République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université SAAD DAHLEB - Blida 1 -

Faculté Des Sciences de la Nature et de la Vie

Département de Biotechnologie

MÉMOIRE

En Vue de l'obtention du Diplôme de Master 2 en Science de la Nature et de la Vie

Spécialité : Biotechnologie et valorisation des plantes

Essai de culture biologique du fraisier et analyses des fruits

Soutenu publiquement le : 01 / 07 / 2018

Par :

EDDALIA Yasmine

FAIDIA Abir

Devant le jury composé de :

Mme OUTTAR F.	MCB	USDB	Présidente
Mme GHANAI R.	MAA	USDB	Examinatrice
Mme MOUMENE S.	MCA	USDB	Promotrice

Promotion 2017/2018

Remerciements

Nous remercions en premier lieu Dieu le tout puissant pour son aide et pour nous avoir donné volonté, courage et patience,

Nous adressons aussi un vif remerciement à Madame Moumene, professeur à la faculté de biotechnologie de l'Université Saad Dahleb Blida, pour l'honneur qu'elle nous a accordé en nous encadrant et pour nous avoir guidés de son mieux pour l'accomplissement de ce travail,

Nous tenons à remercier vivement Madame Outtar, présidente du jury et Madame Ghanai, examinatrice, d'avoir accepté de présider et d'examiner cet humble travail,

Nous remercions aussi la directrice de l'INPV de Boufarik, Madame Amel Ababsia,ainsi que Madame Sadek Dounia et Madame BenchikhKhadidja pour l'aide apportée au sein de l'établissement.

Sincères remerciements à Madame Djezzar Hayat pour sa contribution dans notre travail.

Nous exprimons notre profonde sympathie à l'ensemble du personnel du laboratoire de Danone,

Enfin, un grand merci à toute personne ayant contribué à l'accomplissement et l'aboutissement de ce modeste travail.

Merci

Dédicaces

À la lumière de mes yeux, l'ombre de mes pas et le bonheur de ma vie, ma mère, qui m'a toujours apporté appui durant toutes mes années d'études, pour son sacrifice et son soutien qui m'ont donné confiance, courage et sécurité,

À mon cher père, qui m'a appris le sens de la persévérance tout au long de mes études, pour son sacrifice, ses conseils et ses encouragements,

À mes frères qui m'ont toujours soutenu

À mon fiancé et ma belle-famille,

À ma famille qui a toujours été présente pour moi,

À tous mes amis et collègues sans exception.

FAIDIA Abir

Dédicaces

À la lumière de mes yeux, l'ombre de mes pas et le bonheur de ma vie, ma mère, qui m'a toujours apporté appui durant toutes mes années d'études, pour son sacrifice et son soutien qui m'ont donné confiance, courage et sécurité,

À mon cher père, qui m'a appris le sens de la persévérance tout au long de mes études, pour son sacrifice, ses conseils et ses encouragements,

À ma sœur Faiza, ma confidente, je te remercie pour tout ce que tu fais pour moi, tu es une seconde mère pour moi,

Àmes cousines Mahdia et Fatima, qui ont su me comprendre, m'aider et me soutenir tout au long de mon cursus universitaire,

À ma famille qui a toujours été présente pour moi,

À tous mes amis et collègues sans exception.

EDDALIA Yasmine

Essai de culture biologique du fraisier et analyses des fruits

Résumé

Le présent travail vise l'étude de l'effet biostimulant de deux isolats de *Trichoderma* spp. d'Algérie sur la production d'une culture biologique, en pots et sous serre de jeunes plantules certifiées de la variété « Anabelle » de fraisier (*Fragaria ananassa*). Les traitements sont représentés par les suspensions conidiennes de l'ordre de 10^9 conidies/ml pour chacun des deux isolats appliqués séparément par mycorhization et par arrosage. L'essai de culture a été suivi durant 5 mois à l'INPV de Boufarik. L'évaluation de la production des plants traités selon chaque mode a été basée sur la détermination du nombre, du poids et du calibre du fruit. Les critères de qualité des fruits produits ont été basés sur l'analyse physico-chimique et biochimique de leur jus où plusieurs paramètres ont été déterminés tels que le pH, la teneur en vitamine C, la teneur en polyphénols et le taux de sucres solubles (en Brix).Ces analyses ont été réalisées aux deux laboratoires respectifs de l'Université Saad Dahleb et de Danone. Les résultats ont prouvé l'effet biostimulant des isolats de *Trichoderma* spp. (notamment l'isolat T2) sur la production en nombre de fruits et une augmentation de leur poids et de leur calibre selon le mode de traitement par arrosage. Aussi, il s'est avéré que la production des fruits traités était prolongée contrairement aux plants témoins. Les fraisiers traités étaient plus vigoureux et d'apparition saines comparés aux témoins. L'extrait sec et le pH des fruits n'ont pas été affectés par les traitements à base de *Trichoderma* spp. testés. Cependant le mode d'application par mycorhization a nettement augmenté la teneur en sucres solubles des fruits. Il est donc important de rappeler l'augmentation en polyphénols et en vitamine C des fruits sous l'effet des deux modes d'application des deux isolats de *Trichoderma* spp. Dans ce sens, on recommande l'utilisation de l'isolat T2 de *Trichoderma* sp. pour une meilleure production en nombre de fraises et pour des fruits plus riches en vitamines c et en polyphénols selon le mode par mycorhization.

Mots clés : *Trichoderma* spp.,/*Fragaria* x *ananassa* var. Anabelle/ Culture biologique,

Production/Qualité des fruits.

اختبارزراعةالفراولةالعضويةوتحليلالفاكهة

ملخص

يهدفهذاالعملإلىدراسةالتأثيرالحيويالحيويلعزلينمنTrichoderma spp.
الجزائرعلىإنتاجمحصولبيولوجي،فيالأوانيوتحتالصوبةمنالشتلاتالصغيرةالمعتمدةمنصنف "Anabelle" منالفراولة (Fragaria ananassa). العلاجاتالتيتمثلهاالمعلقاتالقفويةلأمرمن 109 conidia / ml لكلمنالعزلينالمعزولينبشكلمنفصلعنطريقmycorhizationوعنطريقالري.
تمرصداختبارالثقافةلمدة 5 أشهرفيINPV Boufarik.
يستندتقييمإنتاجالنباتاتالمعالجةوفقًالكلطريقةعلىتحديدعددالثماروزنهاوحجمها.
تستندمعاييرالجودةللفاكهةالمنتجةعلىالتحليلاتالفيزيوكيميائيوالكيميائيالحيويلعصائرها،حيثتمتحديدعدةعوا ملمثلالرقمالهيدروجينيومحتوىفيتامينCومحتوىالبوليفينولومحتوىالسكرالقابلللذوبان (أجريتهذهالتحليلاتفيمختبرجامعةسعددحلبودانون. أظهرتالنتائجالأثرالحيويلعزل Trichoderma spp،بمافيذلكالعزلةT2علىإنتاجعددالفاكهةوزيادةالوزنوالحجمتبعالنمطمعالجةالري.
أيضا،اتضحأنإنتاجالفواكهالمعالجةتمإطالةأمدهعلىعكسمحطاتالتحكم.
كانتالفراولةالمعالجةأكثرقوةوصحةفيالمظهرمقارنةًبالضوابط.
لميتأثرالمستخلصالجافودرجةالحموضةمنالثماربـTrichoderma spp. اختبارها.
ومعذلك،فإنطريقةالتطبيقمنقبلmycorrhizationقدزادتبشكلكبيرمنمحتوىالسكرالقابللللذوبانفيالفواكه.
ولذلكمنالمهمأننتذكرالزيادةفيالبوليفينولوفيتامين (ج)
منالفواكهتحتتأثيروضعيتطبيقاثنينمنعزلاتTrichodermaالنيابة.
فيهذاالمعنى،فإناستخدامT2عزلTrichoderma sp.
لإنتاجأفضلفيعددمنالفراولةوالفاكهةالغنيةفيالفيتامينا تجوالبوليفينولوفقاللوضععنطريق mycorhization.

الكلماتالمفتاحية: .Trichoderma spp، Fragaria ananassa var /Annabel/
الزراعةالعضوية، إنتاج / جودةالفواكه

Organic Strawberry Cultivation and Fruit Analysis

Abstract

The present work aims to study the biostimulant effect of two isolates of *Trichoderma* spp. of Algeria on the production of a biological crop, in pots and under greenhouse of young seedlings certified of "Anabelle" strawberry (*Fragariaananassa*) variety. The treatments represented by the conidial suspensions of 10^9 (conidia/ml) of each two isolates applied separately by mycorhization and by watering. The culture test was followed for 5 months at Boufarik's INPV. The evaluation of the production of the plants treated according to each mode was based on the determination of the number, the weight and the size of the fruit. The quality criteria of the fruits produced were based on the physico-chemical analysis of their juice, where the pH, the vitamin C content and the level of soluble sugars (Brix). These analyzes were performed in two laboratories at University of SaadDahleb and Danone. The results revealed the biostimulant effect of *Trichoderma* spp. isolates, including the T2 isolate on fruit number production and an increase in their weight and size depending on the watering treatmenmode.

It was also found that fruit production was as prolonged as in control plants. Treated strawberries were more vigorous and healthy in appearance compared to controls The dry extract and pH of the fruits were not affected by *Trichoderma* spp. tested isolates. However the mode of application by mycorrhization has significantly increased the soluble sugar content of the fruits. It is therefore important to remember the increase in polyphenols and vitamin C of fruits under the effect of the two modes of application of the two isolates of *Trichoderma*spp. In this sense, the use of T2 *Trichoderma* sp. isolate is recommended for better strawberry production and fruit richer in vitamin C and polyphenols, depending on the watering mode.

Key words:*Trichoderma* spp., *Fragariaananassa* var. Anabelle, Organic farming, Production, fruits quality.

Liste de figures

Figure 01 : Les maladies fongiques du fraisier.

Figure 02 : Maladie bactérienne.

Figure 03 : Les cinq sections systématiques de *Trichoderma*

Figure 04 : Aspect morphologique d'un conidiophore de *Trichoderma longibrachiatum* (Samuels et *al,* 1994**).**

Figure 05 : Serre expérimentale de la station régionale de l'INPV de Boufarik.

Figure 06 : Plantules d'un fraisier .

Figure 07 : Dispositif expérimental de l'essai biologique du fraisier sous serre

Figure 08 : Fruits traités par l'isolat T2 par *Trichoderma* sp.

Figure 09 : Nombre de fruits en fonction des différents modes d'application (a) et leurs types de traitements (b).

Figure 10 : Poids des fruits traités selon les modes d'application.

Figure 11 : Poids en fonction des différents modes d'application (a) et leurs types de traitements (b).

Figure 12 : Calibre des fruits traités selon les modes d'application

Figure 13 : Calibre en fonction des différents modes d'application (a) et leurs types de traitements (b)

Figure 14 : pH en fonction des différents modes d'application (a) et leurs types de traitements (b).

Figure 15 : Teneurs en fonction des différents modes d'application (a) et leurs types de traitements (b).

Figure 16 : Teneurs en sucres en fonction des différents modes d'application (a) et leurs types de traitements (b)

Figure 17 : Extrait sec en fonction des différents modes d'application (a) et leurs types de traitements (b).

Figure 18 : Teneurs en polyphénols totaux en fonction de différentes modes 'application et leurs types de traitements.

Figure 19 : Teneurs en vitamine C des fruits produits en fonctions des différents modes d'application et leurs types de traitements.

Figure 20 : Comparaison entre le pot témoin attaqué par les Noctuelles(a) et le pot traité (b).

Liste des tableaux.

Tableau01 : Les principales maladies de fraisier.

Tableau02 : Composition nutritionnelle des aliments.

Tableau03 : Les différentes variétés de fraises.

Tableau04 : Préparation de la gamme d'étalonnage d'acide ascorbique.

Références Bibliographique

INTRODUCTION

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

MATERIELS
ET
METHODES

RESULTATS
ET
DISCUSSION

CONCLUSION

ANNEXES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

INTRODUCTION

La fraise biologique est de plus en plus appréciée par le consommateur et par l'industrie alimentaire. Aucune autre culture n'a présenté des techniques de production qui changent aussi rapidement. Pour cette raison, la fraise exige d'excellentes connaissances professionnelles régulièrement actualisées ainsi qu'un bon flair.

La deuxième édition de «Fraises biologiques» présente de nouvelles techniques. Un calendrier des techniques culturales permet de saisir l'organisation des travaux en un coup d'œil. La partie phytosanitaire en quadrichromie facilite le diagnostic des maladies et ravageurs et informe sur les moyens de maîtrise de la fraise biologique. La production de la fraise, selon le bilan de la FAO, a presque doublé en plus de 15ans : Elle a atteint 2 251 000 tonnes en 1990 et 9 118 336 tonnes en 2016 (source FAO stat 2016) . En Algérie, cette culture demeure importante dans les régions de Skikda et Jijel avec une production de 10.000 tonnes de variétés de fraises durant la compagne 2015-2016 (FAO 2016).

La fraise est l'un des fruits qui contient le plus de vitamine C. Comme tous les fruits rouges, elle est dotée d'un excellent pouvoir antioxydant de composés phénoliques significativement supérieurs et est peu calorique. Actuellement, nos fruits sont dosés de produits chimiques tels que les pesticides, qui peuvent engendrer beaucoup de dangers sur la santé du consommateur comme l'apparition de cancers, perturbations du système endocrinien, immunitaire et neurologique. Il n'est pas question de se priver de fruits, ce qui pourrait être encore plus mauvais pour notre santé .La très grande majorité des études démontrent que les fruits sont des armes redoutables contre le développement de maladies cardiaques et de certains cancers. En outre, ces aliments sont riches en bons nutriments indispensables à l'organisme, à savoir : les fibres, les vitamines, les minéraux et les antioxydants. De nos jours, il est préférable de privilégier les produits bio afin de limiter les effets néfastes sur notre santé.

Dans une perspective de recherche de solutions alternatives à l'utilisation des amendements chimiques et des pesticides dans le cadre du développement durable, l'utilisation des microorganismes s'avère très prometteuse pour assurer une bio stimulation de croissance et du rendement de la culture ainsi qu'une protection phytosanitaire performante (Chougar, 2011). Les champignons du genre *Trichoderma* ont des propriétés antagonistes envers un large spectre d'agents phytophathogènes, aussi bien telluriques (Ouazzani-Touhami et *al*. 1994) que foliaires .Ces champignons ont des effets biostimulants sur la croissance des plantes et sont les plus rapporté par la bibliographie (Hmouni et *al*. 1999).

Dans ce contexte, notre étude repose sur un essai de culture biologique du fraisier sous l'effet

d'utilisation des isolats de *Trichoderma* spp. issus de la Mycotheque de Dr Saida Moumen enseignante de Biotechnologie de l'Université de Blida. Cet essai biologique vise l'évaluation selon l'effet biostimulant des deux isolats algériens de *Trichoderma* spp. *(T1 et T2)* sur la production et la qualité des fraisiers (fragaria) en conformité des deux modes d'application (arrosage et mycorhization).

Une comparaison entre les résultats des analyses physico-chimiques et biochimiques des échantillons de fraisiers traités et ceux des fraisiers témoins a été faite lors de cette étude.

II. MATERIELS ET METHODES

Notre expérience a duré cinq mois, de janvier à juin. La plantation et la culture du fraisier ont débuté le 14/01/2018 sous serre expérimentale de la station régionale de l'institut naturel de la protection des végétaux (INPV) de Boufarik (wilaya de Blida).

Elle consiste à la mise en culture de plantules de fraises en pots soumises aux différents traitements T1 et T2 de *Trichoderma* spp. selon deux modes d'application.

Les plantules ont été récupérées d'un importateur. Elles sont de variété Anabelle(Annexe 01) (*Fragaria x ananassa*) ; originaire d'Europe et sont au stade 3 feuilles

L'étude a pour objectif l'évaluation de l'effet bio stimulant des isolats algériens de *Trichoderma* spp. sur la production et la qualité de la culture des fraises.

Les analyses physico –chimiques et biochimiques des fruits traités ont été réalisées au Laboratoire de contrôle de qualité Danone (Djurdjura site Blida) et au laboratoire de recherches de biotechnologie des plantes médicinales et aromatiques à l'université de Saad Dahleb à Blida.

L'essai de la culture a été suivi par les paramètres de croissance et de rendement suivants :

1. nombre des fruits traités (fraises).
2. poids des fruits traités (fraises).
3. calibre des fruits traités (fraises).

2.1 Matériel biologique

Le matériel biologique est représenté par un matériel végétal et un matériel fongique.

Figure05 : Serre expérimentale de la station régionale de l'INPV de Boufarik.

2.1.1 Matériel végétal

Les fraises de l'étude ont été cultivées sous serre.Le matériel végétal est constitué d'un ensemble de plantules de fraisiers (65pots)de la variété Anabelle (*Fragaria x ananassa*).Les échantillons de fraises analysés proviennent de différents pots (T1 ; T2), et T.

Figure 06 : Plantules du fraisier

La récolte a été réalisée en un seul passage par semaine. Les fruits ont été triés par appréciation visuelle selon le calibre (diamètre supérieur à 25 mm) et l'aspect extérieur (déformation, couleur hétérogène, problèmes sanitaires, etc.).

2.1.2 Matériel fongique

Le matériel fongique est représenté par deux isolats de *Trichoderma* spp., issu de la Mycothèque de Madame Moumene ,collecté de différentes régions d'Alger (Communication personnelle)et ayant déjà fait l'objet de nombreux travaux de mémoires de fin d'études dont celui de Labdi (2008),Hamlaoui (2009), Saadoune (2011) et d'une publication internationale sur l'effet éliciter de deux isolats de *Trichoderma* spp. sur la culture en pots de trois variétés de tomates (Messgo-Moumene et *al* ., 2013 ,2016). Les isolats purifiés et conservés à l'abri des contaminations ont été produits en masse sur milieu PDA et incubés à 28°C. (Messgo-Moumene et *al*. 2015)

2.2 Étude de l'effet biostimulant des deux isolats de *Trichoderma* spp.

2.2.1 Installation de la culture et mode de traitements

Les deux isolats T1 et T2 de *Trichoderma* spp, ont été cultivés sur milieu PDA et incubés à 28°C pendant 5 jours à l'obscurité et 5jours à la lumière afin de favoriser leur sporulation.

Des suspensions conidiennes ont été préparées en raclant la surface de ces cultures immergées avec l'eau distillée. Les filtrats ont été obtenus en passant les suspensions à travers quatre couches de gaz stériles .Les taux de sporulation ont été déterminés pour chaque filtrat d'isolat concentré, à l'aide de la cellule de Malassez sous microscope optique. Par la suite, les concentrations ont été ajustées par de l'eau distillée stérile à 10^9 spores/mL (Caron et *al*. ,2002)

L'essai de culture biologique du fraisier a été réalisé en pots et sous serre, sous l'effet de *Trichoderma* spp . Ce dernier a nécessité l'installation de la culture de nombreux traitements de ces isolats fongiques.

Deux modes de traitements ont été retenus pour notre étude :

1) Mycorhization des plantules de fraises débarrassées de leur substrat de germination dans les suspensions conidiennes pendant deux heures, lors de leur transplantation, deux semaines après la levée. Les plants témoins ont subi un trempage des racines dans l'eau stérile au lieu de la suspension conidienne. Les plantules ont, par la suite, été transplantées à raison d'un plant par pot, dans un substrat constitué d'un mélange de 2/3 de sol non exploité et de 1/3 de tourbe (Campobello et *al*. 2002),à une profondeur de 5 à 6 cm.

2) Arrosage des plants de fraisiers par des suspensions conidiennes des deux isolats de *Trichoderma* spp. (T1, T2) à une concentration de 10^9conidies/ml séparément à raison de 20 ml par pot et par isolat, en somme de quatre arrosages durant deux mois avant la floraison.

L'ensemble des pots a été placé dans une serre expérimentale à la station régionale de l'INPV de Boufarik.

Le protocole expérimental a été conçu en blocs aléatoires complets sous serre. Le dispositif expérimental est représenté par 65 pots repartis en 13 pots dans chaque répétition, avec 12 répétitions pour chaque souche et un plant par pot .L'arrosage était effectué tous les matins chaque deux jours à l'aide d'eau du robinet. Cette fréquence d'arrosage est suffisante pour une culture de fraise en pots car le drainage est faible. (Figure 07)

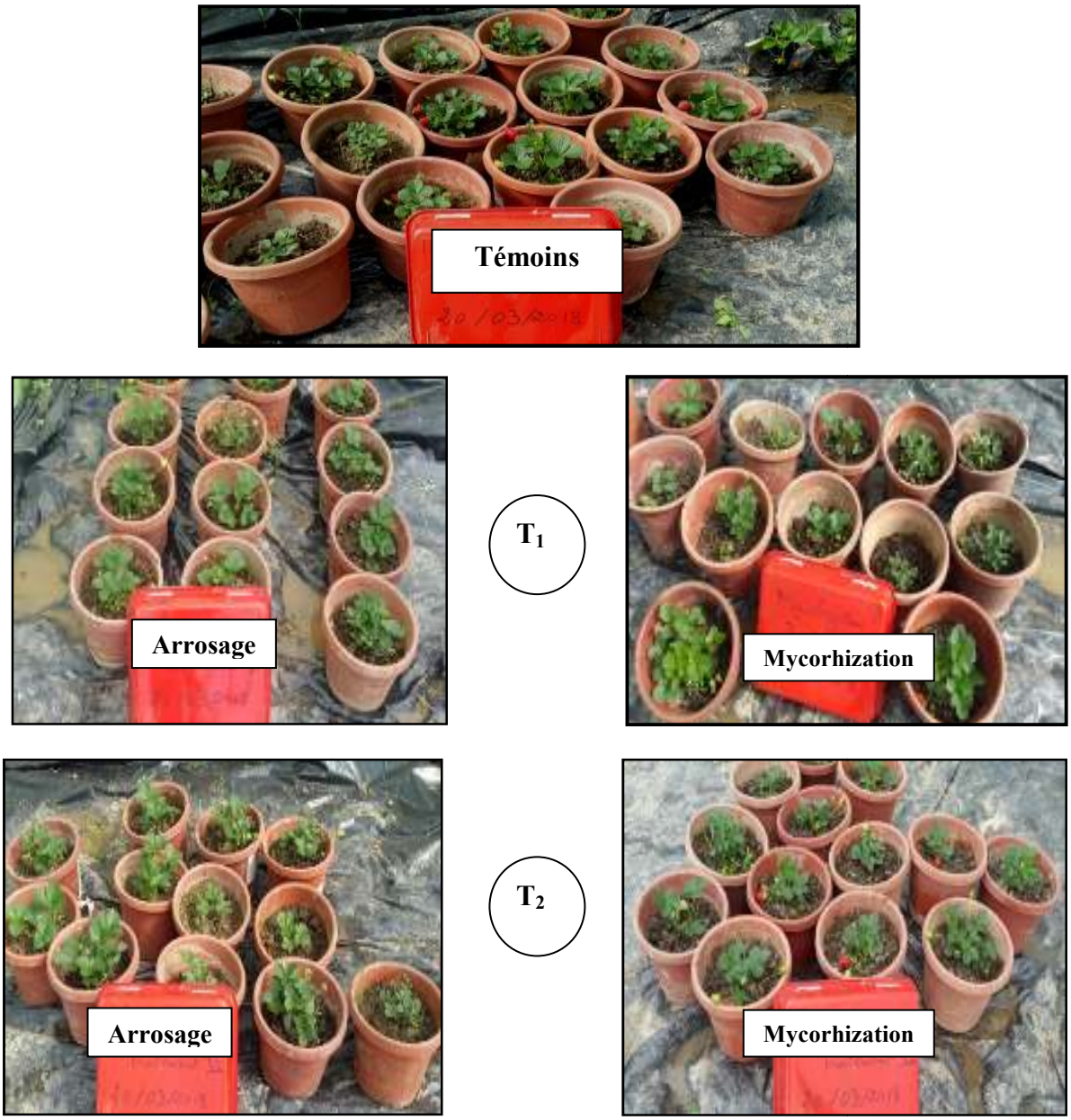


Figure 07 : Dispositif expérimental de l'essai biologique du fraisier sous serre.

Signification :

T1 : traitement à base de l'isolat T1 de *Trichoderma* sp.

T2 : traitement à base de l'isolat T2 de *Trichoderma* sp.

2.3. L'effet des isolats de *Trichoderma* spp. sur la qualité des fruits

2.3.1. Détermination du pH

Les pH des jus de fraises produits ont été mesurés à l'aide d'un pH mètre calibré par des solutions tampons de pH=4 et pH=7.La méthode consiste à plonger deux sondes dans l'échantillon à raison de 2 cm de profondeur et les maintenir sur le support.

Les valeurs sont lues directement sur le pH mètre, elles sont présentées sous forme de tableau (Annexe 02).

2.3.2. Taux de sucre soluble

La teneur en sucre a été évaluée au refractomètre numérique (exprimée en °Brix). Cette méthode consiste à déposer une goutte de jus de fraises filtré sur la lentille de l'appareil. La valeur s'affiche ainsi directement sur l'écran. (Annexe 03)

2.3.3. Dosage d'extrait sec

- **Principe**

Dessiccation par infrarouge. Rayonnement d'une quantité déterminée par 2g de fraises.

- **Mode opératoire**

1. -Poser la coupelle en aluminium sur le dessiccateur.
2. -Tarer la balance
3. -Peser 2g de l'échantillon à analyser
4. -Fermer le dessiccateur rapidement pour que l'humidité de l'air ne soit pas au contact du jus de fraises.
5. -Lancer la dessiccation en appuyant sur la touche STAR.
6. -Cet appareil s'arrêtera automatiquement et affichera le résultat directement.

Les résultats des variations d'extrait sec sont exprimés en % et sont présentés sous forme de tableau (Annexe 04).

2.3.4. Dosage de la vitamine C

Le dosage de la vitamine C a été réalisé par la méthode spectrophotométrique. Cette méthode consiste à préparer une gamme de dilutions à partir d'une solution mère d'acide ascorbique de concentration connue. L'absorbance des solutions diluées est mesurée ensuite pour chaque tube .

La préparation de la solution mère d'acide ascorbique de 10 mm consiste à dissoudre 0,0176 g d'acide ascorbique dans 100 ml d'eau distillée froide à pH=5.Par la suite, trois gouttes d'acide phosphorique sont ajoutées pour stabiliser l'acide ascorbique dans sa forme réduite. On effectue différentes dilutions dans 4 tubes à essai à partir de la solution mère selon le tableau ci-dessous :

Tableau : Préparation de la gamme d'étalonnage d'acide ascorbique.

Numéro de tube	**1**	**2**	**3**	**4**
Volume de la solution d'acide ascorbique (ml)	**0**	**0.2**	**0.5**	**0**
Volume d'eau distillée (ml)	**10**	**9.8**	**9.5**	**10**
Concentration finale en acide ascorbique (mMol)	**0**	**0.2**	**0.5**	**0**

Ensuite, 0.2 g de jus de fraises a été prélevé de chaque échantillon étudié (T1, T2, T), après leur dilution avec 20 ml d'eau distillée. Nous avons mesuré chaque densité optique avec le spectrophotomètre. La densité optique de l'acide ascorbique est mesurée à 245 nm dans une cuvette en quartz contre un blanc réactif à l'aide d'un spectrophotomètre. Voir Annexes 05 et 06

2.2.5. Dosage des polyphénols totaux

a) Principe

La quantification des polyphénols totaux est réalisée par une méthode à base de Folin Ciocalteu,. Ce réactif est constitué d'un mélange d'acide phosphotungstique (H3PW12O40) et l'acide phosphomolybdique (H3PMO12O40). Il est réduit lors de l'oxydation des phénols en un mélange d'oxyde bleu de tungstène et de molybdène.

La coloration produite, dont l'absorption maximum est 750 nm. Elle est proportionnelle à la quantité de polyphénols présente dans des extraits végétaux (Ardestani et *al*. 2007)

b) Mode opératoire :

- 0.1 ml de l'échantillon de chaque extrait acqueux est mélangé avec 2ml d'une solution de carbonate de sodium à 2%.
- Agitation des tubes au vortex ;
- Laisser agir pendant 5min à température ambiante ;
- Ajout de 100 µl de réactif Folin Ciocalteu à 0,2N ;
- Incubation pendant 30 min à température ambiante et à l'abri de la lumière
-La lecture se fait à 750 nm contre le blanc.

Une courbe d'étalonnage est réalisée en parallèle dans les mêmes conditions opératoires en utilisant l'acide gallique comme contrôle positif à différentes concentrations initiales.

2.4. Analyse statistique

Des analyses statistiques ont été effectuées au moyen du logiciel SYSTAT vers.7 afin de vérifier une éventuelle efficacité des traitements à base de *Trichoderma* sur l'effet biostimulant, sur les critères de qualité et sur les critères nutritionnels des fruits (fraises), selon les deux isolats et les variétés testées. En déterminant la variance, à l'aide du GLM (General Linear Model) des différences ont été considérées comme significatives pour un $P < 0,05$ (Philippeau, 1989).

III. Résultats et discussion

3.1. L'effet biostimulant de *Trichoderma* spp. sur la production de fruits (fraises)

3.1.1. Rendement en nombre de fruits

La production de fraises a montré une variabilité dans le nombre de fruits selon les traitements et leurs modes d'application

Figure 08 : Fruits traités par l'isolat **T_2** par *Trichoderma* sp.

L'analyse de la variance du nombre de fruits produits par leurs plants a montré une légère différence significative selon les traitements ($P= 0.054$; $P\leq 0.05$) mais une différence non significative a été décelée selon les modes d'application ($P=0.254$; $P>0.05$) (Annexe07).

En effet, l'isolat T_2 a induit une production plus élevée en fruits (9 fruits) que celui de l'isolat T_1 (6 fruits) et les plants témoins (5 fruits).

Cependant le nombre de fruits produits selon les deux modes de traitement était similaire aux fruits témoins voisin de 6 fruits (Figure 09).

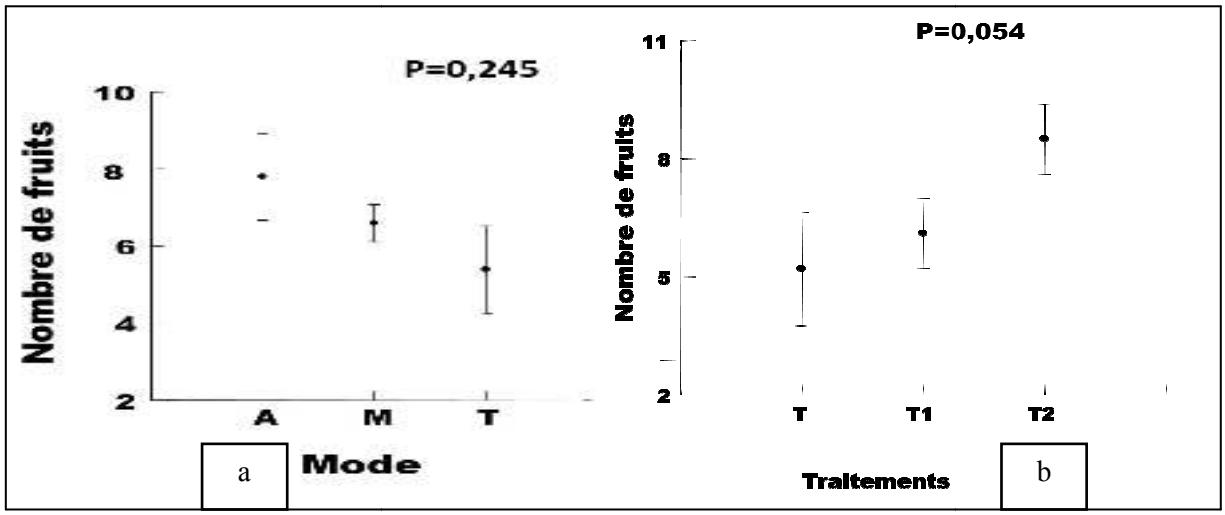


Figure 09: Nombre de Fruits en fonction des différents modes d'application (a) et leurs types de traitements (b).

En conclusion, seul l'isolat T_2 de *Trichoderma* sp.d'Algérie a montré un faible effet sur le rendement en nombre de fraises.

Dans ce sens, les travaux de Datnoff et *al*. (1995) coïncident avec nos résultats. Ces derniers ont montré que l'utilisation du produit biologique à base de *T*. harzianum n'a pas d'effet significatif sur le rendement de la tomate.

3.1.2. Rendement en poids de fruits

Les deux isolats de *Trichoderma* spp. n'ont pas montré de variabilité sur le rendement en poids des fruits selon les modes d'application

Figure 10 : Poids des fruits traités selon les modes d'application

L'analyse de variance du poids de fruits produits par plants a montré une différence significative que selon les modes d'application (P= 0.018 ; P<0.05) (Annexe 08).

Cependant une différence non significative a été enregistrée selon les traitements (P=2.55 ; P>0.05) (Annexe 08).

Aussi, le poids d'un fruit traité par arrosage semble être plus élevé(17 g) (Figure11) que celui du plant traité par mycorhization et celui du plant témoin (10 g) (Figure11).

Cependant, le poids du fruit traité n'a pas montré une variabilité entre les deux isolatsT_1 et T_2 de *Trichoderma* spp. ; de même pour les fruits témoins. Le poids du fruit traité est compris entre 12g et 13g (Figure11).

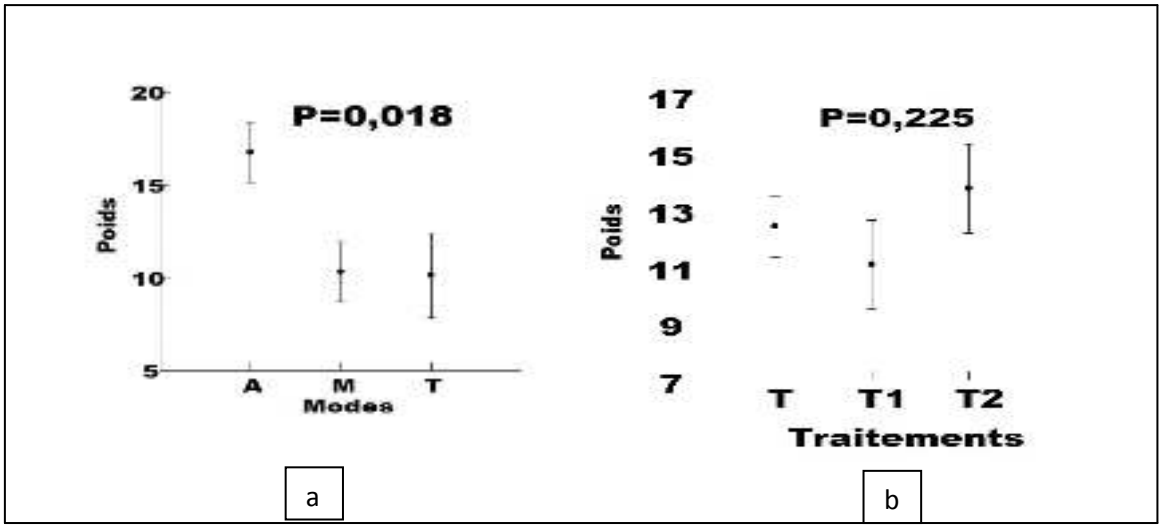


Figure 11 : Poids en fonction des différents modes d'application (a) et leurs types de traitements (b).

Les deux isolats de *Trichoderma* spp. d'Algérie n'ont montré aucun effet sur le rendement en poids de fraises inoculées. En revanche, les travaux de Gravel et *al*. (2005) ont confirmé une augmentation significative du poids des plantules de tomates ainsi que le rendement commercialisable en serres chez les plants de tomates avec une souche du *T. atrorivide*P.Karst .

.

3.1.3. Le calibre du fruit

Le calibre des fruits produits sous l'effet des isolats T1 et T2 de *Trichoderma* spp. et ceux des témoins sont similaires. Par contre, l'arrosage a induit une augmentation du calibre des fruits.

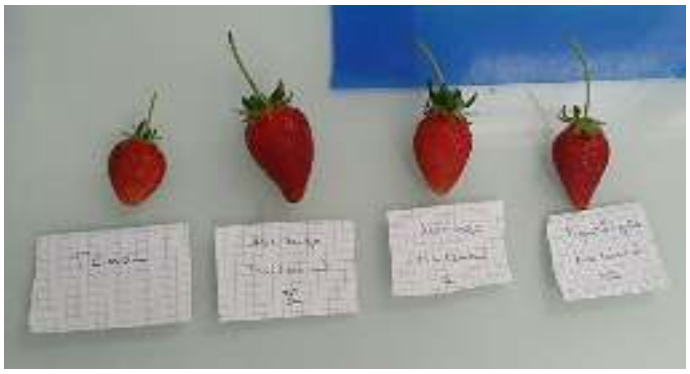


Figure 12 : Calibre des fruits traités selon les modes d'application

L'analyse de variance de la taille des fruits produits a montré des différences significatives que selon les modes d'application (P=0.019 ; P<0.05) (Annexe 09).Cependant, une différence non significative a été révélée selon les deux traitements à base de *Trichoderma*(T_1 et T_2) (P=0.477 ; P>0.05) (Annexe 09).

Aussi les fruits traités par les deux isolats (T1 et T2) et ceux des témoins ont montré le même calibre de (4 cm) (Figure13).

Par ailleurs, la production de fruitsa montré des variabilités de fruits que selon les deux modes d'application : l'arrosage a révélé un calibre des fruits traités plus grand (4.5cm) (Figure 13) par rapport aux fruits traités par mycorhization (3.75 cm) et aux fruits témoins (3.5) (Figure13).

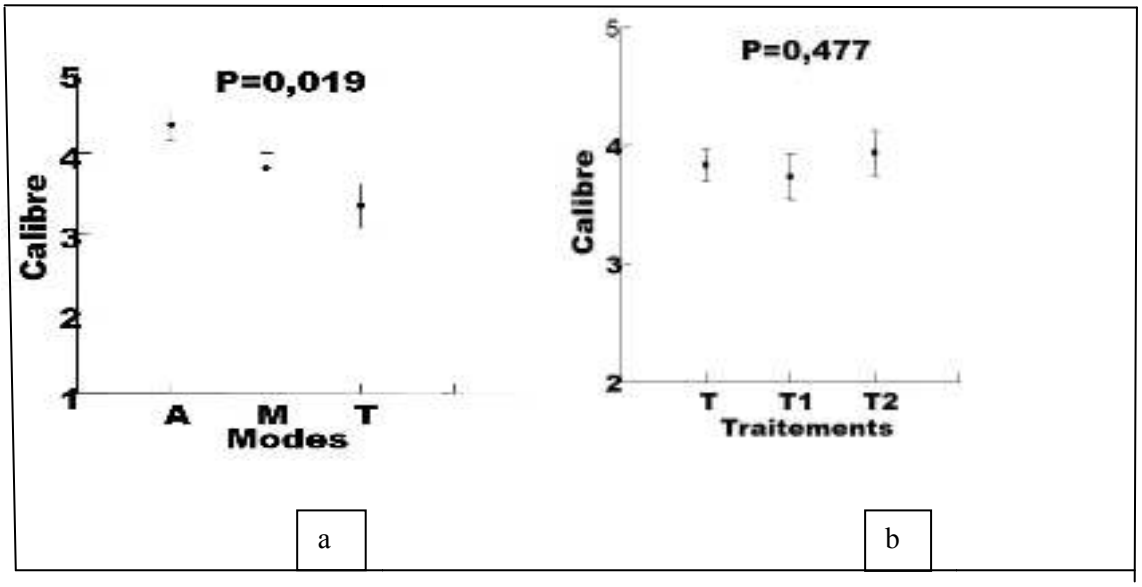


Figure 13 : Calibre en fonction des différents modes d'application (a) et leurs types de traitements (b).

Les deux isolats de *Trichoderma* spp. d'Algérie n'ont pas induit une variabilité sur le calibre des fruits contrairement aux travaux Laperai carone (2003) qui ont montré que, la présence de *Trichoderma* dans les racines permet la production de fruits d'un bon calibre, qualitativement et quantitevement.

3.2. L'effet des isolats de*Trichoderma*spp.sur la qualité des fruits

3.2.1. Le pH

L'analyse de variance du taux de pH du jus de fruits produit par les plants amontré une différence non significative selon les traitements (P=0.674 ; P>0.05) (Figure 14), et selon les modes d'application (P= 0.061 ; P> 0.05) (Annexe 10).

En effet, le pH du jus de fruits (fraises) issu des plants témoins et traité selon les modes d'application ont montré un pH voisin de 4 (Figure 14).

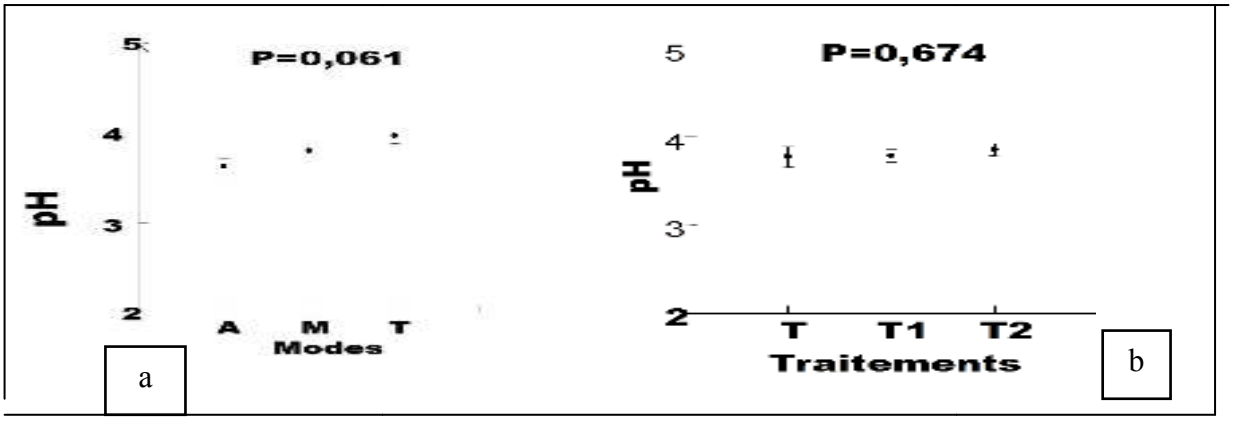


Figure 14 : pH en fonction des différents modes d'application (a) et leurs types de traitements (b).

Dans ce sens, les échantillons de fruits produits ont montré un pH voisin de 4, similaire aux travaux de Messgo, Moumene et *al*. (2013) qui ont confirmé, d'après l'analyse de la variance du pH des échantillons de fruits des tomates, que le pH était acide et voisin de 4.

3.2.2. Teneurs en sucres

L'analyse de variance du taux de sucre des fruits produits par les plants ont montré une différence significative selon les traitements (P=0.11 ; P>0.05) (Annexe 11). A l'opposé, ils ont montré une différence hautement significative selon les modes d'application (P= 0, P<0.05) (Annexe 11).

En effet, les fruits traités par les deux isolats ont révélé des taux de sucres similaires aux fruits témoins (10).

Cependant, les fruits traités selon le mode mycorhization ont montré des teneurs en sucres plus élevées (11.5) que celles traitées par arrosage (9) et celles des témoins (8.5) (Figure 15)

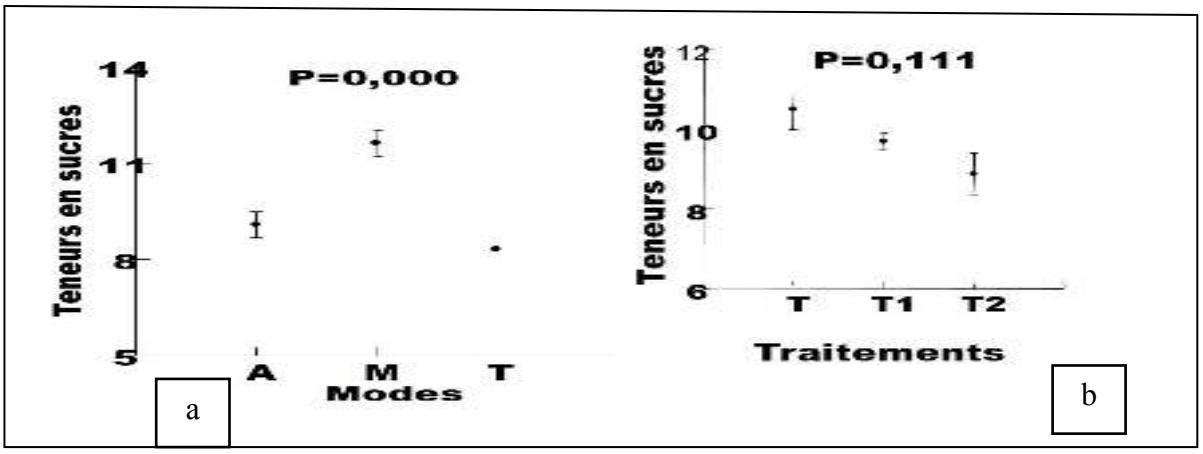


Figure 16 : teneurs en sucres en fonction des différents modes d'application (a) et leurs types de traitements (b).

3.2.3. Extrait sec

L'analyse de variance de l'extrait sec des fruits par plants a révélé une différence non significative selon les traitements (P=0.663 ; P>0.05) (Annexe 12) et selon les deux modes d'application (P=0.436 ; P>0.05) (Annexe 12).

L'extrait sec des fruits traités par les deux isolats (T_1 et T_2)de *Trichoderma* spp. , selon les deux modes d'application, ont montré un extrait sec voisin de 11% comparés aux fruits témoins. (Figure 16).

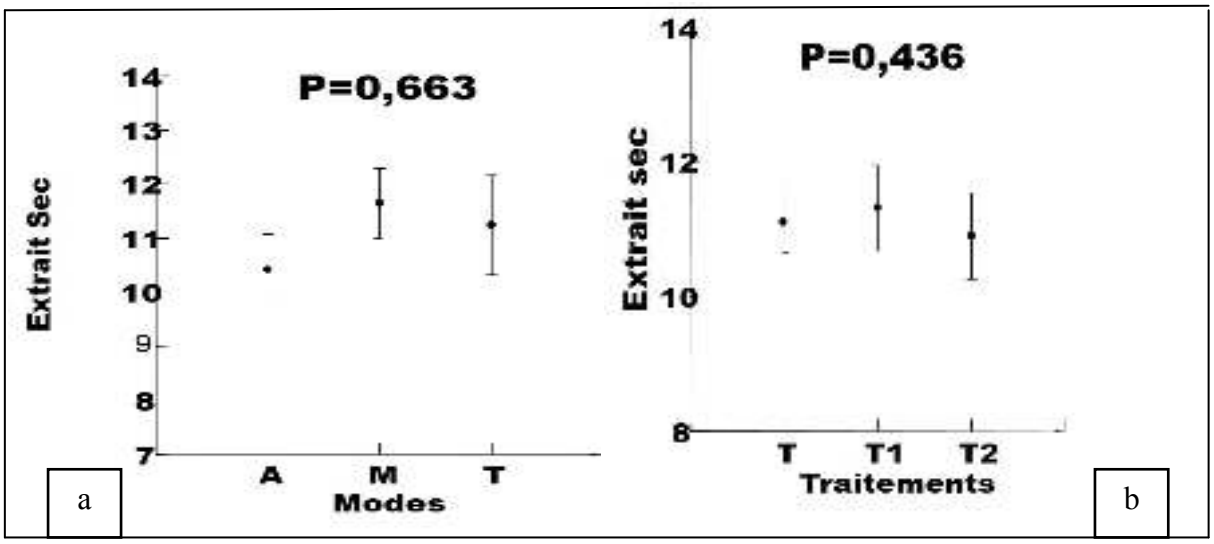


Figure 17 : Extrait sec en fonction des différents modes d'application (a) et leurs types de traitements (b).

3.2.4. Dosage des polyphénols totaux

Les isolats de *Trichoderma* spp. ont montré une augmentation des teneurs en polyphénols des fruits produits comparée à celle enregistrée chez les fruits témoins.

Une variabilité a été enregistrée sur leurs teneurs en polyphénols selon les modes d'application.Les teneurs étaient très importantes sous l'effet de l'isolat T2 appliqué par mycorhization (0.53 mg EAG/g) .Elles étaient aussi importantes sous l'effet de l'isolat T1 appliqué par arrosage et mycorhization (0.45 mg EAG/g).

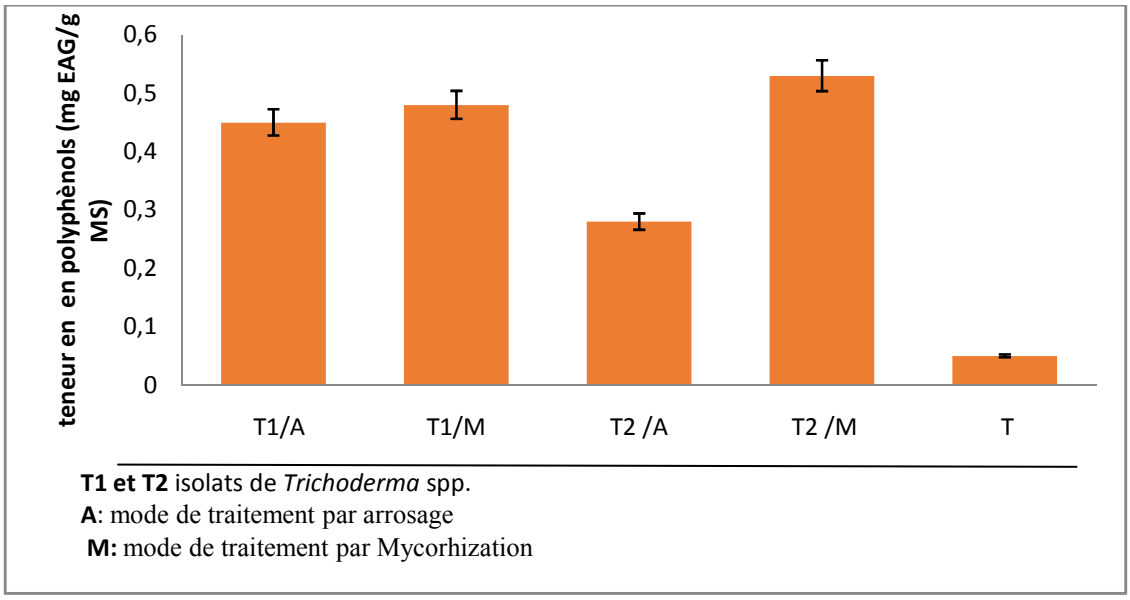


Figure 18: Teneurs en polyphénols totaux en fonction de différentes modes d'application et leurs types de traitements

Les isolats de *Trichoderma* spp. , plus particulièrement l'isolat T2 de *Trichoderma*sp. , ont montré une nette augmentation des teneurs en polyphénols des fruits produits comparée à celle enregistrée chez les fruits témoins. Madame Moumene et *al.* (2017) ont réalisé une étude sur l'impact d'utilisation de *Trichoderma* spp. des deux isolats sur la culture de tomates var. Saint Pierre selon plusieurs modes de traitements par mycorhization sous serre et en pots, par pulvérisation foliaire et par incorporation dans le sol. Ces derniers ont confirmé l'effet biostimulant sur la croissance végétative et le rendement des fruits. L'isolat T2 de *Trichoderma* spp. a montré un meilleur effet biostimulant.

Cependant, tous les modes ont montré un très bon effet biostimulant sur la culture traduit par une amélioration de la hauteur des plants, la biomasse végétale (nombre de feuilles) des fleurs et fruits.

Les isolats de *Trichoderma* spp. ont également stimulé la teneur en polyphénols totaux des fruits particulièrement l'isolat T_2. On a remarqué le même effet pour l'ensemble des modes d'application

3.2.5. Dosage en vitamine C

Les teneurs en vitamine C enregistrées sur les fruits produits, sous l'effet de l'isolat T1 selon les deux modes d'application et l'effet de l'isolat T2 par arrosage, étaient voisines de celles enregistrées par les fruits témoins.

En effet, seule la teneur en vitamine C enregistrée par les fruits produits par l'isolat T2 de *Trichoderma*sp. appliqué par mycorhization semble très importante.

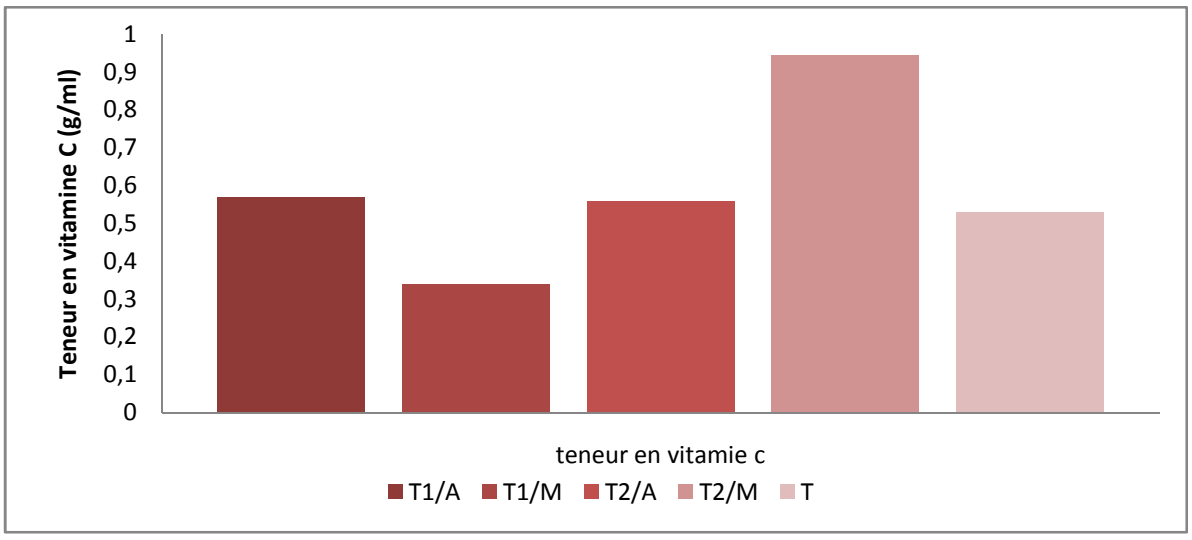


Figure 19 : Teneurs en vitamine C des fruits produitsen fonctions différentes modes d'application et leurs types de traitements

Les fruits traités par les isolats de *Trichoderma* spp. ont montré une teneur plutôt élevée sous l'action de l'isolat T_2.

De même,George et *al.* (2004) ont rapporté que la concentration en acide ascorbique chez 12 variétés de tomates était comprise entre 8.4 et 32.4 mg / 100g. Des teneurs similaires (9.9 à 34 mg / 100 g) ont été confirmées par Nour et *al. (*2013) chez les cultivars de tomates dans le sud-ouest de la Roumanie.

3.3. Effets éleciteurs de *Trichoderma* spp. sur les plants traités

Dans notre étude, les deux isolats de *Trichoderma* spp. utilisés ont montré une résistance des plants de fraises auxbioagresseurs (Noctuelles) par rapport aux plants témoins. Les travaux de Mouria et *al*. (2007) ont montré que toutes les souches de*Trichoderma*spp. ,ont réduit le pourcentage de la liaison sur les plants de la tomate par rapport aux témoins.

Harman et *al*. (2004) et Vinale et *al.* (2008) ont, de leur côté, affirmé que les *Trichoderma* spp. ont développé des mécanismes multiples qui se traduisent par des améliorations dans la résistance aux maladies.

Hasni (2011) a confirmé, dans son étude, le pouvoir antagoniste de quelques isolats algériens de *Trichoderma*spp. sur *Phytophtora infestans*, agent du milidiou de la pomme de terre, a confirmé la réduction d'inoculum de *P. infestans*sous l'effet antagoniste des isolats de *Trichoderma* spp.

Figure 20 : Comparaison entre le pot témoin attaqué par les Noctuelles(a) et le pot traité (b)

CONCLUSION

Le travail effectué entre dans le cadre d'un projet de recherche de nouvelles méthodes de gestion d'une agriculture intégrée plus respectueuse de l'environnement et de la biodiversité. Il est basé sur l'impact d'utilisation des microorganismes utiles dans l'agriculture.

Il vise plus particulièrement leur effet biostimulant sur l'amélioration de la production et la qualité des fraises

Dans ce sens, notre étude contribue à l'essai de la culture biologique des plantules de fraises de la variété " ANABELLE " sous l'effet des traitements à base des deux isolats de *Trichoderma* spp. « T1 » et « T2 » selon deux modes d'application : Mycorhization et Arrosage.

Notre essai a été réalisé dans une serre expérimentale en plastique de la station régionale de L'INPV de Boufarik.

L'effet biostimulant des isolats de *Trichoderma* spp. étudiés a été évalué sur la production de fraises exprimée par le nombre, le poids et le calibre des fruits selon chaque traitement et son mode d'utilisation.

En parallèle, l'effet des traitements et des différents modes d'utilisation a porté également sur l'évaluation de la qualité des fruits produits dont leur teneur en polyphénols ,en acidité titrable ,la teneur en vitamine C ,le pH et le taux de sucre (en Brix) au laboratoire de recherche des Plantes Médicinales et Aromatiques du département de Biotechnologie à l'Université de Saad-Dahleb à Blida .

Au terme de cette étude, il est important de résumer les résultats les plus importants :

L'effet biostimulant a été révélé par les deux isolats de *Trichoderma* spp. sur la production des fruits marquée par une augmentation du nombre de fruits (9 fruits) révélée par l'isolat T2 de *Trichoderma* sp. par rapport aux témoins (6 fruits).

Cependant, aucune variabilité n'a affectée le poids et le calibre des fruits selon les traitements à base de deux isolats de *Trichoderma* spp. étudiés. Toutefois, une nette amélioration a été enregistrée sur le poids et le calibre des fruits par arrosage.

Pour ce qui est de l'analyse chimique des fruits, concernant leur teneur en sucre, leur extrait sec et le pH, il n'y'a eu aucune variabilité à l'utilisation des traitements à base de *Trichoderma* spp. de même pour le fruit témoin.

En revanche une élévation du taux de sucre a été enregistrée sur les fruits par mycorhization.

Il est important de noter que la teneur en polyphénols et en vitamine C des fruits a fortement

augmenté sous l'effet des deux isolats de *Trichoderma* spp.à l'utilisation des deux modes. Concernant la teneur en polyphénols, elle était très importante sous l'effet de l'isolat T2 de *Trichoderma* sp. par mycorhization. Elle reste importante aussi avec l'isolat T1 de *Trichoderma* sp. à l'application des deux modes.

En conclusion, on recommande l'utilisation de l'isolat T2 de *Trichoderma* sp. pour une meilleure production en nombre de fraises et pour l'obtention de fruits plus riches en vitamine C et en polyphénols. Aussi la mychorization a montré une nette amélioration de la qualité des fraises. Il est important d'ajouter que les plants sont plus résistants aux maladies et ont maintenu leur fortification sous l'effet des deux isolats de *Trichoderma* spp. .

À partir de ce modeste travail, plusieurs voies s'ouvrent à la recherche. Il serait donc intéressant d'étudier :

*La résistance induite chez les plants de fraises traités par le *Trichoderma* spp.
*La réalisation de la culture biologique de fraises traitées par l'isolat T2 à grande échelle.
*La production des arômes biologiques à partir de cette culture naturelle.
*L'impact de *Trichoderma* spp. sur les bioagresseurs

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

-Al Watan : Quotidien généraliste algérien en langue française

-**Alabouvette C., couteaudierY . Et L ouvet J., 1983 :** Importance des phénomènes de compétition nutritive dans l'antagonisme entre microorganisme, XXIV Colloque de la société française de phytopathologie, n°34, Bordeaux ,7-16p.

-Andi Schmid, IRAB, 1997 :Institut de recherche de l'agriculture biologique (IRAB) Ackerstrasse, 5070 Frick.

-**Ardestani A., Yazdanparast R., (2007)** : Flavonoids as potentialtherapeutic agents for type 1 diabetes. Medicalhypotheses ; 69(4):955.

-Baker R., 1988 : *Trichoderma* spp. As plant-growth stimulants, crccrit .rev . biotechnol. 7 (2) : 97-106 p.

-Bissett J., 1991 : A revision of the genus*Trichoderma.* I. Section *Pachybiasium* . Can .J.Bot. (69) : 2373-2417 p.

-**Caron J.L Laverdiere P .O. Thibodeau R. et Blanger R., 2002** : Utilisation d'une souche indigène de Trichoderma Hrzianum contre cinq agent pathogène chez le concombre et la tomate de serre au Québec, Phytoprotection (83) : 73-87 p.

-**Chougar S., 2011** : Biotechnologie de la mineuses de la tomate *Tutaobsoluta*(Meyrick ,1917) (*Lepidoptera : Gelechiidea*) sur trois variétés de tomate sous serre (Zahra , Dawson et tavira) dans la wilaya de tiziOuzou . Th. Magistère.Univ.Ouzou,Algérie ,106 p.

-Cumming JH and Stephen AM. European Journal of Clinical Nutrition, 2007, 61 :Suppl: S5-S18.

-Davet P., 1983 : Introduction et conservation des *Trichoderma* dans le sol . In les antagonismes microbiens. Modes d'action et application et application à la lutte biologique contre les maladies des plantes .24 e Colleq . Fr. Phytopathol., Bordeaux Inra ,159-168 p.

-**Djafer A., 2011** : Impact de l'utilisation des isolats algériens de Trichoderma sp. Sur la chifles Paris, 17 p.

-**Encyclopédie des plantes** utiles. El Maarifa ; Alger 471 p.

-F. Robert, Risser G., 1999 :G Pétel, Photoperiod and temperatureeffect on growth of strawberry plant (Fragaria x ananassa Duch.): development of a morphological test to assess the dormancy induction. ScientiaHortic. 82 : 217-226.

-F. Robert, G. Pétel, G. Risser, M. Gendraud., 1997 : Determination of the growthpotential of strawberry plants (Fragaria x ananassa Duch) by morphological and nucleotidemeasurements in relation to chilling. Can. J. Plant Sci. 77) 127-132.

-FAO stat2016

- Groupement National interprofessionnel des semences et plants.**2013**(Baroffio et *al*.; Fenton et *al*. 2010).

-Gumier E., 1892 : Sur la coloration accidentelle de la fleur du fraisier commun ., Bulletin de la société botanique de France,39(1) :64-66.

-**Monographie C T I F L - C I R E F .1997)** : physiologie et type de plants.

-J. de Cuba, 1491 : Jardin de santé : herbes, arbres et choses qui de iceulycoqueurent et cinviennetalusage de medecine- traduction de latin en françois, Hortussanitatis / A-N Duchesne, 1764 : Manuel de botanique

-**Kulling C., Match R.I., Lorito M. and Kubicek C.P.,2000** : Enzme diffusion from*Trichoderma atoviride*(5t. *harzianumpl*) to *rhizoctoniasolani*is a prerquisite for triggering of *Trichoderma* ech42 gene expression beformycoparasitic contact . Applied and Environmentalmicrobiology (5) : 2232

-**Liette I., 2002** : Le biofongicide Trichoderma (rootshield) contre les maladies racinaires et les moississure grise dans la fraise : tout un potenciel ,présentation orale MAPAQ ST-Rémi, Canada,3 p .

-M. Pitrat et C. Foury, 2003 : Histoire de légumes - Ed. Inra – pp 324-337.

-Manuel Suisse des Denrées Alimentaires(MSDA) concernant les deux chapitres suivants : Jus de fruits et de légumes, boissons de table [29] et Vins issus de raisin [30].

-Messgo-Moumene S., Kralifaoui S., Bencheikh K., Boukhalfa R., Bellatreche M., Houmani Z., 2015 : Impact of use of Trichodermaspp. isolates on yield, quality and the antioxidantactivity of fruits of threevarieties of tomato.Colloque International sur la Valorisation des Plantes Aromatiques et Medicinales de la Méditerranée, CIPAMM 2015. Institut de Formation d'électricité et de Gaz (IFEG), Blida, 11-12 Novembre.

-Moumene-Messgo S., Boukhalfa R., Houmani Z., Saddek D., Bencheikh K., Zanoune S. et Bellatreche M., 2013 : Biostimulanteffect of two Algerian isolates of Trichodermaspp. On tomato (Lycopersicumesculentum Mill.) and theirelicitoreffecton

Tutaabsoluta(Polvony, **1994**) ex (Meyrick, **1917).**Inducedresistance in plants againstinsects and diseases IOBC-WPRS Bulletin Vol 89 : 443-448.

-**Mouria B., Ouzzani-Touhami A. et D ouira A., 2007** : Effet de d inverses souches du *Trichoderm*a sur la croissance d'une culture de tomate en serre et aptitude à coloniser les racines et substrat, Pytoprotection (88). N'3,103-110 p.

-Pisoschi, AM., Danet, AF., Kalinowski 2008 : AscorbicAcidDetermination in Commercial Fruit Juice Samples by CyclicVoltammetry. Journal of automatedmethodes and management in chemestry., vol 2008, pp 937651.

-**Riaf M.A., 1969** : A revision of the genus*Trichoderma*. Mycologiappapers, 116p.

-Roquebert M.A., 1996 : Interaction antagonistes des Trichoderma sp. Dans les systèmes tellurique : systématique, biologie et écologie des organismes. Compte rendu des 4èems rencontres en toxicologie, Paris, 13-15 pp.

-**Saadoune A., 2011** : Antagonisme des isolats algériens de Trichoderma sp. A l'égard des isolats algériens de Phytophphtorainfestans agent responsable du milidiou de la pomme de terre Solanumtuberosum 1. En Algérie .Th .Ing.Univ.Saad Dahleb de Blida, 63 p.

-**Sallets et Hellin., 2014 :** Itinéraires BIO.

-Stéphanie Patenaude,mars 2017 agronome Étudiante à la maîtrise (Université Laval) Journée Petits Fruits MAPAQ 2 Survol des essais en cours Directrice : Valérie Fournier Ph. D (U. Laval) Codirectrice : Stéphanie Tellier M.Sc (MAPAQ)

--**USDA 2018** : Département d'agriculture des Etats-Unis (USDA 2018)

ANNEXES

ANEXE1 : caractéristiques de variété d'Anabelle (Fragaria x annanasa).

couleur	Rouge
calibrage	12-15 grammes
Période de plantation	Mars à octobre
Période de récolte	Juillet à octobre
Arrosage	Régulier, ne pas laisser sécher
Exposition	Partiellement ensoleillée
Hauteur	20 à 30 cm
Type de sol	Enrichir le sol de fumier composté avant plantation
Entretien	Au printemps, apporté du compost, pailler le sol
Distance plantation	30 à 40 cm
Taux de sucre	4.9 g/100g
Taux de vitamine C	58.8 mg/100 g

Annexe 2 :variation du pH

traitements	MODE	pH
T1	A	3.79
	A	3.63
	A	3.6
	M	3.77
	M	3.55
	M	3.86
T2	A	3.77
	A	3.51
	A	3.6
	M	4.01
	M	4
	M	3.73
T	T	3.86
	T	4.06
	T	3.92

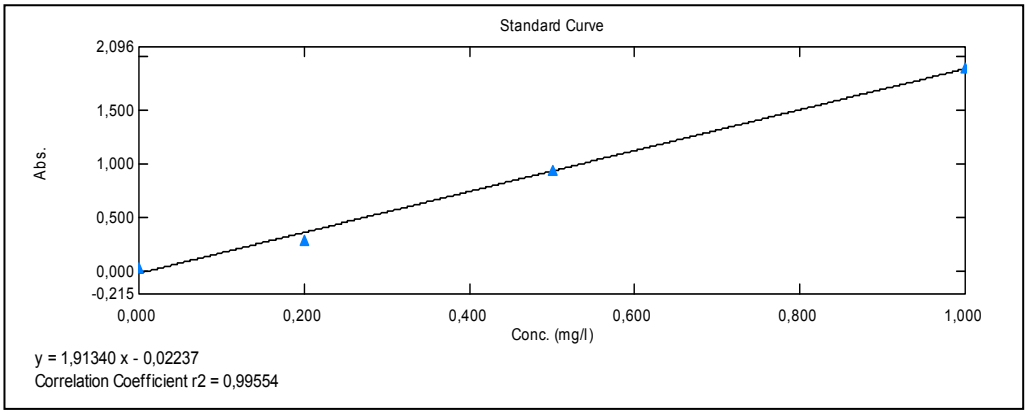
ANNEXE03 : variation du teneur de sucre (degré de Brix)

traitements	MODE	BRIX°
T1	A	10
	A	8.8
	A	9
	M	10.3
	M	11.6
	M	12.5
T2	A	8.1
	A	8.2
	A	8
	M	11.4
	M	11.6
	M	10.04
T	T	10.3
	T	8.7
	T	8.4

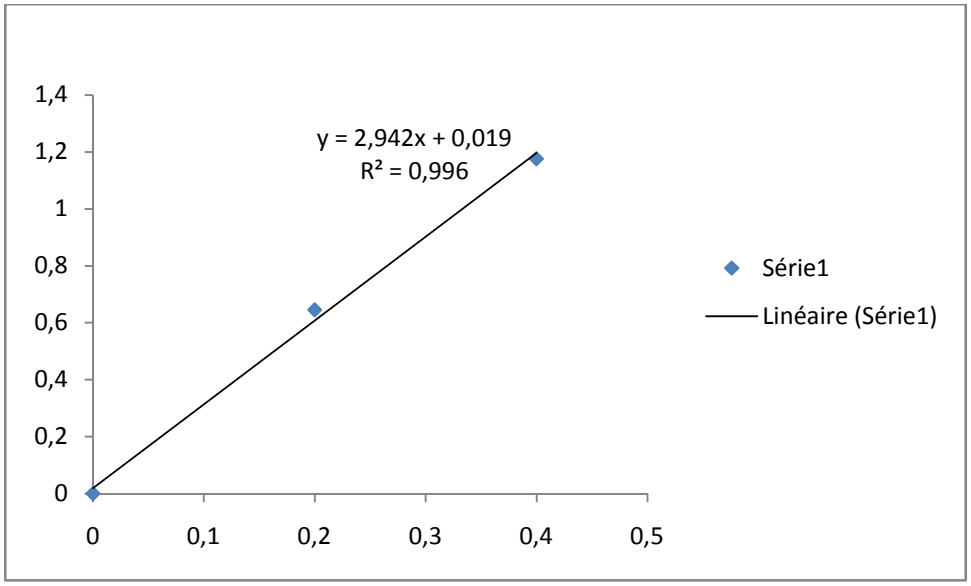
Annexe 04 : variation d'extrait sec (%)

traitements	MODE	Extrait sec%
T1	A	10.6
	A	10.95
	A	9.82
	M	13.1
	M	14.04
	M	8.9
T2	A	10.43
	A	10.2
	A	10.5
	M	13.73
	M	11.22
	M	8.85
T	T	11.07
	T	11.65
	T	11

Annexe5 : courbe d'étalonnage d'acide ascorbique



Annexe6: courbe d'étalonnage d'acide gallique.



les teneurs en poly phénols totaux au niveau des fruits de fraise**.**

Traitements	T1 : A	T1 : M	T2 : A	T2 : M	T
Teneur en polyphénols (mg EAG/g MS)	0.45	0.48	0.28	0.53	0.05

Annexe 7 : analyse de variance de nombre de fruits traités.

source	Somme des carrés	df	Carré moyen	F-ratio	P
Traitements	35,100	2	17,550	3,357	0,054
Modes	7,200	1	1,377	1,377	0,254
Erreur	109,800	21	5,229		

Annexe 08 : Analyse de variance du poids de fruits traité.

Source	Somme des carré	df	Carré moyen	F-ratio	p
Traitement	35,671	1	35,671		0,255
Modes	254,060	2	127,030		0,018
Erreur	546 ,982	21	26,047		

Annexe09 : analyse de variance du calibre de fruits traités.

Source	Somme des carrés	df	Carré moyen	F-ratio	P
Traitement	0,200	1	0,200	0,525	0,477
Modes	3,648	2	1,842	4,785	0,019
Erreur	8,006	21	0,381		

Annexe10 : analyse de variance du pH

Source	Somme des carrés	df	Carré moyen	F-ratio	p
Traitement	0,0016	2	0,008	0,410	0,674
Modes	0.087	1	0,087	4,355	0,061
erreur	0,219	11	0,020		

Annexe 11:Analyse de variance du degré de brix

Source	Somme des carrés	df	Carré moyen	F-ratio	p
Traitement	1,968	1	3,006		0,111
Modes	23,188	2	17,707		0,000
erreur	7,203	11	0,655		

Annexe12 : Analyse de variance de l'extrait sec

Source	Somme des carrés	df	Carré moyen	F-ratio	p
Traitement	0,513	1	0,513	0,200	0,663
Modes	4,597	2	2,299	0,897	0,436
Erreur	28,198	11	2,563		

I.PARTIE BIBLIOGRAPHIE

1.1 Généralités sur la fraise

1.1.1 Histoire et l'origine de la fraise

Le mot fraise vient du latin «fragum x ananassa» qui signifie « parfum ».La fraise pousse à l'état sauvage dans de nombreuses régions du monde : Europe, Asie mais aussi tout le long de la côte américaine donnant sur l'Océan Pacifique, de l'Alaska au Chili.

Les romains savouraient les fraises des bois, *Fragaria x ananassa,* mais ne la cultivaient pas. Ils en appréciaient suffisamment la saveur subtile pour la dénommer « fragare » issu du latin « fragum » signifiant parfum.

Les premières mises en culture datent du XIVème siècle avec la plantation de 12000 fraisiers dans le jardin du Louvre. Il s'agissait là de fruits très parfumés mais avec un très petit calibre.

Au XVI ème siècle, les explorateurs qui découvrirent l'Amérique s'émerveillèrent devant la grosseur des fruits. C'est probablement Jacques Cartier qui a introduit en France le fraisier écarlate ou fraisier de virginie (*Fragaria Virginiana*). Il se répandit en Angleterre et en France notamment en Bretagne.

Au XVIII ème siècle, Amédée François Frézier, envoyé par Louis XIV en mission d'espionnage sur les fortifications espagnoles au Chili et au Pérou, découvrit des fraisiers aux fruits blanchâtres peu savoureux mais très gros. À son arrivée en France seulement 5 plants avaient résisté à la traversée mais ils ne donnèrent pas de fruits. Ils furent multipliés grâce aux stolons et envoyés dans de nombreux jardins botaniques. Les seuls cas de fructification de la «Blanche de Chili » eurent lieu lors de la proximité d'autres espèces de fraisiers dont le fraisier de Virginie.(Risser, 1997).

En 1714, il ramena en Europe des plants de fraises originaires du Chili, (*Fragaria Chiloensis*).

C'est donc à partir du croisement de ces deux espèces, *Fragaria virginiana*et*Fragaria Chiloensis* que proviennent les variétés actuelles, *Fragaria Ananassa Duch*., appelées également par le botaniste A.N. Duchesne en rapport avec l'arôme de ses fruits qui rappelle l'ananas. (M. Pitrat et C. Foury, 2003).

1.1.2 Taxonomie :

Selon la base de données « plants detablasse » et selon le département d'agriculture des Etats-Unis (USDA 2018), Fragaria x *ananassa* est classée comme suit :

Règne…….	Plantae
Embranchement……..	Spermatophyta (Angiospermae)
Classe……..	Dicotyledones
Ordre……	Rosales
Famille…….	Rosaceae
Genre……	*Fragaria*
Espèce…….	*Fragaria* x *ananassa*

1.1.3 Botanique

Le fraisier est une plante basse, herbacée, rustique, haute de 20 à 30 cm .Ses tiges florales sont dressées. Les feuilles persistantes à trois foliotes sont pétiolées, plissées, dentées et parfois velues. Les fleurs, de couleur blanche, sont hermaphrodites (mâle et femelle), dioïques ou polygames selon les espèces et les variétés. Le fraisierémet des stolons qui permettent la formation de nouveaux plants par multiplication végétative. La multiplication par graine est en effet presque exclusivement réservée à la création variétale. (Gumier ,1892 ; Baba aissa ,2011)

Les fraises, issues de la reproduction sexuée et considérées à tort comme des fruits, sont en fait des polyakènes. En effet, la fraise correspond au réceptacle charnu sur lequel sont disposés les akènes, véritables fruits au sens botanique du terme (Rissier et Navatel., 1997).

1.1.4 Biologie

Les fraisiers sont classés en deux grands types : les non-remontants et les remontants. On peut éventuellement qualifier des fraisiers de semi-remontants mais il s'agit en fait de fraisiers non remontants dont on exploite la remontée.

1.1.5 Exigence de la culture

La plantation des variétés remontantes et non remontantes se fait aux mêmes époques mais les périodes de récolte sont différentes. Les variétés de saisons (non-remontantes) ont une seule floraison et récolte au printemps ; les variétés semi-remontantes ont une récolte au printemps et en été. Enfin, les variétés remontantes produisent des fruits du printemps jusqu'aux premiers

froids.(Monographie C T I F L - C I R E F .1997)

Le meilleur sol pour la culture du fraisier est un loam sablonneux profond, bien drainé et bien approvisionné en humus. De mauvais rendements ont été enregistrés dans des sols d'argile lourde, dans des sols pauvres en humus et dans des sols lourds sablonneux. Le fraisier pousse correctement dans des sols bien drainés dont le pH est compris entre 5,5 à 7,5.

La densité conseillée est de 5 plants / mètre linéaire répartis sur une double ligne. Généralement, la plantation est menée sur deux rangs : 40cm de distance entre les rangs et 35 à 40cm sur le rang. Les buttes de plantations seront espacées de minimum 80cm. Généralement, la plantation se fait sur buttes pour limiter les risques d'asphyxie racinaire, faciliter la récolte, améliorer la qualité sanitaire et la propreté du fruit. Cela permet aussi de gagner en précocité car la butte se réchauffe plus vite au printemps. Au moment de la plantation, l'irrigation est essentielle pour une bonne reprise. (Sallets et Hellin ; 2014)

Les fraisiers réclament un sol humifère, fertile, meuble et non calcaire. Plus ils seront exposés au soleil, plus les fraises seront sucrées et parfumées.

Le fraisier aime l'eau ; il est donc important de garder le sol humide .Pour aider le fraisier à grandir, on peut utiliser un fertilisant riche en potassium, jusqu'à ce que la plante fleurisse. Une fois que les fleurs apparaissent, le fertilisent s'utilise tous les 10 jours jusqu'à ce qu'on puisse récolter les fraises.

La fraise peut être cultivée sous une grande diversité de climat : des déserts irrigués aux régions humides, jusqu'à 3150 m d'altitude, des régions froides aux tropiques ou régions semi-arides, sous serres ou sous couvertures plastiques. La température minimale est de 5° C et les températures optimales sont comprises entre 10 et 13° C la nuit et 18 et 22° C pendant la journée. La fraise a besoin de beaucoup de lumière : Il faut au moins 10 jours d'exposition à la lumière pour l'initiation florale avec au minimum 6 heures de soleil/jour.

Le fraisier prospère dans les zones recevant annuellement plus de 500 mm de pluie bien repartie. L'irrigation est nécessaire là où la pluviométrie est insuffisante ou mal répartie. Pendant la période végétative,les besoins sont de 420 mm en moyenne. Durant la période de la formation du fruit, deux irrigations supplémentaires (100 mm) augmentent le rendement. (Sallets et Hellin ; 2014)

1.1.6 Etat phytosanitaire

Les effets néfastes du ravageur (considéré comme le principal ennemi de la fraise) se manifestent par l'absorption du contenu cellulaire due à l'alimentation à partir des tissus verts de la plante. Ce dégât est souvent accompagné de décolorations plus au moins intenses des tissus. Ces derniers finissent par se jaunir, se nécroser et flétrir dans le cas extrême.

Il existe bien évidemment de nombreuses autres maladies touchant le fraisier, notamment telluriques, mais botrytis, oïdium et thrips constituent à l'heure actuelle les principaux ennemis des producteurs du Loir-et- Cher dans la mesure où ils causent d'importantes pertes de rendement en fraises commerciales. (Andi Schmid, IRAB1997)

Tableau : Les principales maladies du fraisier.

Parasites et maladies	**Symptômes**
Limaces Pucerons	Elles se délectent des fruits Ils provoquent l'enroulement des feuilles et la déformation des boutons et des tiges florales
Araignées rouges	Elles affaiblissent les plantes, les feuilles virent au bronze et tombent.
Le ver gris de la fraise	Le ver gris de la fraise, des larves de couleur crème avec deux bondes brunes sur le dos rongent les jeunes pousses.
Pourriture grise (*Botrytis cinerea)*	Les fruits pourrissent et se couvrent d'un duvet gris
Oïdium	Des pustules sombres se forment à la face supérieure des feuilles des fraisiers, tandis qu'un champignon blanchâtre apparait sur les tiges florales.
Maladie du cœur rouge des fraisiers (Phytophthora fragariae)	Elle infecte les racines, qui deviennent brunes ou noires avec un cœur rouge. Les plantes atteintes sont affaiblies, avec de petites feuilles flétries. La fructification est pauvre ou inexistante
Chlorose marginale du fraisier Frisée du fraisier	Croissance stoppée, jaunissement et déformation des feuilles. Elle produit des tâches rouges ou pourpres sur les feuilles, qui se plissent et peuvent présenter des bords jaunes

a : Maladie des racines rouges causée par *Phytophtora fragariae*

b : Maladie du cœur brun causé par *Botrytiscinerea*

Figure 01 : les maladies fongiques du fraisier

c : Maladie des tâches angulaires causée par *Xanthomonasfragariae*

Figure 02 :la maladie bactérienne

1.1.7 La lutte

Plusieurs méthodes de lutte peuvent être préconçues contre les bioagresseurs du fraisier.

1.1.7.1 Mesures préventives

Les mesures préventives sont de grande importance pour l'agriculture biologique: par exemple le choix de l'emplacement, le système de culture, le précédent cultural, le travail du sol, la fumure, le choix variétal ainsi que la qualité des plants. On doit se procurer des plants de qualité auprès de pépinières certifiées, exempts de maladies cryptogamiques, bactériennes et virales, sans

infections d'acariens et nématodes ainsi qu'avec une pureté variétale garantie.

1.1.7.2 La lutte biologique

Actuellement, la lutte intégrée se développe et se pratique dans les cultures sous abri (fraises...). À chaque parasite rencontré sur ces différentes espèces correspond un prédateur naturel. La réussite de cette technique de lutte repose sur le respect d'un certain nombre de précautions. L'observation régulière des cultures, le choix du prédateur en fonction du parasite à combattre, le respect de la technique de lâcher, l'adaptation de la conduite climatique des serres sont les principales conditions à respecter.

Le contrôle biologique de l'acarien rouge constitue une bonne alternative en combinant entre deux auxiliaires *Amblyseiusandersoni* et *Phytoseiuluspersimilis*. Le premier est employé d'une manière préventive, dès l'apparition des premiers individus du ravageur. L'introduction du deuxième se fait d'une façon localisée sur les colonies déclarées de telle sorte à exercer un effet de choc.

Le parasitoïde Aphidius colemani contrôle parfaitement les pucerons. Cependant, la détection précoce de la présence du ravageur est primordiale afin de réaliser les libérations au bon moment.

Il faut introduire l'acarien prédateur *Amblyseiusswirskii*.dès la présence des thrips et avec l'utilisation des pièges collants à phéromone. Les pièges à phéromone servent aussi à contrôler le ravageur en colloquant un piège par 100 m^2.

Les blessures engendrées par les noctuelles constituent une entrée facile des microorganismes nuisibles (bactéries et champignons). Ces insectes peuvent être contrôlés par le biais des pièges à phéromones pour chaque espèce de noctuelles.

Pour combattre les Meloidogynes et limiter leurs dégâts, plusieurs techniques s'imposent : solarisation, plantation des plantes répulsives comme les tagètes et choix de variétés de fraisier résistantes.

1.1.7.3 La lutte chimique

La lutte insecticide repose habituellement sur les carbamates, les néonicotinoïdes, les acides gras ou les pyréthrines (Baroffio et *al*. 2013; Fenton et *al*. 2010).

1.1.8. Composition nutritionnelle

La fraise est un fruit riche en eau (près de 90 %) et relativement peu chargé en glucides. De plus, elle est peu calorique avec en moyenne 35 kcal/100 g ou 146 kJ/100g, ce qui est faible pour un fruit. (Mèdart, 2009)

D'après Ciqual (2013) ,100 g de fraises renferment 53g d'eau ,61g de cholestérol, 26.7g de glucides dont 23.4g de sucres et 3.3 g d'amidon,15.5g de lipides, 8.3g d'acides gras saturés, 3.9g d'acides gras mono insaturés ,3.3g de protéines et 0.8g d'acides gras polyinsaturés

Tableau : Composition nutritionnelle de la fraise (Ciqual, 2013)

Nutriments	**Teneurs pour 100 g de fraises**
Protéines	3.3g
Glucides	26.7g
Sucres	23.4g
Amidon	3.3g
Fibres alimentaires	1g
Lipides	15.5g
Cholestérol	61.0g
Acides gras saturés	8.3g
Acides gras mono insaturés	3.9g
Acides gras polyinsaturés	0.8g
Eau	53g
Alcool	0g

1.1.9. Les variétés de fraises

Il existe environ 1000 variétés de fraises comme résultat de la grande capacité d'hybridation que présente l'espèce. Les plus connues sont, sans aucun doute, la Gariguette et la Camarosa. (Sallets et Hellin, 2014)

Tableau : Les différentes variétés de fraises.

	Types	**Variétés**	**Observations**
Non – Remontant	Gariguette	Très précoce	Chair ferme, juteuse. Vigueur et productivité faible à moyenne. Référence en France mais pas en Belgique. Au Sud, elle développe un goût très parfumé mais, chez nous, elle est plutôt acidulée
	Flair	Très précoce	Productive, rustique, fruit fragile et qualité gustative moyenne
	Ciflorette .	Précoce	Chair fine et juteuse, d'excellent goût et d'un parfum soutenu. Vigoureuse et rustique, la plante est peu sensible aux virus. Bonne conservation.
	Cigaline	Précoce	Déclinaison de la Gariguette. Productivité supérieure et moins acidulée que la Gariguette. Note de fruit des bois.
	Darselect	Précoce	Bonne qualité gustative et bonne durée de conservation. Rendement élevé mais vitesse de cueillette lente.
	Clery	Précoce	Fragile au transport, saveur exceptionnelle. Productivité modérée. Récolte difficile, très sensible à l'oïdium, mauvaise conservation
Remontant	Charlotte		Bonne qualité gustative, au goût très fruité et à la chair moelleuse. Arôme fraise des bois. Large période de production possible.
	Anabelle		Fraise haut de gamme. Sensible à l'oïdium
	Cirafine		Chair parfumée au goût fruité. Très bonne tolérance à l'oïdium et bonne conservation. Vigoureuse et rustique.

1.1.10 La production de la fraise

Les fraises sont cultivées sur 0,255 millions d'ha pour une production de 4,09 millions de tonnes, ce qui représente un rendement moyen de 15,9 tonnes/ha.

a)La production de la fraise dans le monde

La production mondiale de fraise a presque doublé en plus de 15 ans. En 1990 cette production atteignait 2 251 000 tonnes et 9 118 336 Tonnes en 2016. (FAO stat2016).
Les grands centres de production sont les Etats-Unis, l'Espagne, le Turquie, le Mexique, le Pologne, le Corée, l'Egypte et le Japon. Ils représentent 65 % de la production mondiale (4,09 millions de tonnes). Les Etats-Unis sont les premiers producteurs au monde avec une production totale de 1,13 millions de tonnes et une productivité de plus de 52 tonnes/ha. Les 3 plus gros exportateurs sont l'Espagne, les USA et le Mexique.(FAO stat 2016)

b) La production de la fraise en Algérie

Les producteurs de la fraise dans la wilaya de Jijel ambitionnent d'atteindre, au titre de l'actuelle saison, une production de 14 000 tonnes de ce fruit rouge charnu dépassant de 4.000 tonnes la production de la saison 2015-2016, qui avait enregistré 10.000 tonnes de différentes variétés de fraise.

Les agricultures dans la wilaya de Jijel misent également sur une production qui couvrira les besoins du marché local en fraises et assurent que cette évolution se répercutera sur les prix de ce fruit, appelé à baisser progressivement.

Les principales régions d'Algérie où l'on cultive la fraise sont : Skikda, Jijel et Tipaza. La culture de la fraise a été lancée à titre expérimental à Jijel en 2001-2002, sur quatre (4) hectares. L'expérience a donné lieu à une production de l'ordre de 1.200 quintaux de fraise. En 2010, la superficie de la culture de la fraise a atteint 120 hectares et une production de 36.000 quintaux, alors qu'en 2015, les 323 hectares, superficie de culture de fraises a donné une production de 100.000 quintaux.(ElWatan 2015)

1.2 Utilisation de *Trichoderma* spp. dans la lutte biologique

1.2.1 Aperçu sur les *Trichoderma*

Le terme « *Trichoderma »* a été introduit dans la mycologie en 1794 par Person. Il distingue des champignons microscopiques considérés durant 200 ans comme « Gastéromycètes ». Ces organismes cosmopolites appartiennent à un grand ensemble de champignons sans reproduction sexuée. (Mohamed-Benkada, 2006).

Selon Kullning-Grading et *al*. (2002) in Legrand et *al*. (2005), il s'agit d'un genre de Fungiimparfecti regroupant des espèces qui sont les anamorphes d'ascomycètes de la famille des hypocreaceae (hypocrea et genres voisins). En 1902, Oudermans et Koning (in Allain, 1979 in Legrand et al. 2005) identifièrent *Trichoderma* de la microflore des sols.

Pendant les trente années suivantes, des relevés effectués à travers le monde montrent qu'il s'agit d'un des genres les plus communément répandus à la fois dans le sol et le bois mort en décomposition. En effet, les *Trichoderma* sont des hôtes habituels du sol où leur abondance dépend entre autre du taux de matière organique. Ils pénètrent aussi grâce à leur activité cellulolytique, à l'intérieur du bois mort. Rayner(1977) a montré que le groupe *Trichoderma* spp. est le groupe champignons basidiomycètes le plus fréquemment isolé de souche de chêne et de hêtre âgés de 30 à 50 ans (Legrand et *al*. ,2005)

Quelques-unes de ces 35 espèces établies à ce jour sont d'intérêt économique, pour leur production d'enzymes cellulolytiques et utilisées comme agents de lutte biologique en raison de leur antagonisme vis –à-vis d'autres espèces fongiques (antibioses, mycoparasitisme, compétition, lyse, promotion de la plante hôte ….) (Mohamed-Benkada, 2006)

Effectivement, dès 1897, Vuillemin (Allain, 1979 in Legrand et al. ,2005) avait signalé l'antagonisme des *Trichoderma* vis-à-vis de divers autres champignons. Certaines espèces du genre voisin *Gliocladium*(en particulier *Gliocladium virens*) montraient des propriétés analogues : *Gliocladium virens* est actuellement intégré dans les *Trichoderma* sous le nom de *Trichoderma Virens.*

Les premières manifestations d'antagonisme des *Trichoderma* vis-à-vis d'autres champignons observées par les mycologues relèvent du parasitisme. Weindling (1932) a montré qu'une espèce appelée à l'époque *Trichoderma lignorum* se comportait en parasite vis-à-vis de deux Basidiomycètes phytopathogènes : *Rhizoctoniasolani et Sclerotiumrolfsii* . Peu après il a démontré également des effets d'antibioses dans les mêmes associations (Weindling, 1934). Quant à l'antagonisme par compétition, on peut penser qu'il intervient également si l'on considère la vitesse de croissance élevée de nombreuses espèces de *Trichoderma* et l'efficacité de leurs complexes enzymatiques cellulolytiques (utilisés dans l'industrie) (Legrand et al. , 2005)

1.2.2. Taxonomie

Rifai (1969 a proposé comme base de la classification 9 « agrégats » regroupant chacune des espèces très voisines ; Grams et Bissett (1998) ont réparti les espèces en sections.

Les récentes analyses multigènes de Kullning-Gradinger et *al.*, (2002) distinguent quatre clades, dont l'un (clade B) regroupe le plus grand nombre d'espèces. Jusqu'à vers 1970, les travaux phytopathologiques consacrés au *Trichoderma* faisaient état d'une espèce « *Trichoderma lignorum* (Tode) Harz » ou « *Trichoderma viride*pers : Gray ». A la lumière des travaux taxonomiques récents, il semblerait que les souches soient intéressantes par leurs propriétés antagonistes appartenant surtout à l'espèce *T.harzianum* et à *T. hamatum*. ,*T. koningi, T. plysporum*et*T. viride*. Les travaux de laboratoire des trois dernières décennies s'efforcent de préciser l'identité taxonomique des isolats utilisés.

Djafer (2011) explique que les *Trichoderma* se présentent sous deux formes :

- La forme parfaite dont le genre est Hypocrea appartenant à la classe des ascomycètes, l'ordre des Spharéiales et la famille des Hypocreaceae (Bellahcene, 1990 ; Besnard, 1992 in Djafer 2011).
- La forme imparfaite représentée par le genre *Trichoderma*, appartenant à la classe des Adelomycètes, l'ordre des Hyphales (Moniliales) et la famille des Mucédinacées (Moniliacées) (Bellahcene, 1990 in Djafer 2011).

En revanche, la biologie moléculaire nous a révélé que des espèces de *Trichoderma* génétiquement différentes, présentent des similitudes morphologiques spectaculaires. Ce qui

confirme que les critères morphologiques, seuls, ne suffisent plus pour une classification incontestable et rigoureuse des formes anamorphes de *Trichoderma* spp. (Cournut, 1984 ;Sugiyama, 1987). Ce qui explique leur position taxonomique actuelle. Elle se présente comme suit et se distingue en cinq sections (figure 03) (Bissett, 2004)

Embranchement ……..Amastigomicota et/ou Eumycètes

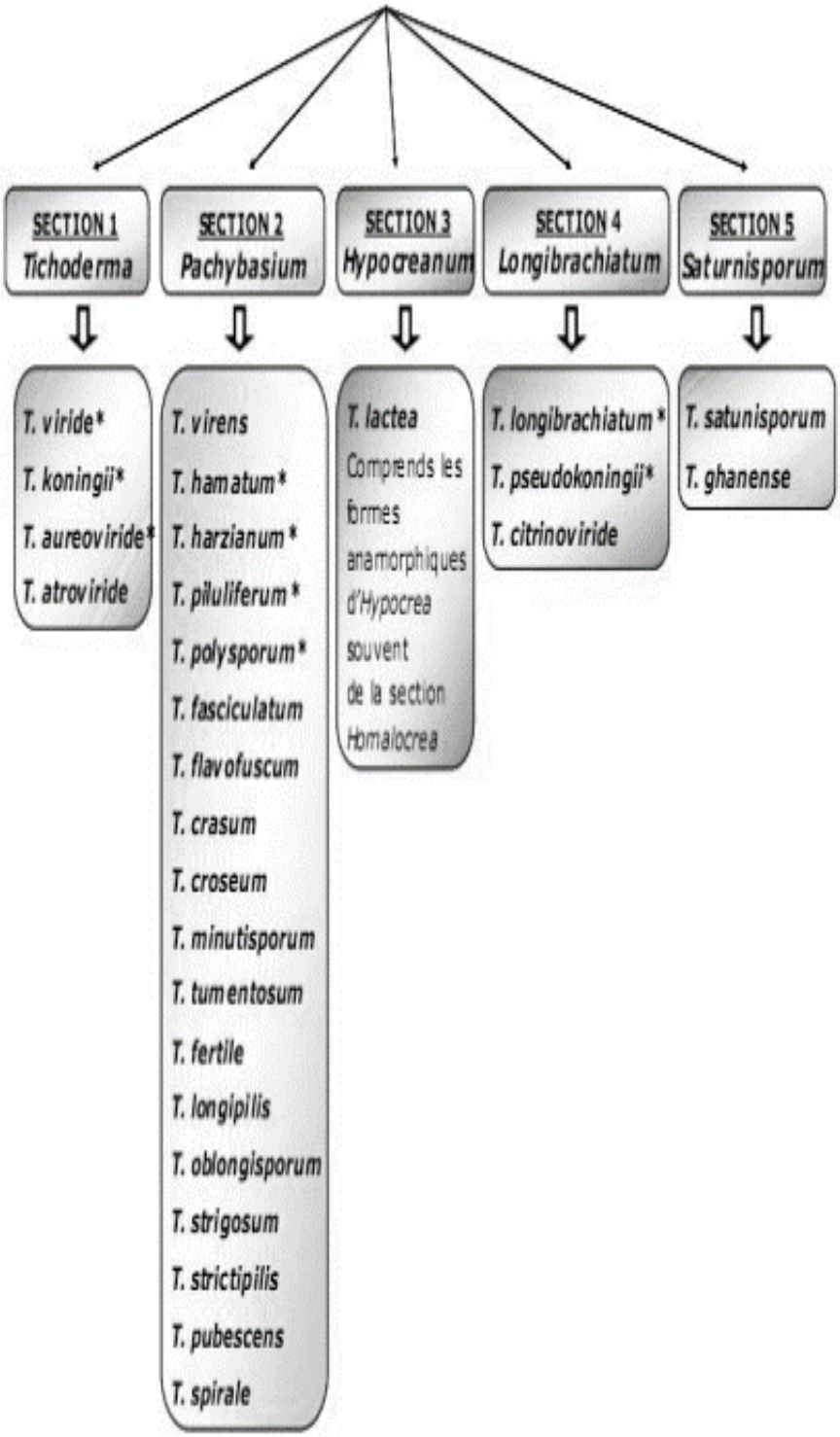
Sous embranchement ……..Ascomycotina

Classe ……. .. .Sordariomycètes

Ordre……Hypocreales

Famille…….Hypocreaceae

Genre……Trichoderma


SECTION 1
Tichoderma
SECTION 2
Pachybasium
SECTION 3
Hypocreanum
SECTION 4
Longibrachiatum
SECTION 5
Saturnisporum
T. viride*
T. koningii*
T. aureoviride*
T. atroviride
T. virens
T. hamatum*
T. harzianum*
T. piluliferum*
T. polysporum*
T. fasciculatum
T. flavofuscum
T. crasum
T. croseum
T. minutisporum
T. tumentosum
T. fertile
T. longipilis
T. oblongisporum
T. strigosum
T. strictipilis
T. pubescens
T. spirale
T. lactea
Comprends les formes anamorphiques d'Hypocrea souvent de la section Homalocrea
T. longibrachiatum*
T. pseudokoningii*
T. citrinoviride
T. satunisporum
T. ghanense

1.2.3 Morphologie

L'aspect macroscopique des *Trichoderma* est apprécié à partir de culture sur géloses nutritives appropriés, réparties en boites de Pétri. Les colonies fongiques peuvent être légèrement floconneuses ou bien compactées en touffes. Entre ces deux extrêmes existent des aspects intermédiaires. Les colonies sont colorées en fonction des phialides.

Cinq jours après sa germination, la conidie donne naissance à un mycélium d'abord blanc et stérile en forme de cercle. Deux jours plus tard, une couleur verte est visible sur la partie aérienne du mycélium, correspondant à la conidiogénèse. D'autres cercles concentriques réguliers se forment par la suite, et entre le 16ème et le 20ème jour, un feutrage épais se superpose à la culture.

Au microscope optique, on peut observer un mycélium composé d'hyphes jaunes, septés, ramifiés à parois lisses. Les conidiophores ont une forme conique ou pyramidale. Très ramifiés, ils portent des phialides en forme de flasques ou de quilles. A leur tour, ces phialides portent des spores (phialidospores ou bien conidies) (Mohamed-Benkada, 2006) (figure 06).

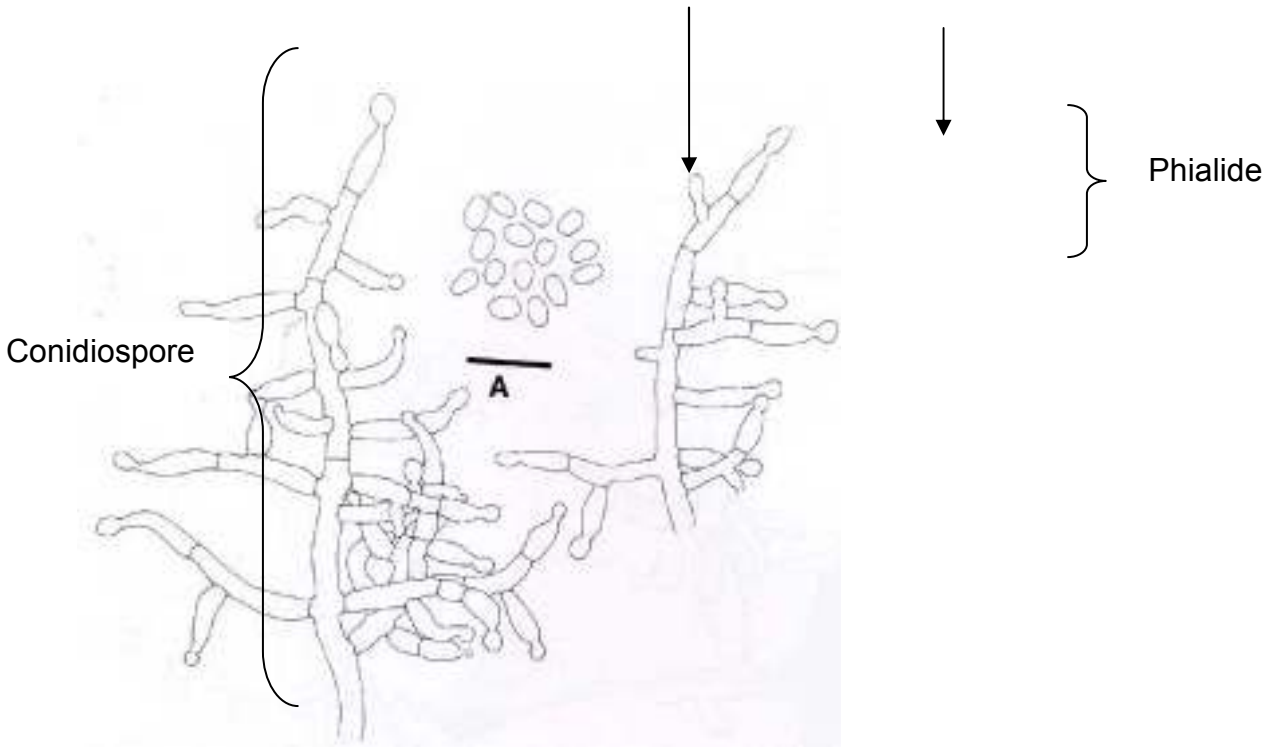


Figure 06 : Aspect morphologique d'un conidiophore de *Trichoderma longibrachiatum* (Samuels et *al.*, 1994).

1.2.4 Ecologie

Grâce à sa grande capacité d'adaptation aux différentes conditions climatiques, le genre *Trichoderma* est très répandu dans la nature, aussi bien en milieu terrestre que marin (Roquebert, 1996 ; Esposito et Silva, 1998).

En effet, les *Trichoderma* sont remarquables pour leur capacité à utiliser différents substrats et sont, par conséquent, l'élément majeur dans la microflore terrestre et marine (Roquebert, 1996 ; Esposito et Silva, 1998).

Selon Djafer (2011), les *trichoderma* peuvent se développer à des températures allant de 15 à 35 °c. Cependant, la température optimale de croissance est variable selon les espèces. Elle est de 28 °C à 30°C pour *T. harzianum*, 22°C à 25°C pour *T. viride* (Djafer, 2011).
Par ailleurs, (Djafer, 2011) ont classé les *Trichoderma* parmi les microorganismes indifférents, se développant sur une large gamme de pH, comme *T. viride* qui se développe bien entre les pH 2 et 8. les sols acides favorisent leur développement.
Cependant, des antagonismes fongiques semblent mal résister à la dessiccation. Dans le sol, les populations décroissent rapidement lorsque la teneur en eau descend au-dessous de 10 à 20 % de la capacité de rétention (Davet, 1983).
D'autre part, Albouvette et *al.* (1983) ont affirmé que leur développement varie selon les quantités de carbone et d'azote offertes par le milieu ; l'apport de matière organique dans les sols permet donc, aux *Trichoderma* et autres agents antagonistes d'y exprimer leurs capacités antagonistes.

1.2.5 Utilisation de *Trichoderma*

Les *Trichoderma* sont des champignons bénéfiques qui colonisent naturellement les sols. S'ils arrivent à coloniser les racines des plants avant les mauvais champignons, ils protègent et donnent même un surplus de vigueur aux plantes. Mis dès la plantation, ils peuvent jouer un rôle prédominant dans la santé des plants, comme un baume d'échinacée contre les rhumes et les grippes en renforcissant le système immunitaire (Liette, 2002) ; aussi, ils présentent non seulement un potentiel dans les cultures en serres, mais un avantage incontestable dans la protection des maladies racinaires (*Pythium, Fusarium, Rhizoctonia; Phytophthora*, …) et des parties aériennes (*Botrytis cinerea*).

Par ailleurs, la capacité des *Trichoderma* à contrôler des agents phytopathologiques du sol est connue depuis la fin des années 1920 (Mohamed- Benkada, 2006). Ils ont été utilisés comme agents de lutte biologique contre un large spectre de phytopathogènes. Leur antagonisme se manifeste généralement soit par une compétition, un mycoparasitisme ou par une antibiose. Ces mécanismes peuvent intervenir seuls, en association ou séquentiellement (Lepoivre, 2003). Les travaux de Lynch et *al.* (1991) ont montré que certaines souches de *Trichoderma* semblaient exercer une action stimulatrice sur la croissance de certaines plantes
Cependant, ce n'est qu'à partir de 1990 que ce champignon a été commercialisé sous forme de biopesticides, ce qui indique la somme considérable de connaissance qu'il faut acquérir avant de permettre l'utilisation pratique d'une telle méthode de lutte. Les principales espèces utilisées en lutte biologique sont *T. harziaunum* et *T. viride* (Mohamed- Benkada, 2006).
Selon Djafer (2011), en Algérie, une étude récente sur le biocontrôle du mildiou de la pomme de terre a confirmé l'effet biofongicide des isolats algériens de *Trichoderma* sp.

1.2.6 Mécanismes d'action des *Trichoderma*

Trichoderma possède une batterie de mécanismes d'attaque potentiellement utilisables mais qui demeurent toutefois complexes. Il peut employer un ou plusieurs modes d'action en même temps pour maîtriser un agent pathogène. Le déploiement des modes d'action varie également selon les partenaires en présence et les conditions physico-chimiques du milieu (températures, humidité, etc.…). *Trichoderma* est efficace lorsqu'on lui permet de s'installer avant l'arrivée des

champignons pathogènes. Son action est donc préventive. Il permet, au niveau des racines, de créer un manchon protecteur autour de celles-ci et ainsi contrer l'entrée des agents pathogènes à l'intérieur des racines pulvérisation aérienne. Une fois installée, *Trichoderma* peut avoir un effet stimulant pour la plante en absence de champignons pathogènes (Caron, 2002).
Trichoderma a la capacité d'attaquer les agents pathogènes via différents modes d'action. Il peut utiliser :

- **L'antibiose** qui résulte de la production de substances qui agissent comme des«antibiotiques » et qui inhibent la croissance de l'agent pathogène;
- **La compétition** qui se manifeste par l'aptitude de *Trichoderma* à utiliser les mêmes ressources du milieu (aires d'alimentation, sites de développement) que les champignons pathogènes mais *Trichoderma* emploie ce mode d'action surtout pour occuper les lieux avant l'arrivée des indésirables;
- **Leparasitisme** qui se manifeste par la destruction de l'agent pathogène lorsque *Trichoderma* s'enroule autour de celui-ci soit en l'étranglant, en pénétrant à l'intérieur et/ou en lui « injectant » des substances (enzymes) qui le détruisent.