au sol et en hors sol) sous deux couvertures différentes (standard et thermique) et avec deux solutions nutritives afin d'estimer leurs effets sur les paramètres de croissance et de production du fraisier.

Les résultats montrent que le mode cultural hors sol avec une fertilisation équilibré a un effet important sur l'expression végétative et les paramètres de production qui étaient capable de présenter une performance assez remarquable et proche a le mode cultural en sol sous serre thermique.

Mots clés : fraisier, hors sol, hydroponie, fertilisation, sous serre

Optimization of foliar biostimulant inputs in the NFT system (Nutrient Film Technique): Case of a herbaceous plant

Abstract

The interest of hydroponics is that it allows to the farmer to settle in the most unfavorable regions and the eliminate most of soil-related problems such as diseases and soil fatigue

The agronomic and economic importance of the strawberry plant led us to carry out this work, the objective is to increase the productivity and to improve the quality of the fruits of the strawberries cultivated in soilless systems by optimizing the fertilization, we carried out a theoretical comparative study of two production systems (on ground and above ground) under two different covers (standard and thermal) and with two nutrient solutions in order to estimate their effects on the growth and production parameters of strawberries.

The results obtained showed that the cultivation mode without soil with balanced fertilization had a significant effect on vegetative expression and production parameters which were able to present a fairly remarkable performance close to the cultivation mode in soil in a thermal greenhouse.

Key words: strawberry, aboveground, hydroponics, fertilization, greenhouse

ملخص

يسمح الاهتمام بالزراعة المائية للمزارع بالاستقرار في أكثر المناطق غير المواتية والقضاء على المشاكل المتعلقة بالتربة مثل الأمراض وإرهاق التربة

دفعتنا الأهمية الزراعية والاقتصادية لنبات الفراولة إلى القيام بهذا العمل، والهدف منه زيادة الإنتاجية وتحسين جودة ثمار الفراولة المزروعة في التربة من خلال تحسين الإخصاب، قمنا بإجراء دراسة النظرية المقارنة لنظامي إنتاج (أرضي وفوق الأرض)

تحت غطاءين مختلفين (قياسي وحراري) ومع محولين مغذيين لتقدير تأثيرهما على معاملات النمو والإنتاج لنبات الفراولة.

أظهرت النتائج أن طريقة الزراعة بدون تربة ذات التسميد المتوازن لها تأثير معنوي على التعبير الخضري ومعايير الإنتاج التي كانت قادرة على تقديم أداء رائع وقريبة من نمط الزراعة في التربة في صوبة حرارية

الكلمات المفتاحية: فراولة ، بدون تربة ، الزراعة المائية ، التسميد ، الدفيئة

Liste des figures :

| | |
|--|----|
| Figure 01 : Les différents organes du fraisier | 02 |
| Figure 02 : la croissance et la floraison du fraisier | 03 |
| Figure 03 : les différents stades physiologiques du fraisier | 04 |
| Figure 4 : Répartition de la production mondiale de fraises | 06 |
| Figure 05 : schéma descriptive du system N.F.T | 09 |
| Figure 06 : schéma du système aeroponique..... | 10 |
| Figure 07 : système goutte a goutte | 11 |
| Figure 08 : Les éléments indispensables à la croissance des plantes..... | 15 |
| Figure 09 : Lieu de l'expérimentation (Laboratoire de recherche de production végétale) | 19 |
| Figure10 : Des plants ont été fournis par un agriculteur de la région de Mouzaia | 20 |
| Figure11 : Pots utilisés | 21 |
| Figure 12 : Extrémité du tube..... | 21 |
| Figure 13 : Dispositif expérimental | 22 |
| Figure 14 : Dispositif expérimental | 22 |
| Figure15 : pH mètre et EC mètre..... | 23 |
| Figure16 : Type d'engrais utilisé..... | 24 |
| Figure17 : Etapes de préparation de l'extrait aqueux..... | 25 |
| Figure 18 : Estimation de la surface foliaire avec Digimizer ver 4.0..... | 26 |
| Figure 19 : Variation de la production végétative du fraisier sous l'effet des modes culturaux..... | 27 |
| Figure 20 : Variation de la production florale du fraisier sous l'effet des modes culturaux..... | 28 |
| Figure 21 : Variation de fructification du fraisier sous l'effet des modes culturaux..... | 29 |
| Figure 22 : Comparaison de la production végétative du fraisier sous l'effet des modes culturaux..... | 30 |
| Figure 23 : Comparaison de la production florale du fraisier sous l'effet des modes culturaux..... | 30 |
| Figure 24 : comparaison de fructification du fraisier sous l'effet des modes culturaux..... | 31 |

SOMMAIRE

| | |
|--|-----------|
| Remerciements | |
| Dédicaces | |
| Résumé | |
| Abstract | |
| ملخص | |
| Liste des figures | |
| Introduction..... | 01 |
| Chapitre 1 : Synthèse bibliographique..... | 03 |
| Partie I | |
| I. Le fraiser..... | 03 |
| 1. Définition..... | 03 |
| 2. Caractère systématique | 03 |
| 3. Description botanique | 04 |
| 4. Stades phénologiques du fraiser | 05 |
| 5. Répartition géographique de fraiser..... | 05 |
| 6. Valeur nutritive..... | 06 |
| Partie II | |
| 1. La culture hors sol | 07 |
| 2. Définition de la culture hors sol | 07 |
| 3. Le but de la culture hors sol | 08 |
| 4. La culture hydroponique..... | 08 |
| 5. Les différents systèmes de la culture hydroponique..... | 09 |
| 6. Système sans substrat | 09 |
| 7. Technique du film nutritif (N.F.T.) | 10 |
| 8. Aéroponique | 11 |
| 9. Ultraponie..... | 12 |
| 10. Système de goutte a goutte..... | 13 |
| 11. Système de table a marées (flux_reflux)..... | 13 |
| 12. Culture hydroponique comparée a la culture au sol..... | 14 |
| 13. Les atouts et les contraintes de la production hors sol..... | 14 |
| 14. Les avantages et les inconvénients de la culture au sol..... | 15 |
| Partie III : | |
| 1. La fertilisation minérale de la plante..... | 16 |
| 2. Role des principaux éléments minéraux dans les plantes :..... | 17 |
| 3. Phosphore..... | 17 |
| 4. L'azote..... | 18 |
| 5. Le potassium..... | 18 |
| 6. Le calcium..... | 18 |
| 7. Magnésium..... | 19 |
| 8. Le soufre | 19 |
| 9. Le fer..... | 19 |
| 10. Le zinc..... | 20 |
| Chapitre 2 : matériels et méthodes..... | 21 |
| 1. Objectif..... | 21 |
| 2. Présentation du site expérimental..... | 21 |
| 3. Description du dispositif expérimental..... | 22 |
| 4. Matériel végétal..... | 22 |

| | |
|--|-----------|
| 5. Période d'expérimentation..... | 23 |
| 6. Mise en place du dispositif expérimentale..... | 23 |
| 7. Préparation des extraits aqueux..... | 25 |
| 8. Evaluation de la vigueur et de l'expression végétative..... | 26 |
| 8.1. Nombre de feuilles, fleurs et fruits..... | 26 |
| 8.2. Surface foliaire | 26 |
| 9. analyses statistiques des données..... | 27 |
| Chapitre III : Résultats | 28 |
| 1. variation temporelle des paramètres de production du fraisier sous différents modes..... | 28 |
| 1.1 Variation temporelle du nombre de feuilles du fraisier sous différents modes culturaux..... | 28 |
| 1.2 Variation temporelle du nombre de fleurs du fraisier sous différents modes culturaux..... | 29 |
| 1.3 Variation temporelle du nombre de fructification du fraisier sous différents modes culturaux..... | 30 |
| 2 Etude comparée de la variation des paramètres de production du fraisier sous différents modes culturaux | 30 |
| 2.1 Étude comparée de la variation de la production végétative du fraisier sous différents modes culturaux | 30 |
| 2.2. Étude comparée de la variation de la production florale du fraisier sous différents modes culturaux..... | 31 |
| 2.3. Étude comparée de la variation de la fructification du fraisier sous différents modes culturaux..... | 32 |
| Chapitre IV : Discussion générale..... | 33 |
| Conclusion..... | 35 |
| Références bibliographiques | 36 |

Introduction

Introduction :

La culture des fraises est l'une des productions fruitières les plus répandues dans le monde. Les principaux pays producteurs sont les États-Unis, l'Espagne, la Turquie, le Mexique, la Corée, la Pologne, l'Égypte, le Japon, l'Italie et l'Allemagne. Ces pays représentaient environ 70% de la production mondiale (FAOSTAT, 2011).

La culture de la fraise en plein champ fait face à des problèmes récurrents notamment dû aux maladies telluriques qui limitent les rendements. Pour surmonter ces problèmes phytosanitaires, on explore la possibilité de cultiver les fraises dans des systèmes hors-sol. La culture hors-sol est un mode de culture qui s'applique aux plantes en serre, en tunnels ou en serres-tunnels, dans des substrats exempts de maladies.

Ce mode de culture offre de nombreux avantages, à savoir la suppression des problèmes liés au sol tels que la compaction, la fatigue des sols, le désherbage et les infections par des agents pathogènes telluriques (Guérineau, 2003).

Cette méthode de production améliore également l'efficacité du travail en facilitant la récolte et les pratiques culturales. Par contre, la régie d'un substrat est beaucoup plus complexe que la gestion de la fertirrigation d'une culture en pleine terre. Il faut donc avoir des compétences en matière de gestion d'irrigation et de fertilisation des cultures hors-sol (Parent, 2003).

Pour que la croissance des fraisiers soit optimale, on doit apporter aux plants une nutrition équilibrée. Selon Raynal-Lacroix et Carmentos (1992), la composition de la solution nutritive dont se nourrit la plante est spécifique pour chaque stade de développement. Il faut donc connaître en détail les besoins nutritifs de la plante et la dynamique d'absorption des éléments nutritifs afin d'ajuster les éléments à fournir aux quantités demandées.

L'objectif de la présente contribution, menée dans un dispositif de culture hors sol avec la technique NFT, qui permet une grande économie d'eau et de nutriments, est d'évaluer la capacité du vermicompost et des extraits végétaux dans l'entretien nutritionnel du fraisier et leurs effets sur les paramètres de développement, de

croissance ainsi que sur l'état phytosanitaire de ces deux plantes en comparaison avec une fertilisation chimique commercialisé et utilisé par les agriculteurs en Algérie.

Chapitre I

Synthèse bibliographique

I. Le Fraisier :

I.1. Definition

Le fraisier appartient à la famille des Rosacées. Celui cultivé commercialement (*Fragaria x ananassa* Duch.) est un hybride de deux espèces diploïdes (*Fragaria chelonensis* Duch. et *Fragaria virginiana* Duch.). C'est une plante vivace stolonifère dont les feuilles mesurent 10 à 15 cm de haut, et sont dotées de trois folioles au joli contour dentelé, et d'un beau vert vif. Inutile de préciser que si on cultive le fraisier, c'est pour son fruit. La fraise fait en général l'unanimité, chez les humains, mais aussi chez les animaux. Sans compter que la fraise est riche en vitamines C, en fer et en iode. (Desjardins, 2003).

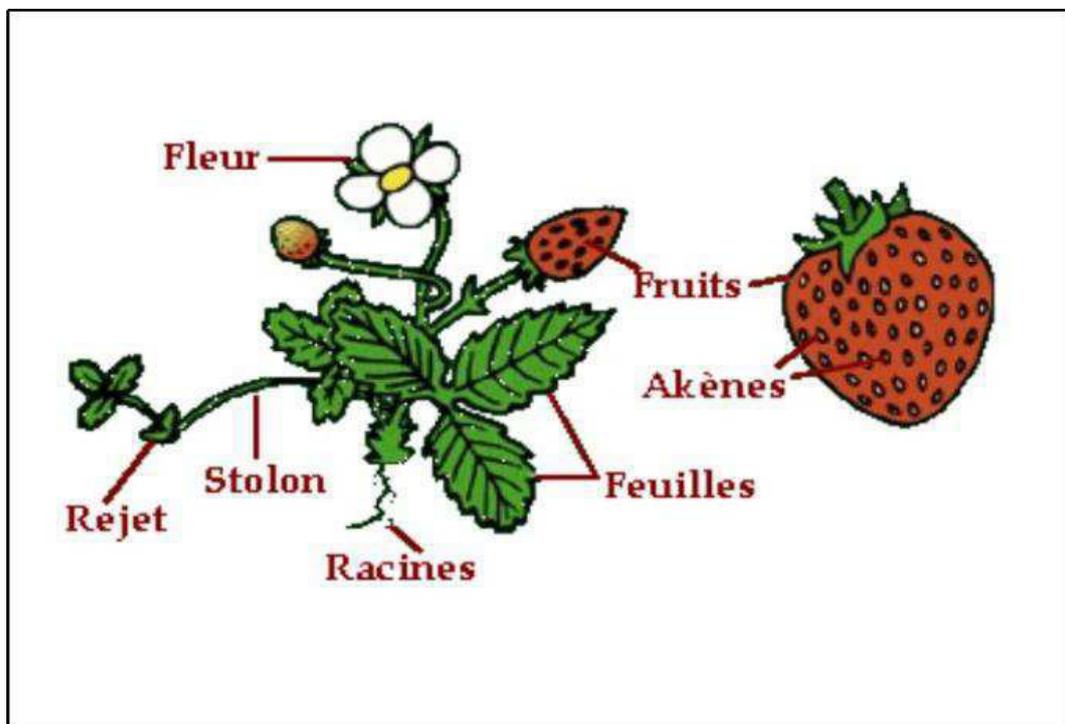


Figure 01 : Les différents organes du fraisier (Anonyme, 2017).

I.2. Caractère systématique :

Selon la classification APG III (2016) le fraisier appartient à la classification suivante :

- ✓ Règne : Plantae
- ✓ Division : Magnoliophyta
- ✓ Classe : Magnoliopsida

- ✓ Ordre : Rosales.
- ✓ Famille : Rosaceae.
- ✓ Genre : *Fragaria*.
- ✓ Espèce : *Fragaria x ananassa*.
- ✓ Noms communs : Fraisier.

I.3. Description botanique :

Le fraisier est une plante vivace aux feuilles en rosette. Elle possède un bourgeon terminal à l'état végétatif qui produit une tige feuillée à entre-nœuds très courts. Cette formation est, dans le cas du fraisier, appelée le cœur, ou la couronne, et donne naissance à des bourgeons axillaires, qui à leur tour, forment un cœur ou un rameau feuillé (Parent et al., 2000). Celui-ci, appelé stolon, sera à l'origine de la multiplication végétative du plant mère, en plusieurs plants filles, lorsque la température sera suffisamment élevée et en jours longs. Les bourgeons axillaires ayant donné un nouveau cœur deviendront les fleurs, puis les fruits (phase reproductive) sous les mêmes conditions que pour la formation des stolons (Parent et al., 2000 ; Gravel, 2013).

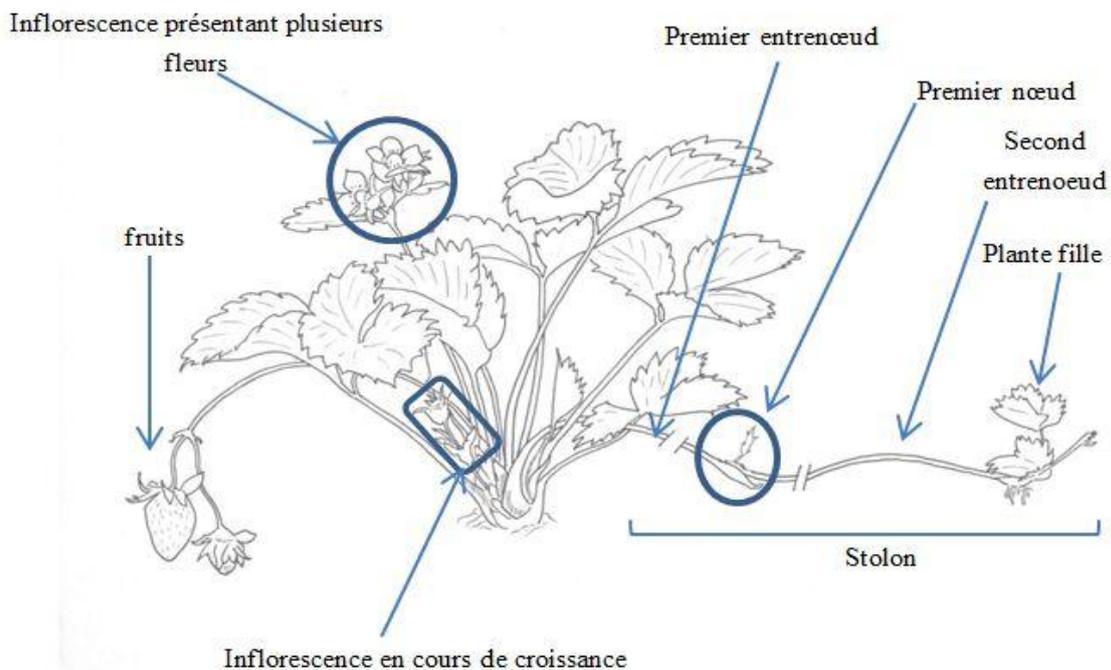


Figure 02 : la croissance et la floraison du fraisier (Jean-Philippe Bosc)

I.4. Stades phénologiques du fraisier :

Au début du printemps, les feuilles présentes se grossissent sur le pied qui donne naissance à une nouvelle tige porteuse de feuilles. Les tiges se couvrent progressivement de feuilles puis les petites branches apparaissent au centre. Elles donneront naissance à des boutons puis à des petites fleurs blanches et jaunes qui laisseront place aux fraises qui sont verte avant de murir et de prendre la couleur spécifique (ITCMI, 2010).

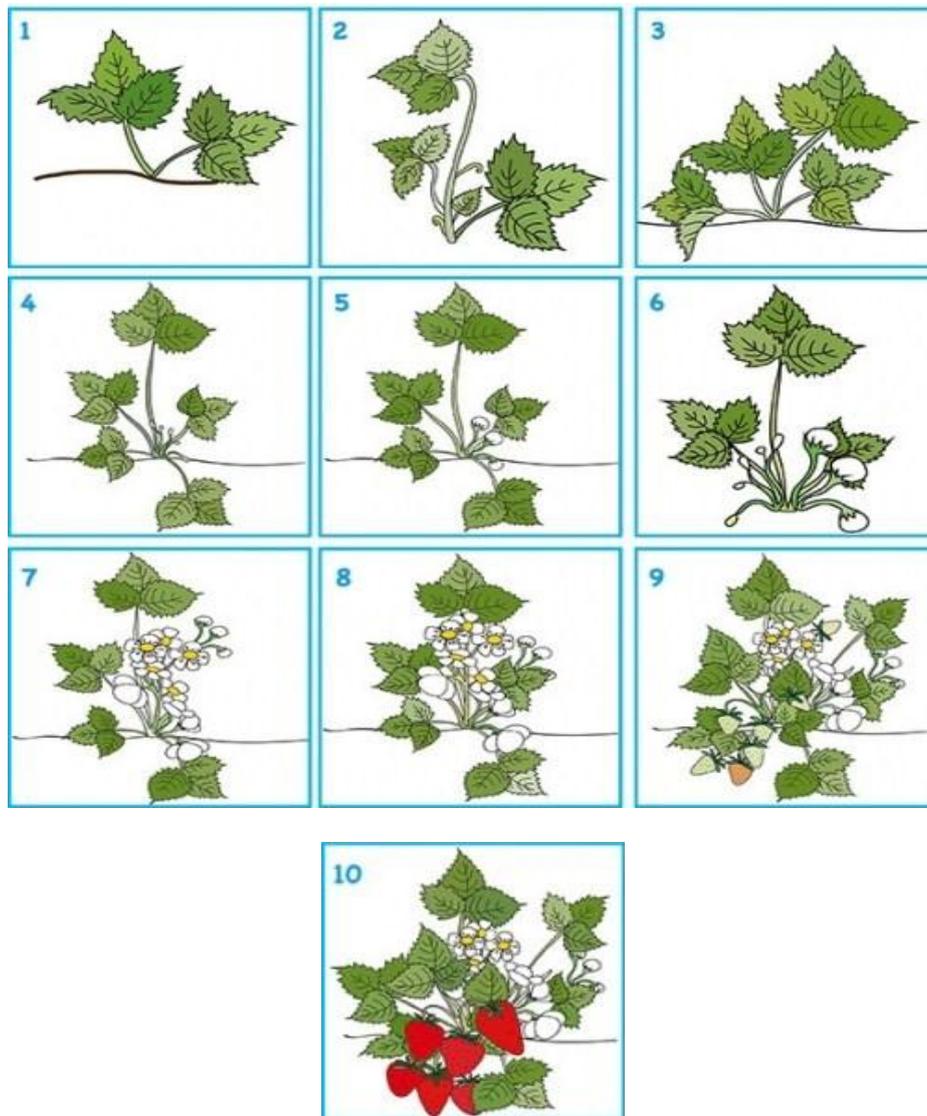


Figure 03 : les différents stades physiologiques du fraisier (ITCMI, 2010).

I.5. Répartition géographique de fraisier

I.5.1. En Algérie :

Les 3 principales régions d'Algérie où on cultive la fraise sont : Skikda, Jijel et Tipaza.

- **La fraise de Skikda :**

La culture de la fraise à Skikda a connu sa première production en 1920. Skikda compte aujourd'hui, près de 300 ha consacrés à la culture de fraises, principalement dans la commune de Tamalous (130 ha) et au chef-lieu de wilaya (102 ha). Les variétés de fraises la plus cultivée dans la région de la Russicade.

- **La fraise de Jijel :**

La culture de la fraise a été lancée à titre expérimental à Jijel en 2001-2002, sur 4 hectares. L'expérience a donné lieu à une production de l'ordre de 1.200 qx de fraises. En 2010, la superficie de la culture de la fraise a atteint 120 hectares et une production de 36.000 qx, alors qu'en 2015, les 323 hectares, superficie de culture de fraise a donné production de 100.000 quintaux.

- **La fraise de Tipaza :**

Plusieurs variétés de fraises dont la Camarosa et la Nayad sont cultivées dans la wilaya de Tipaza. 255 ha de terre ont été réservés à cette culture, essentiellement dans les localités de Douaouda, Fouka, Koléa, Chaïba, Bou-Ismaïl et Nador. (DSA, 2017).

I.5.2. Dans le monde :

La culture de la fraise est répandue partout à travers le monde et détient le 19e rang des fruits les plus produits sur la planète, pour un total en 2010 d'environ 4 millions de tonnes. Ce fruit, très apprécié par les consommateurs, est majoritairement produit aux Amériques et en Europe (Figure 4)

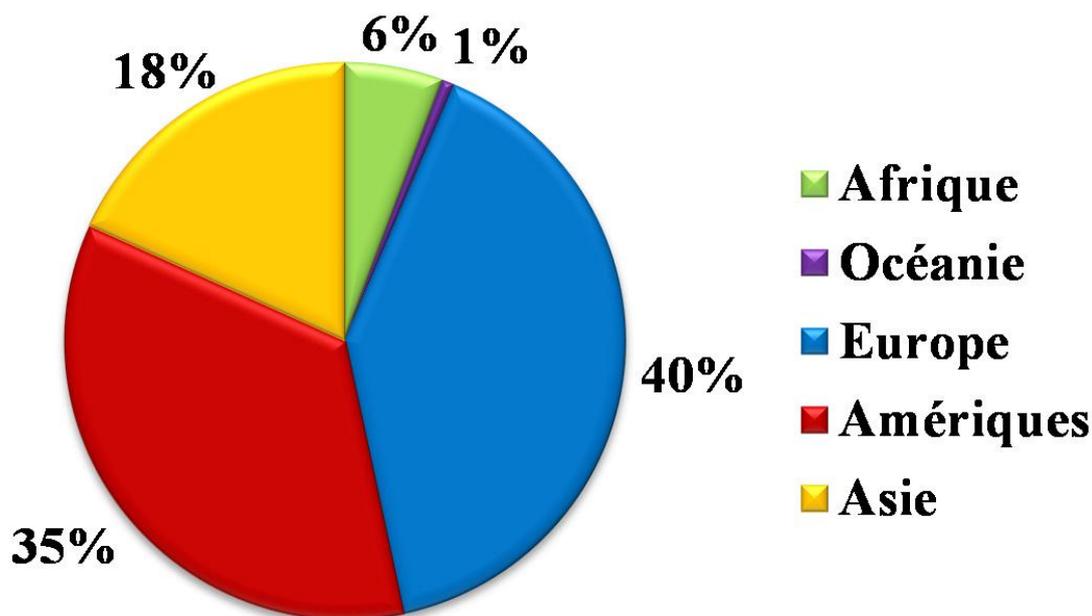


Figure 4 : Répartition de la production mondiale de fraises (FAO2010)

Les États-Unis d'Amérique dominent le marché de la fraise, suivis de la Turquie, l'Espagne et l'Égypte. La France est le 17e pays producteur et le Canada occupe la 27e place (FAO2010).

I.6. Valeur nutritive

La fraise est riche en vitamine C (antioxydants), en vitamine A et en vitamine B9 (acide folique), important pour les femmes enceintes ; de plus la fraise est riche en fibres et pauvre en calories. Elle est riche en oligo-éléments, sous forme de sels de potassium pour le système nerveux, de calcium pour les os, et du magnésium contre le stress. Elle contient également du furanéol (alcool aromatique qui lui donne son parfum et son goût). (M.A.P.A du Québec. 2018).

II. La culture hors sol :

II.1. Définition de la culture hors sol :

Le terme « culture hors-sol » signifie littéralement « faire croître des plantes sans sol ». Une définition plus complète nous est donnée par l'international society for

soiless culture qui décrit ces cultures comme étant "une technique de croissance de végétaux non aquatique dont les racines plongent dans un milieu entièrement organique ou inorganique, et sont alimentées grâce à une solution nutritive. (MAXWELL, 1986).

Les cultures hors sol comme des « culture des végétaux effectuant leur cycle complet de production sans que leur système racinaire ait été en contact avec leur environnement naturel, le sol. (MORARD,1995)

Cette technologie de production végétale caractérisée par une alimentation minérale des racines avec une solution nutritive ne nécessitant pas de support solide. Si, par contre, un support est utilisé, celui-ci est qualifié du terme général de «substrat», (YVES, 2008).

II.2. Le but de la culture hors sol :

Le principal objectif est de remédier aux conditions aléatoires de la nutrition dans le sol et ceci par l'utilisation d'une solution nutritive contenant tous les éléments nécessaires (macro et micro éléments) à la croissance et au développement d'une plante (SNOUSSI, 1980).

Selon (JEANNEQUIN ,1992) les cultures hors sol sont développées pour :

- Eviter la fatigue rapide du sol de serre à cause des attaques parasitaires avec prolifération des nématodes et des champignons.
- Elles offrent la possibilité d'implanter des serres à des endroits où l'énergie est meilleure marchée ou à proximité d'usines ou sur des sites géothermiques pour profiter des eaux chaudes et de l'énergie solaire.
- Elles permettent de contrôler très précisément l'environnement racinaire assurant une précocité plus grande et une production en quantité et qualité.

II.3. La culture hydroponique :

La culture hydroponique est une méthode ancienne dont le terme vient du Grec, « hydro=eau, ponos =travail », elle signifie une culture dans un milieu inerte qui permet de fournir tous les éléments nutritifs nécessaire au développement de la plante et à la

production des fleurs et des fruits. Il existe divers supports inertes qui sont utilisés, certaines d'entre eux sont la fibre de coco, la laine de roche, la tourbe (ADROUCHE, 2014).

II.3.1. Les différents systèmes de la culture hydroponique :

- **Système sans substrat :**

C'est la culture en milieu liquide. Les systèmes de culture sans substrat sont considérés comme plus simples puisqu'ils mettent directement en contact la solution nutritive et les racines de la plante (MORARD, 1995).

- **Technique du film nutritif (N.F.T.) :**

La NFT utilise une vaporisation ou un ruissellement constant d'eau pour fournir l'arrosage des nutriments nécessaires aux racines. En théorie, le fait d'offrir aux racines des conditions optimales permet d'obtenir une croissance plus rapide, au maximum de ce que la plante peut se permettre.

La technique du film nutritif a été développée au cours de la fin des années 1960 par le Dr. Allan Cooper à l'Institut de recherche des cultures sous serre à Littlehampton en Angleterre (Winsor et al., 1979) ; un certain nombre de perfectionnements ultérieurs ont été développés à la même institution (Graves, 1983).

Un avantage principal du système NFT par rapport aux autres est qu'il nécessite moins de solution nutritive. Il est donc plus facile de chauffer la solution pendant l'hiver pour obtenir les températures optimales pour la croissance des racines et de la refroidir pendant les étés chauds dans les zones arides ou tropicales (Graves, 1983).

HYDROPONICS

is simply growing plants in water with added oxygen & nutrients

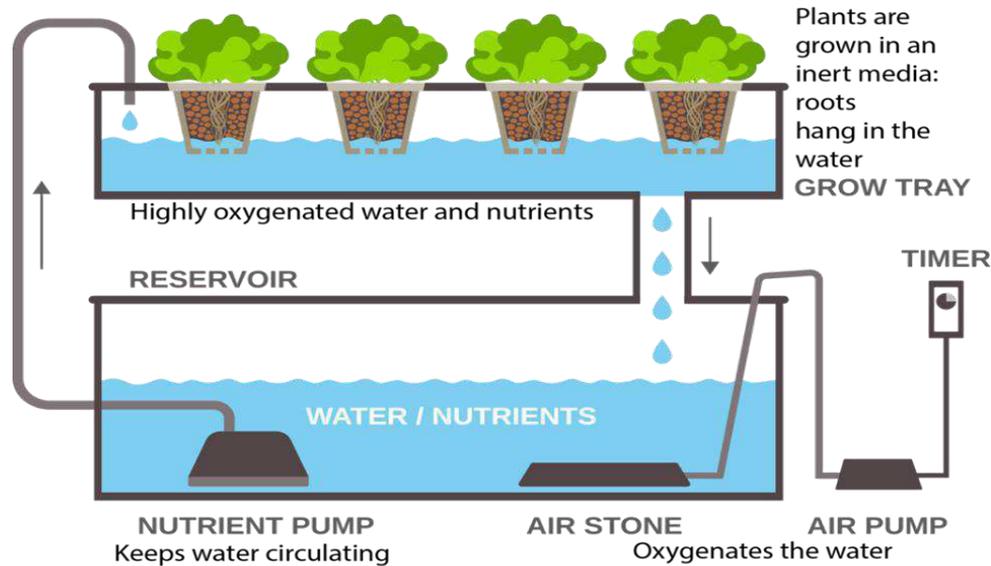
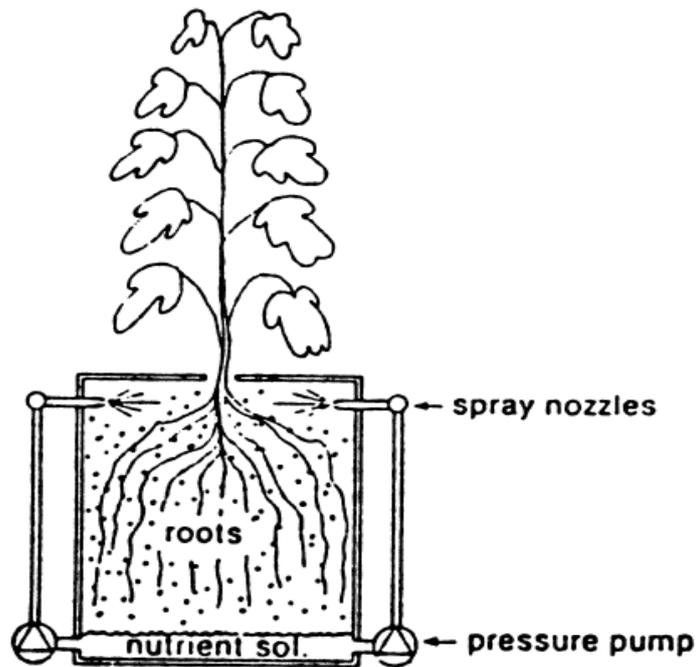


Figure 05 : schéma descriptive du system N.F.T (Nishina ,2015)

- **Aéroponique :**

L'aéroponie est un système d'hydroponie dans lequel les plants sont cultivés avec un système racinaire maintenu en suspension dans une fine brume de solution nutritive appliquée de façon continue ou intermittente (Savvas *et al.*, 2013).

Cette technique a été conçue pour réaliser des économies substantielles dans l'utilisation à la fois de l'eau et des éléments nutritifs (Jones, 2005 ; Savvas *et al.*, 2013). En effet, c'est un système qui permet au producteur de contrôler avec précision la zone racinaire, le régime nutritionnel, les apports en eau et les conditions environnementales (Hayden *et al.* 2004).



Aeroponic

Figure 06 : schéma du système aeroponique (VITRE, 2003)

- **Ultraaponie**

L'ultraaponie est une amélioration de l'aéroponie. Le brouillard nutritif est créé grâce à des brumisateurs à ultrasons puis dirigé vers les racines. Il est fait de très fines gouttelettes formant un milieu composé d'eau et d'oxygène directement assimilable par les pores des racines. La circulation de la brume accélère énormément le processus d'absorption des racines. Le « chevelu » est plus dense, augmentant exponentiellement les échanges entre la plante et le milieu nutritif. L'ultraaponie permet des rendements jusqu'à 8 fois supérieurs, et consomme très peu d'eau, d'engrais et d'électricité. Il peut être totalement contrôlé par informatique. C'est pourquoi, c'est le système qui a été choisi par la NASA dans ses recherches pour nourrir les astronautes durant les voyages lointains dans l'espace. (Cervantes, 2012).

- **Système de goutte à goutte**

Ces systèmes utilisent une pompe qui amène l'eau au-dessus du substrat via un goutte-à-goutte. L'eau s'infiltre à travers le substrat, redescend dans le réservoir et

est prête à être réinjectée. Les systèmes goutte-à-goutte sont faciles à installer. L'eau est pompée dans un réservoir, généralement situé sous l'espace planté, jusqu'aux goutte-à-goutte, un pour chaque plant (Figure 07). Les plants eux-mêmes peuvent être installés dans les pots individuels ou sur un plateau commun. L'eau circule à travers les pots et revient dans le réservoir. La capacité du réservoir doit être d'environ 40 litres au mètre carré de plantation. Les marques spécialisées dans l'hydroponie commercialisent un certain nombre de systèmes de goutte-à-goutte ingénieux. (Zerkout, 2015).

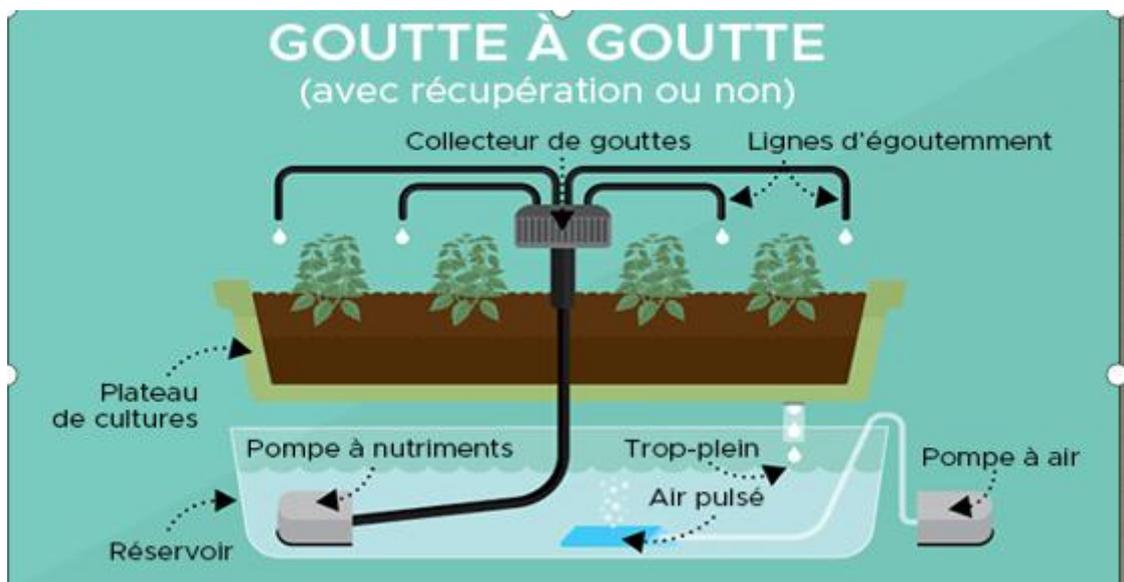


Figure 07 : système goutte a goutte (Adrouche ,2019)

- **Système de table à marées (Flux-reflux) :**

Parfois appelés « inondation-drainage », ils se composent d'une table étanche à rebords. La table est périodiquement inondée grâce à l'eau d'un réservoir. Dès que la table est pleine, le substrat est irrigué, la pompe s'arrête automatiquement, ce qui permet à l'eau de s'écouler. Les petits systèmes de ce genre sont disponibles auprès des marques spécialisées dans l'hydroponie. L'acquisition d'un système entier s'avérera peut-être plus aisée que la recherche des pièces une à une. De tous les systèmes hydroponiques d'eau vive, les tables à marées sont les moins chers à installer et ceux qui réclament le moins de maintenance. Ils génèrent peu de problèmes de plomberie. En effet, comme ils utilisent uniquement des conduites d'un diamètre relativement important, il est rare qu'ils se retrouvent bouchés. (Belbachir, 2018)

II.4. Culture hydroponique comparée à la culture au sol

La culture en terre est la méthode la plus conventionnelle des deux. C'est à vrai dire celle que la nature utilise. Dans les faits, cela veut dire que l'éleveur a moins de facteurs à contrôler car la terre fait la majorité du travail. Les nutriments qui sont présents naturellement aident à maintenir les niveaux de pH dans la plante. On peut aussi ajouter ces nutriments à la terre soi-même, celle-ci agissant alors comme un tampon à pH pour la plante. En fonction de ce qu'on fait pousser, le goût de la plante peut être un facteur.

En contraste, les systèmes hydroponiques n'utilisent pas du tout de terre, mais bien de l'eau comme le nom l'indique. Les racines de la plante sont suspendues dans une solution liquide contenant un mélange équilibré des nutriments nécessaires à sa bonne pousse. On a donc un contrôle accru des nutriments, que la plante n'a pas à chercher car ils viennent directement à elle sous une forme hautement soluble. On appelle cela la technique du filtre nutritif. (Boulechraf, 2018).

II.4.1. Les atouts et les contraintes de la production hors sol :

- **Les atouts :**

- La production est indépendante de la valeur agronomique des sols
- Le choix du dispositif de culture et du substrat permettent d'avoir une parfaite adaptation aux exigences spécifiques des végétaux
- Le profilage du sol n'est réalisé qu'une seule fois
- Les apports en eau et en engrais ont une meilleure efficacité
- Les problèmes d'épuisement du sol et la contamination par des pathogènes sont évités
- Les conditions de travail sont meilleures

- **Les contraintes :**

- Plus grande réactivité du système sur les cultures, dégâts irréversibles en cas d'erreurs de réglage.
- Nécessite une forte technicité
- Pollutions notables en cas d'absence de recyclage des effluents
- Difficultés à évacuer certains supports de cultures

- Utilisation fréquente de support ; accroissant la dépendance vis-à-vis des fournisseurs
- Investissements élevés lors de la mise en place

II.4.2. Les avantages et les inconvénients de la culture au sol :

- **Les avantages :**

- Coût de reviens d'une installation de départ moindre
- Entretien simplifié du matériel
- Récolte plus importante si c'est en extérieur
- Pas de vérification du pH ni de l'EC à effectuer régulièrement
- Limitation des problèmes de pH dû à l'effet tampon de la terre

- **Les inconvénients :**

- Saleté accrue due à la manipulation de terre
- Obligation d'arroser régulièrement
- Présence accrue de « squatteurs » dans le substrat
- Difficulté d'apprécier l'arrosage et les engrais pour un débutant
- Difficulté d'éradiquer les maladies et autres champignons
- Demande un minimum d'expérience pour élaborer un bon terreau
- Rendement inférieur à celui d'une culture hydroponique

III. La nutrition des plantes :

Pour se développer les plantes prélèvent dans le milieu qui les entoure les éléments nécessaires à la constitution de leurs tissus. Ces éléments viennent de l'atmosphère tel que le carbone et l'oxygène et une partie de soufre et du sol comme l'hydrogène, les éléments minéraux (NPK, Ca, Mg, S) et les oligo-éléments (Fe, Zn..)

III.1. La fertilisation minérale de la plante :

Les plantes prélèvent les éléments minéraux du sol pour produire les composés organiques. Il est établi que plusieurs éléments sont nécessaires pour le fonctionnement normal de la machine biochimique de la plante. Les éléments nutritifs doivent être présents sous forme assimilable pour que les végétaux puissent les absorber. La fertilisation minérale a pour le but d'apporter le complément nécessaire à

la fourniture du sol en vue de répondre aux besoins physiologiques des plantes pour une croissance et un développement optimum.

Les éléments minéraux sont classés en trois catégories : les éléments essentiels majeurs : azote, phosphore, potassium. Les éléments secondaires calcium, soufre, magnésium. Et les oligo-éléments : le fer, le zinc, le cuivre, le bore, le manganèse, le silicium, le molybdène, le sodium, le cobalt et le chlore (Anonyme,2007)

La Fertilisation est l'ensemble des techniques agricoles consistant à apporter à un milieu de culture, tel que le sol, les éléments minéraux nécessaires (matières fertilisantes) au développement de la plante et créer ou de maintenir dans le sol un milieu physique et chimique apte à la nutrition des plantes cultivées, d'améliorer la qualité et la quantité des produits récoltés (Zidane, 1989 ; Schwartz et al., 2005)

Le but de la fertilisation est donc bien d'apporter les éléments nécessaires pour que le SOL puisse fournir aux plantes une alimentation équilibrée et suffisante.

| | | | | |
|-----------------------------|-----------|-----------|-------------|---|
| | O | oxygène | 42 à 44% | } 3 éléments de l'air et du sol |
| | C | carbone | 40 à 45% | |
| | H | hydrogène | 6 à 7% | |
| } 6 éléments majeurs | N | azote | 1 à 3% | } 16 minéraux essentiels = ELEMENTS FERTILISANTS |
| | P | phosphore | 0,1 à 0,5% | |
| | K | potassium | 0,1 à 3% | |
| | S | soufre | 0 à 0,1% | |
| | Ca | calcium | 0,5 à 3,5% | |
| | Mg | magnésium | 1,5 à 3,5% | |
| } 10 oligo-éléments | Fe | fer | 0,1 à 1,5% | |
| | Zn | zinc | 0,1 à 0,5% | |
| | Cu | cuivre | 0,1 à 0,5% | |
| | B | bore | 0,01 à 0,1% | |
| | Mn | manganèse | 0,01 à 0,1% | |
| | Si | silicium | 0,01 à 0,1% | |
| | Mo | molybdène | 0,01 à 0,1% | |
| | Na | sodium | 0,01 à 0,1% | |
| | Co | cobalt | 0,01 à 0,1% | |
| | Cl | chlore | 0,01 à 0,1% | |

Figure 08 : Les éléments indispensables à la croissance des plantes (Osman A.M, 1971)

III.2. Rôles des principaux éléments minéraux dans les plantes :

- **Le Phosphore**

Le phosphore joue des rôles primordiaux dans le fonctionnement biologique des plantes puisqu'il participe à de nombreux processus physico-chimiques, biologiques et enzymatiques. Il est l'un des principaux constituants des acides nucléiques en joignant les nucléotides (Schachtman *et al.*, 1998 ; Balemi, 2009). Il est aussi un des constituants des phospholipides des membranes végétales (Lerot, 2006 ; Sánchez Chávez *et al.*, 2009).

Il participe au système de transport d'énergie dans les cellules étant donné qu'il entre dans la composition des adénosines et triphosphates lesquelles sont les principales sources d'énergie du métabolisme (Johnston et Steén, 2000 ; Stroia, 2007). Au point de vue métabolique, le phosphore catalyse la synthèse des glucides à partir de CO₂ et de H₂O (Johnston et Steén, 2000) et il fait aussi partie du complexe ADN-ARN, ces derniers étant responsables de la transcription des informations génétiques et de la synthèse des protéines (Johnston et Steén, 2000 ; Sánchez Chávez *et al.*, 2009). Enfin, le phosphore active la croissance des bourgeons et des racines et joue aussi le rôle d'activateur dans la mise en réserve des glucides. Le P est mis en réserve dans les grains/graines sous forme de phytate (Lerot, 2006).

- **L'azote**

Parmi les éléments nutritifs apportés aux cultures, le plus important est souvent l'azote, auquel on peut imputer, dans certains cas, 75% de l'augmentation observée des rendements (Danso et Eskew, 1984). En effet, il participe au développement et à la croissance de toutes les parties de la plante : feuilles, tiges et racines. L'azote joue un rôle essentiel dans la synthèse de la matière vivante.

Il entre, avec d'autres éléments (carbone, oxygène, hydrogène...), dans la composition des acides aminés formant les protéines. L'azote est un élément essentiel pour la constitution des cellules et la photosynthèse (chlorophylle). C'est le principal facteur de croissance des plantes et un facteur de qualité qui influe sur le taux de protéines des végétaux (Anon, 2005)

- **Le potassium**

Le potassium intervient dans plusieurs processus métaboliques comme la photosynthèse, la synthèse des protéines et les activités enzymatiques (glycolyse, synthèse de l'amidon et du saccharose, réduction du nitrate) (Marschner, 1986 ; Dorais *et al.*, 2001). Il est impliqué aussi dans les processus de transport membranaire, dans l'équilibre de charges, dans la génération de la pression de turgescence, dans l'utilisation de l'eau de la plante et dans l'élongation cellulaire (Dorais *et al.*, 2001 ; Vago *et al.*, 2008).

- **Le calcium**

Dans la cellule, le calcium est lié aux acides pectiques de la lamelle moyenne et est responsable du maintien de la structure cellulaire et de la rigidité des tissus. Le calcium est aussi important pour la stabilité de la membrane cellulaire et le maintien de la qualité des fruits. La concentration de l'oxalate de calcium dans la vacuole est nécessaire pour l'osmorégulation cellulaire (Dorais *et al.*, 2001 ; Guérineau, 2003). Le calcium est aussi important dans la signalisation cellulaire et joue un rôle important dans les réactions de défense de la plante suite à un stress biotique ou abiotique (Benhamou, 2011).

- **Magnésium :**

Le magnésium participe à un certain nombre de fonctions clés de la plante. Parmi les réactions et les processus métaboliques spécifiques influencés par le magnésium figurent notamment: la photophosphorylation (formation d'ATP dans les chloroplastes, la fixation photosynthétique du dioxyde de carbone (CO₂), la synthèse des protéines, la formation de la chlorophylle, le chargement du phloème, la répartition et l'utilisation des photoassimilats, la génération d'espèces réactives de l'oxygène, et la photo oxydation dans les tissus de la feuille (Cakmak I, Yazici A M-2010)

- **Le soufre**

Le soufre est un élément important constitutif des végétaux, surtout en protéines (Allen *et al.*, 1996). En cas de carence, il y a excès d'hydrates de carbone provoqué

par la perturbation de la synthèse des protéines, causant ainsi l'épaississement des parois cellulaires. En revanche, son excès provoque une chlorose des nervures foliaires et des feuilles, les nervures sont en général plus claires que les tissus internervaires (Anonyme a, 2015).

- **Le fer**

Le fer est nécessaire à la synthèse de la chlorophylle, il entre dans la composition de certaines enzymes (Chaux et Foury, 1994). L'excès provoque la chlorose des jeunes feuilles (Allen et *al.*, 1996), alors que sa carence ralentit la synthèse des hydrates de carbone et des protéines. En cas d'une carence aiguë, les feuilles deviennent presque blanches et dépérissent.

- **Le zinc**

Le manque de zinc se manifeste à partir de la 4^{ème} ou 5^{ème} semaine de végétation, la croissance est retardée, les feuilles se déforment et deviennent épaisses, dures et marquées de larges taches chlorotiques (Allen *et al.*, 1996).

Chapitre II : Matériel et méthodes

Matériels et méthodes

1. Objectif

L'objet de notre travail consiste à étudier les effets des biofertilisants à base végétale sur la stimulation de la croissance, la reproduction et l'état phytosanitaire du fraisier par rapport à une fertilisation à base d'engrais chimiques commercialisés en Algérie et cela dans un système de culture en hors sol type NFT.

2. Présentation du site expérimental

La réalisation de la partie expérimentale de cette étude s'est déroulée sous une serre en polycarbonate (**Figure 9**), au niveau du département de Biotechnologies de l'université de Blida1, située dans la plaine de la Mitidja. Les caractères principaux de la serre sont :

- Forme rectangulaire, d'une superficie de 382,5 m².
- Orientation nord-sud.
- Aération assurée par de grandes fenêtres placées latéralement de part et d'autre de la serre.
- Chauffage de la serre assuré par des radiateurs à eau chaude.



Figure 09 : Lieu de l'expérimentation

(Laboratoire de recherche de production végétale) (Google earth, 2019).

3. Description du dispositif expérimental

3. 1. Matériel végétal

➤ Le fraisier

Le matériel végétal utilisé comprend l'espèce suivante :

- Variété SAVANA
- Forme : conique.
- Faible fermeté.
- Goût délicieux et une saveur unique.

Ces plants ont été fournis par un agriculteur de la région de Mouzaia, elles ont été bien lavées, et seules les bonnes plantules sont gardées et mises dans des pots préalablement troués et remplis de tourbe.



Figure 10 : Des plants ont été fournis par un agriculteur de la région de Mouzaia.

(Original 2020)

4. Période d'expérimentation

Le choix de la période d'expérimentation devrait être fait d'une façon à couvrir tous les stades phonologiques de nos plantes et elle devrait s'étendre du début Mars 2020 jusqu'au fin Juin de la même année.

5. Mise en place du dispositif expérimental :

Les essais expérimentaux ont été réalisés dans un dispositif composé de cinq tubes en PVC blanc de 80mm de diamètre et 8 mètres de longueur, troués à l'aide d'une perceuse. La distance entre les trous est de 15 cm, dans lesquels sont déposés des pots en plastique **troués (Figure 11)**.

Les tubes sont disposés au-dessus d'une table, inclinés par des poutres en bois et fixés par des attaches. Afin de contrôler la pression de la solution, chaque extrémité a été munie d'un robinet **(Figure 12)**.



Figure11 : Pots utilisés



Figure 12 : Extrémité du tube

(Originale ,2020)

L'alimentation de chacun des tubes par la solution nutritive est assurée par des pompes immergées, ces fertilisants passent tout au long du tube pour revenir dans les réservoirs, ce qui crée un circuit fermé, il faut noter que cette solution est bien alimentée en oxygène. **(Figures 13 et 14)**.

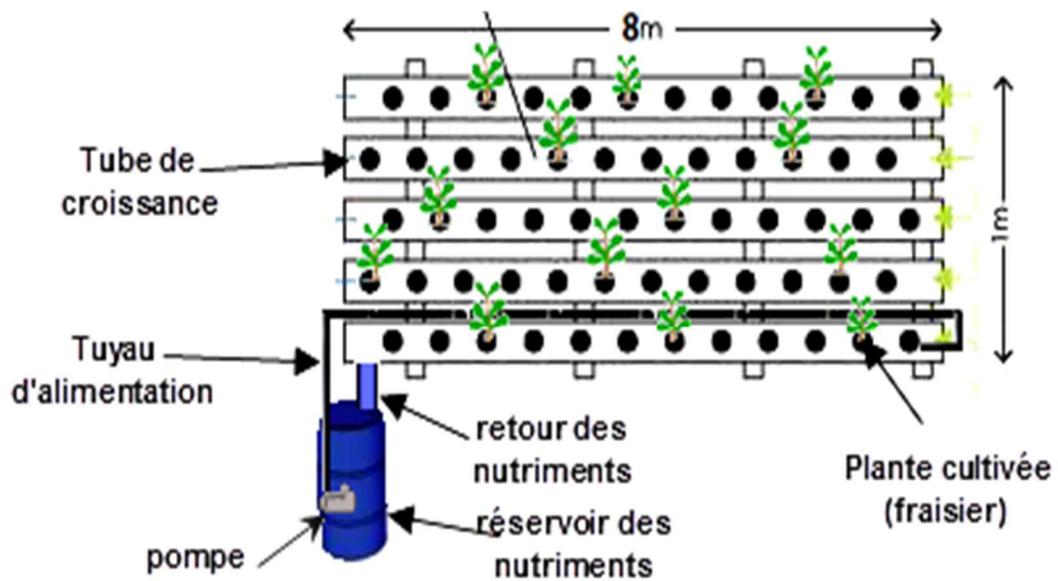


Figure 13 : Dispositif expérimental (Anonyme.2016)



Figure 14 : Dispositif expérimental (Original, 2020)

L'acidité et la conductivité de la solution sont déterminées périodiquement grâce à un pH mètre et un EC mètre durant toute l'expérimentation (**Figure 15**) ; un régulateur de pH chimique est utilisé afin de maintenir le pH au tour de 5 ou 6 alors que la conductivité électrique est généralement maintenue entre 1,2 et 1,8.



Figure 15 : pH mètre et EC mètre

Les essais ont été réalisés en bloc aléatoire complet, le dispositif est composé de 5 blocs à raison de 37 plants ce qui fait un total de 185 plants. Les traitements sont effectués comme suit :

- **Bloc 1** : Fertilisation à base de mélange d'engrais soluble + engrais chimique liquide en foliaire
- **Bloc 2** : Fertilisation à base de mélange d'engrais soluble + engrais biologique en foliaire.
- **Bloc 3** : Fertilisation à base de mélange d'engrais sous forme de gel + engrais chimique liquide en foliaire
- **Bloc 4** : Fertilisation à base de mélange d'engrais sous forme de gel + engrais biologique en foliaire.
- **Bloc 5** : Fertilisant à base d'extrait aqueux +foliaire biologique



Figure 16 : Type d'engrais utilisé

6. Préparation des extraits aqueux

Le biofertilisant utilisé a été extrait selon la méthode décrite par Roy *et al.* (2011) :

- 120 g de poudre de plantes sont introduits dans 2250ml d'eau distillée
- Ce mélange est mis sous agitation à température ambiante pendant 48 heures.
- Le surnageant (extrait aqueux) est récupéré puis conservé à l'obscurité et à basse température dans des flacons de couleur sombre.



A. Broyage des feuilles sèches



B. Pesée et Agitation



C. Centrifugation et récupération d'extrait aqueux

Figure 17 : Etapes de préparation de l'extrait aqueux. (Original 2020)

7. Evaluation de la vigueur et de l'expression végétative

7.1. Nombre de feuilles, fleurs et fruits

Le principe consiste à faire un comptage des feuilles, fleurs et fruits de chaque plante une fois par semaine durant le temps d'expérimentation.

7.2. Surface foliaire

Le principe consiste à étalées les feuilles sur un papier millimétré, en faisant apparaitre clairement les rebords. Nous calculons la moyenne de trois feuilles dans chaque plante. Les feuilles ainsi étalées sont prises en photos par un appareil photos numérique en gardant le même taux de pixel. Les photos numérisées sont traitées par le logiciel Digimizer application ver 4.0 (**Figure 18**).

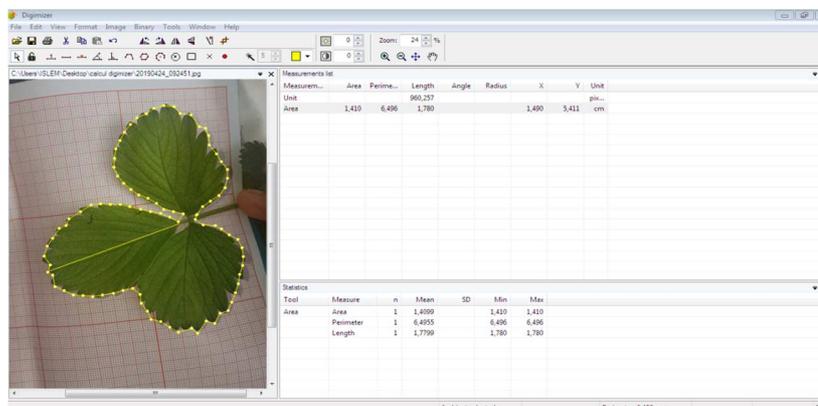


Figure 18 : Estimation de la surface foliaire avec Digimizer ver 4.0 (Original 2020)

8. Analyses statistiques des données

Les résultats présentés sous forme de courbes, ont été réalisés par l'application Excel. Les données sont représentées par les valeurs moyennes (\pm ET).

L'analyse statistique a concerné l'impact du différent type de fertilisation sur l'ensemble des paramètres de croissance et de production. Les analyses de la variance sont faites sur des moyennes homogènes adoptées sur la base d'un coefficient de variance (C.V. <15%) en utilisant le logiciel PAST.

La signification des comparaisons des moyennes a été confirmée par un test (One-way ANOVA et Wilcoxon).

Remarque :

En raison des mesures préventives imposées par la tutelle à cause du COVID-19, nous n'avons malheureusement pas pu atteindre nos objectifs tracés pour cette expérimentation. Pour cela nous avons opté pour une étude comparative entre deux systèmes de production (au sol et hors sol) en se basant sur les résultats les travaux réalisés par :

- BENKHEDIDJA Y et ABDELAZIZ SA en 2017
- BENNAIDJA K et BOUCHOUK A en 2019

Chapitre II : Résultats

Chapitre 3 : Résultats et discussion

Le présent chapitre est réservé à la confrontation des résultats relatifs aux effets de la technique du film nutritif (**N.F.T.**) par rapport au mode cultural en sol sous serre (**SER**) sur les paramètres de productions du fraisier. A titre indicatif, dans le système **NFT**, nous avons utilisé un ruissellement constant d'eau pour fournir deux types de nutriments (**STAND** : fertilisation à base de mélange d'engrais liquides et **EQUILIB** : fertilisation à base d'engrais soluble + oligo-éléments en foliaire). Cependant, la culture en sol a été conduite sous deux types d'abris serre (**THR** : film plastique thermique et **STD** : film plastique standard).

1. Variation temporelle des paramètres de production du fraisier sous différents modes culturaux

1.1. Variation temporelle du nombre de feuilles du fraisier sous différents modes culturaux

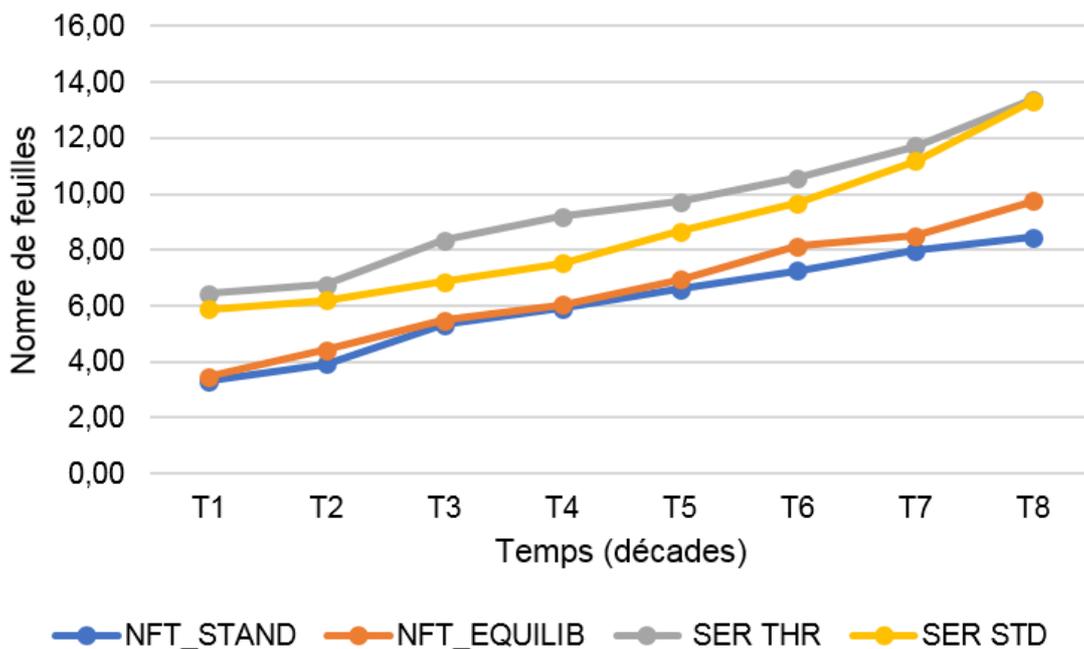


Figure 19 : Variation de la production végétative du fraisier sous l'effet des modes culturaux

NFT : technique du film nutritif, **STAND** : fertilisation à base de mélange d'engrais liquides, **EQUILIB** : fertilisation à base d'engrais soluble + oligo-éléments en foliaire, **THR** : film plastique thermique, **STD** : film plastique standard.

La figure « A » représente l'évolution du nombre de feuilles en fonction de deux facteurs étudiés, le temps et le mode cultural, En ce qui concerne les potentialités du traitement, on constate une nette différence dans l'effet du

mode cultural, les cultures au sol représentent une forte production de feuilles, tandis que dans l'hors sol nous remarquons moins de production de feuilles. Cependant la différence entre la nutrition STD et EQUILIB ainsi d'entre les deux types de films est négligeable.

1.2. Variation temporelle du nombre de fleurs du fraisier sous différents modes culturaux

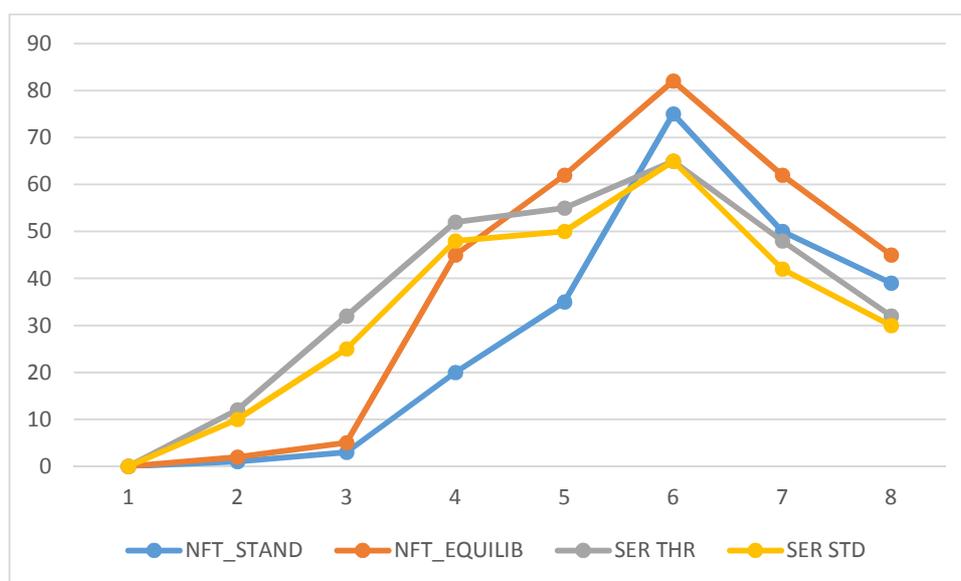


Figure 20 : Variation de la production florale du fraisier sous l'effet des modes culturaux

NFT : technique du film nutritif, **STAND** : fertilisation à base de mélange d'engrais liquides, **EQUILIB** : fertilisation à base d'engrais soluble + oligo-éléments en foliaire, **THR** : film plastique thermique, **STD** : film plastique standard.

Selon la **figure 20**, nous constatons que les fraises produites en pleins champs présentent une production florale précoce, moyenne et qui s'étale sur plusieurs jours avec un léger avantage pour la fraise sous serre thermique, cependant, nous remarquons une production florale moins précoce chez le traitement **NFT_EQUILIB** mais qui est bien regroupée et qui atteint le nombre de fleurs le plus important entre les quatre traitements.

Au final, le traitement **NFT_STAND** enregistre une floraison très tardive comparée à tous les autres traitements mais qui arrive malgré ça d'avoir un pic beaucoup plus important que les fraise de pleins champs.

1.3. Variation temporelle de la fructification du fraisier sous différents modes culturaux

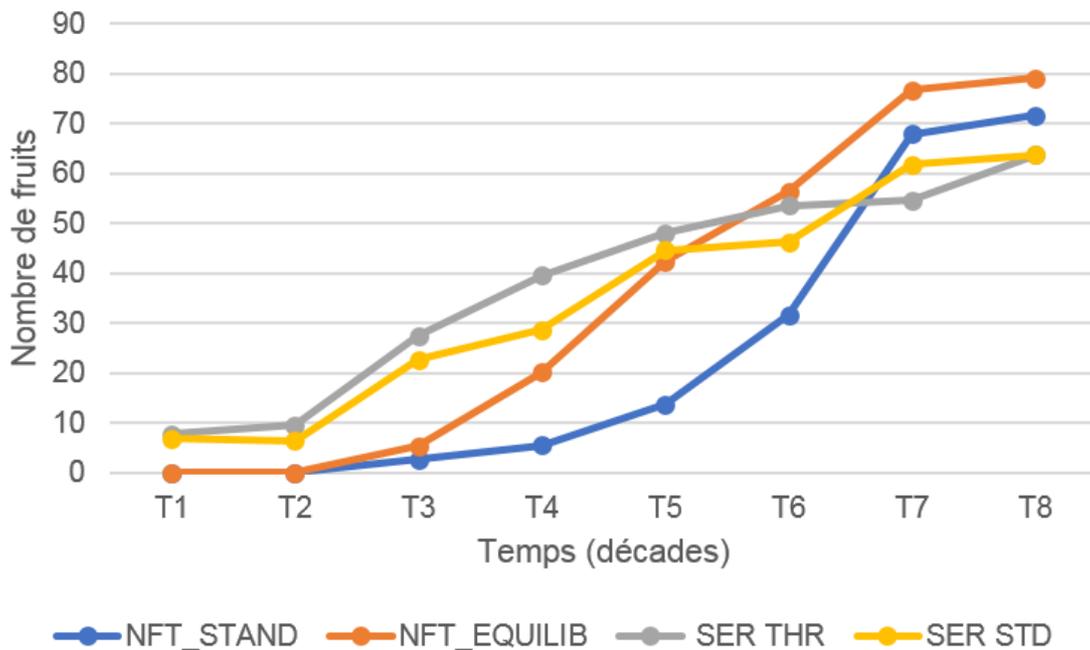


Figure 21 : Variation de fructification du fraisier sous l'effet des modes culturaux

NFT : technique du film nutritif, **STAND** : fertilisation à base de mélange d'engrais liquides, **EQUILIB** : fertilisation à base d'engrais soluble + oligo-éléments en foliaire, **THR** : film plastique thermique, **STD** : film plastique standard.

D'après la **figure 21** nous remarquons qu'il y a une production précoce et remarquable au niveau de la fraise produite en plein champs avec un léger plus au niveau des serres équipées de film thermique mais la production globale reste moyenne en terme de quantité, cependant même si la production est plus ou moins tardive en **NFT EQUILIB** mais elle arrive à donner beaucoup plus de fruits que tous les autres systèmes, le traitement **NFT_STD** quant à lui, nous donne une production non négligeable mais qui est extrêmement tardive.

2. Etude comparée de la variation des paramètres de production du fraisier sous différents modes culturaux

2.1. Etude comparée de la variation de la production végétative du fraisier sous différents modes culturaux

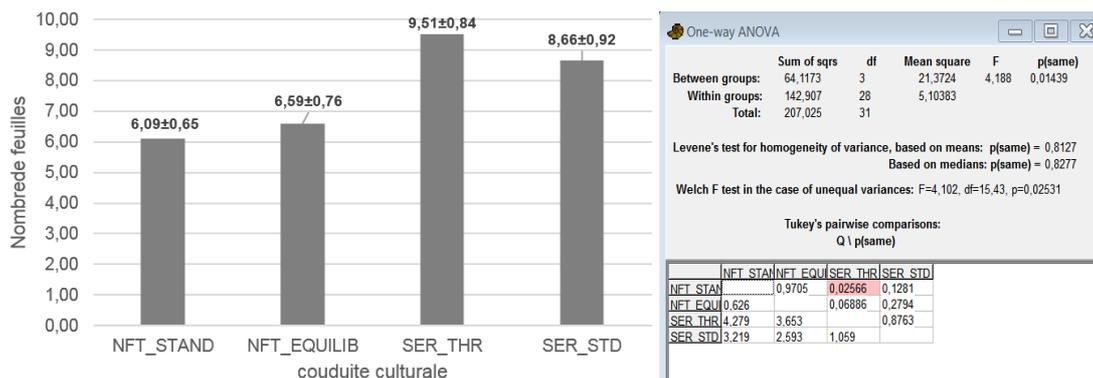


Figure 22 : Comparaison de la production végétative du fraisier sous l'effet des modes culturaux

NFT : technique du film nutritif, **STAND** : fertilisation à base de mélange d'engrais liquides, **EQUILIB** : fertilisation à base d'engrais soluble + oligo-éléments en foliaire, **THR** : film plastique thermique, **STD** : film plastique standard.

D'après les résultats observés dans la **figure 22** et L'analyse de la variance One-way ANOVA qui est confirmé par TUKEY montre que le type de traitement à un effet significative sur la production végétative du fraisier a un effet significatif. ($P < 5\%$)

Pour ce qui est du nombre de feuilles, nous remarquons sur l'histogramme (**Fig. 22**) que la plus importante production de feuillage a été constaté sur les serre équipées de film plastique thermique avec une moyenne de 9.51 suivie par les fraise conduite au sol sous serre standard, cependant en hors sol les deux traitements ont presque le même nombre de feuilles, avec un léger avantage pour le traitement NFT_EQUILI qui enregistre une moyenne de 6.59.

2.2. Etude comparée de la variation de la production florale du fraisier sous différents modes culturaux

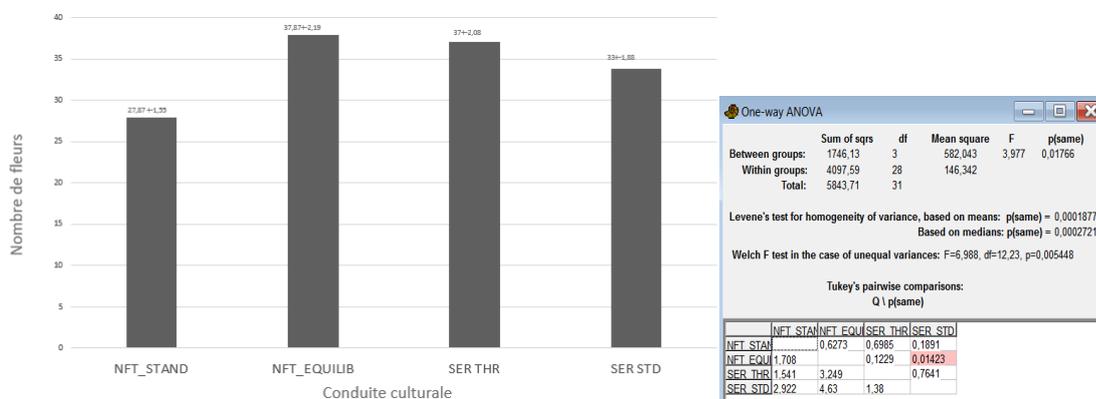


Figure 23 : Comparaison de la production florale du fraisier sous l'effet des modes culturaux

NFT : technique du film nutritif, **STAND** : fertilisation à base de mélange d'engrais liquides, **EQUILIB** : fertilisation à base d'engrais soluble + oligo-éléments en foliaire, **THR** : film plastique thermique, **STD** : film plastique standard.

D'après les résultats observés dans la **figure 23** et l'analyse de la variance One-way ANOVA qui est confirmé par TUKEY nous constatons que les traitements ont un effet significatif sur le nombre moyen de fleurs ($p < 5\%$)

Nous remarquons aussi sur l'histogramme (**Fig. 23**) que les traitements **NFT_EQUILIB** et **SER_THR** ont presque la même production florale, avec un léger avantage pour le traitement **NFT_EQUILIB** qui enregistre un maximum de 37,87, les fraises sous serre standard enregistre une moyenne de 35,14 fleurs, cependant, le minimum a été relevé dans le traitement **NFT_STAND** qui présente un nombre moyen de fleurs de 27,87.

2.3. Etude comparée de la variation de la fructification du fraisier sous différents modes culturaux

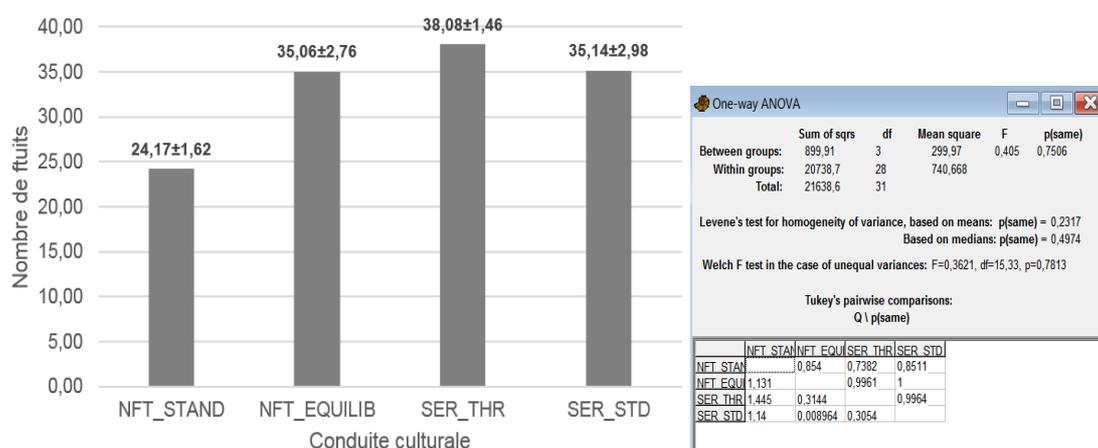


Figure 24 : comparaison de fructification du fraisier sous l'effet des modes culturaux

NFT : technique du film nutritif, **STAND** : fertilisation à base de mélange d'engrais liquides, **EQUILIB** : fertilisation à base d'engrais soluble + oligo-éléments en foliaire, **THR** : film plastique thermique, **STD** : film plastique standard.

La **figure 24** représente l'effet de différents traitements sur le nombre total de fruits, l'analyse de variance de test One-way ANOVA qui est confirmé par TUKEY montre que les différents modes culturaux ont un effet qui est hautement significatif sur la fructification du fraisier ($p < 0.05$). L'histogramme (**Fig.24**) montre que le plus grand nombre de fruits a été signalé sous serre thermique avec 38.08 fruits, le traitement serre **STD** et **NFT_EQUILIB** ont un nombre quasi similaire avec environ 35 fruits, cependant le plus faible nombre de fruits a été remarqué chez les fraises conduite en système **NFT_STAND** avec 24.17 fruits seulement.

Chapitre IV : Discussion

DISSCUSSION GENERALE

L'Algérie se trouve dans la difficulté d'accroître sa production alimentaire au même rythme que celle de l'accroissement de la population. Face à ces circonstances, notre pays a intérêt à augmenter sa production agricole et sa qualité afin de limiter au maximum les importations des produits agricoles qui coûtent au trésor public une enveloppe assez conséquente en devises. Cette augmentation ne peut se faire que par l'intégration de nouvelles techniques de production, mettant ainsi à la disposition de l'agriculteur les moyens nécessaires à cette innovation en lui faisant connaître les techniques nouvelles

D'autres méthodes visant l'amélioration des rendements sont les cultures hydroponiques, dont l'intérêt est de permettre à l'agriculteur de s'installer dans les régions les plus défavorables, là où le sol fait défaut à condition que les substrats inertes soient disponibles ainsi. Cette technique permet aussi l'élimination des problèmes liés aux sols tels que les maladies fongiques.

L'objectif de la présente étude était d'étudier l'effet de différentes sources de fertilisation sur la fraise cultivée en hors sol et de trouver les meilleurs mélanges qui pourrait composer la solution nutritive et aussi de comparer cela à une solution nutritive composée d'engrais d'origine végétale.

Comme nous n'avons pas pu atteindre nos objectifs à cause des mesures sanitaires imposé suite à la pandémie du COVID-19, nous avons essayer de réaliser une étude comparative entre deux systèmes de production à savoir au sol et en hors sol en se basant sur les résultats obtenus par des études antérieurs.

Les résultats obtenus montrent que les différents modes culturaux ont un effet significatif sur les paramètres d'expression végétative, nous remarquons que la culture en sol présente la meilleure production foliaire, contrairement à la culture hors sol qui présente un taux plus faible. Cependant, il faut noter que culture en sol sous abri de film plastique thermique présente la meilleure production des feuilles.

Ce constat conduit à l'hypothèse suivante : la thermicité stimule la croissance des végétaux. Selon JoAnn Peery (2017), Le taux de croissance est dicté par la température quotidienne moyenne. Cette moyenne est déterminée en prenant la température moyenne pendant le jour multipliée par le nombre d'heures de lumière plus la température moyenne pendant la nuit multipliée par le nombre d'heures de noirceur et en divisant ensuite par 24. Chaque culture a une température minimum de base à laquelle elle croîtra à la vitesse maximale pour sa température optimale.

Les résultats obtenus de l'effet du film plastique sur le développement du fraisier, nous ont permis de constater que la floraison, la nouaison et la maturation des plantes

sont supérieurs dans le film plastique thermique par rapport à ceux obtenus dans le film plastique standard. W. Garner et H. A. Allard (1920), montrent que la floraison des plantes est conditionnée par la durée de d'éclairement journalier (photopériode) et introduisent le terme de photopériodisme.

Si les rayonnements solaires fournissent, par la photosynthèse, la biomasse nécessaire pour la croissance, ils interviennent également sur d'autres phénomènes de régulation du développement de la plante dont les plus importants sont :

- ✓ Le photopériodisme, qui peut provoquer un passage à l'état reproducteur en fonction du rythme diurne jour/nuit.
- ✓ La photo-morphogénèse qui est une modification de la structure de la plante en réponse à des stimuli lumineux non directionnels et non périodiques (Zebrowska 1997).

Le film plastique thermique a un effet anti UV qui influe sur le rendement des plants. Cet effet s'exprime dans les résultats obtenus. Jose Chen Lopez (2017), montre que la lumière ultraviolette cause des dommages à l'ADN, réduit le taux de photosynthèse, réduit la floraison et la pollinisation, et affecte le rendement des plants. La lumière ultraviolette A (une sous-catégorie) peut causer l'allongement des plantes. Selon, Krupa et Kickert, (1993), le rayonnement ultraviolet (UV)-B au niveau de la surface de la terre (280-320 nm) et l'ozone (O₃) sont des composantes du climat global et toute augmentation de leurs niveaux peut conduire à des effets néfastes sur la croissance et la productivité des cultures à une grande échelle géographique.

Par contre la culture hors sol enregistre la meilleure production florale et fructification par rapport à la culture en sol ; en effet, la culture hors sol favorise la précocité d'une culture sous serre par rapport à une même culture en sol selon les régions ainsi un producteur peut bénéficier de prix des primeurs. En effet, l'explication de cette précocité est due à un effet de température qui permet un réchauffement plus rapide d'un substrat par rapport au sol en place. Cette élévation de température permettrait un meilleur fonctionnement du système racinaire et un produit de meilleure qualité (Morard., 1995).

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).

En effet, tandis que la terre tend à absorber l'eau et les éléments nutritifs aux dépens de la plante, rendant plus complexe de déterminer la quantité d'eau et d'engrais nécessaire à sa croissance, La culture hydroponique, elle, est tout autre car ces éléments sont dissous et la solution est absorbée par la plante en doses exactes et à des intervalles réguliers (Belbachir ;2016)

Le contrôle de la nutrition C'est le premier résultat positif en culture hydroponique, où nous avons la capacité de contrôler la quantité de nutriments nécessaires à la plante dans les proportions correspondantes à chaque stade de son développement et de vérifier la présence et la quantité de nourriture dissoute dans l'eau (Texier, 2015).

Les atouts de la culture sur substrat ou hors-sol sont à la fois économiques, agronomiques et techniques. Elle permet de fidéliser la main d'œuvre en diminuant la pénibilité du travail. Elle supprime les problèmes liés au sol (fatigue des sols, pathogènes telluriques) et favorise l'utilisation de la protection biologique intégrée de par le confinement des cultures. Enfin, elle permet une meilleure conduite des créneaux de production en favorisant la gestion des facteurs climatiques (température, hygrométrie, CO₂). (Moreau,2014)

Les systèmes de cultures innovants représentent une solution aux problèmes actuels de surutilisations des ressources fossiles en eau et en intrants dans le domaine horticole. Ces systèmes répondent aussi à la demande de plus en plus croissante de production végétale en milieu urbain par des particuliers et des professionnels. Les résultats ont montré des différences significatives entre la hauteur et la qualité des plantes ayant poussé en aéroponie et en culture classique. (Cherrared,2016).

Conclusion

Conclusion

L'objectif de notre travail consistait à étudier les effets des biofertilisants à base végétale sur la stimulation de la croissance, la reproduction et l'état phytosanitaire du fraisier par rapport à une fertilisation à base d'engrais chimiques commercialisés en Algérie et cela dans un système de culture en hors sol type NFT.

Cependant, et suite à la pandémie du COVID-19, nous avons fini par élaborer une étude théorique en réalisant une confrontation des résultats relatifs aux effets de la technique du film nutritif (N.F.T.) par rapport au mode cultural en sol sous serre (SER) sur les paramètres de productions du fraisier

D'après les résultats nous ont permis de signaler que la culture en serre sous abris avec film plastique thermique montre le taux le plus élevé sur la production végétative et les paramètres de production par rapport à celui observé par le système de culture hors sol.

Cette étude a bien montré aussi que le film plastique thermique a un effet très remarquable sur la croissance et la vigueur des plantes comparée au film plastique standard, cet effet a aussi pu être signalé sur les taux de floraison et de fructification, mais aussi sur la précocité comparée au film standard.

Les résultats ont prouvé aussi que la fructification était plus importante au niveau du traitement NFT_EQUILIB, tous ces résultats nous pousse à penser que pour avoir un optimum de rendement et de production végétative, il faudra opter pour un système hors sol sous une couverture de film plastique thermique en utilisant comme solution nutritive celle EQUILIB.

Il serait intéressant par ailleurs d'étudier, d'une part, plus profondément les effets nutritives et biostimulants que peuvent être apporté par ce type fertilisation de façon à déterminer d'une façon plus détaillée la valeur ajoutée de chaque produit ; d'autre part, d'autres travaux pourraient être orientés vers l'étude de l'influence d'autre régies culturales qui peuvent être apportées afin d'améliorer la qualité et la quantité de nos produits agricoles.

Références Bibliographiques

1. ANONYME ,2007 -fertilisation minérale des culture .i.a.v.h rabat Maroc
2. Anon., 2005. Principaux éléments fertilisants. UNIFA Edition 2005. 6 p
3. Adrouche D 2014- laitue hydroponique guide culture légumière, inraa.
4. Boulechraf B 2018 CULTURE HYDROPONIQUE DE L'orge .master univ frere mentouri constantine sp biotechnologie et genomique vegetale 41p.
5. Balemi T., 2009. Effect of phosphorus nutrition on growth of potato genotypes with contrasting phosphorus efficiency. African Crop Science Society. *African Crop Science Journal*, 17(4): 199-212.
6. Benhamou N (2011) Réactions de défense des plantes : notes de cours. *Université Laval*, Québec.
7. (Belbachir, 2018).
8. Chaux Cl. et Foury Cl., 1994 : Productions légumières. Tome III : légumineuses potagères, légumes fruits. Ed. Tec et Doc. Lavoisier. Paris. Pp 145-231.
9. Culture des fraises et des framboises.2018 M.A.P.A du Québec Récupéré de <https://www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/Productions/Production/ Pages/Fraises-framboises.aspx>
10. Cakmakl,yazici AM 2010Magnésium: Composante Oubliée de la Production Agricole/Reprinted and translated from Better Crops with Plant Food, Vol. 94.
11. Cervantes J., (2012). - Culture en intérieur. Mama Edition, 1 rue Pétion 75011 (France). P : 199-203.
12. Danso S.K.A., Eskew D.L., 1984. Comment renforcer la fixation biologique de l'azote. *Bulletin AIEA*, 26(2) : 29-33.
13. Dorais M, Papadopoulos AP, Gosselin A (2001) Greenhouse tomato fruit quality. *Horticultural Reviews* 26: 239-319
14. Dorais M, Papadopoulos AP, Gosselin A (2001) Greenhouse tomato fruit quality. *Horticultural Reviews* 26: 239-319
15. Desjardins, Y. 2003. Fraises et framboises. *Dans* Note de cours Horticulture PTT-12380.
16. Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2010. FAOSTAT. Disoinible sur : <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx> .consulté le 11/09/2020
17. Faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation, Université Laval, Québec, Canada.

18. FAOSTAT (2011) Food and agricultural commodities production. Disponible sur <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>. FAO. Page consultée le 17/09/2020.
19. Guérineau C (2003) La culture du fraisier sur substrat. Ed CTIFL. Ctifl et Ciref, Paris, 165p.
20. Gravel, 2013. Comprendre la physiologie du fraisier et ses besoins, simplement. In : Journées horticoles de St-Rémi. Conférence. S.I. 4 décembre 2013.
21. Hayden, A. L., Yokelsen, T. N., Giacomelli, G. A., and Hoffmann, J. J. (2004). Aeroponics: an alternative production system for high-value root crops. Acta Hort. (ISHS) 207-213.
22. JEANNEQUIN. B, 1992 : Les plastiques en agriculture. ED.C. A. Prévue horticole. 153 – 161 p.
23. Jones, J. J. B. (2005). "Hydroponics A Practical Guide for the Soilless Grower,".
24. Johnston A.E., Steén I., 2000. Understanding phosphorus and its use in Agriculture. European Fertilizer Manufacturers Association. 38 p.
25. Lerot B., 2006. Les éléments minéraux. 34 p.
26. MARSCHNER, H., 1995. Mineral nutrition of higher plants, 2nd Ed.: Academic Press, New York. 277-299.
27. Morard P., 1995. Les cultures végétales hors sol Ed. Lavoisier, 208p.
28. MAXWELL K., 1986. Soil (hydroponie) culture: the past present and future, an Australian viewpoint. Soilless culture, vol.2, n1. 29-34.
29. MORARD P., 1995. Les cultures végétales hors sol Ed. Lavoisier, 208p. Développent, génétique et amélioration Ed Lavoisier p 75-78.
30. Nette progression de la production de la fraise. 11 Mai 2010 ... La création de l'ITCMI a permis, selon ce spécialiste, de propager la culture de la fraise.
31. Nishina H., 2015- "Development of Speaking Plant Approach Technique for Intelligent Greenhouse," Agriculture and Agricultural Science Procedia, vol. 3, pp. 9-13, 2015.
32. (Osman A.M, 1971).

33. Parent, Gendreau, Léveillé, Dupéré, Guilmain, Lampron, Lemay, Levert, Normandeau, Raymond, Thériault et Lambert, 2000. *La culture des fraises en serre : guide de production*. décembre 2000. S.I. : CIDES.
34. Parent S (2003) Les systèmes de culture de fraises en climat nordique. *Semaine Horticole*, St-Hyacinthe. 5p.
35. Raynal-Lacroix C, Carmentos V (1992) Nutrition des fraisiers remontantes. *Infos-Ctifl* 78: 31- 36.
36. Sarraf, 2011. *Optimisation de la fertilisation des fraisier remontants cultivés hors-sol*. Maîtrise en biologie végétale. Québec : Université Laval. P74.
37. RABIB M. et LIETH J.H., 2008. Signification of soilless culture in agriculture. Ed.
38. SNOUSSI, SA, 1980 : caractérisation de quelques substrats disponible dans la région d'Alger en vue de leurs utilisations en cultures hydroponiques. Thèse Ing Agro INA. Alger. p67.
39. Soilless Culture: theory and practice. Elsevier, Amsterdam, p1-11.
40. Savvas, D., Gianquinto, G., Tuzel, Y., and Gruda, N. (2013). "Soilless culture." FAO, Rome.
41. schachtman D.P., Reid R.J., Ayling S.M., 1998. Phosphorus Uptake by Plants: From Soil to Cell. *Plant Physiology*, 116 : 447-453 .
42. Stroia C., 2007. Etude de fonctionnement de l'écosystème prairial en conditions de nutrition N et P sub limitantes. Application au diagnostic de nutrition.
43. Thèse de Doctorat. Institut National Polytechnique de Toulouse, Université de Sciences Agricoles et Médecine Vétérinaire de Banat Timișoara. Spécialité : Fonctionnement des Ecosystèmes et Agrosystèmes. 256 p.
44. Texier w., (2015).- L'Hydroponie pour tous - Les dix clés de l'horticulture à la maison - Mini édition Broché.
45. YVES, 2008. In : OUARET W., 2013. Etude de substrats pour la production de la tomate en hors sol. Thèse Ing. Nat. Agro., EL-HARACH. 135p.
46. Zerkout M., (2015). Essai de valorisation des eaux usées traitées en cultures hydroponiques. Thèse de Master, Production Végétal et Système Expert en

Référence

Agro pédologie, Faculté des sciences : Filières sciences agronomiques,
Université 20 aout 1955- Skikda, 1-38 p.
47. (Zidane, 1989 ; Schvartz et *al*, 2013)..