



Université Mohamed Khider -Biskra-

Faculté Des Sciences Exactes et des Sciences de la Nature et de la Vie.

Département Des Sciences Agronomiques

## MÉMOIRE DE MASTER

Sciences de la Nature et de la Vie.

Sciences Agronomique

Protection Des Végétaux

Réf : .....

### Thème :

---

**Stratégies de lutte contre le Fusarium : comparaison des approches chimiques et biologiques.**

---

Présenté et soutenu par : HASSOUNI SABAH

Le : 12 Juin 2024

### Jury :

Mr. MEHAOUA Med Seghir	Pr	Univ. Biskra	Encadrant
M <sup>lle</sup> FADLAOUI Soumaia	MR	I.T.D.A.S	Co-Encadrant
Mr. HADJEB Ayoub	Pr	Univ. Biskra	Président
M <sup>lle</sup> TORKY So mia	MCB	Univ. Biskra	Examineur

**Année Universitaire : 2023 – 2024**

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

## *Dédicace*

"Je dédie ce travail, fruit de mes efforts et de mon dévouement, à tous ceux qui ont contribué à sa réalisation et m'ont apporté leur aide."

Sabah Hassouni.

## *Remerciements*

Je remercie avant tout Allah Tout-Puissant, qui m'a guidé tout au long de mes années d'études et m'a accordé la volonté, la patience et le courage nécessaires pour achever ce travail. Je tiens à exprimer ma profonde gratitude envers mes chers professeurs, notamment le professeur MEHAOUA Med Seghir et son assistante Mlle FADLAOUI Soumaïa, pour leurs efforts considérables à me guider et à m'aider tout au long de mon parcours éducatif et lors de la soutenance. Je remercie également les membres du jury de soutenance, le professeur HADJEB Ayoub et Mlle TORKY Somia, pour leurs efforts précieux.

## Liste des tableaux

<b>Tab 1 :</b> Tableau des groupes Homogènes du produit chimique et biologique contre les souches du Fusarium.....	26
<b>Tab 2:</b> Tableau des groupes Homogènes du Trichoderma contre la souche 1 du Fusarium avec la méthode direct et indirect. ....	27
<b>Tab 3:</b> Tableau des groupes Homogènes du Trichoderma contre la souche 1 du Fusarium avec la méthode direct et indirect. ....	29
<b>Tab 4:</b> Tableau des groupes Homogènes du Trichoderma avec les produits ( chimique et biologique ) contre la souche 1 du Fusarium avec la méthode direct.....	31
<b>Tab 5:</b> Tableau des groupes Homogènes du Trichoderma avec les produits ( chimique et biologique ) contre la souche 2 du Fusarium avec la méthode direct.....	32
<b>Tab 6:</b> Tableau des groupes Homogènes du Trichoderma avec les produits ( chimique et biologique ) contre la souche 3 du Fusarium avec la méthode direct.....	33

## Liste des figures

<b>Figure 1</b> : Les 3 souches de Fusarium (Originale, 2024).....	4
<b>Figure 2</b> : Les 4 souches de Trichoderma (Originale, 2024) .....	5
<b>Figure 3</b> : Emballage de bouteille SANBIO PLANTA (originale, 2024 ).....	6
<b>Figure 4</b> : Emballage de bouteille Uniform ( originale, 2024).....	7
<b>Figure 5</b> : Méthode de préparation du milieu de culture (Originale, 2024).....	8
<b>Figure 6</b> : méthode de la multiplication du souches de Fusarium (Originale, 2024).....	9
<b>Figure 7</b> : méthode de la multiplication du souches de Trichoderma (Originale, 2024). .....	10
<b>Figure 8</b> : la méthode de préparation du témoins (Originale, 2024). .....	11
<b>Figure 9</b> : Dispositif utilisé pour le test de confrontation directe (Dzanouni & Djaafri, 2022) .....	12
<b>Figure 10</b> : Dispositif utilisé pour le teste confrontation indirecte (Dzanouni & Djaafri, 2022) .....	12
Figure 11 : la méthode du test de confrontation directe (Originale, 2024).....	13
<b>Figure 12</b> : la méthode du test de confrontation indirecte (Originale, 2024).....	14
<b>Figure 13</b> : la méthode de lutte biologique par le produit biologique SANBO PLANTA (Originale, 2024).....	16
<b>Figure 14</b> : la méthode de lutte chimique par le produit chimique Uniform (Originale, 2024). .....	18
<b>Figure 15</b> : Taux d'inhibition de la souche 1 de Fusarium par les Trichoderma avec la méthode de confrontation directe.....	21
<b>Figure 16</b> : Taux d'inhibition de la souche 2 de Fusarium par les Trichoderma avec la méthode de confrontation directe.....	22
<b>Figure 17</b> : Taux d'inhibition de la souche 3 de Fusarium par les Trichoderma avec la méthode de confrontation directe.....	23
<b>Figure 18</b> : Taux d'inhibition de la souche 1 de Fusarium par les Trichoderma avec la méthode de confrontation indirecte. ....	23
Figure 19 : Taux d'inhibition de la souche 2 de Fusarium par les Trichoderma avec la méthode de confrontation indirecte. ....	24
<b>Figure 20</b> : Taux d'inhibition de la souche 3 de Fusarium par les Trichoderma avec la méthode de confrontation indirecte. ....	25
<b>Figure 21</b> : Taux d'inhibition des Fusarium par les produits ( chimique et biologique ). ....	26
<b>Figure 22</b> : Taux d'inhibition de la souche 1 de Fusarium par les Trichoderma avec la méthode de confrontation directe et indirect. ....	27

<b>Figure 23 :</b> Taux d'inhibition de la souche 2 de Fusarium par les Trichoderma avec la méthode de confrontation directe et indirect .....	28
<b>Figure 24:</b> Taux d'inhibition de la souche 3 de Fusarium par les Trichoderma avec la méthode de confrontation directe et indirect. ....	29
<b>Figure 25:</b> Taux d'inhibition de la souche 1 de Fusarium par les Trichoderma et les produits ( chimique et biologique ) avec la méthode de confrontation directe.....	30
<b>Figure 26:</b> Taux d'inhibition de la souche 2 de Fusarium par les Trichoderma et les produits ( chimique et biologique ) avec la méthode de confrontation directe.....	31
<b>Figure 27:</b> Taux d'inhibition de la souche 2 de Fusarium par les Trichoderma et les produits ( chimique et biologique ) avec la méthode de confrontation directe.....	33

## **List des abréviations**

F1 : la souche 1 de Fusarium.

F2 : la souche 2 de Fusarium.

F3 : la souche 3 de Fusarium.

T1 : la souche 1 de Trichoderma.

T2 : la souche 2 de Trichoderma.

T3 : la souche 3 de Trichoderma.

T4 : la souche 4 de Trichoderma.

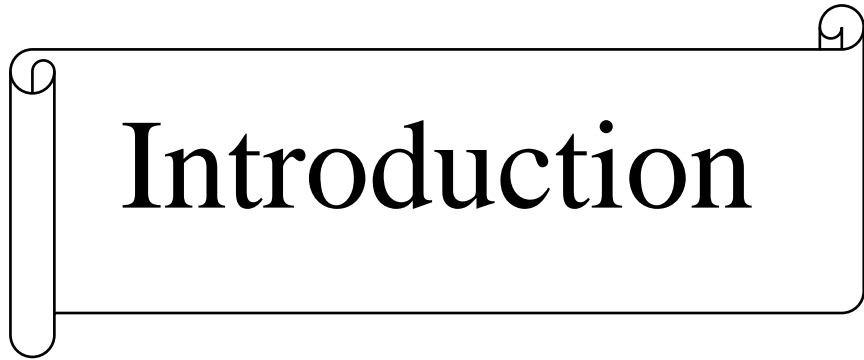
D : Diamètre.

## Table des matières

Introduction.....	1
Matériel et Méthodes .....	4
1. Matériel utilisé .....	4
<b>1.1. Matériel fongique.....</b>	<b>4</b>
2. Méthodes .....	7
<b>2.1. Préparation de milieu de culture.....</b>	<b>7</b>
<b>2.2. La multiplication des souches :.....</b>	<b>9</b>
<b>2.3. Préparation des témoins.....</b>	<b>10</b>
<b>2.4. La lutte biologique de Fusarium par Trichoderma.....</b>	<b>12</b>
<b>2.5. La lutte biologique de Fusarium par le produit biologique SANBIO PLANTA .....</b>	<b>15</b>
<b>2.6. La lutte chimique de Fusarium par Uniform.....</b>	<b>17</b>
<b>2.7. Les mesures de la croissance mycélienne .....</b>	<b>19</b>
Résultats et Discussion .....	21
I : Résultats.....	21
1. Taux d'inhibition de la croissance mycelienne des Fusarium par les trichoderma avec la méthode de "confrontation directe" .....	21
<b>1.1. la souche 1 de Fusarium.....</b>	<b>21</b>
<b>1.2. la souche 02 de Fusarium .....</b>	<b>22</b>
<b>1.3. la souche 03 de Fusarium.....</b>	<b>22</b>
2. Taux d'inhibition de la croissance mycelienne des Fusarium par les trichoderma avec la méthode de "confrontation indirecte" .....	23
<b>2.1. la souche 01 de Fusarium.....</b>	<b>23</b>
<b>2.2. la souche 02 de Fusarium .....</b>	<b>24</b>
<b>2.3. la souche 03 de Fusarium.....</b>	<b>24</b>



3. Taux d'inhibition des Fusarium par un produit chimique "Uniform" et un produit a base biologique "SANBIO " .....	25
4. La comparaison des taux d'inhibition de la croissance mycélienne des Fusarium par les deux méthodes de confrontation des trichoderma "directe et indirect" .....	26
<b>4.1. la souche 1 du Fusarium</b> .....	26
<b>4.2. la souche 2 du Fusarium</b> .....	28
<b>4.3. la souche 3 du Fusarium</b> .....	29
5. Taux d'inhibition de la croissance mycelienne des Fusarium par les trichoderma et les produits avec la méthode de "confrontation directe " .....	30
<b>5.1. La souche 1 du Fusarium</b> .....	30
<b>5.2. La souche 2 du Fusarium</b> .....	31
<b>5.3. La souche 3 du Fusarium</b> .....	32
II : Discussion.....	33
Conclusion .....	37
Bibliographie.....	39

A decorative scroll-like frame with a black outline and a white fill. The frame has a vertical bar on the left side and a small circular flourish at the top right corner. The word "Introduction" is centered within the frame in a black, serif font.

# Introduction

## Introduction

Les micro-organismes du sol représentent une composante essentielle de l'écosystème terrestre, jouant un rôle crucial dans de nombreux processus biologiques. Certains de ces micro-organismes, tels que les bactéries fixatrices d'azote et les champignons décomposeurs, sont bénéfiques pour les humains en contribuant à la fertilité du sol et à la décomposition de la matière organique, ce qui favorise la croissance des plantes. Cependant, d'autres micro-organismes du sol, notamment les champignons pathogènes, peuvent causer des dommages importants aux plantes cultivées. Parmi ces organismes nuisibles, les champignons pathogènes occupent une place prépondérante (**Ishwar, 2021**). Ils sont responsables de diverses maladies qui affectent toutes les parties des plantes, de la racine aux feuilles, en passant par les tiges et les fruits. (**El-Amroui et al, 2014**).

Le *Fusarium* est parmi les principaux champignons telluriques, particulièrement agressifs, qui représentent une menace constante pour les cultures agricoles, induisant des flétrissements et des pourritures sur une vaste gamme d'espèces végétales cultivées (**Hasan, 2021**). Malgré les pertes économiques significatives qu'ils engendrent, le contrôle de ce pathogène reste souvent entravé par divers obstacles, limitant les options disponibles à des mesures prophylactiques. La désinfection du sol, bien que considérée comme une stratégie de contrôle efficace, se heurte à plusieurs difficultés. Tout d'abord, sa mise en œuvre peut être laborieuse et coûteuse, nécessitant l'utilisation de produits chimiques ou de méthodes physiques spécifiques, ce qui peut être contraignant pour les agriculteurs. De plus, même en cas de désinfection réussie, il est difficile de garantir une élimination totale des *Fusarium*, car ces champignons peuvent former des spores résistantes capables de survivre dans le sol pendant de longues périodes, prêtes à réinfecter les cultures ultérieures. En outre, l'induction de souches résistantes chez les *Fusarium* constitue un défi supplémentaire, réduisant ainsi l'efficacité des méthodes de contrôle traditionnelles (**Hibar et al, 2005**). Sans oublier l'impact négatif des produits chimiques sur la santé humaine et leur contribution à la pollution environnementale (**Gountiéni Damien & David, 2013**). L'utilisation de fongicides et d'autres produits chimiques pour lutter contre les *Fusarium* peut entraîner l'accumulation de substances toxiques dans le sol et les eaux souterraines, ce qui pose des problèmes de santé pour l'homme et provoque une pollution de l'environnement (**Adouane & Barrached, 2023**). Face à ces défis, il est impératif d'explorer d'autres alternatives de lutte contre ces champignons, notamment par le biais de la lutte biologique. Cette approche prometteuse

implique l'utilisation d'organismes vivants ou de leurs produits pour contrôler les populations de pathogènes, offrant ainsi une solution plus durable et respectueuse de l'environnement. En favorisant l'utilisation de prédateurs naturels ou d'agents antagonistes spécifiques (**Jourdheuil et al**), la lutte biologique présente un potentiel considérable pour réduire l'impact des *Fusarium* sur les cultures agricoles, tout en préservant la santé des sols et la biodiversité environnante. En investissant dans la recherche et le développement de méthodes de lutte biologique innovantes, il est possible de renforcer la résilience des systèmes agricoles et de garantir une production alimentaire durable pour les générations futures (**Benlamoudi, 2016**).

Le *Trichoderma*, est parmi les moyennes prometteuses de lutte biologiques contre le *Fusarium* (**Benzohra, Bendahmane, & Benkada, 2016**), ce champignon antagoniste, dispose de plusieurs moyens pour combattre le *Fusarium* : La première méthode consiste à produire des substances qui agissent comme des antibiotiques, inhibant ainsi la croissance de l'agent pathogène. Ensuite, le mycoparasitisme intervient, où le *Trichoderma* enveloppe le *Fusarium*, pénètre à l'intérieur de celui-ci, l'étouffe et le détruit. Enfin, la dernière méthode consiste en sa compétition pour les éléments nutritifs, surtout lorsque ces derniers sont en faible quantité pour que cette méthode soit efficace (**Bellibel & Chemori, 2020**).

Dans le but de trouver une solution efficace et respectueuse de l'environnement et pour réduire les pertes économiques causées par le *Fusarium*, notre travail consiste à évaluer in vitro l'efficacité de différentes méthodes de lutte contre trois souches de *Fusarium spp.* Une méthode purement chimique avec un produit conventionnelle, une méthode purement biologique avec quatre souches de *Trichoderma* et un produit biologique commercialisé à base de champignons et de bactéries antagonistes.

A decorative border resembling a scroll, with rounded corners and a vertical strip on the left side that looks like the edge of a rolled-up document. The border is black and frames the central text.

# **Chapitre I :**

Matériel et Méthodes

## Matériel et Méthodes

Plusieurs méthodes de laboratoire ont été utilisées pour évaluer l'efficacité du champignon *Trichoderma* sur le champignon *Fusarium*, ainsi que du fongicide biologique Sanbio Planta et du fongicide chimique Uniforme sur le *Fusarium*. Les différentes étapes de ce travail ont été réalisées dans les laboratoires de recherche scientifique de l'Université Mohamed Khider à Biskra.

### 1. Matériel utilisé

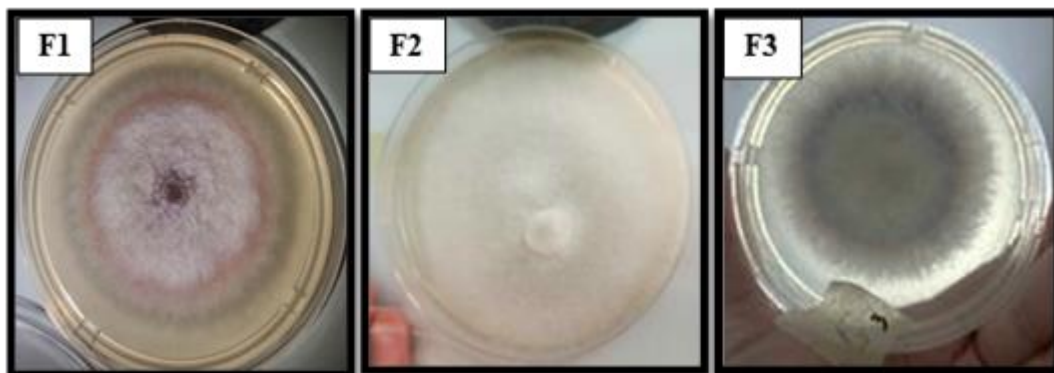
#### 1.1. Matériel fongique

##### a. Le *Fusarium*

Trois souches de *Fusarium* différents morphologiquement ( la figure 1 ).

Le *Fusarium* est un genre de champignons filamenteux largement distribués dans le sol et les matières organiques en décomposition (**Laradj Zazou, 2017**). Il comprend de nombreuses espèces, les caractéristiques clés pour la différenciation des espèces de *Fusarium* sont la couleur de la colonie (**Hasan, 2021**).

*Fusarium* est considéré comme l'un des champignons pathogènes les plus cruciaux. Des métabolites toxiques peuvent être produits par différentes espèces de ce genre, causant des maladies graves et pouvant contaminer les produits agricoles et provoque des pertes considérable dans les rendements (**Wagacha & Muthomi, 2007**).

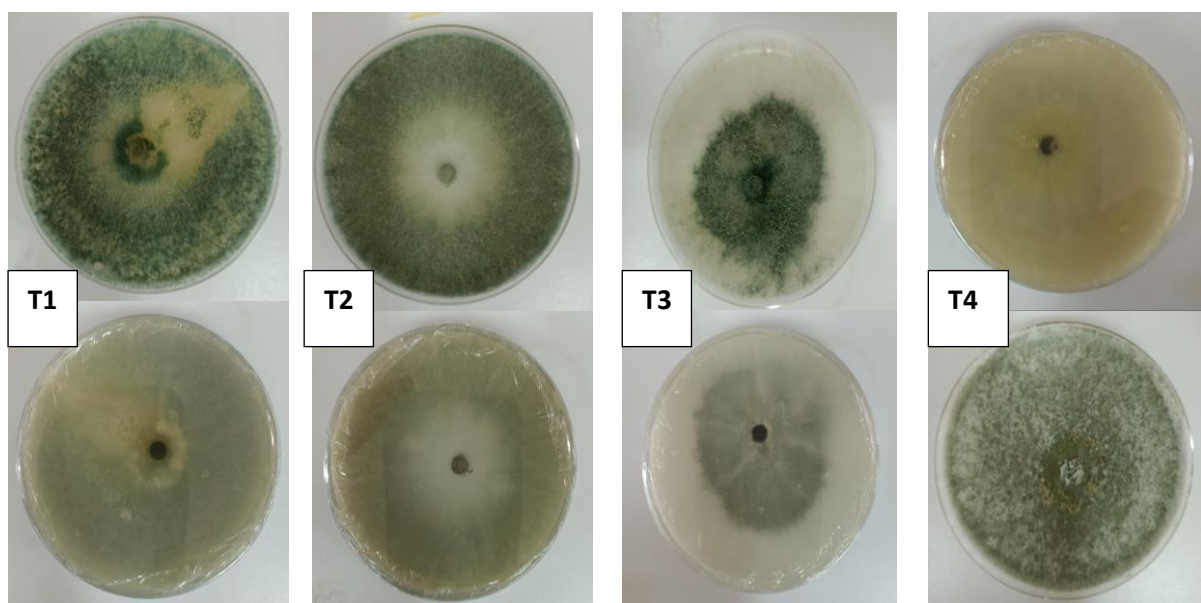


*Figure 1 : Les 3 souches de Fusarium (Originale, 2024).*

## b. Trichoderma

Quatre souches de Trichoderma différents morphologiquement, sont testées contre les trois Fusarium pour prouver leur pouvoir antagoniste ( la figure 2).

Les Trichoderma sont des genres des champignons (**Bellibel & Chemori, 2020**), ont montré durant les années passées des effets appréciables en lutte biologique en raison de leurs effets antagoniste vis-à-vis d'autres espèces fongiques pathogènes tels que Botrytis, Rhizoctonia, Fusarium... (**Kabouche & Hamrouche, 2014**)



**Figure 2** : Les 4 souches de Trichoderma (Originale, 2024)

## 1.2. Les produits

### a. Le produit biologique : SANBIO PLANTA

Sanbio PLANTA est un activateur microbien du sol et un stimulateur de croissance de haute qualité utilisé dans les applications du sol pour le contrôle du stress et l'augmentation de la productivité sur toutes les cultures. Avec sa puissante formulation spécifique d'antioxydants naturels, de vitamines, d'acides aminés, de bactéries et de champignons, Sanbio PLANTA intensifie les processus métaboliques et accélère la croissance végétative des racines et des plantes. Sanbio PLANTA contient un mélange de micro-organismes naturels hautement concentrés et de champignons, qui colonisent peu de temps après l'inoculation la masse racinaire pour améliorer la composition du microbiome et l'interaction

# Chapitre I : Matériel et Méthodes

symbiotique. La création d'une barrière microbienne est un moyen naturel d'inhiber le développement d'agents pathogénies (la figure 3).

**Dose d'application : 1,5 kg / ha. (Anonyme, 2024)**



**Figure 3 : Emballage de bouteille SANBIO PLANTA (originale, 2024 ).**

## Composition

Sulfate de Magnésium Heptahydraté ( $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ )	60%
Extrait d'algues ( <i>Ascophyllum nodosum</i> )	30%
Mélange de micro-organismes naturels hautement concentrés	10%
Concentration de 2,3 milliards de CFU/g, espèces : Mycorhize ( <i>M. spp</i> , <i>M.Glomus intraradices</i> ), Bacillus ( <i>B.Subtilis</i> , <i>B.linchenformis</i> , <i>B.megaterium</i> , <i>B.amyloliquefaciens</i> ), Pseudomonas ( <i>P.trivialis</i> ), Trichoderma ( <i>T.harzianum</i> )	
pH	7

**(Anonyme, 2024)**

( Annex 1 ).



# Chapitre I : Matériel et Méthodes

## b. Le produit chimique : Uniform.

C'est un fongicide complet pour lutter contre les champignons vasculaire, son action préventive et curative, offre un contrôle supérieur, un meilleur développement des racines, et une plus longue durée de protection (la figure 4).

- **Dose d'application** : 1 l/ha.

### Composition

322 g/l d'Azoxystrobine + 124 g/l de Méfenoxam (**Anonyme, 2022**) (Annex 2)



*Figure 4 : Emballage de bouteille Uniform ( originale, 2024).*

## 2. Méthodes

### 2.1. Préparation de milieu de culture

Au cours de notre expérimentation on a utilisé le milieu PDA. Le choix d'un milieu de culture est basé sur son adéquation pour un bon développement du pathogène (**Zoubir et al, 2019**). La composition du milieu « PDA » (Potato Dextrose Agar) est la suivante : Pour chaque litre d'eau distillée, 39 grammes de PDA en poudre (**Anonyme, 2024**).

L'homogénéisation de la solution a été faite à partir d'un agitateur magnétique. Puis elle a été stérilisé à l'autoclave (**Jean, et al., 2016**), À une température de 120°C et à une pression de 1 bar pendant une durée de vingt minutes (**Anonyme, 2010**), Avant de couler les boîtes de pétrie, on ajoute de l'antibiotique (à l'exception les boites de produit biologique),

# Chapitre I : Matériel et Méthodes

(la figure5).

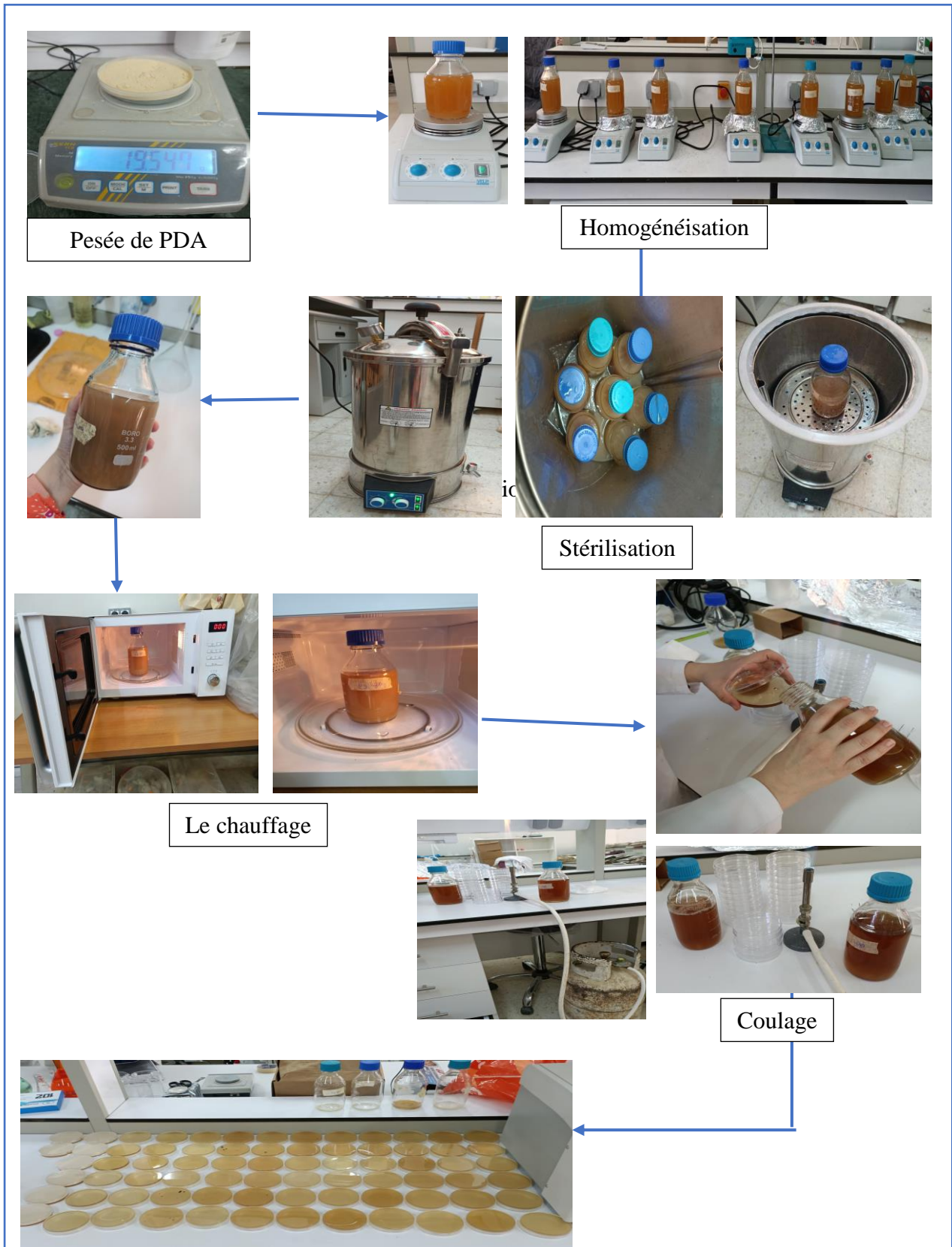


Figure 5 : Méthode de préparation du milieu de culture (Originale, 2024).

# Chapitre I : Matériel et Méthodes

## 2.2. La multiplication des souches :

Sur un milieu de PDA, nous plaçons un disque d'une des souches étudiées (03 souches différents morphologiquement de *Fusarium* et 04 souches différents morphologiquement de *Trichoderma*) au centre de la boîte de pétrie à l'aide d'une pipette pasteur et nous les incubons dans un incubateur à 28°C pendant 7 jours (Martins & Martins, 2002).

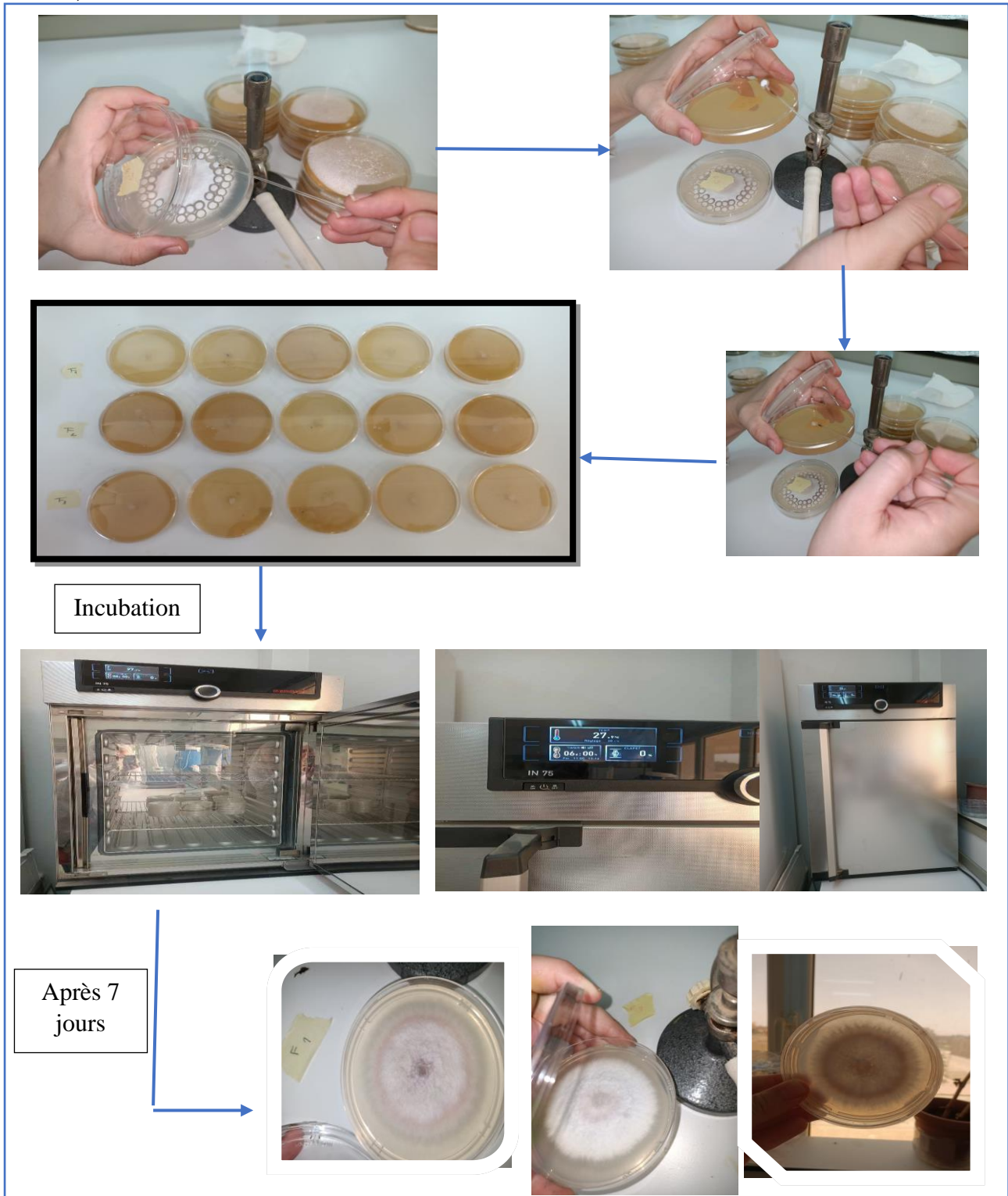
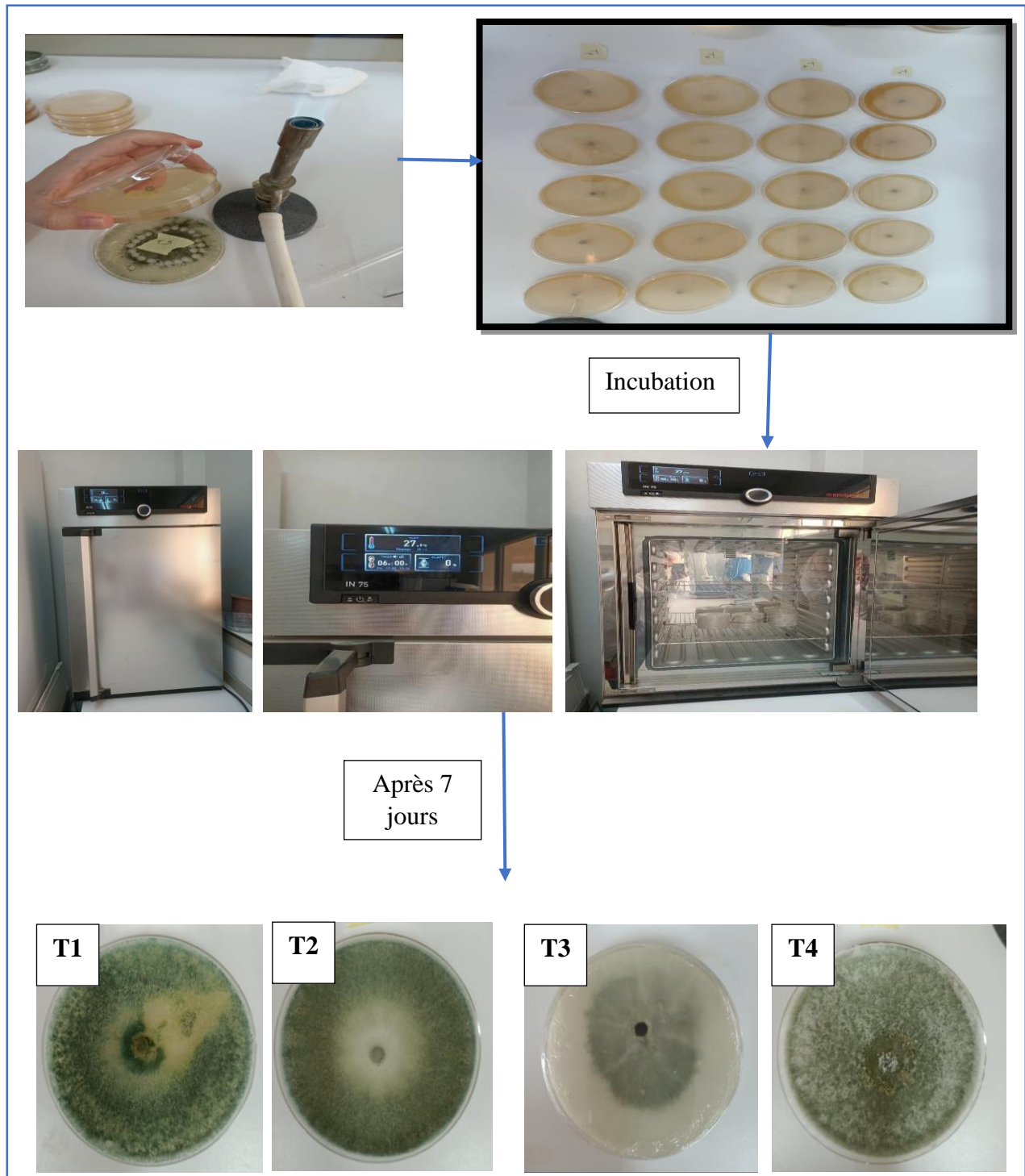


Figure 6 : méthode de la multiplication du souches de *Fusarium* (Originale, 2024).



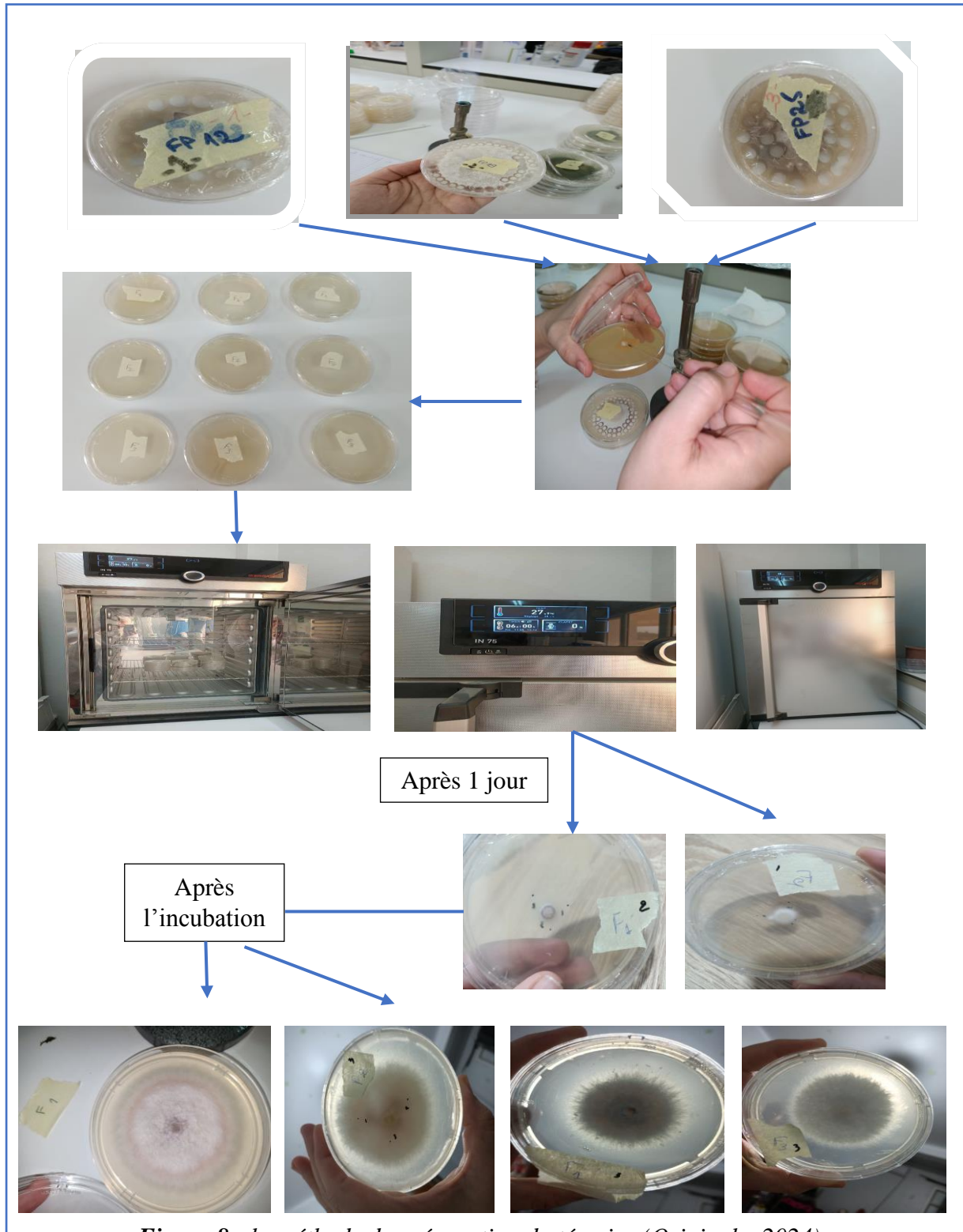
**Figure 7** : méthode de la multiplication du souches de *Trichoderma* (Originale, 2024).

### 2.3. Préparation des témoins

Le milieu PDA inoculé uniquement avec les pathogènes testés a servi de témoin pour déterminer la capacité de croissance des champignons pathogènes (Johana et al, 2019). Dans une boîte de pétrie contenant un milieu de PDA, nous plaçons un disque de l'un des champignons étudiés (03 souches différents morphologiquement de *Fusarium*) au centre de la

# Chapitre I : Matériel et Méthodes

boite de pétrie à l'aide d'une pipette pasteur, avec trois répétitions pour chaque espèce de champignon, et nous les incubons dans un incubateur à 28°C pendant 7 jours (Martins & Martins, 2002), ( la figure 8).



**Figure 8** : la méthode de préparation du témoins (Originale, 2024).

## 2.4. La lutte biologique de *Fusarium* par *Trichoderma*

L'activité antagoniste in vitro du *Trichoderma spp*, a été étudiée selon deux méthodes :

### 2.4.1. Méthode direct

Des disques de mycélium (5 mm de diamètre) de chaque champignon (nous avons 03 souches différents morphologiquement de *Fusarium* et 04 souches différents morphologiquement de *Trichoderma*). Ont été placés aux pôles opposés dans des boîtes contenant du milieu PDA, en maintenant une distance de 4 cm entre les deux champignons, et incubés à 28°C pendant 7 jours. Trois fois, on a répété chaque combinaison *Trichoderma sp* / *Fusarium sp* (Bouanaka, et al., 2021) ; ( la figure 9 et 11).

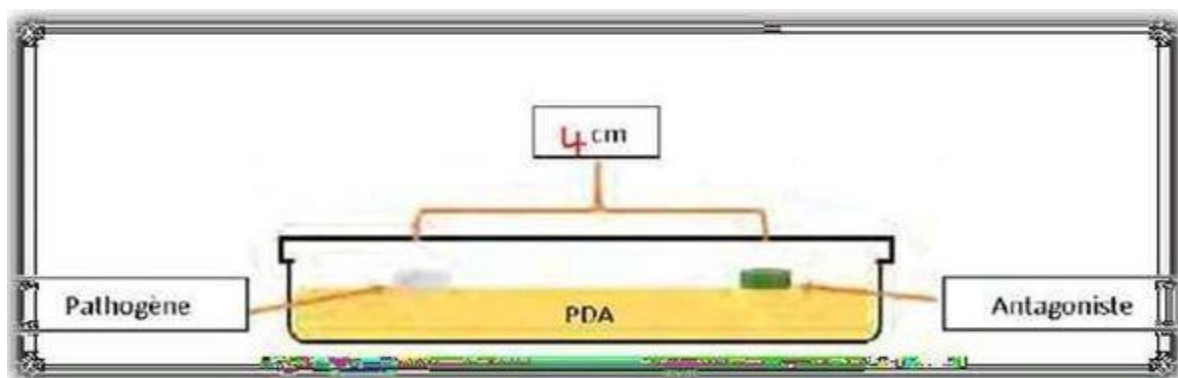


Figure 9 : Dispositif utilisé pour le test de confrontation directe (Dzanouni & Djaafri, 2022)

### 2.4.2. Méthode indirect

Cette méthode consiste à repiquer l'antagoniste et le pathogène dans deux boîtes séparées ; par la suite, un assemblage est réalisé par superposition des deux boîtes, le *Trichoderma* en bas et le *Fusarium* en haut (Nous avons 03 souches différents morphologiquement de *Fusarium* et 04 souches différents morphologiquement de *Trichoderma*). La jonction entre les deux boîtes est assurée par des couches de Parafilm afin d'éviter toute déperdition des substances volatiles (Hibar et al, 2005), avec une répétition de 04 boites par traitement ( la figure 10 et 12).

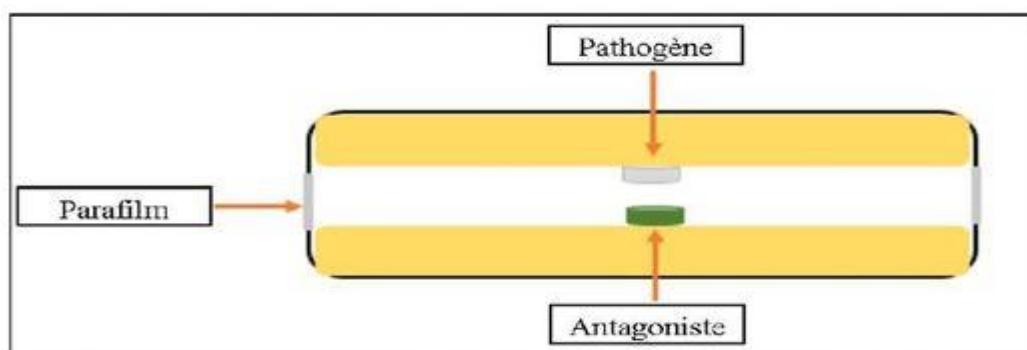


Figure 10 : Dispositif utilisé pour le teste confrontation indirecte (Dzanouni & Djaafri, 2022)

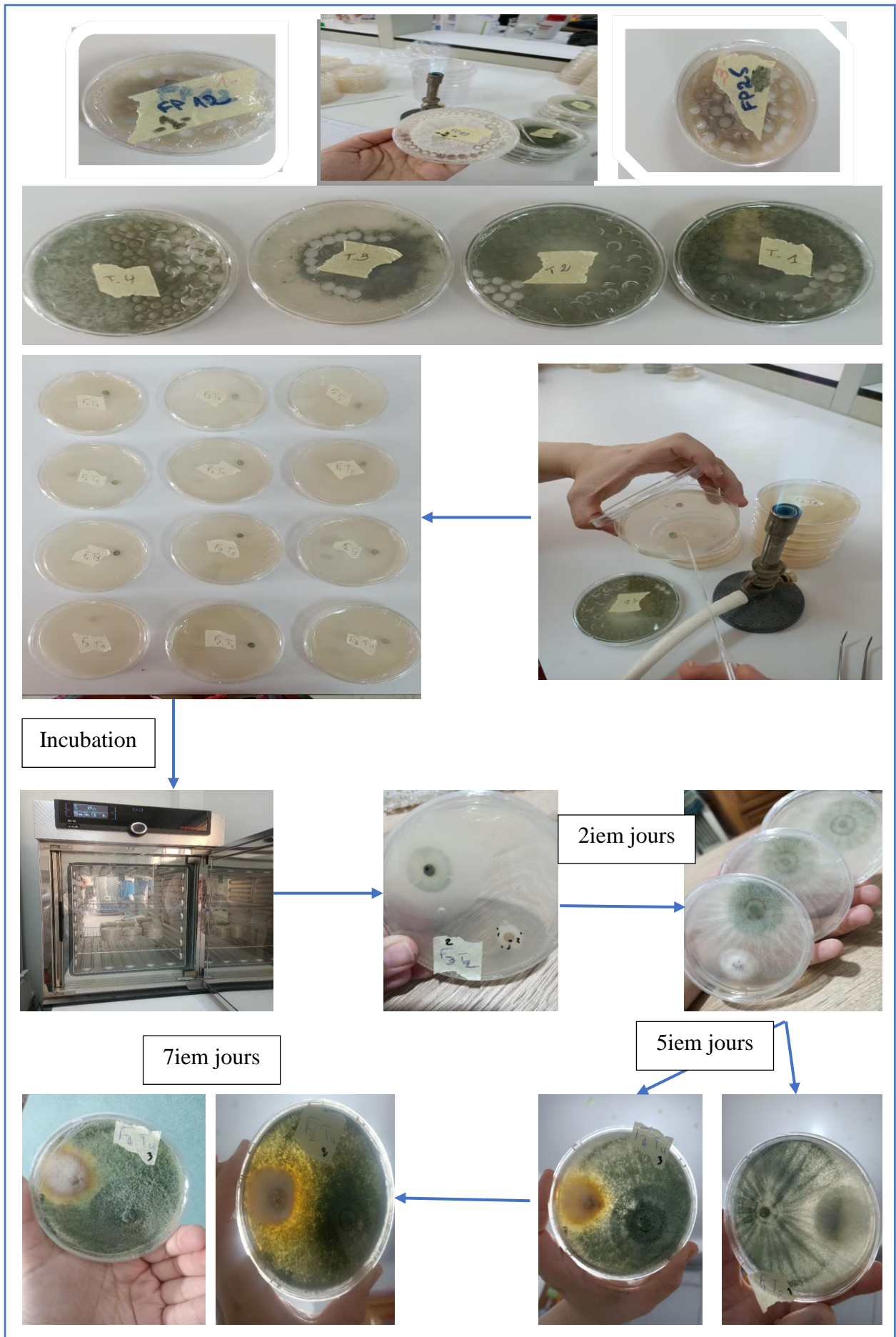


Figure 11 : la méthode du test de confrontation directe (Originale, 2024).

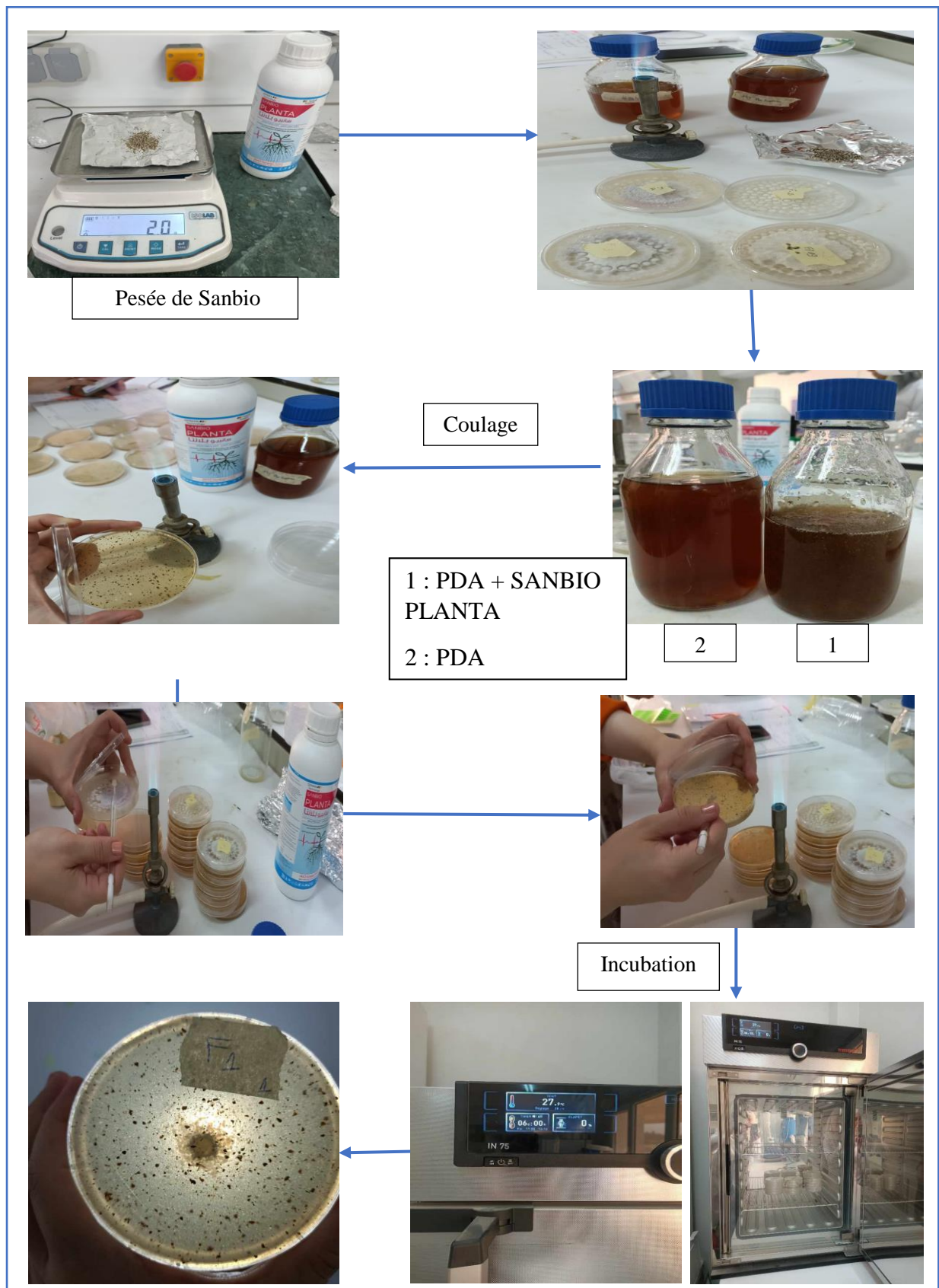




## **2.5. La lutte biologique de Fusarium par le produit biologique SANBIO PLANTA**

Pour préparer la bouillie, dissolvez 1 kg de PLANTA dans 200 litres d'eau à une température de 35 degrés Celsius (**Anonyme, 2024**)

- Nous mélangeons 2 g de SANBIO PLANTA avec 350 ml milieu de PDA ( il ne contient pas d'antibiotique ) à une température de 35 degrés Celsius, puis nous couler les boîtes de pétrie.
- Nous plaçons un disque d'une des souches étudiées (03 souches différents morphologiquement de Fusarium) au centre de la boite de pétrie à l'aide d'une pipette.
- Pour chaque champignon, nous avons fait 5 répétitions.
- Nous les incubons dans un incubateur ( figure 13).

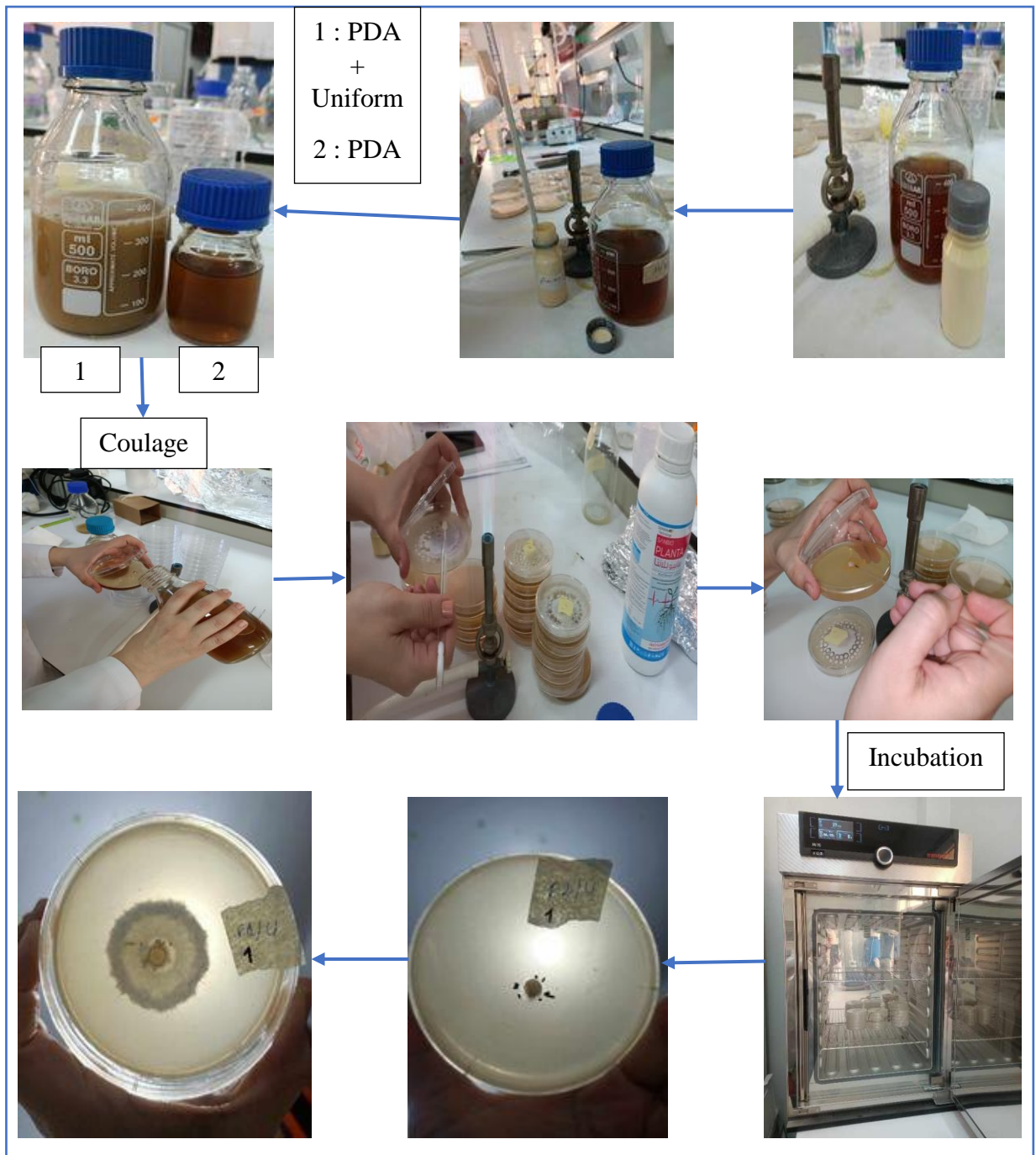


**Figure 13 :** la méthode de lutte biologique par le produit biologique SANBO PLANTA (Originale, 2024).

## **2.6. La lutte chimique de Fusarium par Uniform**

Pour préparer la bouillie, dissolvez 1 l d'Uniform dans 400 litres d'eau ( 01 litre d'uniform pour 1ha, et 400 l d'eau pour 1 ha) (**Anonyme, 2024**)

- Nous mélangeons 1ml de l'Uniforme avec 350 ml milieu de PDA
- nous couler les boîtes de pétrie.
- nous plaçons un disque d'une des souches étudiées (03 souches différents morphologiquement de Fusarium) au centre de la boite de pétrie à l'aide d'une pipette.
- Pour chaque champignon, nous avons fait 5 répétitions.
- nous les incubons dans un incubateur (figure 14).



*Figure 14: la méthode de lutte chimique par le produit chimique Uniform (Originale, 2024).*

## **2.7. Les mesures de la croissance mycélienne**

Chaque jour, le rayon moyen du mycélium du *Fusarium* est mesuré (à partir de trois lectures) pendant 7 jours.

Le pourcentage d'inhibition se calcule selon la formule décrite par **(Benkemouche & Ghazi, 2013)** indiqué comme suit :

Taux d'inhibition (%) =  $((D \text{ témoin} - D \text{ test}) / D \text{ témoin}) \times 100$



# **Chapitre II :**

## Résultats et Discussion

### Résultats et Discussion

#### I : Résultats

Les expériences ont démontré que les quatre souches de Trichoderma et les fongicides (Biologiques et chimiques) ont un effet sur les trois espèces de Fusarium, bien que les pourcentages d'efficacité varient.

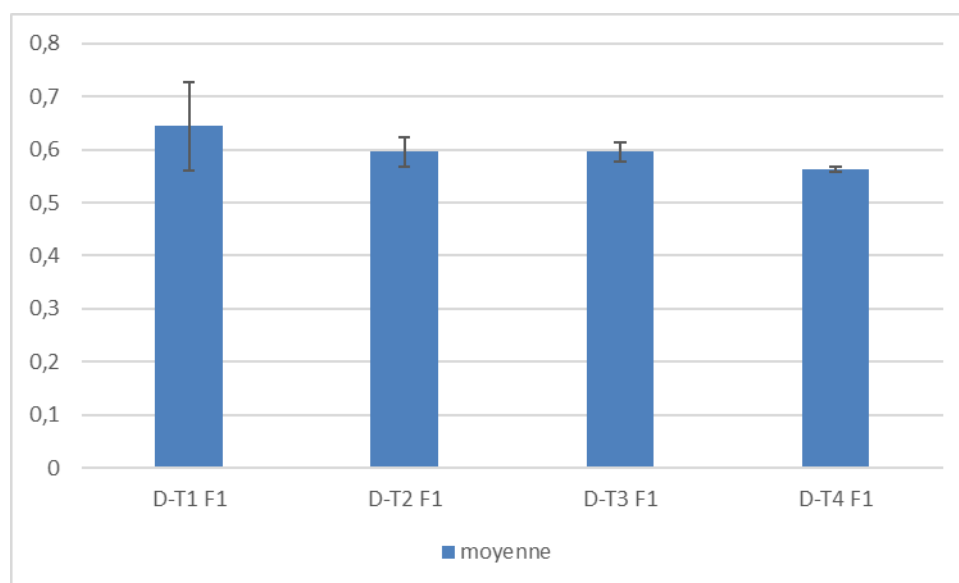
Nous allons comparer l'efficacité de quatre souches différentes de Trichoderma sur trois souches différentes de Fusarium, ainsi que l'efficacité du produit biologique et produit chimique sur les trois souches de Fusarium. Ensuite, nous comparerons l'effet de Trichoderma sur le Fusarium avec une méthode directe et une autre méthode indirecte, suivi d'une comparaison des méthodes directes utilisées.

#### 1. Taux d'inhibition de la croissance mycelienne des Fusarium par les trichoderma avec la méthode de "confrontation directe"

##### 1.1. la souche 1 de Fusarium

Nous remarquons que la souche de Trichoderma 1 est la plus efficace avec un moyen de 0,64, tandis que Trichoderma 4 est la moins efficace avec un moyen de 0,56.

Quant à Trichoderma 2 et 3, elles ont la même efficacité ( la figure 15).



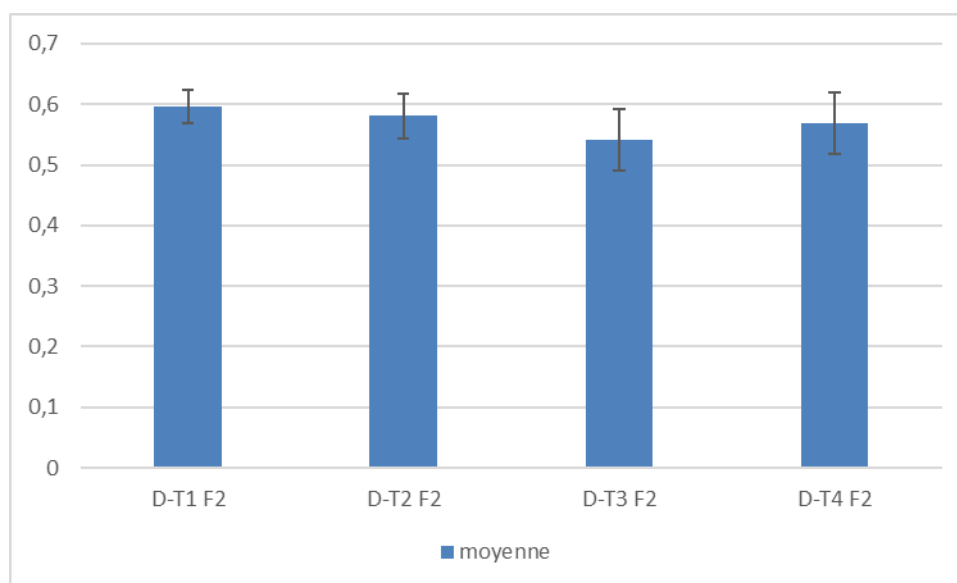
*Figure 15 : Taux d'inhibition de la souche 1 de Fusarium par les Trichoderma avec la méthode de confrontation directe.*

## Chapitre II : Résultats et Discussion

Après l'analyse de la variance, nous avons constaté qu'il n'y a pas une différence significative entre les différents souches de Trichoderma contre la souche 1 de Fusarium (  $P = 0,239$  )

### 1.2. la souche 02 de Fusarium

Nous remarquons que la souche de Tricoderma 1 est la plus efficace avec un moyen de 0,6, suivi du la souche 2, puis de la souche 4. Alors que la moins efficaces est la souche 3 avec un moyen de 0,54 ( la figure 16).



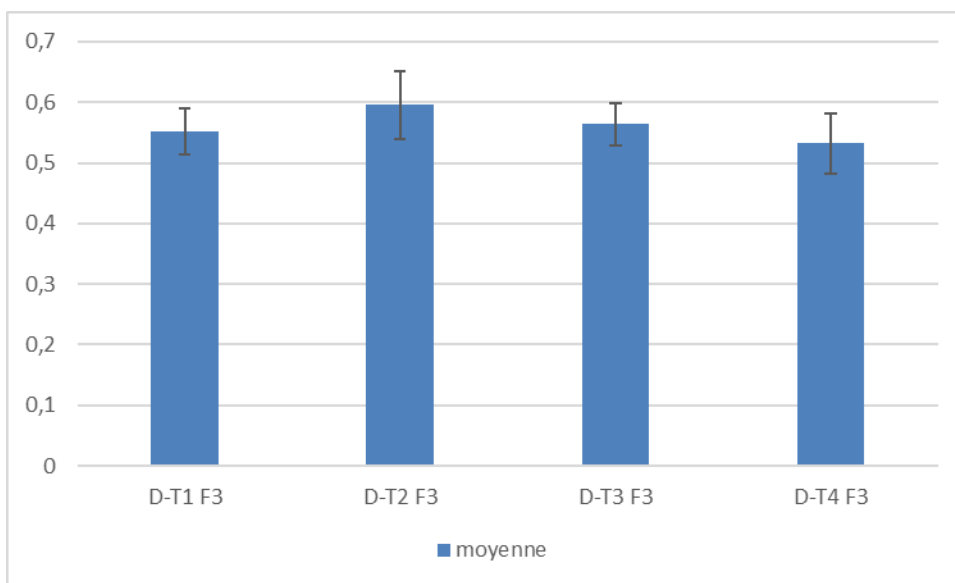
**Figure 16:** Taux d'inhibition de la souche 2 de Fusarium par les Trichoderma avec la méthode de confrontation directe.

Après l'analyse de la variance, nous avons constaté que il n'y a pas une différence significative entre les différents souches de Trichoderma contre la souche 2 de Fusarium (  $P = 0,486$  ).

### 1.3. la souche 03 de Fusarium

Nous remarquons que la souche de Tricoderma 2 est la plus efficace avec un moyen de 0,6, suivi du la souche 3, puis du 1, et la moins efficaces est la souche 4 avec un moyen de 0,53 ( la figure 17).





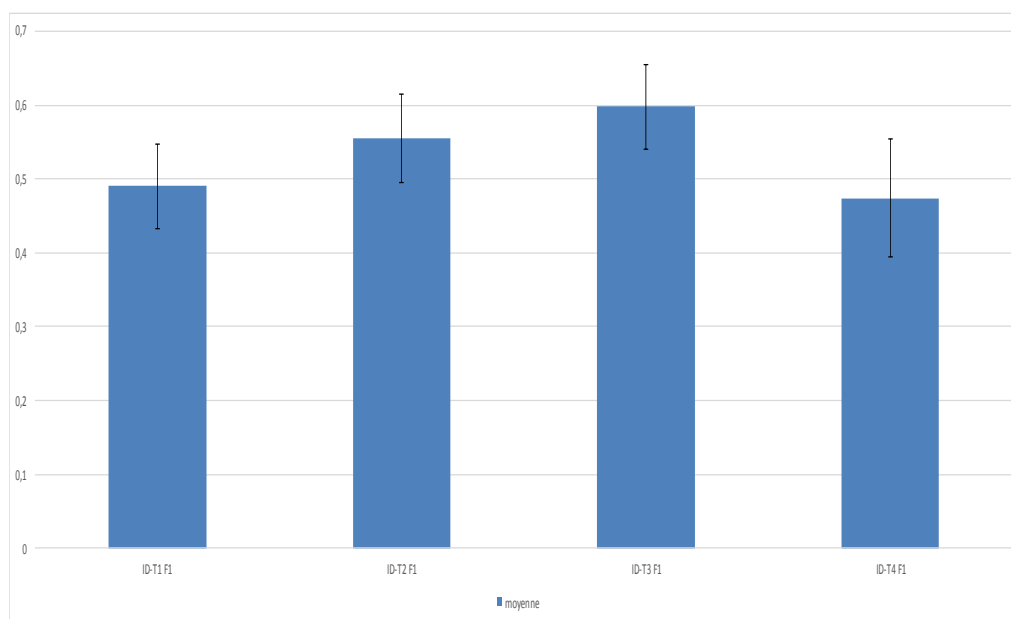
**Figure 17:** Taux d'inhibition de la souche 3 de *Fusarium* par les *Trichoderma* avec la méthode de confrontation directe.

Après l'analyse de la variance, nous avons constaté que il n'y a pas différence significatif entre les différents souches de *Trichoderma* contre la souche 3 de *Fusarium* ( $P = 0,437$ )

### 2. Taux d'inhibition de la croissance mycelienne des *Fusarium* par les *trichoderma* avec la méthode de "confrontation indirecte

#### 2.1. la souche 01 de *Fusarium*

Nous remarquons que la troisième souche de *Trichoderma* est la plus efficace avec un moyen de 0,6, suivi de la deuxième souche, puis les souches 1 et 4 qui ont une efficacité presque similaire avec un moyen de 0,47 ( la figure 18).



**Figure 18 :** Taux d'inhibition de la souche 1 de *Fusarium* par les *Trichoderma* avec la méthode de confrontation indirecte.

## Chapitre II : Résultats et Discussion

Après l'analyse de la variance, nous avons constaté que il n'y a pas différence significatif entre les différents souches de Trichoderma contre la souche 3 de Fusarium (  $P = 0,132$  )

### 2.2. la souche 02 de Fusarium

Nous remarquons que les souches 1 et 2 de Trichoderma ont une efficacité élevée (0,55) contre le Fusarium 2 par rapport les souches 3 et 4 de Trichoderma (0,40), ( la figure 19).

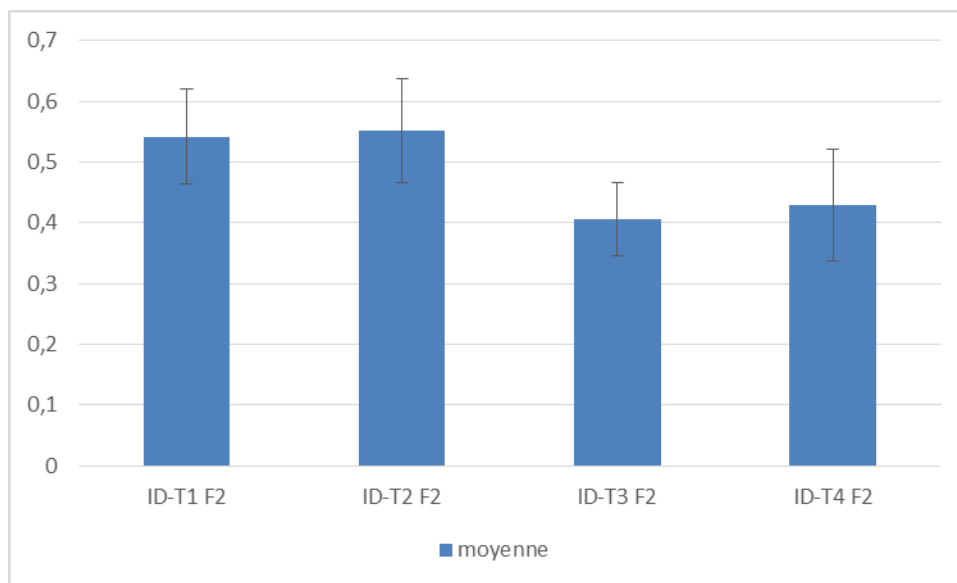
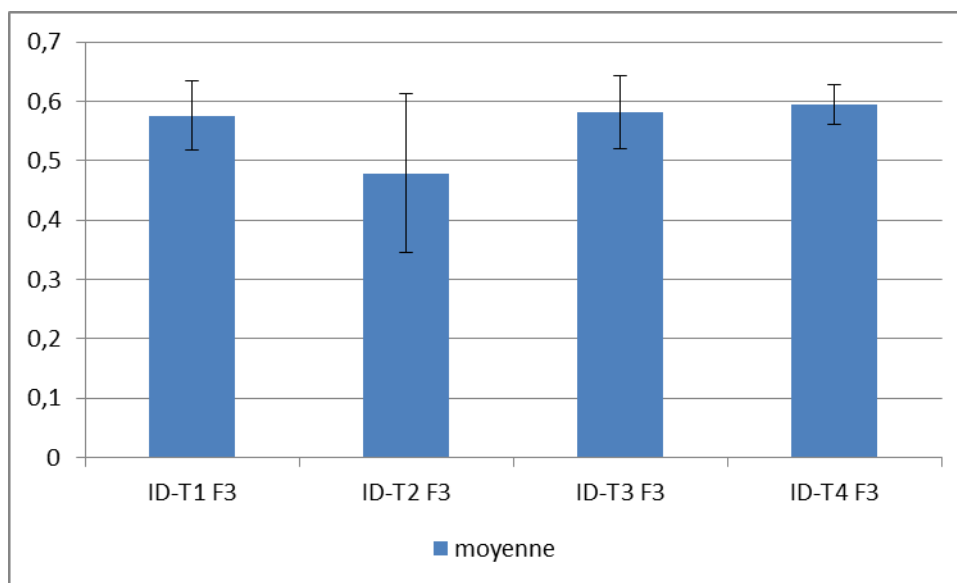


Figure 19 : Taux d'inhibition de la souche 2 de Fusarium par les Trichoderma avec la méthode de confrontation indirecte.

Après l'analyse de la variance, nous avons constaté que il n'y a pas différence significatif entre les différents souches de Trichoderma contre la souche 3 de Fusarium (  $P = 0,098$  )

### 2.3. la souche 03 de Fusarium

Nous constatons que l'effet de Trichoderma 1, 2 et 4 est presque équivalent (0,6), contrairement à Trichoderma 3 qui était faible (0,48), ( la figure 20).



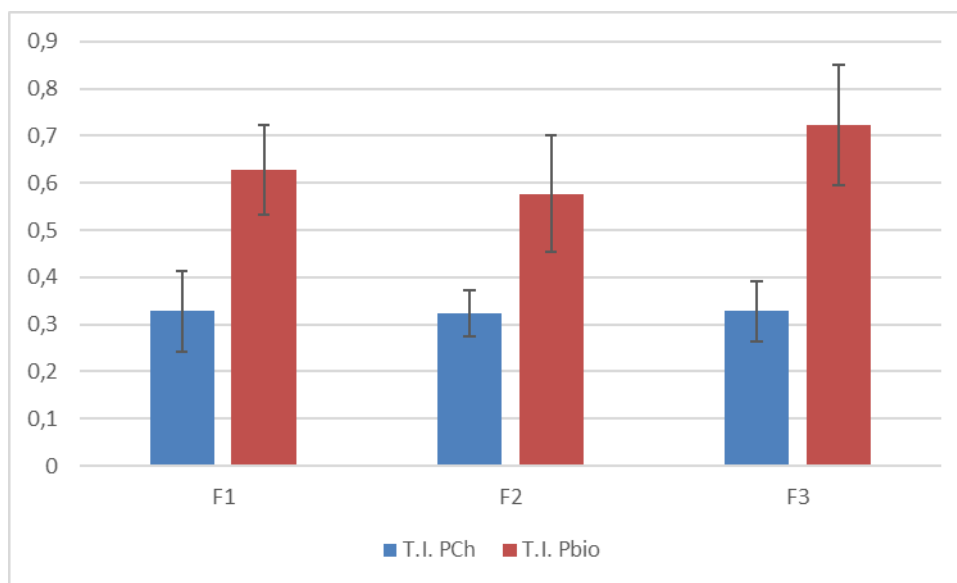
*Figure 20 : Taux d'inhibition de la souche 3 de Fusarium par les Trichoderma avec la méthode de confrontation indirecte.*

Après l'analyse de la variance, nous avons constaté que il n'y a pas différence significatif entre les différents souches de Trichoderma contre la souche 3 de Fusarium (  $P = 0,284$  )

### **3. Taux d'inhibition des Fusarium par un produit chimique "Uniform" et un produit a base biologique "SANBIO "**

Nous observons que l'effet du produit biologique sur les trois types de Fusarium (0,72) était considérablement plus prononcé que celui du produit chimique (0,33). De plus, nous remarquons que l'impact du produit chimique sur les trois souches du Fusarium était similaire, tandis que celui du produit biologique était plus fort sur la troisième souche de Fusarium, suivi de la première, puis de la deuxième ( la figure 21).

## Chapitre II : Résultats et Discussion



**Figure 21** : Taux d'inhibition des *Fusarium* par les produits ( chimique et biologique ).

Après l'analyse de la variance, on remarque une différence significative entre le produit chimique et le produit biologique contre les trois souches de *Fusarium* avec un P égale à 0,001, 0,003 et 0,0003 respectivement.

Le tableau de groupement est comme suit : ( le tableau 1)

**Tab 1** : Tableau des groupes Homogènes du produit chimique et biologique contre les souches du *Fusarium*

Modalité	F1	Groupes		F2	Groupes		F3	Groupes	
<b>.T.I. Pbio</b>	0,629	A		0,578	A		0,724	A	
<b>T.I. PCh</b>	0,328		B	0,324		B	0,328		B

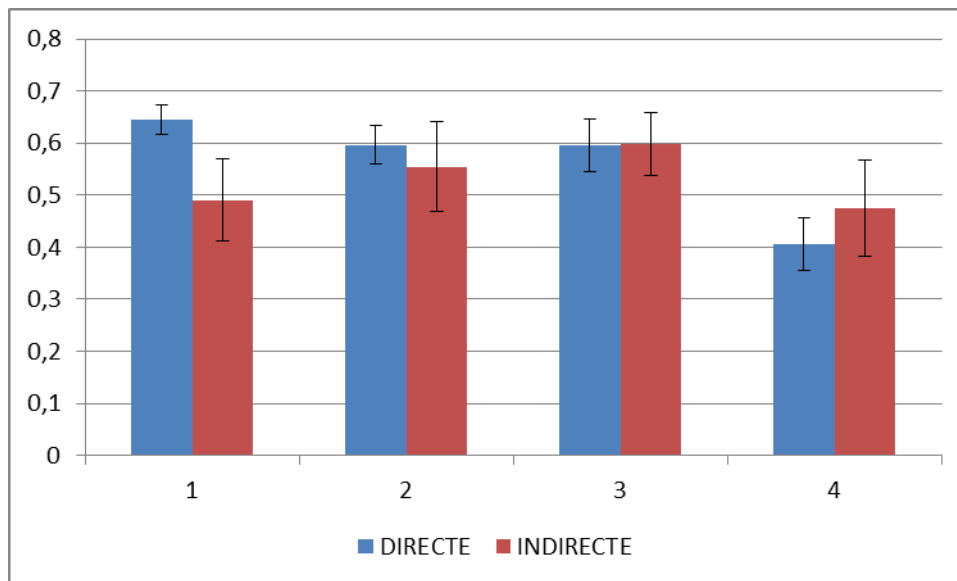
#### 4. La comparaison des taux d'inhibition de la croissance mycélienne des *Fusarium* par les deux méthodes de confrontation des trichoderma "directe et indirect"

##### 4.1. la souche 1 du *Fusarium*

Nous remarquons que l'efficacité de la souche 1 de *Trichoderma* sur la souche 1 de *Fusarium* avec la méthode direct était la plus forte avec un moyen de 0,64, quant à la moindre efficacité, elle a été enregistrée pour la souches 4 de *Trichoderma* ( avec la méthode direct ) avec un moyen de 0,47

## Chapitre II : Résultats et Discussion

on remarque aussi que *Trichoderma* est plus efficace de manière directe que de manière indirecte, Cela est dû au fait que le *Trichoderma* n'affecte pas seulement par les substances excrétées volatiles mais aussi par d'autres moyens ( la figure 22)..



**Figure 22 :** Taux d'inhibition de la souche 1 de *Fusarium* par les *Trichoderma* avec la méthode de confrontation directe et indirect.

Après l'analyse de la variance, on remarque une différence significatif entre la souche 1 de *Trichoderma* avec un méthode directe et la souche 4 de *Trichoderma* avec un méthode indirecte contre la souche 1 de *Fusarium* (  $P = 0,021$  )

Le tableau de groupement est comme suit : ( le tableau 2).

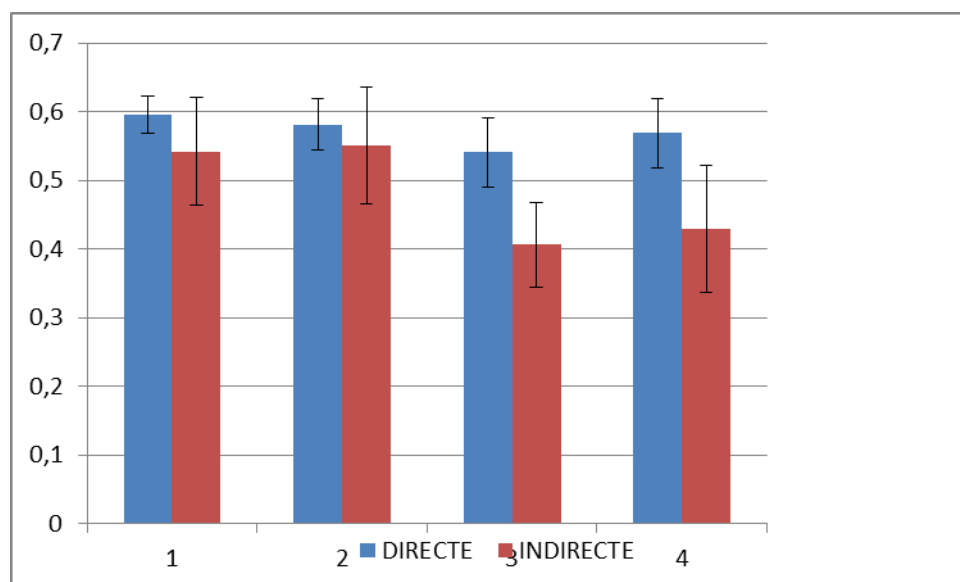
**Tab 2:** Tableau des groupes Homogènes du *Trichoderma* contre la souche 1 du *Fusarium* avec la méthode direct et indirct.

Modalité	Moyenne estimée	Groupes	
<b>D-T1</b>	0,645	A	
<b>ID-T3</b>	0,598	A	B
<b>D-T2</b>	0,596	A	B
<b>D-T3</b>	0,596	A	B
<b>D-T4</b>	0,562	A	B
<b>ID-T2</b>	0,555	A	B
<b>ID- T1</b>	0,504	A	B
<b>ID-T1</b>	0,486	A	B
<b>ID- T4</b>	0,474		B

### 4.2. la souche 2 du Fusarium

On remarque que la première souche de trichoderma a eu la plus grande efficacité contre le Fusarium par la méthode directe avec un moyen de 0,6, suivi immédiatement par la deuxième souche de trichoderma aussi par la méthode direct, tandis que la troisième souche de trichoderma par la méthode indirect était le moins efficace avec un moyen de 0,40.

on remarque aussi que Trichoderma est plus efficace de manière directe que de manière indirecte, Cela est dû au fait que le Trichoderma n'affecte pas seulement par les substances excrétées mais aussi par d'autres moyens ( la figure 23).



**Figure 23** : Taux d'inhibition de la souche 2 de Fusarium par les Trichoderma avec la méthode de confrontation directe et indirect

Après l'analyse de la variance, on remarque une différence significatif entre la souche 1 de Trichoderma avec un méthode directe et la souche 3 de Trichoderma avec un méthode indirecte contre la souche 1 de Fusarium (  $P = 0,013$  )

Le tableau de groupement est comme suit : ( le tableau 3)

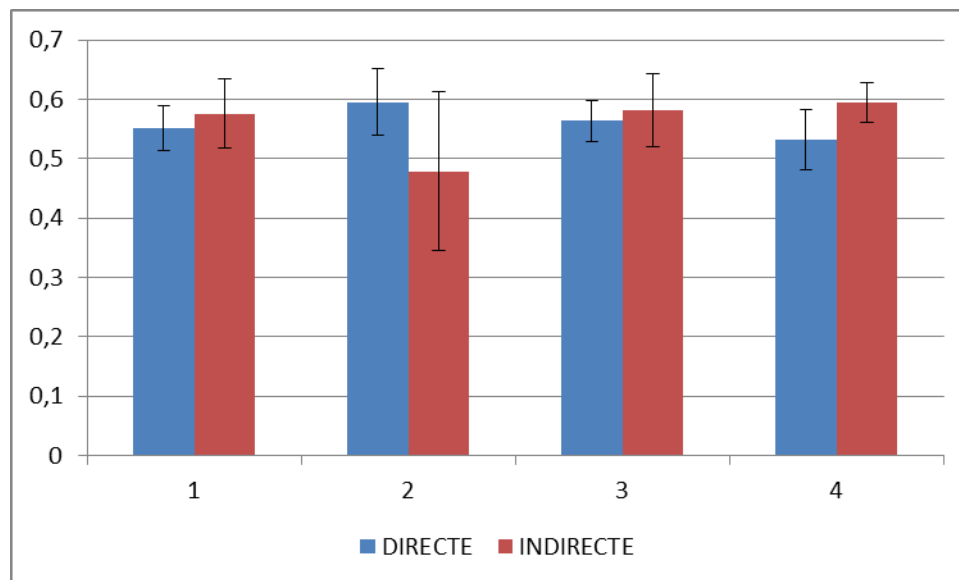
## Chapitre II : Résultats et Discussion

*Tab 3: Tableau des groupes Homogènes du Trichoderma contre la souche 1 du Fusarium avec la méthode direct et indirect.*

Modalité	Moyenne estimée	Groupes	
D-T1	0,596	A	
D-T2	0,581	A	B
D-T4	0,569	A	B
ID-T1	0,555	A	B
ID-T2	0,551	A	B
D-T3	0,541	A	B
ID- T1	0,503	A	B
ID- T4	0,429	A	B
ID-T3	0,406		B

### 4.3. la souche 3 du Fusarium

On remarque que la deuxième souche de Trichoderma a eu le plus grand impacte de manière directe avec un moyen de 0,6, ainsi que la quatrième souche de manière indirecte, tandis que le moins impactant a été la deuxième souche de manière indirecte avec un moyen de 0,48 (la figure 24).



*Figure 24: Taux d'inhibition de la souche 3 de Fusarium par les Trichoderma avec la méthode de confrontation directe et indirect.*

## Chapitre II : Résultats et Discussion

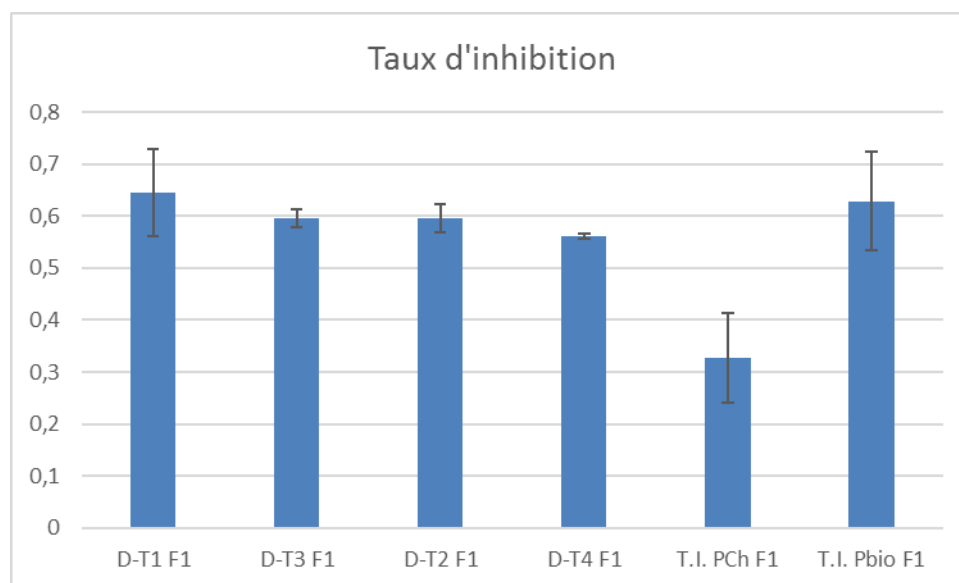
Après l'analyse de la variance, nous avons constaté que il n'y a pas différence significatif entre les différents souches de Trichoderma contre la souche 3 de Fusarium (  $P = 0,359$  )

### 5. Taux d'inhibition de la croissance mycelienne des Fusarium par les trichoderma et les produits avec la méthode de "confrontation directe "

#### 5.1. La souche 1 du Fusarium

Nous constatons que la souche 1 de Trichoderma a eu le plus grand effet (0,64), suivi du bio fongicide ( SANBIO PLANTA ), tandis que le fongicide chimique ( Uniform ) a eu le moins d'impact( 0,31).

Nous pouvons expliquer l'efficacité du bio fongicide SANBIO PLANTA par sa présence également de Trichoderma. Cependant, sa moindre efficacité par rapport au première souche de Trichoderma pourrait s'expliquer par la présence de souches de Trichoderma moins efficaces dans sa composition ( la figure 25)..



**Figure 25:** Taux d'inhibition de la souche 1 de Fusarium par les Trichoderma et les produits ( chimique et biologique ) avec la méthode de confrontation directe.

Après l'analyse de la variance, on remarque une différence significatif entre les souches de Trichoderma avec un méthode directe et le produit chimique, aussi entre le produit biologique et chimique contre la souche 1 de Fusarium (  $P < 0,0001$  )

Le tableau de groupement est comme suit : ( tableau 4)



## Chapitre II : Résultats et Discussion

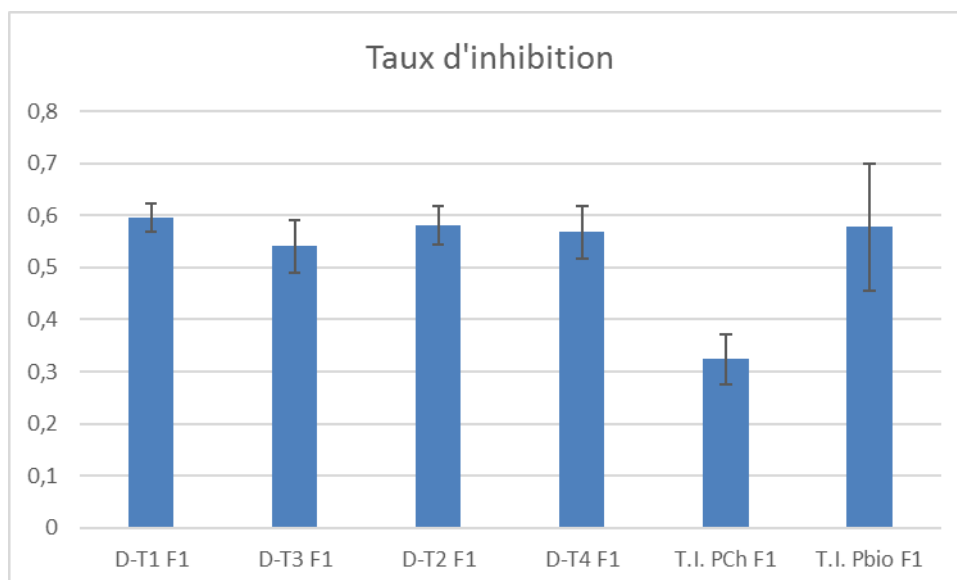
**Tab 4:** Tableau des groupes Homogènes du *Trichoderma* avec les produits ( chimique et biologique ) contre la souche 1 du *Fusarium* avec la méthode direct.

Modalité	Moyenne estimée	Groupes	
D-T1	0,645	A	
T.I. Pbio	0,629	A	
D-T2	0,596	A	
D-T3	0,596	A	
D-T4	0,562	A	
T.I. PCh	0,328		B

### 5.2. La souche 2 du *Fusarium*

Il est observé que l'effet du *Trichoderma* et du bio fongicide ( SANBIO PLANTA ) est nettement supérieur avec un moyen de 0,6 à celui du fongicide chimique ( Uniform ) avec un moyen de 0,32 .

Nous pouvons expliquer l'efficacité du bio fongicide SANBIO PLANTA par sa présence également de *Trichoderma*. Cependant, sa moindre efficacité par rapport au première souche de *Trichoderma* pourrait s'expliquer par la présence de souches de *Trichoderma* moins efficaces dans sa composition( la figure 26).



**Figure 26:** Taux d'inhibition de la souche 2 de *Fusarium* par les *Trichoderma* et les produits ( chimique et biologique ) avec la méthode de confrontation directe.

## Chapitre II : Résultats et Discussion

Après l'analyse de la variance, on remarque une différence significative entre les souches de Trichoderma avec une méthode directe et le produit chimique, aussi entre le produit biologique et chimique contre la souche 1 de Fusarium ( $P < 0,0001$ )

Le tableau de groupement est comme suit : ( tableau 5).

**Tab 5:** Tableau des groupes Homogènes du Trichoderma avec les produits ( chimique et biologique ) contre la souche 2 du Fusarium avec la méthode directe.

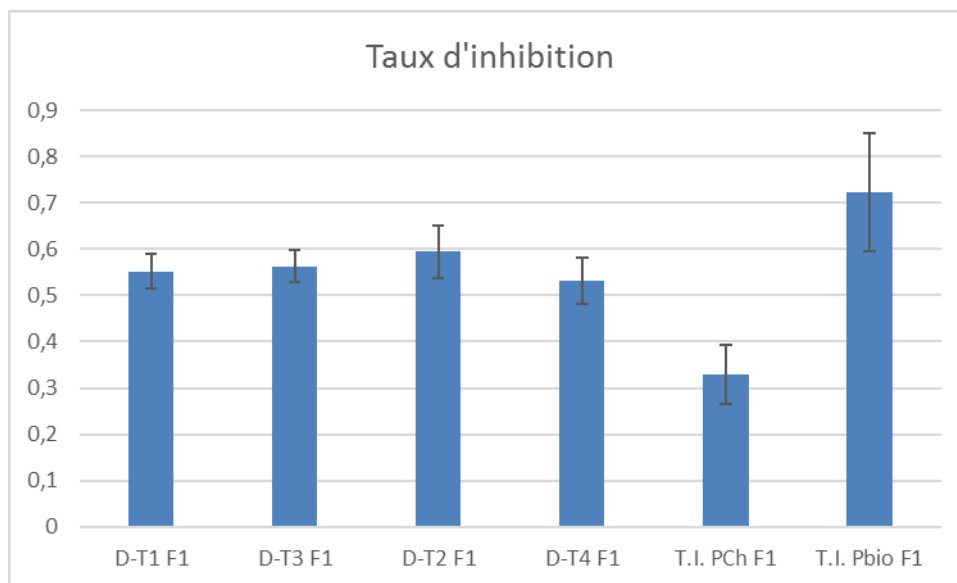
Modalité	Moyenne estimée	Groupes	
<b>D-T1</b>	0,596	A	
<b>D-T2</b>	0,581	A	
<b>T.I. Pbio</b>	0,578	A	
<b>D-T4</b>	0,569	A	
<b>D-T3</b>	0,541	A	
<b>T.I. PCh</b>	0,324		B

### 5.3. La souche 3 du Fusarium

Le bio fongicide SANBIO PLANTA a été enregistré comme ayant le plus grand impact sur le Fusarium (0,6), suivi des différentes souches de Trichoderma, puis du fongicide chimique (Uniform) avec un moyen de 0,33 .

Cela s'explique par le fait que le bio fongicide contient d'autres organismes vivants en plus du Trichoderma qui peuvent influencer le Fusarium, notamment : Mycorhize, Bacillus et Pseudomonas( la figure 27).

## Chapitre II : Résultats et Discussion



**Figure 27:** Taux d'inhibition de la souche 2 de *Fusarium* par les *Trichoderma* et les produits ( chimique et biologique ) avec la méthode de confrontation directe.

Après l'analyse de la variance, on remarque une différence significative entre les souches de *Trichoderma* avec un méthode directe et le produit chimique, aussi entre le produit biologique et chimique contre la souche 3 de *Fusarium*, aussi entre les souches de *Trichoderma* avec un méthode directe et le produit biologique (  $Pr < 0,0001$  )

Le tableau de groupement est comme suit : (tableau 6).

**Tab 6:** Tableau des groupes Homogènes du *Trichoderma* avec les produits ( chimique et biologique ) contre la souche 3 du *Fusarium* avec la méthode direct.

Modalité	Moyenne estimée	Groupes		
<b>T.I. Pbio</b>	0,724	A		
<b>D-T2</b>	0,595		B	
<b>D-T3</b>	0,564		B	
<b>D-T1</b>	0,552		B	
<b>D-T4</b>	0,532		B	
<b>T.I. PCh</b>	0,328			C

## II : Discussion

Les résultats de notre étude, pour la méthode de confrontation directe ; montre que le taux d'inhibition de la croissance de *Fusarium* variait entre 53,2 et 64,49 %, en fonction du type de

## Chapitre II : Résultats et Discussion

Fusarium et de Trichoderma. Notre travail a confirmé les résultats de plusieurs d'autres études, tel que le travail fait par **(Hibar et al, 2005)** ; qui a montré que la confrontation directe sur milieu de culture entre *Trichoderma harzianum* et *Fusarium oxysporum* f. sp, a révélé une croissance rapide de Trichoderma par rapport au Fusarium. Ce dernier n'a occupé qu'une surface de 20 mm, ce qui correspond à une inhibition de plus de 65 % de sa croissance fongique, tandis que l'échantillon de Fusarium cultivé seul a occupé une surface d'environ 50 mm de diamètre. D'autre étude menée par **(Ghorri, 2015)** sur l'impact de 7 isolats sur 8 souches de Fusarium par une méthode directe, montrent qu'au bout de quatre jours d'incubation, la boîte est totalement envahie par l'antagoniste, alors que les isolats de Fusarium n'occupent qu'une surface variant de 20 à 28 mm de diamètre, ce qui correspond à une inhibition de croissance mycélienne supérieure à 65 %,

D'un autre part, la méthode de confrontation indirecte ; nous donne un taux d'inhibition variait de 40 à 59 % selon le type de Fusarium et de Trichoderma. Cette légère variation peut être expliquée par les différences de performances entre les Trichoderma et de Fusarium étudiés dans notre recherche par rapport à celle-ci. Les résultats de l'étude de **(Hibar et al, 2005)** montrent que l'effet du *Trichoderma harzianum* sur le *Fusarium oxysporum* f. sp, de manière indirecte, a entraîné une diminution significative du diamètre moyen des colonies de *Fusarium oxysporum* en présence de *Trichoderma harzianum* par rapport au témoin non traité, ce qui représente une inhibition de 63%. Ce qui confirme les résultats obtenus dans notre étude.

Le travail fait par **(Benbelkacem et al, 2021)** à confirmer les résultats de notre travail ; Après avoir étudié l'impact d'un groupe de différents souches de Trichoderma sur des souches de *Fusarium culmorum* par la méthode directe, il est apparu que les isolats T9, T12 et T14 avaient les taux d'inhibition les plus élevés, allant de 62,06 % à 81,81 %. En ce qui concerne l'effet indirect, il était peu significatif à l'exception de T11 contre FC2, FC4 et FC20, avec des pourcentages respectifs de 24,39 %, 48,83 % et 47,61 %.

Dans notre étude , nous avons évalué l'efficacité de différentes formulations fongicides sur la croissance mycélienne de plusieurs isolats de Fusarium. Les résultats obtenus montrent une variation significative dans les taux d'inhibition du développement mycélien en fonction des formulations utilisées et des types de Fusarium étudiés.

Les mesures de la croissance mycélienne du pathogène ont révélé que la formulation 1 (fludioxonil + difenoconazole) est très efficace contre les deux isolats de Fusarium testés, avec des taux d'inhibition de plus de 96% pour Fus1 et de 98% pour Fus2. Cette formulation a permis de réduire la croissance mycélienne à 1,5 mm et 0,5 mm respectivement,

## Chapitre II : Résultats et Discussion

comparativement à 44 mm pour le témoin. En revanche, la formulation 2 (tébuconazole) a montré un effet inhibiteur légèrement inférieur, avec des taux d'inhibition de 93% sur Fus1 et de 95% sur Fus2 (**Bencedira, 2019**)

En comparant ces résultats avec ceux obtenus par (**Benkemouche & Ghazi, 2013**), qui ont évalué l'efficacité de deux autres substances sur trois souches de *Fusarium oxysporum* f.sp *radicis-lycopersici*, nous observons également une différence notable dans les taux d'inhibition. Les pourcentages d'inhibition pour la substance A variaient de 14,37 à 35,62%, tandis que pour la substance T, ils allaient de 61,87 à 86,25%. Dans notre étude, les taux d'inhibition pour l'Uniform se situaient entre 21,61 et 42,14%, plaçant l'Uniform comme étant plus efficace que la substance A mais moins efficace que la substance T. Il est important de noter que les différences dans les types de *Fusarium* étudiés peuvent influencer ces comparaisons, certains types étant potentiellement plus sensibles que d'autres.

L'évaluation de l'efficacité des produits testés s'est basée sur le calcul du pourcentage d'inhibition de la croissance mycélienne. Le pourcentage d'inhibition obtenu pour l'Uniform dans l'étude de (**Houhou, 2023**) était de 69,92%, ce qui est nettement supérieur à celui observé dans notre étude. Cette disparité pourrait s'expliquer par la différence de la souche de *Fusarium* sur lequel l'étude a été menée, soulignant l'importance de la spécificité du pathogène dans l'évaluation de l'efficacité des fongicides.

En résumant, bien que la formulation 1 (fludioxonil + difenoconazole) ait montré une efficacité supérieure dans notre étude, les résultats varient considérablement en fonction des souches de *Fusarium* et des substances utilisées. Cela souligne la nécessité d'une évaluation rigoureuse et spécifique pour chaque type de pathogène afin de déterminer l'efficacité optimale des traitements fongicides



# CONCLUSION

## Conclusion

Nos résultats confirment que les approches biologiques, comme l'utilisation de Trichoderma, sont très efficaces dans la lutte contre les champignons phytopathogènes tels que Fusarium. Cette efficacité découle en partie de la capacité de Trichoderma à rivaliser avec les Fusarium ce qui entrave leur croissance et le développement de maladies.

Le Trichoderma est plus efficace contre le fusarium souche 1 et 2 avec la méthode directe, alors qu'il est plus efficace avec la méthode indirect pour la souche 3, notre étude a également prouvé que le produit biologique est plus efficace contre les 3 souches de fusarium par rapport le produit chimique.

L'utilisation croissante de produits biologiques, tels que les biopesticides contenant Trichoderma et d'autres agents biologiques, représente un progrès important dans le domaine de la lutte contre les maladies des plantes. En effet, leur utilisation permet de réduire la dépendance aux produits chimiques et de minimiser les effets néfastes sur l'environnement. Comparativement aux produits chimiques, les biopesticides montrent une efficacité plus élevée dans la lutte contre Fusarium.



# **Les références bibliographiques**



## Les références bibliographiques :

### Bibliographie

(s.d.).

Adouane, T., & Barrached, A. (2023). *les impacts négatifs des engrais chimiques sur l'environnement et la santé publique*. (p. 1). Ouargla: Université de Kasdi Merbah Ouargla.

Anonyme. (2022, 06 07). *syngenta*. Récupéré sur [syngenta.ma](http://syngenta.ma).

Anonyme. (2023). *Fusariose*. Réseau d' avertissements phytosanitaires pépinières ornementales.

Anonyme. (2024). *fiche technique sur l'emballage de PDA en poudre*. Récupéré sur [memoireonline.com](http://memoireonline.com).

Anonyme. (2024). *profert*. Récupéré sur [profert.dz](http://profert.dz).

Anonyme. (2024). *SANBIO PLANTA*.

Anonyme. (s.d.). *تقنيات الزراعة الحديثة*. Récupéré sur [modernagritec.com](http://modernagritec.com).

Bellibel, N. E., & Chemori, Z. (2020). Effet bénéfique des champignons du genre *Trichoderma* sur les cultures: cas de la tomate., (p. 4).

Benbelkacem, A., Bouanaka, H., Bellil, I., & Harrat, W. (December 2021). On the biocontrol by *Trichoderma afroharzianum* against *Fusarium culmorum* responsible of fusarium head blight and crown rot of wheat in Algeria. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 7.

Bencedira, & Sihem. (2019). Effet de différentes formulations de produits phytosanitaires de traitement de semence de blé sur le *Fusarium in vitro*. (p. 30). Constantine: Université des Frères Mentouri Constantine.

Benkemouche, S., & Ghazi, Z. (2013). EFFET DE CERTAINS FONGICIDES DE SYNTHÈSE SUR LA CROISSANCE MYCELIENNE DE *Fusarium oxysporum* PATHOGENE DE LA TOMATE. *Mémoire de Master* (p. 26). GUELMA: UNIVERSITÉ 08 MAI 1945 GUELMA.

## Les références bibliographiques :

- Benlamoudi, W. (2016). Essai de lutte biologique in vitro contre quelques maladies fongiques de la tomate dans la région d'Oues Righ par l'utilisation de souches autochtones de *Trichoderma harzianum* Persoon (1794). (p. 15). Ouargla: Université Kasdi Merbah.
- Benzohra, I. E., Bendahmane, B. S., & Benkada, M. Y. (2016). Essais de lutte biologique in vitro par l'utilisation de *Trichoderma harzianum* et de *Trichoderma viride* contre *Ascochyta rabiei*, agent de l'anthracnose du pois chiche en Algérie. *Journal Algerien des Régions Arides ( JARA )*, 51.
- Bouanaka, H., Bellil, I., Harrat, W., Boussaha, S., Benbelkacem, A., & Khelifi, D. (2021). On the biocontrol by *Trichoderma afroharzianum* against *Fusarium culmorum* responsible of fusarium head blight and crown rot of wheat. *Biological Pest Control*, 3.
- Djafri, S., & Khelifa, M. (2020). Biocontrôle de la fusariose vasculaire de la tomate causée par *Fusarium oxysporum*. *Mémoire de master* (pp. 23 - 26). BLIDA: Université Saad Dahleb Blida 1.
- Dzanouni, I., & Djaafri, A. (2022). Essai de lutte biologique contre *Fusarium oxysporum* f.sp. *ciceris*, agent causal de la fusariose du pois chiche (*Cicer arietinum* L), par *Pseudomonas fluorescens*. *mémoire de master* (pp. 28,30). Mostaganem: Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem.
- El-Amraoui, B., Elamraoui, M., Fassouane, A., & Nozha, C. (2014, MAY 21). Biocontrol of *Fusarium wilt* of melon by marine microorganisms. p. 15.
- Ghorri, S. (2015). Isolement des microorganismes possédant une activité anti- *Fusarium*. (p. 51). Constantine: Université frères Mentouri.
- Gountiéni Damien, L., & David, M. (2013, JUIN). Coût de l'inaction de la gestion des produits chimiques dans le secteur minier et agricole. p. 7.
- Hasan, H. (2021, JUNE 10). Biology and integrated control of Tomato Wilt Caused by *Fusarium oxysporum lycopersici* : A Comprehensive Review under the Light of Recent Advancements. *JERASH UNIVERSITY*, p. 86.
- Hibar, K., Daami-Remadi, M., Khiareddine, H., & El Mahjoub, M. (2005, MAI 12). Effet inhibiteur in vitro et in vivo du *Trichoderma harzianum* sur *Fusarium oxysporum* f.sp. *radicis-lycopersici*. p. 164.

## Les références bibliographiques :

- Houhou, A. (2023). Etude de l'effet des quelques fongicides de synthèse sur la croissance mycélienne du *Fusarium Oxysporum* f. sp. melonis. (p. 32). Biskra: Université Mohamed Khider de Biskra.
- Ishwar, P. S. (2021, 02 17). Trichoderma- *Fusarium* Interactions: ABiocontrol Strategy to Manage Wilt . *Patanjali Research Institute*, p. 168.
- Jean, M., Alphonse, B., Victor, M., Luc, Z., Espoir, B., Théophile, K., . . . Gustave, M. (2016, 4 12). Effets des milieux de culture ( PDA, SDA, SPDA et mais ) sur la sproductivité in vitro de la souche P969 du *Pleurotus ostreatus* (Jacq) P.Kumm. p. 376.
- Johana, R. O., Juan, T. S., Víctor, O. E., Margarita, J. C., & Liliana, B. B. (2019, 02 28). Antagonisme in vitro dr *Trichoderma asperellum* contre collectotrichum glosesporioides, *Curvularia lunata* et *Fusarium oxysporum*. p. 6.
- Jourdeuil, P., Grison, P., & A, F. (s.d.). La lutte biologique : un aperçu historique. *courrier de la Cellule Environnement de l'INRA n 15*, p. 37.
- Kabouche, M. b., & Hamrouche, A. (2014). Evaluation l'effet de *Trichoderma* sp vis-à-vis de quelques pathogènes des Lentilles ( *Lens culinaris* ). (p. 10). Canstantine: Université Constantine 1.
- Laradj Zazou, K. (2017). Isolement et caractérisation des rhisobactéries promotrices de la croissance des plantes capables de lutter contre le *Fusarium*. *THESE DE DOCTORAT* (p. 18). SIDI BEL ABBES: université Djillali Liabes de Sidi Bel Abbes.
- Martins, M. L., & Martins, H. M. (2002, NOVEMBRE). Influence of water activity, temperature and incubation time on the simultaneous production of deoxynivalenol and zearalenone in corn (*Zea mays* ) by *Fusarium graminearum*. p. 315.
- Okungbowa, F., & Shittu, H. (2012). FUSARIUM WILTS: AN OVERVIEW. p. 86.
- Wagacha, J., & Muthomi, J. (2007, JULY 26). *Fusarium culmorum*: Infection process, mechanisms of mycotoxin production and their role in pathogenesis in wheat. *crop protection*.
- Zoubir, Z., Nouari, K., & Zinaoui, K. (2019). Effet de la salinité du milieu sur le développement in vitro de *Fuzarium oxysporum* f.sp.albedinis agent causal de Bayoud. (p. 33). Tiaret: université Ibn Khaldoun- Tiaret.

## Les références bibliographiques :

Zoubir, Z., Nouari, K., & Zinaoui, K. (2019). Effets de la salinité du milieu sur le développement in vitro de *Fusarium Oxysporum* f.sp. *albedinis* agent causal de Bayoud. *Mémoire de master* (p. 13). TIARET: Université Ibn Khaldoun Tiaret.

A decorative horizontal scroll border with a black outline and rounded ends, containing the word "Annexes" in a bold serif font.

# **Annexes**

## ANNEXES 01 fiche technique de SANBIO PLANTA

. L'enrichissement du sol avec des micro-organismes améliore l'accès aux nutriments essentiels et soutient la capacité de lutte biologique. Les champignons Mycorhiziens et Trichoderma forment un vaste réseau dans le sol et les substrats et s'interconnectent en pénétrant dans les racines des plantes. Les champignons produisent également des enzymes qui convertissent le phosphore organique en phosphore minéral disponible pour les plantes. Les bactéries Bacillus et Pseudomonas (PGRP) sont capables de mettre à disposition des racines les nutriments liés au sol et de transformer l'azote atmosphérique en azote fixe. Sanbio PLANTA appliqué sur le sol ou dans les premiers stades du développement des plantes a un effet biostimulant sur les plantes en augmentant leur apport en certains nutriments. Sanbio PLANTA améliore la fertilité des sols à long terme et réduit la demande d'engrais. (Anonyme, SANBIO PLANTA, 2024)

### a. Elements :

Trioxyde de soufre ( SO <sub>3</sub> )	27.500 %
Oxyde de Magnésium (MgO)	13.000 %
Oxyde de Calcium ( CaO )	0.8800 %
Oxyde de Potassium (K <sub>2</sub> O)	0.6000 %
Oxyde de Phosphore ( P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	0.3000 %
Fer ( Fe )	0.0360 %
Manganèse (Mn)	0.0090 %
Bore ( B )	0.0040 %

(Anonyme, SANBIO PLANTA, 2024)

### b. Domaines d'application :

Toutes cultures (grandes cultures, maraichage, arboriculture, fourrage, floriculture, pépinières...) (Anonyme, SANBIO PLANTA, 2024)

### c. Préparation de la bouillie :

Dissous 1,5 Kg de PLANTA dans 5 litres d'eau à 35° C et attends 15 minutes. Remplir la cuve avec 500 litres d'eau. Ajoute la solution activée. Bien agiter. La bouillie doit être appliquée rapidement. Maintenir l'agitation tout au long du processus d'application. (Anonyme, SANBIO PLANTA, 2024)

### d. Les avantages de SANBIO PLANTA :

- Rendement plus élevé, meilleure qualité et conservation post récolte plus longue

- Amélioration de la composition du microbiome par inoculation de micro-organismes naturels.
- Meilleure utilisation des nutriments et de l'eau.
- Tolérance plus élevée au stress environnemental.
- Résistance accrue contre des infections et des ravageurs spécifiques.
- Meilleure croissance dans des conditions extrêmes.
- Rentable grâce à son faible dosage. (Anonyme, SANBIO PLANTA, 2024)

## ANNEXES 02 fiche technique d'Uniform

Tableau 1 : propriétés d'Uniform (Anonyme, syngenta, 2022)

Nom commun	Nom commercial	La M.A et Cn°	Classe toxicologique	N° d'homologation
Uniform	Uniform 446 SE	Azoxystrobidine 322g/l +de Méfenoxam124 g/l	CLASSE C	E11-7-022

### Conseils d'utilisation :

- produit à appliquer en traitement du sol uniquement.
- le meilleur moment d'application est à partir de 3 jours après la transplantation.
- Evitez d'appliquer le produit en période de forte chaleur.
- le volume d'eau est de 50ml / plante avec un pulvérisateur à dos, 100ml/ plante en injection goutte à goutte.
- Toujours injecter le produit près de la base des tiges. (Anonyme, profert, 2024)



# Résumé



العنوان: استراتيجيات مكافحة فطر الفيزاريوم: مقارنة بين النهج الكيميائي والبيولوجي.

### الملخص:

تمت دراستنا لتقييم تأثير وقدرة تثبيط ثلاثة عزلات مختلفة من فطر الفيزاريوم، المسبب لأمراض النباتات، باستخدام أربعة عزلات مختلفة من فطر التريكو دارما بالإضافة إلى منتج بيولوجي سانبيو بلانطا يحتوي على فطر التريكو دارما، بالإضافة إلى ميكوريزا وباسيلوس وبسودوموناس، وتم أيضًا استخدام منتج كيميائي يُسمى Uniform. تم تطبيق طريقتين في الدراسة، الأولى هي الطريقة المباشرة والثانية هي الطريقة غير المباشرة. بعد متابعة نمو ميسيليوم الفيزاريوم وقياسه لمدة 7 أيام، توصلنا إلى النتائج التي تشير إلى أن فطر التريكو دارما بأنواعه الأربعة (0,64493419) والمنتج البيولوجي (0,72387537) يتمتعون بقدرة كبيرة على تثبيط الفيزاريوم بأنواعه الثلاثة. بينما كان تأثير المنتج الكيميائي ضعيفاً (0,32816537) مقارنة بالمنتج البيولوجي وفطر التريكو دارما. ومنه المحاربة البيولوجية تعتبر بديلاً جيداً للقضاء على الفيزاريوم بطريقة صديقة للبيئة وغير ضارة على الإنسان.

**الكلمات المفتاحية:** الفيزاريوم، التريكو دارما، المكافحة البيولوجية، المكافحة الكيميائية.

---

**Title: A Comparative Analysis of Fusarium Control Strategies: Chemical vs. Biological Approaches**

### Abstract:

This study aimed to evaluate the effectiveness of different methods for controlling Fusarium, a pathogen that causes plant diseases. We compared chemical and biological control approaches. We examined four strains of Trichoderma fungi and used a biological product called SANBIO PLANTA, which contains a combination of Trichoderma, mycorrhiza, Bacillus, and Pseudomonas. We also used a chemical product called Uniform for comparison. We employed two methods, direct and indirect. After a 7-day observation period of Fusarium mycelium growth, the results showed that all four strains of Trichoderma (0,64493419) and the biological product (0,72387537) significantly inhibited the three types of Fusarium. In contrast, the chemical product exhibited limited effectiveness (0,32816537) compared to the biological product and Trichoderma. This indicates that biological control has promise as an environmentally sustainable and safe approach for managing Fusarium infestations effectively.

**Keywords:** Fusarium, Trichoderma, Chemical control, Biological control

---

## **Titre : Stratégies de lutte contre le Fusarium : Comparaison des approches Chimiques et Biologiques**

### **Résumé :**

Nous avons mené cette étude pour évaluer l'effet et la capacité d'inhibition de trois souches différentes de Fusarium, responsables de maladies chez les plantes, en utilisant quatre souches différentes de Trichoderma ainsi qu'un produit biologique SANBIO PLANTA contenant du Trichoderma, de la mycorhize, du Bacillus et du Pseudomonas, ainsi qu'un produit chimique appelé Uniform. Nous avons utilisé deux méthodes dans cette étude, l'une directe et l'autre indirecte. Après avoir suivi la croissance du mycélium de Fusarium et l'avoir mesuré pendant 7 jours, nous avons constaté que les quatre types de Trichoderma (0,64493419) et le produit biologique (0,72387537) avaient une forte capacité à inhiber les trois types de Fusarium. En revanche, l'effet du produit chimique était faible (0,32816537) par rapport au produit biologique et au Trichoderma. Ainsi, la lutte biologique s'avère être une bonne alternative pour éliminer le Fusarium de manière respectueuse de l'environnement et sans danger pour l'homme.

**Mots clés :** Fusarium, Trichoderma, la lutte biologique, la lutte chimique.

---