



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE

Ecole Nationale Supérieure Agronomique

المدرسة الوطنية العليا للفلاحة

Département : Botanique

علم النبات

القسم:

Spécialité : Interaction Plantes – Pathogènes et  
Protection des Plantes

تفاعل النباتات - ممرضات  
النباتات و حماية النبات

التخصص:

Mémoire De Fin D'études

Pour L'obtention Du Diplôme De Master En Sciences Agronomiques

Présenté Par :

Bouchera-Keltoum BENALIOUA

***THEME***

**Évaluation de l'effet de *Trichoderma* spp. sur la résistance du blé dur (*Triticum durum* Desf. Var. Vitron) au stress hydrique simulé par le PEG<sub>6000</sub> au stade germination.**

Soutenu Publiquement le 03/12/2023

Devant le jury composé de :

Président (e) :

Mme. DJEBARI Bahria

MCB (ENSA)

Promotrice :

Mme. LASSOUANE Nassima

MCA (ENSA)

Co-promotrice :

Mme. BOUREGHDA Houda

Pr. (ENSA)

Examineur :

M. TOUMI Mohamed

MCB (Université d'Alger 1)

# TABLE DES MATIERES

## Table des matières

Liste des tableaux .....	i
Liste des figures .....	ii
Liste des abréviations .....	iii
INTRODUCTION GÉNÉRALE.....	1
CHAPITRE I : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE .....	3
<b>I.1. GENERALITES SUR LE BLE.....</b>	<b>3</b>
<b>I.1.1. CLASSIFICATION .....</b>	<b>3</b>
<b>I.1.2. DESCRIPTION BOTANIQUE DU BLE.....</b>	<b>3</b>
<b>I.1.2.1. LES RACINES .....</b>	<b>3</b>
<b>I.1.2.2. LA TIGE.....</b>	<b>3</b>
<b>I.1.2.3. L'INFLORESCENCE .....</b>	<b>4</b>
<b>I.1.2.4. LE FRUIT .....</b>	<b>4</b>
<b>I.1.3. LA GERMINATION .....</b>	<b>5</b>
<b>I.1.3.1. LES CONDITIONS DE LA GERMINATION .....</b>	<b>5</b>
<b>I.1.3.1.1. LES CONDITIONS INTERNES.....</b>	<b>5</b>
<b>I.1.3.1.2. LES CONDITIONS EXTERNES.....</b>	<b>5</b>
<b>I.1.3.2. LES ETAPES DE LA GERMINATION .....</b>	<b>5</b>
<b>I.1.5. LES PHASES DE DEVELOPPEMENT DU BLE.....</b>	<b>6</b>
<b>I.1.5.1. LA PERIODE VEGETATIVE .....</b>	<b>6</b>
<b>I.1.5.1. LA PERIODE DE REPRODUCTION .....</b>	<b>7</b>
<b>I.1.6. LES MALADIES ET LES RAVAGEURS DU BLE .....</b>	<b>8</b>
<b>I.1.7. IMPORTANCE ECONOMIQUE DU BLE .....</b>	<b>9</b>
<b>I.2. LE STRESS HYDRIQUE .....</b>	<b>10</b>
<b>I.2.1. EFFET DU STRESS HYDRIQUE SUR LA PLANTE.....</b>	<b>10</b>
<b>I.2.1.1. EFFET DU STRESS HYDRIQUE SUR LA GERMINATION .....</b>	<b>10</b>
<b>I.2.1.2. EFFET DU STRESS HYDRIQUE SUR LA CROISSANCE .....</b>	<b>11</b>
<b>I.2.1.3. EFFET DU STRESS HYDRIQUE SUR LA PHYSIOLOGIE DE LA PLANTE .....</b>	<b>11</b>
<b>I.2.3. STRATEGIE D'ADAPTATION DE LA PLANTE AU STRESS HYDRIQUE.....</b>	<b>12</b>
<b>I.3. GENERALITE SUR LE GENRE <i>TRICHODERMA</i> .....</b>	<b>12</b>
<b>I.3.1. TAXONOMIE .....</b>	<b>13</b>
<b>I.3.2. CARACTERISTIQUES MORPHOLOGIQUES ET CULTURALES.....</b>	<b>13</b>

I.3.3. MECANISMES D'ACTION DU <i>TRICHODERMA</i> A L'EGARD DES AGENTS PATHOGENES .....	13
I.3.4. ACTION DU <i>TRICHODERMA</i> SUR LES STRESS ABIOTIQUES .....	14
CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES .....	16
II.1 MATÉRIEL VÉGÉTAL.....	16
II.1.1. DÉSINFECTION DE LA SEMENCE ET ESSAIS PRÉLIMINAIRES .....	16
II.2 MATÉRIEL FONGIQUE .....	16
II.2.1 PRÉPARATION DU MATÉRIEL FONGIQUE.....	16
II.2.2 PRÉPARATION DE LA SUSPENSION DE SPORES.....	17
II.2.3 PRÉTRAITEMENT DES GRAINES DE BLÉ AVEC LA SUSPENSION DE SPORES.....	17
II.2.4 MISE EN GERMINATION ET APPLICATION DU STRESS OSMOTIQUE PAR LE PEG <sub>6000</sub> .....	17
II.3. PARAMÈTRES DE GERMINATION ET DE CROISSANCE MESURÉS.....	18
II.3.1. TAUX DE GERMINATION FINAL.....	18
II.3.2 CINÉTIQUE DE LA GERMINATION.....	18
II.3.3. INDEX DE GERMINATION (INDEX DE TIMSON) .....	18
II.3.4. MOYENNE JOURNALIÈRE DE GERMINATION .....	19
II.3.5. COEFFICIENT DE VÉLOCITÉ DE LA GERMINATION .....	19
II.3.6. CROISSANCE DE LA PARTIE AÉRIENNE ET SOUTERRAINE .....	19
II.3.7. INDICE DE VIGUEUR .....	20
II.4. PARAMÈTRES BIOCHIMIQUES .....	20
II.4.1. EXTRACTION ET DOSAGE DES SUCRES SOLUBLES TOTAUX ET L'AMIDON.....	20
II.4.2. EXTRACTION ET DOSAGE DE LA PROLINE LIBRE .....	21
II.4.3. EXTRACTION ET DOSAGE DES PROTÉINES SOLUBLES TOTALES.....	21
II.4.4. EXTRACTION ET DOSAGE DES POLYPHÉNOLS TOTAUX .....	21
II.5. ANALYSES STATISTIQUES .....	22
Chapitre III : Résultats et discussions.....	23
III.1 EFFET DU <i>TRICHODERMA</i> SUR LES PARAMÈTRES DE GERMINATION ET DE CROISSANCE.....	23
III.1.1 EFFET DU <i>TRICHODERMA</i> SUR LA CINÉTIQUE DE LA GERMINATION .....	23
III.1.2 EFFET DU <i>TRICHODERMA</i> SUR LE TAUX DE GERMINATION.....	25
III.1.3. EFFET DU <i>TRICHODERMA</i> SUR LES PARAMÈTRES DE GERMINATION .....	26
III.1.4. EFFET DU <i>TRICHODERMA</i> SUR LA CROISSANCE EN LONGUEUR DES PARTIES AÉRIENNES ET RACINAIRES DES PLANTULES DE BLÉ.....	28
III.2 EFFET DU <i>TRICHODERMA</i> SUR LES PARAMÈTRES BIOCHIMIQUES.....	31
III.2.1 EFFET DU <i>TRICHODERMA</i> SUR LA TENEUR EN SUCRES SOLUBLES.....	31
III.2.2 EFFET DE <i>TRICHODERMA</i> SUR LA TENEUR EN AMIDON .....	32
III.2.3 EFFET DU <i>TRICHODERMA</i> SUR LA TENEUR EN PROLINE .....	34
III.2.4 EFFET DU <i>TRICHODERMA</i> SUR LA TENEUR EN PROTÉINES SOLUBLES.....	35

<b>III.2.5 EFFET DU TRICHODERMA SUR LA TENEUR EN POLYPHENOLS TOTAUX .....</b>	<b>36</b>
CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES .....	39
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....	41
ANNEXES .....	49

**Abstract.** The study evaluated the effect of inoculating durum wheat seeds (Vitron variety) with different strains of *Trichoderma longibrachiatum* (T4, T9) and *T.afroharzianum* (T25) on resistance to water stress simulated by PEG<sub>6000</sub>. Water stress, particularly severe (25% PEG<sub>6000</sub>), hinders the germination of durum wheat, but inoculation with the T9 strain improves germination under this intense stress. Strains T4 and T25 have limiting or inhibiting effect on germination. Under normal conditions, the T4 and T9 strains slightly stimulate shoot growth and significantly stimulate the root growth. Under stress, strain T4 slightly improves root growth, while T9 and T25 have no positive effect. Furthermore, severe stress inhibits aerial and root growth, but strain T4 slightly improves root growth. Under the effect of moderate stress, stressed seedlings show an increased accumulation of soluble sugars, proline, and total polyphenols. The three strains reduce proline, a sign of stress reduction, and slightly attenuate the drop in proteins due to stress. Despite stress, inoculated seedlings showed similar polyphenol levels to controls, highlighting the potential of *Trichoderma* strains to enhance growth and influence plant biochemical response to water stress.

**Keywords :** Drought stress, Durum wheat, Germination, *Trichoderma*, Tolerance, Growth

## ملخص :

تقيم الدراسة تأثير تلقیح بذور القمح الصلب (صنف فيترون) بسلاطات مختلفة من التراكوديرما (T4، T9، T25) على مقاومة الإجهاد المائي بمحاكاة PEG6000. يعيق الإجهاد المائي، وخاصة الشديد (25% PEG6000)، إنبات القمح القاسي، ولكن التلقیح بسلاطة T9 يحسن الإنبات تحت هذا الضغط الشديد. تُظهر السلاطات T4 و T25 تأثيرًا محدودًا أو مثبطًا على الإنبات. في الظروف العادية، تحفز سلاطات T4 و T9 نمو الأجزاء الهوائية بشكل طفيف ونمو الجذور بشكل ملحوظ. تحت الضغط، تعمل السلاطة T4 على تحسين نمو الجذور بشكل طفيف، في حين أن T9 و T25 ليس لهما أي تأثير إيجابي. علاوة على ذلك، فإن الإجهاد الشديد يمنع النمو الجوي والجذري، لكن السلاطة T4 تحسن نمو الجذور قليلاً. تحت تأثير الإجهاد المعتدل تظهر الشتلات المجهددة زيادة في تراكم السكريات القابلة للذوبان والبرولين والبوليفينول الكلي، وتقلل السلاطات الثلاث من البرولين، وهو علامة على تقليل الإجهاد، وتخفف قليلاً من انخفاض البروتينات بسبب الإجهاد. على الرغم من الإجهاد، أظهرت الشتلات الملقحة مستويات مماثلة من البوليفينول مقارنة بالضوابط، مما يسلط الضوء على إمكانات سلاطات التراكوديرما لتعزيز النمو والتأثير على الاستجابة الكيميائية الحيوية للنبات للإجهاد المائي.

كلمات مفاتيح: القمح الصلب، الإنبات، *Trichoderma*، الإجهاد المائي، تحمل الإجهاد.

**Résumé.** L'étude évalue l'effet de l'inoculation des semences de blé dur (variété Vitron) avec différentes souches de *Trichoderma longibrachiatum* (T4, T9) et *T.afroharzianum* (T25) sur la résistance au stress hydrique simulé par le PEG<sub>6000</sub>. Le stress hydrique, particulièrement sévère (25% de PEG<sub>6000</sub>), entrave la germination du blé dur, mais l'inoculation avec la souche T9 a améliorée la germination sous ce stress intense. Les souches T4 et T25 montrent un effet limité ou inhibiteur sur la germination. En conditions normales, les souches T4 et T9 stimulent légèrement la croissance des parties aériennes et significativement la croissance racinaire. Sous stress, la souche T4 améliore légèrement la croissance racinaire, tandis que les T9 et T25 n'ont pas d'effet positif. Par ailleurs, un stress sévère, inhibe la croissance aérienne et racinaire, mais la souche T4 améliore légèrement la croissance racinaire. Sous l'effet du stress modéré, les plantules stressées présentent une accumulation accrue des sucres solubles, en proline et en polyphénols totaux, Les trois souches réduisent la proline, signe d'une atténuation du stress, et atténuent légèrement la baisse de protéines due au stress. Malgré le stress, les plantules inoculées montrent des niveaux de polyphénols similaires aux témoins, soulignant le potentiel des souches de *Trichoderma* spp. pour améliorer la croissance et influencer la réponse biochimique des plantes au stress hydrique.

**Mots clés :** Stress hydrique, Blé dur, Germination, *Trichoderma*, Tolérance, Croissance