République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université de Echahid Cheikh Larbi Tebessi –Tébessa-
Faculté des Sciences Exactes et Sciences de la Nature et de la Vie
Département de Biologie Appliquée

Mémoire

Présentée en vue de l'obtention du diplôme de **Master**

En Sciences Biologiques

Option: toxicologie

Par: Layeb Mohamed

Intitulé:

Essai d'amélioration de la croissance chez les céréales avec le *cinnamaldéhyde*

Devant le jury :

M. Rouabhi Rachid	**Pr**	**Université Echahid Chiekh Larbi Tébessi –Tébessa**	**Président**
Mme. Guedri Kamilia	**MCA**	**Université Echahid Chiekh Larbi Tébessi –Tébessa**	**Examinatrice**
Mme. Bouchiha hanane	**MCA**	**Université Echahid Chiekh Larbi Tébessi –Tébessa**	**Encadrant**

Date de soutenance: Le 04 /06/2025

بسم الله الرحمن الرحيم

Remerciements

Je remercie Dieu Tout-Puissant de m'avoir donné le courage, la force et la patience d'achever ce modeste travail.

Mes sincères remerciements vont à mon encadrante, **Dr. Bouchiha Hanane**, pour son accompagnement précieux. Son expertise, sa patience et son soutien indéfectible ont été une source d'inspiration tout au long de cette recherche. Sa disponibilité et ses qualités humaines m'ont été d'une aide inestimable.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude aux membres du jury pour l'honneur qu'ils m'ont fait en acceptant d'évaluer ce mémoire. Leur présence et leur engagement témoignent de leur intérêt pour la recherche scientifique, et je leur en suis sincèrement reconnaissant. J'adresse tout particulièrement mes remerciements à **Pr. Rouabhi Rachid**, qui a accepté de présider le jury, et à **Dr. Guedri Kamilia**, pour l'honneur qu'elle me fait en tant qu'examinatrice. Leurs expertises respectives, que je reconnais et apprécie, ont apporté un éclairage essentiel à mon travail. Je suis convaincu que leurs regards critiques et leurs éventuelles suggestions me seront d'une grande aide pour la suite de mon parcours académique et professionnel.

Je vous remercie sincèrement pour le temps et l'attention que vous avez bien voulu accorder à la lecture et à l'évaluation de ce modeste travail.

Enfin, mes derniers remerciements, et ce ne sont pas les moindres, vont à tous ceux qui ont participé, de près ou de loin, à l'aboutissement de ce mémoire.

Dédicace

A mes parents

A mes sœurs

A tous ceux qui sont chers

Layeb Mohamed

Résumé

Le blé dur *(Triticum durum)* est une céréale essentielle dans l'alimentation mondiale, dont la germination et la croissance initiale sont cruciales pour le rendement agricole. Notre étude explore l'effet du cinnamaldéhyde, un composé issu de Cinnamomum cassia, sur les processus physiomorphologiques.

La recherche a évalué l'impact de quatre doses de cinnamaldéhyde sur des graines traitées avec le fongicide ACIL 060 FS et des témoins non traités. Les paramètres analysés incluent le taux de germination, la longueur moyenne des racines et des tiges, ainsi que la biomasse accumulée pendant 15 jours.

Les résultats démontrent que le cinnamaldéhyde améliore significativement la germination (particulièrement aux doses D1 d et D3) et stimule le développement racinaire et caulinaire. Les plants traités présentent des performances supérieures aux témoins, avec des différences marquées dans l'élongation des organes végétatifs.

Cette étude révèle le potentiel du cinnamaldéhyde comme biostimulant naturel pour la culture du blé dur. Les perspectives incluent l'optimisation des doses et l'évaluation de son efficacité en conditions réelles de culture.

Mots-clés : Blé dur, Cinnamaldéhyde, ACIL 060 FS, Germination, Croissance végétative, Biostimulant.

Abstract

Durum wheat (Triticum durum) is a staple cereal crop whose germination and early growth are critical for agricultural yield. This study investigates the effect of cinnamaldehyde, a phenolic compound derived from Cinnamomum cassia, on these physiological processes.

The research evaluated four cinnamaldehyde doses (D1-D4) on seeds treated with ACIL 060 FS fungicide and untreated controls. Analyzed parameters included germination rate, average root and shoot length, and biomass accumulation over 15 days.

Results demonstrate that cinnamaldehyde significantly enhances germination (particularly at D1 and D3 doses) and stimulates root and shoot development. Treated plants showed superior performance compared to controls, with marked differences in vegetative organ elongation.

This study reveals cinnamaldehyde's potential as a natural biostimulant for durum wheat cultivation. Future perspectives include dose optimization and field condition evaluation.

Keywords: Durum wheat, Cinnamaldehyde, ACIL 060 FS, Germination, Vegetative growth, Biostimulant

الملخص:

يُعَدُّ القمح القاسي (Triticum durum) من المحاصيل الأساسية في التغذية العالمية، ويعتمد نجاح زراعته بشكل كبير على مرحلتي الإنبات والنمو المبكر. تهدف هذه الدراسة إلى تقييم تأثير السينامالدهيد، وهو مركب فينولي مستخلص من القرفة (Cinnamomum cassia)، على هذه العمليات الفسيولوجية المهمة.

تضمنت الدراسة اختبار تأثير أربع تراكيز من السينامالدهيد (D1-D4) على بذور القمح القاسي المعالجة بالمبيد الفطري ACIL 060 FS وأخرى غير معالجة. شملت المعايير المقاسة: معدل الإنبات، متوسط طول الجذور والسوق، والكتلة الحيوية المتراكمة خلال 15 يوماً من الزراعة.

أظهرت النتائج أن السينامالدهيد يُحسّن بشكل ملحوظ معدل الإنبات، خاصة عند التراكيز D1 وD3، كما حفّز نمو الجذور والأجزاء الهوائية مقارنة بالشاهد. تفوقت النباتات المعالجة في جميع القياسات، مع فروق واضحة في نمو الأعضاء الخضرية.

تُبرز هذه الدراسة الإمكانيات الواعدة للسينامالدهيد كمحفز حيوي طبيعي في زراعة القمح القاسي. توصي الدراسة بمزيد من الأبحاث لتحسين الجرعات المثلى وتقييم الفعالية تحت الظروف الحقلية.

الكلمات المفتاحية: السينامالدهيد، القمح القاسيACIL 060 FS، المحفزات الحيوية، النمو الخضري، الإنبات.

Sommaire

Titre	page
Introduction	01
Chapitre I : revue bibliographique	
Généralité sur le blé	03
L'importance et la production du blé dans le monde et en Algérie	03
Dans le monde	03
En algérie	04
Origine génétique de blé dur	04
Classification Taxonomique	05
Caractéristiques morphologiques	06
Caractéristiques de la graine	06
L'appareil radiculaire	07
Appareil aérien	07
La tige	07
Les feuille	08
Appareil reproducteur	08
Le grain	08
Le cycle biologique du blé	08
Phase végétative	08
La germination	09
Stade levée	09
Le tallage	09
Phase reproductive	10
Phase de maturation	10
Facteurs affectant la germination et l'émergence	11
L'humidité	12
La dormance	12
La temperature	12
Chapitre II : les plantes médicinales	
Les plantes médicinales	14
Cinnamomum	14
L'huile essentielle de Cinnamomum	15
Cinnamaldéhyde	16
Matériels et méthodes	16
Matériel végitale	19
Matériel chimique	19
Condition de culture des graines	19
Traitement des grain	19

Taux de germination	**20**
Longueur moyenne des racines	**20**
Longueur moyenne des tiges	**20**
Poids des plantes	**21**
Résultats	**21**
Discussion	**33**
Conclusion	**35**
Référence bibliographique	**38**

Liste des figures

N		PAGE
01	Origines génétiques des différentes espèces de blé	**5**
02	Composition de graine de blé dur	**6**
03	Représentation deses différents stades de développement du blé d dur : de la semence à la maturité de l'épi	**11**
04	La composition chimique de l'huile de Cinnamomum	**16**
05	Exploration du Cinnamaldéhyde : Méthodes de Préparation, Fonctions Biologiques	**17**
06	Taux de germination de blé traité et non traité	**21**
07	Effet de différentes doses de cinnamaldéhyde sur la longueur moyenne des racines de blé traité et non traité apré 3 jours de traitement	**22**
08	Effet de différentes doses de cinnamaldéhyde sur la longueur moyenne des racines de blé traité et non traité apré 6 jours de traitement	**23**
09	Effet de différentes doses de cinnamaldéhyde sur la longueur moyenne des racines de blé traité et non traité apré 9 jours de traitement	**23**
10	Effet de différentes doses de cinnamaldéhyde sur la longueur moyenne des racines de blé traité et non traité apré 12 jours de traitement	**24**
11	Effet de différentes doses de cinnamaldéhyde sur la longueur moyenne des racines de blé traité et non traité apré 15 jours de traitement	**25**
12	Effet de différentes doses de cinnamaldéhyde sur la longueur moyenne des tiges de blé traité et non traité apré 3 jours de traitement	**26**
13	Effet de différentes doses de cinnamaldéhyde sur la longueur moyenne des tiges de blé traité et non traité apré 6 jours de traitement	**27**
14	Effet de différentes doses de cinnamaldéhyde sur la longueur moyenne des tiges de blé traité et non traité apré 9 jours de traitement	**28**
15	Effet de différentes doses de cinnamaldéhyde sur la longueur moyenne des tiges de blé traité et non traité apré 12 jours de traitement	**29**
16	Effet de différentes doses de cinnamaldéhyde sur la longueur moyenne des tiges de blé traité et non traité apré 15 jours de traitement	**30**

17	L'effet de différente dose de cinnamaldéhyde les poids de plante de blé traité apré 15 jours de traitement	**31**
18	L'effet de différente dose de cinnamaldéhyde les poids de plante de blé traité apré 15 jours de traitement	**31**

Liste des tableaux

N		PAGE
01	Classification taxonomique de blé dur	**5**
02	Position systématique de cinnamomum (cannelle)	**15**

Introduction

Introduction

Introduction

Les céréales jouent un rôle fondamental dans l'alimentation humaine et animale, représentant une part majeure des ressources alimentaires à l'échelle mondiale. Parmi elles, le blé dur *(Triticum durum Desf.*) se distingue comme l'une des espèces les plus anciennes et les plus importantes sur le plan économique **(Briber, 2024)**.

En Algérie, la céréaliculture joue un rôle clé dans la sécurité alimentaire et l'économie nationale. Avec près de 80 % de la Surface Agricole Utile (SAU) consacrée aux céréales (y compris les jachères), ce secteur domine le paysage agricole. Chaque année, les emblavures céréalières oscillent entre 3 et 3,2 millions d'hectares, mais seulement 63 % de ces surfaces parviennent à la récolte. Par ailleurs, les céréales constituent 43 % de la valeur totale des importations algériennes, avec une prédominance du blé dur, reflétant une dépendance significative à l'égard des marchés extérieurs pour couvrir les besoins nationaux **(Houairi, 2020)**.

Depuis l'époque coloniale jusqu'à aujourd'hui, les données décennales montrent que les superficies cultiveé en céréales représentant 28 % à 40 % de la Surface Agricole Utile (SAU). Le blé dur domine cette répartition, avec une moyenne de 1,39 million d'hectares cultivés entre 1965 et 2019 **(Bekkis et *al*., 2022)**.

Quant au blé dur, les volumes d'importation prévus pour la campagne 2022/2023 s'élèvent à 1,25 million de tonnes, marquant une légère hausse de 1% par rapport aux 1,24 million de tonnes enregistrées la saison précédente, selon les statistiques du Conseil international des céréales (CIC) citées par un organisme français **(Annacer et *al*., 2023)**.

Les fongicides sont largement utilisés en agriculture pour protéger les cultures contre les maladies fongiques, particulièrement dans la culture du blé dur qui constitue une composante essentielle de la sécurité alimentaire algérienne **(Amara et Belaid., 2020)**, leur utilisation peut aussi perturber la germination et le développement initial des plantes **(Haddad et mokrane., 2020)**.

Face à ce constat, notre étude explore des alternatives innovantes, comme les stimulateurs de croissance biologiques, afin d'optimiser le rendement tout en limitant les effets néfastes des traitements classiques. Cette approche rejoint les priorités actuelles de la recherche agronomique algérienne, visant une production céréalière plus durable et résiliente.

Chapitre I : revue bibliographique

1. Généralité sur le blé

Le blé est une plante monocotylédone qui appartient au genre Triticum, au sein de la famille des Gramineae. Il s'agit d'une céréale dont les grains constituent un fruit sec et indéhiscent, connu sous le nom de caryopse, qui est composé d'une graine et de téguments. Les deux espèces les plus largement cultivées *(Triticum aestivum)* et le blé dur *(Triticum durum)*. **(Bellagoun et Medini,2014).**

1.1. Le blé dur

(*Triticum durum Desf*) est une variété de blé connue pour son grain dur et vitreux. Cultivée depuis la préhistoire, cette céréale constitue la première ressource en alimentation humaine et la première source en protéines, elle est aussi riche en gluten. Le blé dur est utilisé en industrie dans la fabrication des pâtes alimentaires, couscous, galettes et certains pains traditionnels. Il est à la fois plastifiable et panifiable. **(Sayah et *al*., 2020)**

Le blé dur, cultivé sous des climats chauds et secs, présente des grains allongés, parfois pointus, avec des enveloppes minces et blanches. Il se caractérise par une production de son plus faible que le blé tendre, mais une concentration en gluten plus importante. **(Mebarkia, 2019).**

2. L'importance et la production du blé dans le monde et en Algérie

2.1. Dans le monde

Les céréales, pilier de la sécurité alimentaire mondiale, fournissent l'essentiel des apports nutritionnels humains, avec 95 % de cette contribution assurée par les cultures céréalières majeures. Le blé, le riz et le maïs en sont les trois géants : leur ancrage historique, leur diffusion planétaire et leurs productions annuelles avoisinant chacune 500 millions de tonnes les placent au cœur des systèmes alimentaires. Les autres céréales, moins dominantes, forment le groupe des céréales secondaires **(Bentata et Nateche., 2021).**

Représentant 35 % des calories consommées dans le monde, les céréales structurent l'agriculture globale. Selon le Conseil International des Céréales (2021), la production mondiale a atteint un record de 2,301 milliards de tonnes en 2021/22, en hausse de 85 millions de tonnes. Cette croissance, portée par des échanges interrégionaux intensifs, confirme le blé comme un acteur clé de l'économie agricoleX. **(Bentata et Nateche., 2021).**

2.2. En Algérie

Parmi les céréales cultivées en Algérie, le blé dur et le blé tendre occupent une place centrale dans l'alimentation locale, ces deux espèces couvrent l'essentiel des besoins nutritionnels de la population, représentant **73,6 % des apports caloriques** et **80 % des protéines consommées.** La semoule de blé dur, en particulier, est à la base de nombreux plats traditionnels comme le couscous, le pain, les galettes, les pâtisseries, ou encore les frik et pâtes diverses **(Bentata et Nateche, 2021).**

Cependant, la production céréalière algérienne reste **très dépendante des aléas climatiques**, entraînant d'importantes fluctuations annuelles. Alors qu'elle ne dépassait pas **4 millions de quintaux en** 1960 elle a atteint **39 millions de quintaux en 2018-2019** (ONFAA, 2020). Malgré cette progression, l'Algérie demeure l'un des **plus grands importateurs mondiaux de céréales,** avec **13 millions de tonnes achetées en 2017** (dont 49 % de blé tendre, 32 % de maïs et 13 % de blé dur), pour un coût de **2,75 milliards de dollars (Bentata et Nateche, 2021).**

3. Origine génétique de blé dur

Le blé dur (*Triticum durum*) est un blé tétraploïde (2n = 4x = 28) dont le génome est une combinaison de deux génomes diploïdes : le génome A provenant de l'engrain sauvage (*Triticum urartu* / *Triticum monococcum*, AA) et le génome B issu d'*Aegilops speltoides* Tausch. **(Louradi et Faura, 2020).**

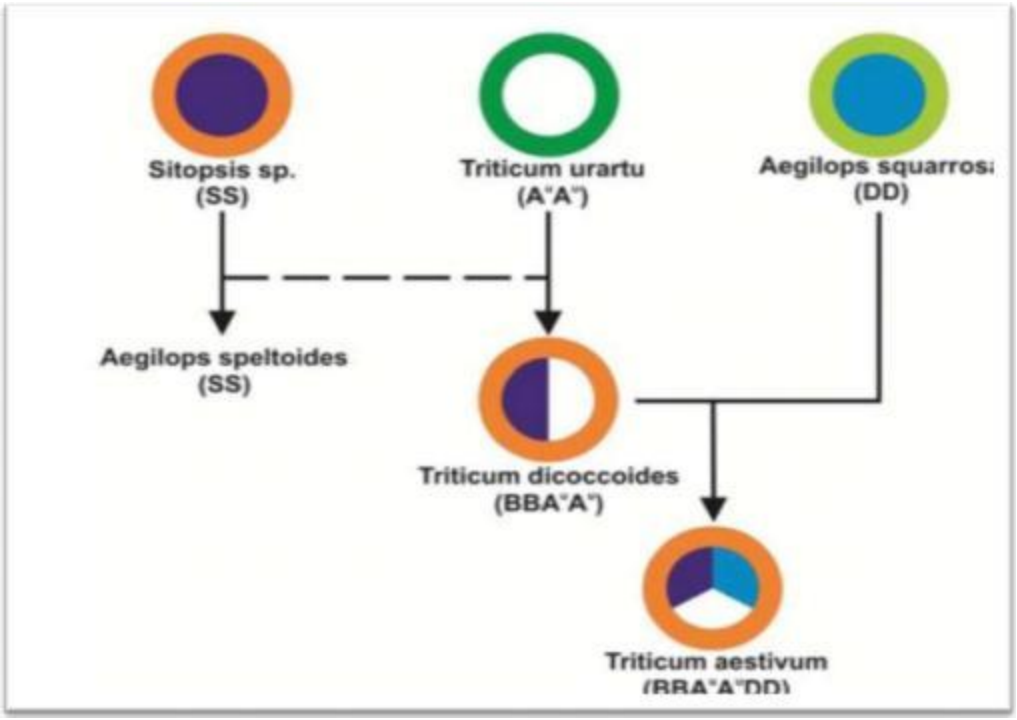


Figure 01 : Origines génétiques des différentes espèces de blé **(Louradi et Faura, 2020).**

4. Classification Taxonomique

Le blé appartient à

Tableau 01 : classification taxonomique de blé dur **(Mebarkia., 2019)**.

Règne	**plante**
Embranchement	Spermaphytes
Sous-embranchement	Angiospermes
Classe	Monocotylédones
Ordre	Poales
Famille	*Poacées (Gramineae)*
Genre	*Triticum*
Espèce	*Triticum durum*
Nom commun Blé dur	Blé dur

5. Caractéristiques morphologique

5.1. Caractéristiques de la graine

Le grain de blé se compose de trois parties principales représentant des proportions bien définies : les enveloppes (13-15%), l'albumen (80-85%) et le germe (3%) **(Ait-Hamoudi, 2015)**. Les enveloppes, formées de cinq couches superposées - péricarpe externe (épicarpe), péricarpe interne (mésocarpe et endocarpe), testa et épiderme du nucelle (couche hyaline) - sont constituées de cellules vides aux parois riches en fibres et composés phénoliques, jouant un rôle protecteur. L'albumen, partie majoritaire, comprend l'albumen amylacé, contenant des granules d'amidon dispersés dans une matrice protéique avec des parois cellulosiques peu visibles, et la couche à aleurone, plus externe. **(Nasri et Mokhati, 2023)**

Enfin, le germe renferme l'embryon différencié en coléoptile, gemmule, radicule, coléorhize et coiffe, éléments essentiels pour la germination. Cette organisation structurale explique les propriétés technologiques et nutritionnelles du blé, avec une répartition spécifique des composés biochimiques dans chaque compartiment.

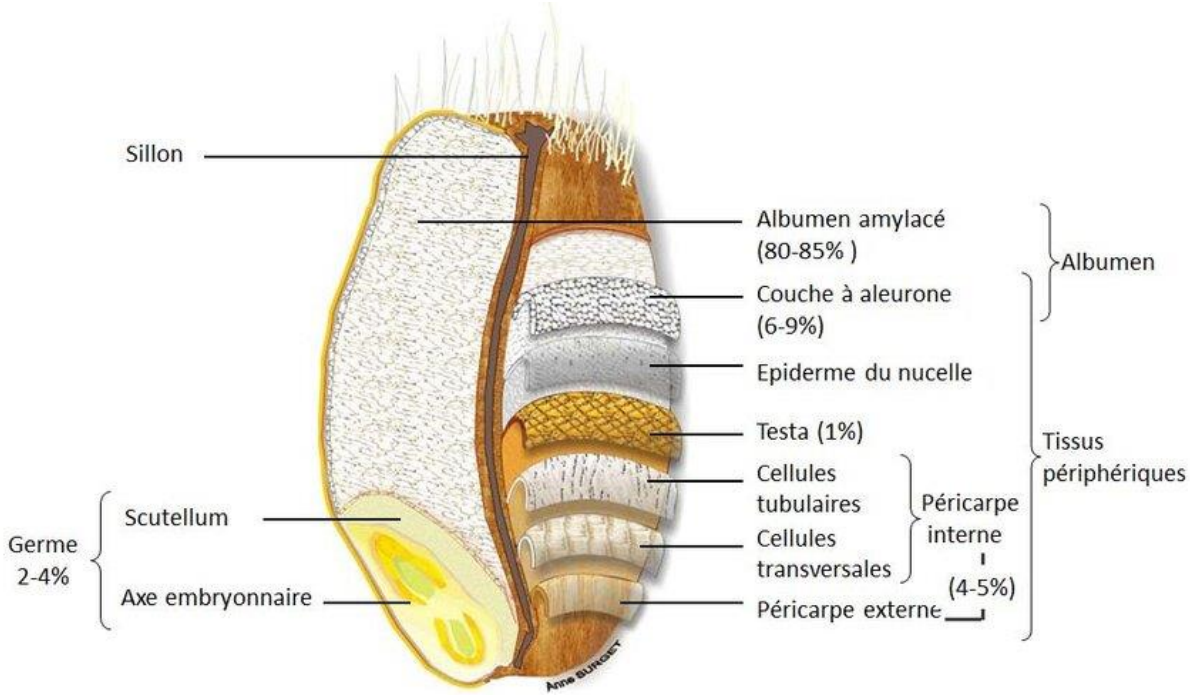


Figure 02 : composition de graine de blé dur

Le grain de blé présente une composition biochimique caractéristique, dominée par trois composants majeurs : l'amidon (~70% du poids total), les protéines (10-15%, avec des variations selon les variétés et conditions culturales) et les pentosanes (8-10%). Les autres constituants, présents à l'état de traces (quelques pourcents), comprennent les lipides, la cellulose, les sucres libres, les minéraux et les vitamines Ces différents composés présentent une distribution hétérogène entre les diverses structures histologiques du grain, reflétant leur spécialisation fonctionnelle. Cette répartition inégale explique en partie les propriétés technologiques et nutritionnelles spécifiques de chaque fraction du grain.

(Nasri et Mokhati, 2023)

5.2. L'appareil radiculaire

Chez le blé, l'appareil radiculaire est de type fibreux. Au moment de la germination, la première racine à apparaître est la radicule (ou racine primaire), accompagnée d'un entre-nœud situé sous le point d'insertion des feuilles cotylédonaires. Cet entre-nœud évolue pour former le collet, localisé près de la surface du sol. Un système racinaire secondaire, potentiellement très étendu, se développe et peut s'enfoncer jusqu'à deux mètres dans le sol, jouant un rôle crucial dans l'absorption et le transport des éléments nutritifs nécessaires à la plante.**(Benamara et Djotni., 2018)**

5.3. Appareil aérien

5.3.1. La tige

La tige du blé, appelée chaume, est de forme cylindrique et généralement creuse en raison de la disparition de sa moelle centrale (bien que pleine chez le blé dur). Elle se présente comme un ensemble de tubes cannelés parcourus par de nombreux et longs faisceaux conducteurs de sève. Ces faisceaux, régulièrement interconnectés, contiennent des fibres aux parois épaisses qui confèrent à la structure sa robustesse. Le chaume est segmenté par des nœuds, qui sont des zones successives d'où émerge une longue feuille. (**Ikhlef et Laouar., 2021)**

5.3.2. Les feuille

La feuille du blé se compose d'une gaine cylindrique qui entoure la tige et d'un limbe étroit, lancéolé et parcouru de nervures parallèles, chaque feuille émergeant d'un nœud. La gaine, attachant le limbe au nœud inférieur, joue un rôle dans la photosynthèse, la conservation de l'eau et de l'air. Avant l'élongation des talles, les gaines protègent l'apex situé en cercles concentriques

au niveau du plateau de tallage. Les oreillettes ou stipules, des appendices membraneux sans chlorophylle dont la fonction précise reste incertaine, pourraient former des joints empêchant l'infiltration d'eau (pluie ou rosée) à l'intérieur de la gaine. La ligule, quant à elle, est une membrane située à la jonction du limbe et de la gaine. Chez les graminées, la présence et la morphologie des oreillettes (ou stipules) et de la ligule sont des critères importants pour l'identification des espèces avant même l'apparition (**Ikhlef et Laouar, 2021)**

5.4. Appareil reproducteur

La structure reproductive du blé est une inflorescence complexe où les fleurs sont organisées en épillets. Ces épillets représentent les éléments fondamentaux de l'inflorescence. Chaque épillet est caractérisé par la présence de deux glumes, qui sont des feuilles modifiées (bractées) assurant la protection des fleurs. À l'intérieur de chaque épillet, on trouve généralement de deux à cinq fleurs, disposées de manière opposée sur un axe central appelé rachéole.

5.5. Le grain

Le caryopse du blé, communément appelé grain, possède une structure avec une face dorsale et une face ventrale, ainsi qu'un pôle supérieur (sommet) et un pôle inférieur (base). Une profonde rainure sillonne la face dorsale sur toute sa longueur. On observe une touffe de poils, appelée brosse, à l'extrémité apicale du grain, tandis que l'embryon est logé à la base de la face dorsale. Le grain est constitué de trois parties essentielles : l'enveloppe externe (péricarpe), une couche interne riche en protéines (assise protéique), le tissu de réserve (albumen), et l'embryon ou germe, qui contient le matériel génétique pour la future plante. **(Benamara et Djotni ,2018)**

6. Le cycle biologique du blé

le cycle de vie du blé se déroule en trois étapes distinctes : la phase végétative, la phase reproductrice et la phase de maturation. Chacune de ces phases est caractérisée par des stades de développement spécifiques, dont l'identification repose principalement sur l'observation de la tige principale, appelée maître brin. **(Mesrane, 2018)**

6.1. Phase végétative

C'est un développement strictement herbacé débutant de la phase germination jusqu'à l'ébauche de l'épi

6.1.1 La germination

La germination est un processus naturel par lequel une graine sort de sa dormance et reprend une vie active, marquant ainsi la première étape du développement végétal. Ce phénomène se déclenche lorsque la graine, préalablement hydratée, perce le sol grâce à la croissance du coléoptile, sous des conditions optimales de température, d'oxygénation et d'obscurité Durant cette phase, l'embryon se développe en volume grâce à l'absorption d'eau et à la mobilisation des réserves nutritives, ce qui entraîne la rupture progressive des enveloppes protectrices. La germination dépend à la fois du génotype de la plante et des facteurs environnementaux. (**Kaghouche et Lokmane, 2020)**

6.1.2. Stade levée

La levée du blé, qui correspond à l'émergence de 50% des plantules hors du sol, succède à la germination qui s'amorce dès que la température excède 0°C. Cette phase initiale de développement est critique car la jeune plante est très sensible aux conditions climatiques. Elle est marquée par la reprise d'activité de la graine, l'apparition du coléorhize formant les racines primaires, et la croissance ducoléoptile. Ce dernier, en perçant le sol, protège la première feuille fonctionnelle avant de stopper sa croissance et de se dessécher. **(Briber,2024)**

le stade levée englobe trois étapes successives : la germination débute avec l'imbibition de la graine en eau et correspond à l'entrée de la semence en vie active et au tout début de croissance de l'embryon, marque le passage à vie autotrophe grâce à la chlorophylle contenue dans la première feuille ; l'élongation du coléoptile, premier organe du système aérien à émerger à la surface du sol ;la croissance de la première feuille qui perce en son sommet le coléoptile.**(Daoui,2021)**

6.1.3. Le tallage

Le tallage processus de production de tiges secondaires, débute après le développement de la troisième feuille du maître brin. L'apparition de ces talles primaires suit le rythme d'émission des feuilles. Ensuite, à partir des bourgeons situés à l'aisselle de ces premières talles, des talles secondaires peuvent se former et potentiellement générer des talles tertiaires. Le nombre total de talles produites est influencé par divers facteurs tels que la variété de blé, les conditions climatiques, la disponibilité des éléments minéraux et de l'eau, ainsi que la densité de semis.

(Rabia et Laichi. , 2020)

6.2. Phase reproductive

La période de reproduction du blé est marquée par le développement et la croissance de l'épi, un processus qui se déroule en plusieurs étapes. La première phase, appelée montaison-gonflement, commence lorsque l'épi atteint une taille d'environ 1 cm, signalant l'arrêt du tallage. Durant cette phase, la tige principale et les talles précédemment formées s'allongent considérablement en raison de l'élongation des entre-nœuds qui contiennent l'épi en formation. On observe ensuite l'apparition de 1 à 2 nœuds faiblement visibles. Cette étape cruciale dure généralement entre 29 et 30 jours.

Aprés phase d'épiaison-fécondation succède à la montaison et se caractérise par des événements clés tels que la méiose dans les grains de pollen, la libération de ces grains, l'émergence visible de l'épi hors de la gaine foliaire, et l'achèvement du développement des organes floraux. Durant cette période, la plante connaît une production importante de matière sèche, organise les épillets au sein de l'épi, et initie le processus de fécondation. Cette étape du cycle reproductif dure environ 32 jours.

La troisième phase du cycle reproductif du blé est celle du grossissement du grain. À ce stade, l'activité photosynthétique de la plante atteint son apogée, car les grains commencent à accumuler de la masse grâce au développement de l'embryon et à l'albumen qui emmagasine activement des substances de réserve. Cette phase se termine par le stade laiteux, où les grains continuent d'augmenter en poids frais, tandis que la biomasse des tiges et des feuilles tend à diminuer. La phase de grossissement du grain se poursuit jusqu'au stade pâteux, caractérisé par le durcissement des grains et l'acquisition d'une coloration jaunâtre.

6.3. Phase de maturation

C'est la phase ou les glucides et les prorotéines migrent vers les graines et l'amidon s'accumule. Elle dure 25 à 26 jours en moyenne. **(Idir et *al*., 2020 ; Mesrane, 2018).**

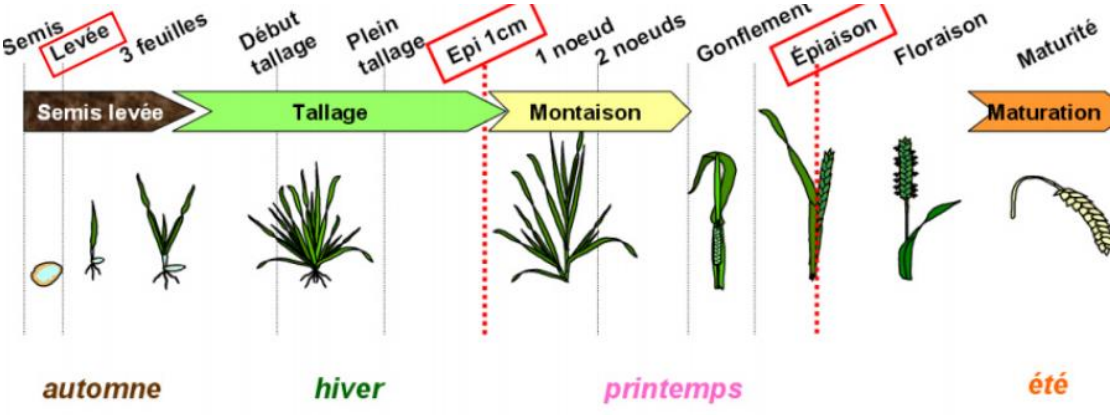


Figure (03) : représentation deses différents stades de développement du blé d dur : de la semence à la maturité de l'épi **(Latreche, 2018).**

7. Facteurs affectant la germination et l'émergence

7.1. L'humidité

L'humidité du sol joue un rôle crucial dans la dynamique de germination des graines, une humidité optimale permettant une germination rapide, tandis qu'un sol atteignant le point de flétrissement permanent ralentit significativement le processus (par exemple, à 7°C, le temps de germination passe de 5 jours en conditions humides optimales à 10 jours lors d'un point de flétrissement). Le processus présente une particularité remarquable : il peut s'interrompre et reprendre selon les fluctuations d'humidité, les graines ayant initié leur germination mais n'ayant pas atteint la phase 3 conservant leur viabilité lors d'un assèchement temporaire, comme dans le scénario suivant : semis en sol sec, légère pluie humidifiant temporairement le sol, nouvelle période de sécheresse, puis reprise rapide à la prochaine pluie. Cette capacité persiste jusqu'au développement des structures critiques (racines et coléoptile), mais si le lit de semence s'assèche avant l'émergence de la coléoptile, une surveillance attentive s'impose pour évaluer le potentiel d'émergence ultérieure ou la nécessité de ressemis**. (mussard et *al*.,2024)**

Les conditions d'humidité post-semis influencent directement la qualité de levée, les sols durs ou encroûtés réduisant les taux, particulièrement pour les variétés à coléoptile court, tandis que la formation de croûte de surface gêne la pénétration de la coléoptile. Pour améliorer ces conditions, des amendements minéraux (gypse, chaulage) et une gestion des résidus (maintien du chaume pour atténuer l'impact des pluies, prévenir la croûte, stimuler l'activité biologique, augmenter la matière organique et renforcer la stabilité structurale) sont recommandés, optimisant ainsi germination et

levée, éléments clés pour la réussite de l'implantation des cultures, dont la compréhension est essentielle pour une prise de décision éclairée. **(Nessah et Zadet, 2021)**

7.2. La dormance

La germination du blé commence après une brève période de dormance, dont la durée varie selon les variétés. Les blés australiens présentent une dormance faible et rapidement levée, favorisant une germination précoce. À l'inverse, les blés rouges européens et nord-américains possèdent une dormance prolongée (3 à 7 mois), liée aux anthocyanes présents dans leur tégument, ces pigments responsables de leur coloration rouge. Chez les blés blancs australiens, la dormance est régulée par deux gènes clés : le premier, exprimé dans l'embryon, confère une sensibilité à l'acide abscissique, hormone inhibant la germination à maturité ; le second, actif dans l'enveloppe, agit en synergie avec le premier pour produire des grains plus résistants et stables. Cette dormance modérée s'avère cruciale pour les variétés cultivées dans le Queensland et le nord de la Nouvelle-Galles du Sud, où elle protège contre les pluies estivales, tout en restant avantageuse pour les cultures du sud australien. **(Travlos et *al*. ,2020)**

7.3. La Température

La germination du blé est étroitement liée aux conditions thermiques. Bien que le processus puisse se produire dans une large gamme de températures (4°C à 37°C), l'optimum se situe entre 12°C et 25°C. Son rythme dépend directement de l'accumulation de chaleur, mesurée en degrés-jours, qui correspond à la somme des températures moyennes journalières sur plusieurs jours. Pour que la germination devienne visible, le blé nécessite un cumul thermique de 35 degrés-jours. Cette exigence explique les variations de durée : à une température moyenne de 7°C, la germination apparaît après 5 jours, alors qu'à 10°C, seulement 3,5 jours sont nécessaires. Le développement du coléoptile dépend étroitement de la température du sol. Des conditions trop froides ou trop chaudes limitent sa croissance, tandis que les températures optimales (entre 10°C et 15°C) favorisent des coléoptiles plus longues. Cette sensibilité thermique explique en partie les variations observées dans la levée et l'établissement des cultures selon les différentes zones de production du blé. **(Umkulzhum et *al*., 2024)**

Chapitre II: Les plantes médicinales

1. Les plantes médicinales

Une plante médicinale est définie comme une plante contenant un ou plusieurs principes actifs ayant la capacité de prévenir, de traiter ou de soigner des maladies (Schauenberg & Paris, 1977). Selon l'OMS, il s'agit d'une plante (ou d'une partie de celle-ci) possédant des substances utilisables à des fins thérapeutiques ou servant de base à la synthèse de médicaments. Ces propriétés curatives doivent être démontrées scientifiquement ou validées par leur usage en médecine traditionnelle. **(Chaachouay et *al*., 2020)**

2. Cinnamomum

Cinnamomum est dérivé du mot grec *« kinnamomon »*, qui signifie *« épice »* et *« bois doux »* Environ 250 espèces de ce genre sont recensées dans le monde. Différentes parties de la plante contiennent des composants principaux, tels que le cinnamaldéhyde et le trans-cinnamaldéhyde (Cin)**. (Kumar et *al*., 2019)**

Le genre *Cinnamomum* appartient à la famille des Lauracées, qui compte plus de 30 genres et environ 2000-2500 espèces. Les espèces de *Cinnamomum*, riches en composés phénoliques comme les proanthocyanidines et les flavonoïdes, sont utilisées comme antioxydants naturels. Parmi les espèces les plus connues figurent C. *cassia*, C. *zeylanicum* (C. *verum*), C. *loureiroi* et C. burmannii, avec C. zeylanicum étant la plus étudiée **(Mutlu et *al*., 2023)**. Son écorce aromatique séchée, produit commercial principal, possède diverses propriétés thérapeutiques dont des effets antifongiques. L'huile essentielle de C. *zeylanicum*, sans danger pour la consommation humaine, présente une activité antibactérienne contre des souches résistantes comme H. pylori et est traditionnellement utilisée pour ses bienfaits santé. Elle offre également une protection contre la gastro-entérite. Les huiles de son écorce présentent des activités antioxydantes, anti-Alzheimer, anti-éclaircissantes et antidiabétiques, tandis que ses feuilles et écorce contiennent des composés précieux comme le (E)-cinnamylacétate, l'eugénol et le (E)-cinnamaldéhyde (principal composé bioactif de l'huile d'écorce) . Enfin, ses racines contiennent principalement du camphre **(wu et *al*., 2020)**.

Tableau01 : Position systématique de cinnamomum (cannelle)

Règne	Végétal
Embranchement	Spermatophytes
Sous-embranchement	Angiospermes
Classe	Dicotylédones (Magnoliopsides)
Ordre	Laurales
Famille	*Lauraceae*
Genre	*Cinnamomum*
Espèce	*Cinnamomum cassia*

3. L'huile essentielle de *Cinnamomum*

L'huile essentielle de *Cinnamomum* est un liquide jaunâtre, volatil et peu soluble dans l'eau, à la texture légèrement visqueuse. Son arôme chaud et boisé provient de l'hydrodistillation des écorces ou feuilles du cannelier, où elle représente 4 % des composants extractibles **(Friedman., 2019).**

4. Composition chimique de l'huile de *Cinnamomum*

La composition chimique de l'huile de *Cinnamomum* varie selon plusieurs facteurs, incluant la partie de la plante exploitée (écorce ou feuille), l'âge de l'arbre, les conditions environnementales (saison, région de culture) et la méthode d'extraction **(Haddi et al., 2022).** L'écorce de C. *cassia* contient principalement du cinnamaldéhyde (42,4-89,4 %), de la coumarine (1,9 %), de l'acétate de cinnamyle (0,1-5,4 %), ainsi que d'autres composés minoritaires comme l'alcool cinnamique (0,04 %), le bornéol (1,3 %), le linalol (0,08-0,16 %), l'eugénol (0,03-1,08 %), le salicylaldéhyde (0,04-1,8 %), l'α-terpinéol (2 %) et le benzaldéhyde (0,4-2,3 %) **(Seghiri et Haci., 2023)**.

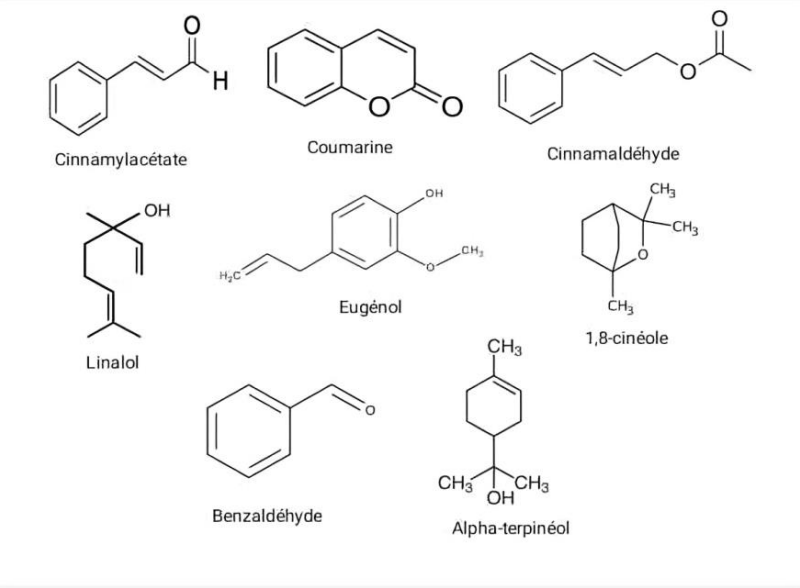


Figure 04 : La composition chimique de l'huile de Cinnamomum (Seghiri et Haci., 2023).

5. Cinnamaldéhyde

Cinnamaldéhyde (CA) est un principe actif extrait de la cannelle et largement utilisé dans l'industrie alimentaire comme additif naturel. Le CA possède diverses fonctions biologiques, telles qu'antibactérien, antioxydant, antiviral et anticancéreux, ainsi qu'un rôle dans la régulation du microbiote intestinal. **(Wang et *al*.,2024)**.il est extrait du *Cinnamomum cassia* et d'autres espèces, offrant ainsi des sources diversifiées pour des propriétés chimiques et des effets thérapeutiques variés. Outre l'extraction naturelle, la production synthétique et les méthodes biotechnologiques comme la fermentation microbienne proposent des alternatives évolutives et durables. **(Guo et *al*., 2024)**.

Le cinnamaldéhyde, également connu sous le nom de 3-phényl-2-propénal, est un métabolite secondaire d'origine végétale. Plusieurs produits commerciaux contenant de l'huile de cannelle et du cinnamaldéhyde sont disponibles à l'achat. Bien que le cinnamaldéhyde soit reconnu pour ses propriétés antimicrobiennes, son potentiel en tant que bioherbicide a reçu moins d'attention **(Garrido et *al*., 2025)**

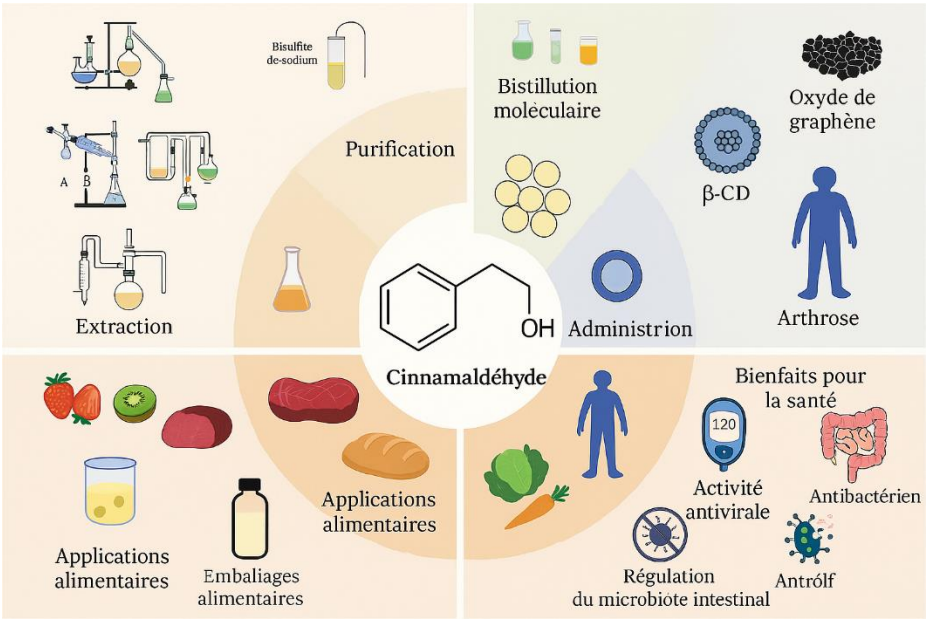


Figure 05 : Exploration du Cinnamaldéhyde : Méthodes de Préparation, Fonctions Biologiques, Applications Efficaces et Sécurité (wang et *al.*, 2024).

Matériels et méthodes

1. Matériels et méthodes

1.1. Objectif

Cette étude vise à évaluer l'effet stimulant du cinnamaldéhyde (CA) sur la croissance du blé dur, en testant différentes concentrations de cette substance (10 mg/mL, 15 mg/mL , 20 mg/mL, 25 mg/mL). Nous analysons plus particulièrement son influence sur la germination, étape clé du développement précoce de la plante.

Le matériel utilisé dans ce travail est divisé en deux : matériel végétal et matériel chimique.

1.2. Matériel végitale

Dans ce travail le matériel végitale utiliséé et le blé *(triticum durum)* traité avec le triazol et blé dur no traité et le cinnamaldéhyde.

1.3. Matériel chimique

Dans ce travail le matériel chimique étulisée c'est le triazol (Acil 060 FS).

Acil 060 FS

ACIL 060 FS est un fongicide systémique sous forme de suspension concentrée (FS) destiné au traitement des semences de céréales, offrant une protection efficace contre les principales maladies fongiques telles que les caries, les charbons, les fusarioses et les pourritures des semences. Grâce à son action systémique, il protège la plantule dès la germination et durant ses premiers stades de croissance, contribuant ainsi à préserver le rendement des cultures.

1.4. Condition de culture des graines

Les graines de blé sont cultivées selon la méthode décrite par Kaur et Duffus (1989). Dix graines sont sélectionnées aléatoirement, traitées avec une solution d'hypochlorite de sodium à 10%, puis rincées abondamment à l'eau distillée. Elles sont ensuite placées dans des boîtes de Pétri de 9 cm de diamètre contenant du papier filtre humidifié avec 8 mL d'eau distillée

1.5. Traitement des grains

Le traitement des graines est réalisé à l'aide d'une solution aqueuse de cinnamaldéhyde, administrée selon quatre doses différentes pendant une période de 15 jours

2. Mesure des paramètres germinatifs

2.1. Taux moyen de germination

Le taux moyen de germination est calculé comme le pourcentage de graines germées par rapport au nombre total de graines par boîte de Pétri. Conformément au protocole de **(Kaur et Duffus., 1989)**, une germination est considérée comme positive lorsque les radicelles atteignent une longueur de 5 mm

2.2. Longueur moyenne des racines

Les graines sont prélevées délicatement des boîtes de Pétri à l'aide d'une pince fine. Les extrémités des racines sont marquées avec un feutre fin, puis leur longueur est mesurée précisément à l'aide d'une règle graduée ou d'un pied à coulisse numérique. Cette mesure permet d'évaluer le développement racinaire au cours de l'expérience.

2.3. Longueur moyenne des tiges

La croissance des tiges est suivie quotidiennement par des mesures systématiques réalisées avec une règle. Ces mesures, enregistrées tout au long de l'expérience, permettent de quantifier l'allongement des tiges et d'analyser leur dynamique de croissance selon les différents traitements appliqués.

2.4. Poids des plantes

L'évolution du poids des plants est évaluée par des mesures précises réalisées à l'aide d'une balance analytique. Ces données, collectées à intervalles réguliers durant l'expérience, permettent de quantifier la biomasse accumulée et d'analyser l'impact des différents traitements.

Résultats

1. Introduction

Cette étude évalue la réponse d'un modèle végétal à différentes doses de cinnamaldéhyde en analysant plusieurs paramètres physiologiques de la germination. Les mesures incluent le taux de germination (exprimé en pourcentage), ainsi que les longueurs moyennes des tiges et des racines, permettant ainsi de déterminer l'efficacité du traitement. Cette approche méthodologique vise à caractériser précisément l'impact du cinnamaldéhyde sur le développement de blé.

2. Les mesure des paramètres germinatifs

2.1. Taux de germination

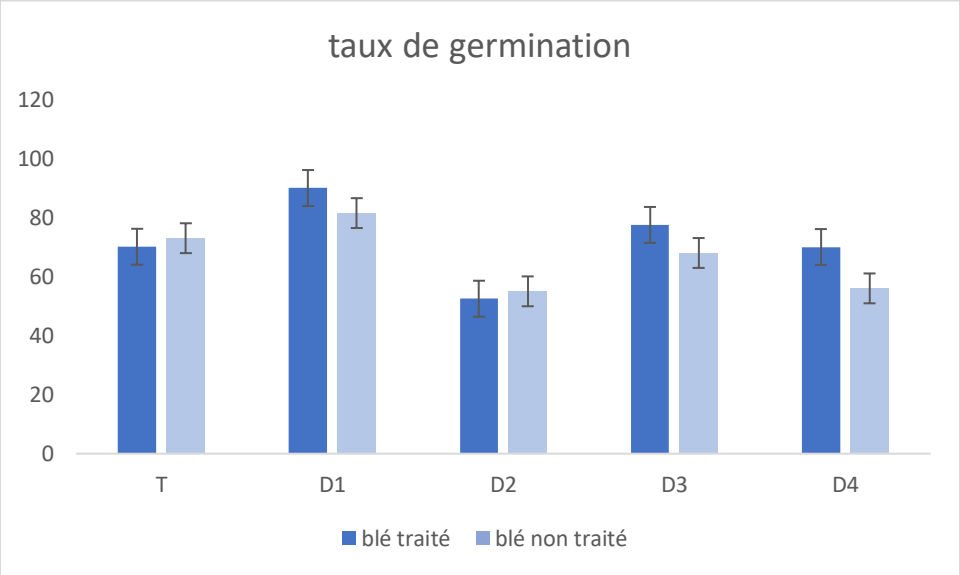


Figure 06 : taux de germination de blé traité et non traité

On constate que l'application de cinnamaldéhyde sur le groupe de blé traité augmente le taux de germination comparativement au blé non traité, particulièrement aux doses 1 et 3. Cette augmentation est par ailleurs significativement plus importante que celle observée dans le groupe témoin.

2.2. Effets de cinnamaldéhyde sur la longueur moyenne des racines

Les différences significatives de longueur moyenne des racines entre les grains de blé traités (ACIL) et non traités, en fonction des différentes concentrations de cinnamaldéhyde, sont présentées dans les figures.

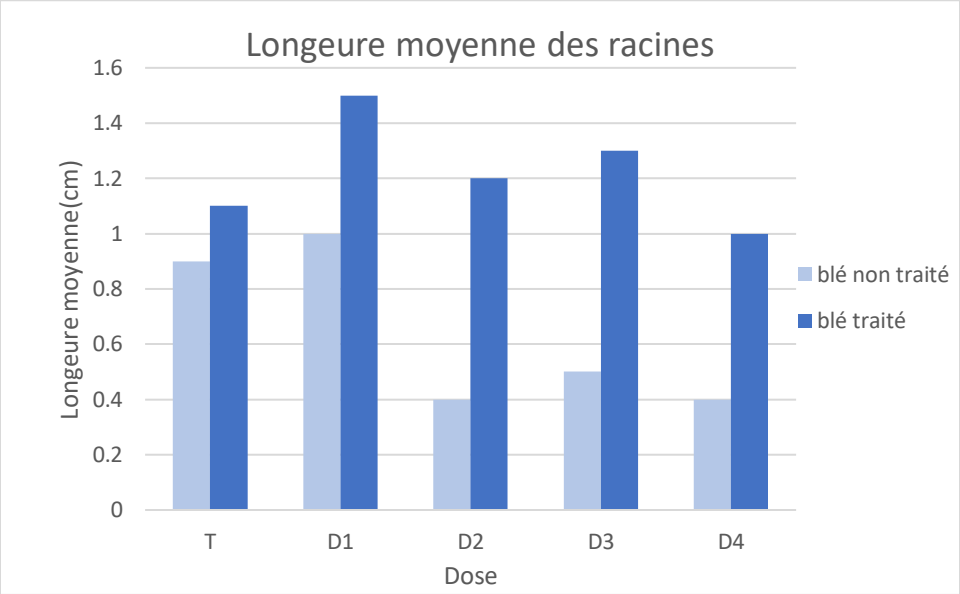


Figure 07 : effet de différente dose de cinnamaldéhyde sur la longueur moyenne des racines de blé traité et non traité aprés 3 jours de traitement.

Les longueurs moyennes des racines du blé traité (triazole + cinnamaldéhyde) présentent des valeurs plus élevées que celles du blé non traité et du témoin, particulièrement pour la dose 1 avec une différence moyenne de 1,5 cm et de 1,3 en dose (3) et de 1 en dose (4) et finalement 1,2 en dose (2), ces valeurs sont statistiquement non significatives (p= 0,93).

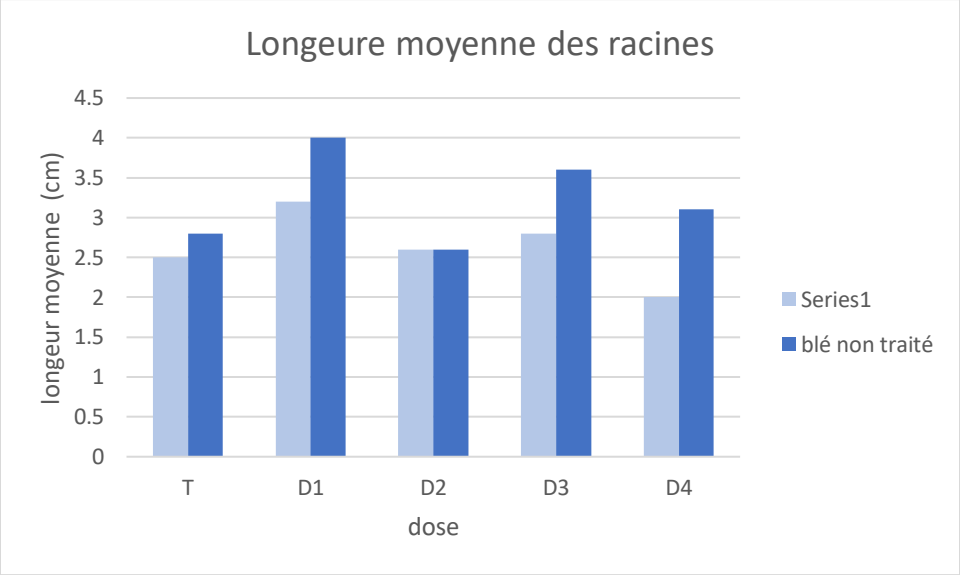


Figure 08 : effet de différente dose de cinnamaldéhyde sur la longueur moyenne des racines de blé traité et non traité aprés 6 jours de traitement.

Les longueurs moyennes des racines du blé traité (triazole + cinnamaldéhyde) présentent des valeurs plus élevées que celles du blé non traité et du témoin, particulièrement pour la dose 1 avec une différence moyenne de 4 cm et de 3,6 en dose (3) et de 3 en dose (4) et finalement 2,6 en dose (2), ces valeurs sont statistiquement non significatives (p= 0,29).

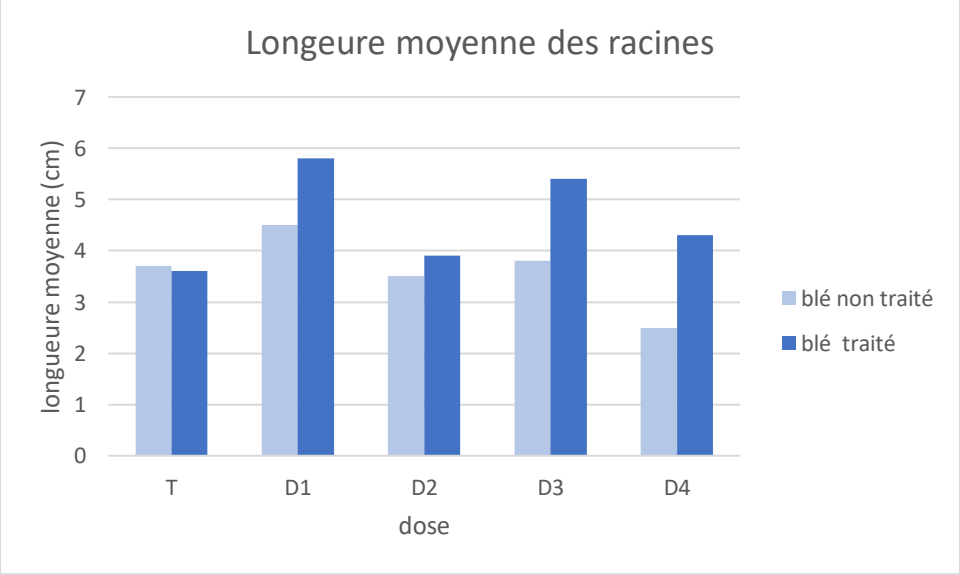


Figure 9 : l'effet de différente dose de cinnamaldéhyde sur la longueur moyenne des racines de blé traité et non traité aprés 9 jours de traitement..

Les longueurs moyennes des racines du blé traité (triazole + cinnamaldéhyde) présentent des valeurs plus élevées que celles du blé non traité et du témoin, particulièrement pour la dose 1 avec une différence moyenne de 5,9 cm et de 5,2 en dose (3) et de 4,1 en dose (4) et finalement 3,9 en dose (2), ces valeurs sont statistiquement non significatives (p= 0,34).

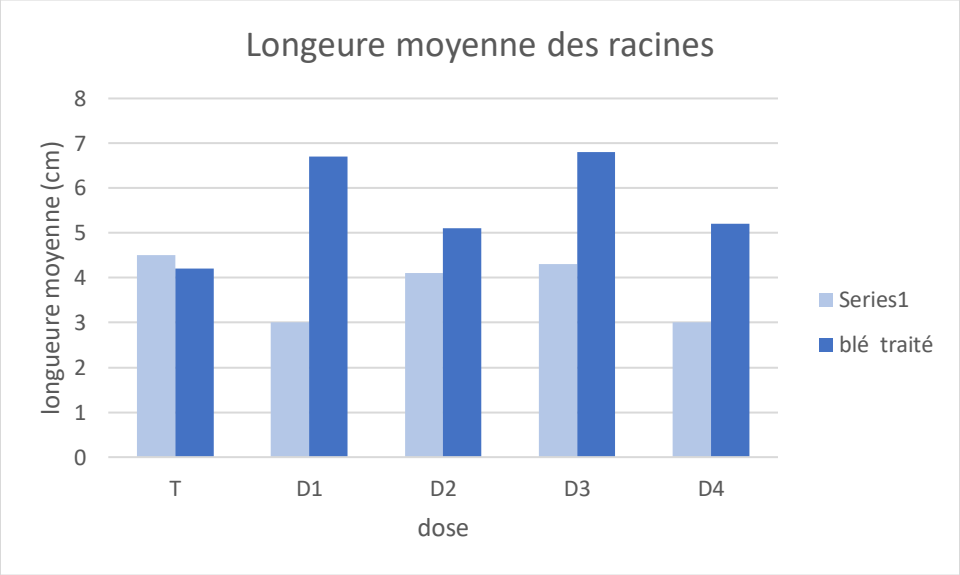


Figure 10 : l'effet de différente dose de cinnamaldéhyde sur la longueur moyenne des racines de blé traité et non traité aprés 12 jours de traitement.

Les longueurs moyennes des racines du blé traité (triazole + cinnamaldéhyde) présentent des valeurs plus élevées que celles du blé non traité et du témoin, particulièrement pour la dose 1 avec une différence moyenne de 6,8 cm et de 6,8 en dose (3) et de 5,1 en dose (4) et finalement 5 en dose (2), ces valeurs sont statistiquement non significatives (p= 0,90).

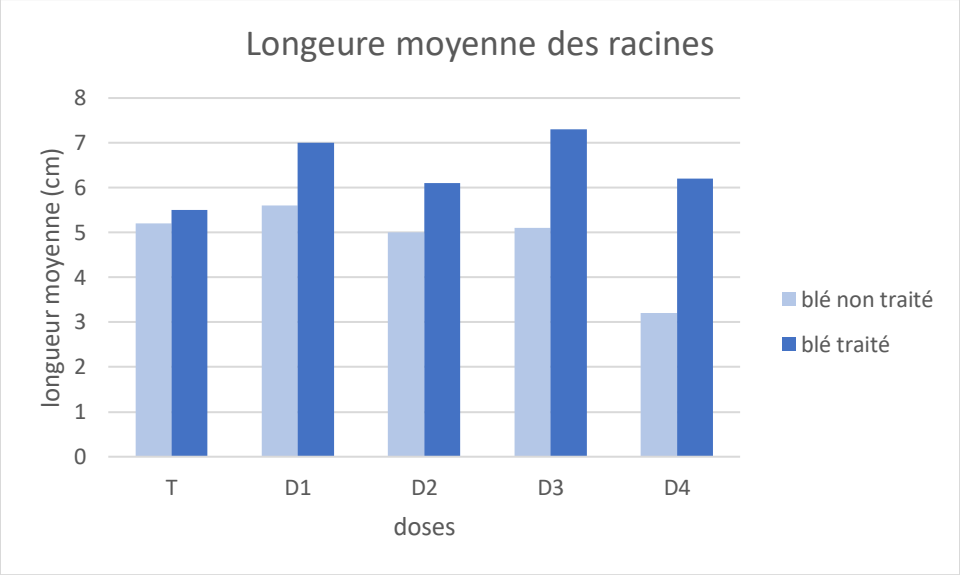


Figure 11 : l'effet de différente dose de cinnamaldéhyde sur la longueur moyenne des racines de blé traité et non traité aprés 15 jours de traitement.

Les longueurs moyennes des racines du blé traité (acil + cinnamaldéhyde) présentent des valeurs plus élevées que celles du blé non traité et du témoin, particulièrement pour la dose (3) avec une différence moyenne de 7,1 cm et de 7 en dose (1) et de 6,2 en dose (4) et finalement 6,1 en dose (2), ces valeurs sont statistiquement non significatives (p= 0,73).

2.3. Effets de cinnamaldéhyde sur la longueur moyenne des tiges

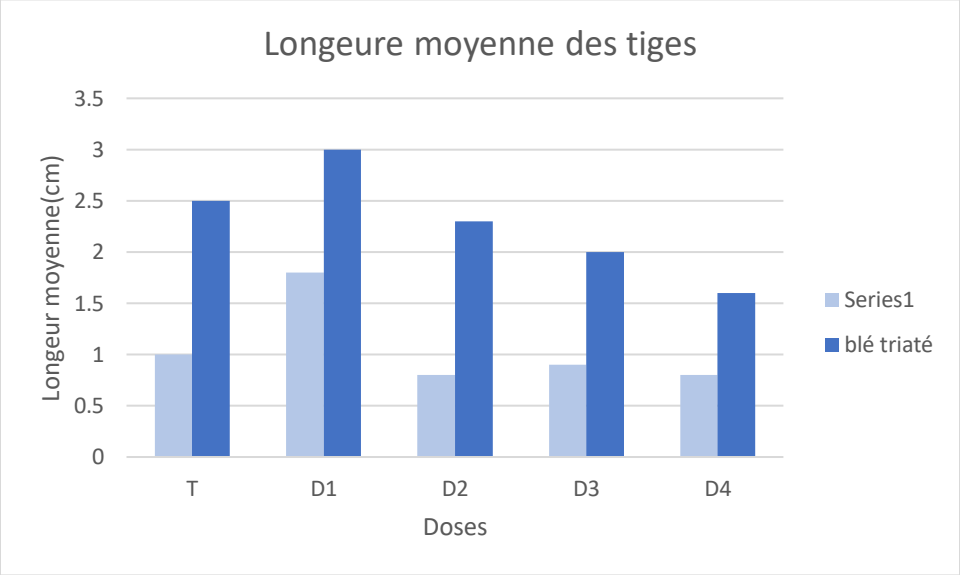


Figure 12 : l'effet de différente dose de cinnamaldéhyde sur la longueur moyenne des tiges de blé traité et non traité aprés 3 jour de traitement

Les longueurs moyennes des tiges du blé traité (acil + cinnamaldéhyde) présentent des valeurs plus élevées que celles du blé non traité et du témoin, avec des différences moyennes de 3 cm en dose (1) et de 2,6 en dose (2) et de 1,6 en dose (4) et finalement 2 cm en dose (3), ces valeurs sont statistiquement non significatives (p= 0,72).

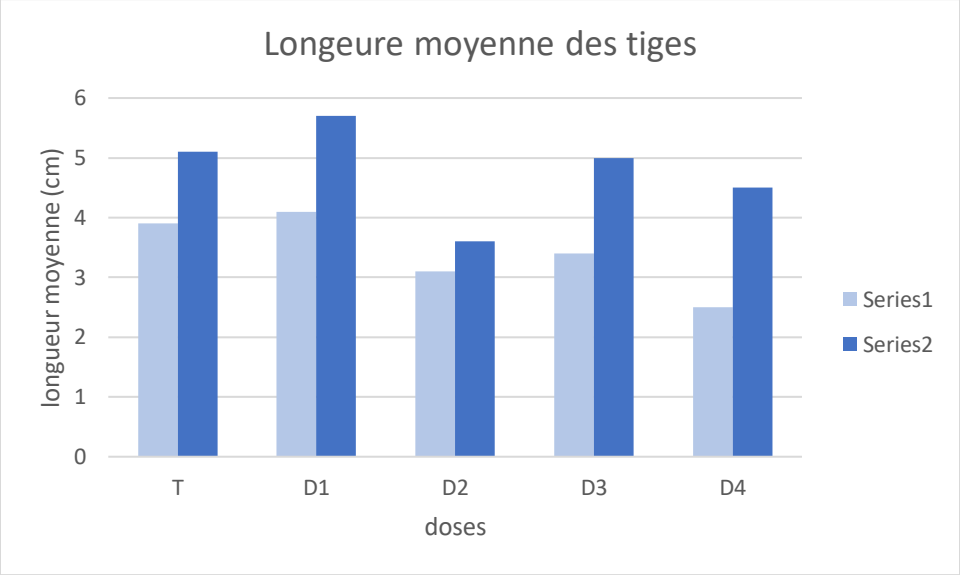


Figure 13 : effet de différente dose de cinnamaldéhyde sur la longeur moyenne des tiges de blé traité et non traité après 6 jours de traitement

Les longueurs moyennes des tiges du blé traité (acil + cinnamaldéhyde) présentent des valeurs plus élevées que celles du blé non traité et du témoin, avec des différences moyennes de 5,7 cm en dose (1) et de 5cm en dose (3) et de 4,5cm en dose (4) et finalement 3,6 cm en dose (2), ces valeurs sont statistiquement non significatives (p= 0,57).

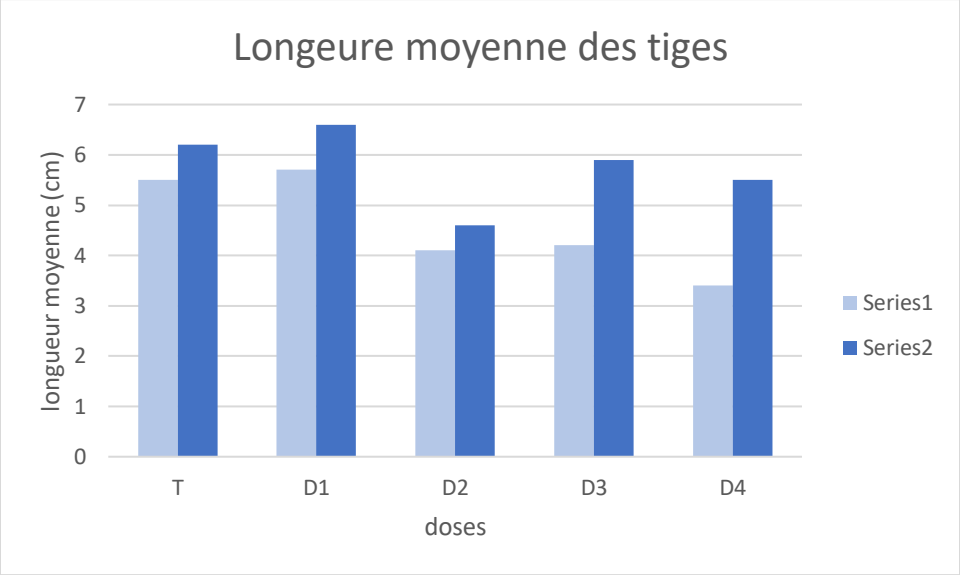


Figure 14 : l'effet de différente dose de cinnamaldéhyde sur la longueur moyenne des tiges de blé traité et non traité aprés 9 jour de traitement.

Les longueurs moyennes des tiges du blé traité (triazole + cinnamaldéhyde) présentent des valeurs plus élevées que celles du blé non traité et du témoin, avec des différences moyennes de 6,6 cm en dose (1) et de 5.9cm en dose (3) et de 5,5cm en dose (4) et finalement 4,6 cm en dose (2), ces valeurs sont statistiquement non significatives (p= 0,33).

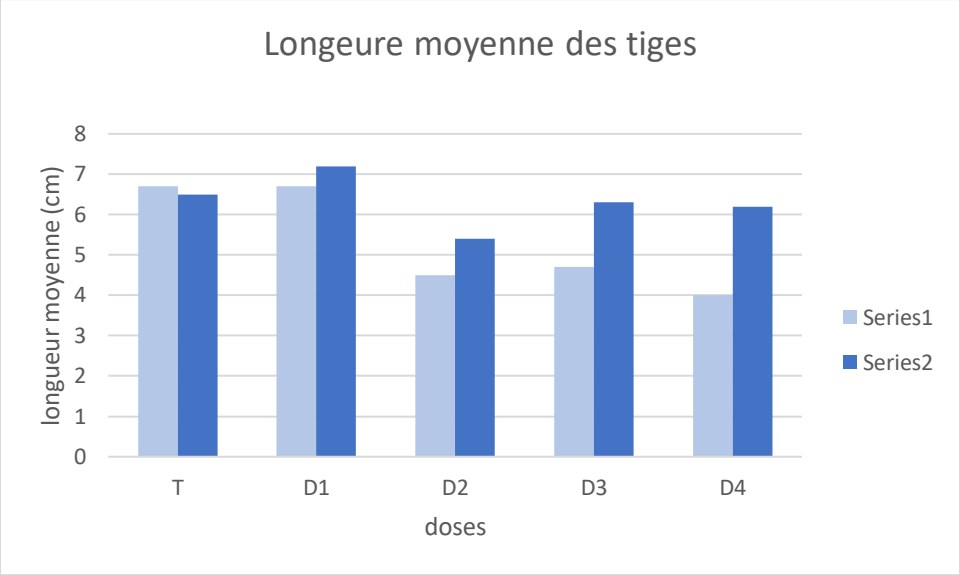


Figure 15 : l'effet de différente dose de cinnamaldéhyde sur la longueur moyenne des tiges de blé traité et non traité aprés 12 jour de traitement

Les longueurs moyennes des tiges du blé traité (triazolel + cinnamaldéhyde) présentent des valeurs plus élevées que celles du blé non traité et du témoin, avec des différences moyennes de 7,1 cm en dose (1) et de 6,3cm en dose (3) et de 6,2cm en dose (4) et finalement 5,4 cm en dose (2), ces valeurs sont statistiquement non significatives (p= 0,245582).

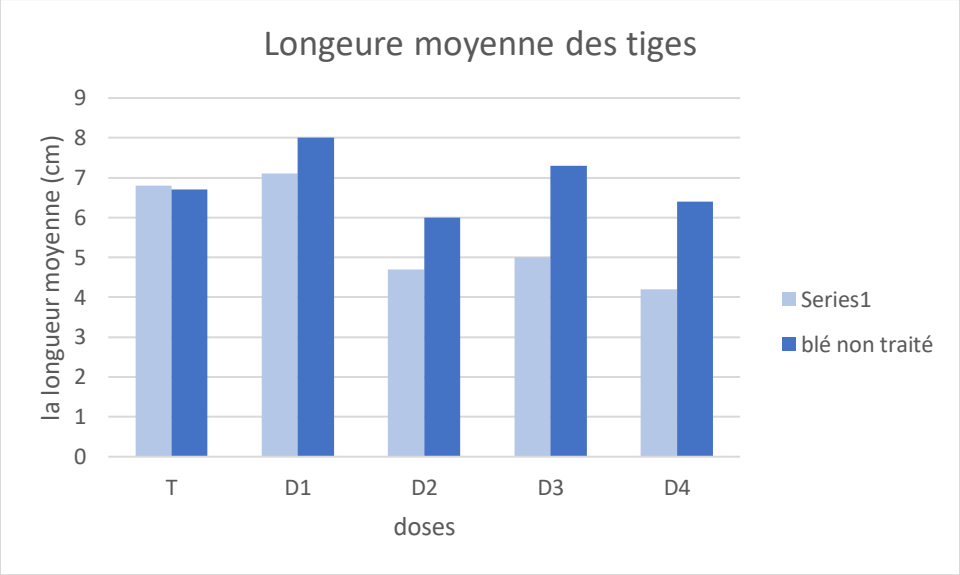


Figure 16 : l'effet de différente dose de cinnamaldéhyde sur la longueur moyenne des tiges de blé traité et non traité après 15 jour de traitement

Les longueurs moyennes des tiges du blé traité (triazole + cinnamaldéhyde) présentent des valeurs plus élevées que celles du blé non traité et du témoin, avec des différences moyennes de 8 cm en dose (1) et de 7,1 cm en dose (3) et de 6,2cm en dose (4) et finalement 6 cm en dose (2), ces valeurs sont statistiquement non significatives (p= 0,34).

Effets de cinnamaldéhyde sur le poid

Effets de cinnamaldéhyde sur le poid de blé traité (triazole + cinnamaldéhyde)

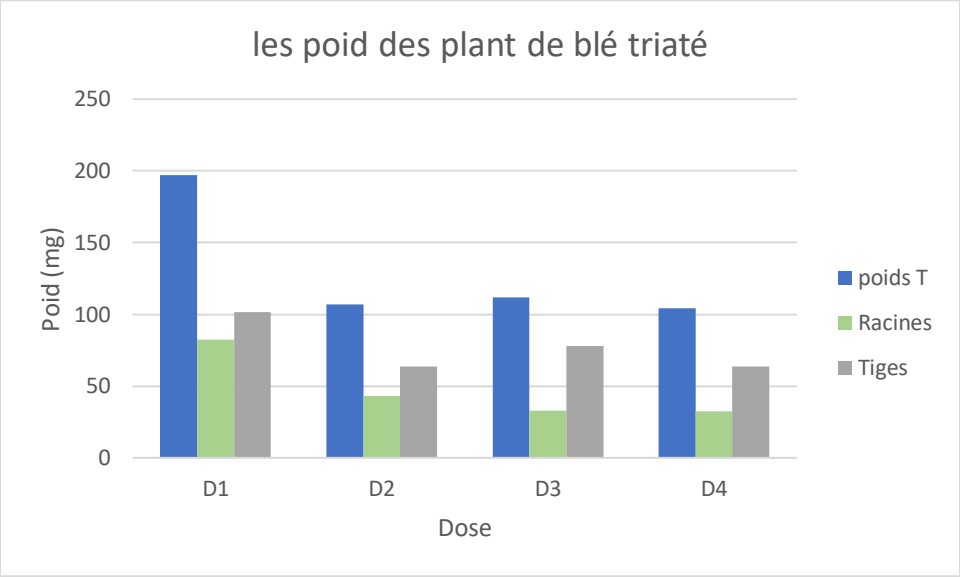


Figure 17 : l'effet de différente dose de cinnamaldéhyde les poids des plantes de blé traité apres les 15 jours de traitement

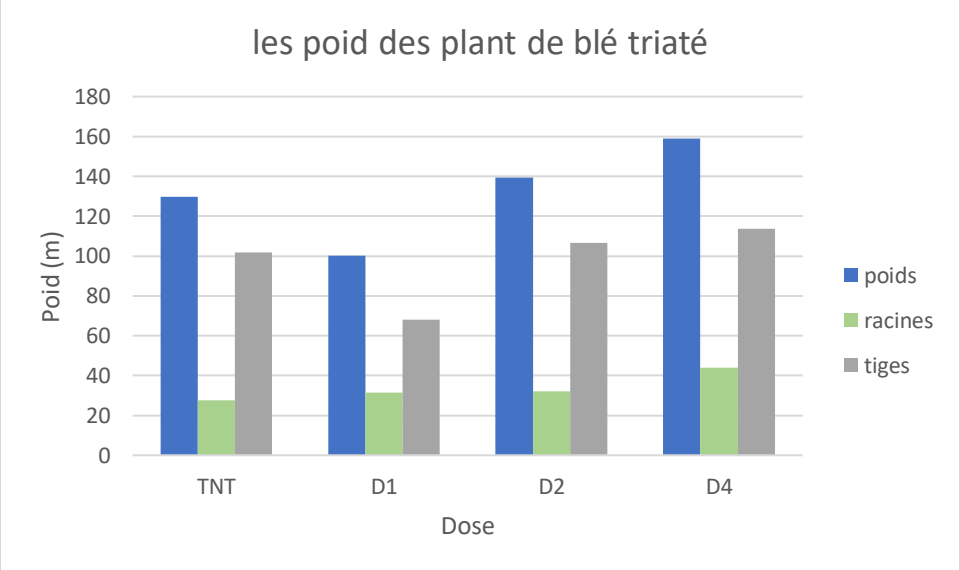


Figure 18 : l'effet de différente dose de cinnamaldéhyde sur les poids de plante de blé non traité apres 15 jours de traitement

Les poids moyens des plantes traitées (D1, D2, D3, D4) présentent des variations par rapport au témoin non traité (TNT), avec des différences notables selon les doses. Les plantes traitées avec D1 montrent un poids total plus élevé (197,2 g) comparé au TNT (129,6 g), tandis que D4 (158,8 g) et D2 (139,3 g) surpassent également le témoin.

Discussion

La germination est un moment clé dans la vie du blé dur (Triticum durum), influencée par divers éléments biochimiques et environnementaux. Dans ce cadre, notre recherche a examiné l'impact du cinnamaldéhyde (CA), un composé phénolique principalement tiré de Cinnamomum cassia, sur plusieurs aspects du développement précoce de la plante.

Nos résultats montrent que le CA, appliqué en différentes quantités, a un effet très positif sur la germination, ainsi que sur la croissance des racines et des tiges. L'augmentation du nombre de germinations constatée, surtout aux doses 1 et 3, indique un possible rôle du CA dans l'activation des processus métaboliques de l'embryon et dans la sortie de dormance, comme l'ont également suggéré Wang et al. (2024), qui rapportent l'effet régulateur du CA sur différentes voies biologiques, y compris le stress oxydatif.

En outre, la meilleure croissance des racines pourrait être liée à l'effet antioxydant connu du cinnamaldéhyde (Seghiri et Haci, 2023), qui protégerait les tissus en développement contre les dommages causés par l'oxydation, améliorant ainsi la division des cellules. Cette idée est soutenue par les recherches de Guo et al. (2024), qui ont vu une amélioration de la croissance de certaines plantes modèles après un traitement au cinnamaldéhyde.

Cependant, certaines recherches comme celles de Garrido et al. (2025) ont noté que le CA, bien qu'avantageux en petites quantités, peut avoir un effet négatif à des niveaux plus élevés, surtout s'il est utilisé comme bioherbicide. Cette constatation est partiellement confirmée dans notre étude, où l'effet stimulant s'est réduit à la dose 2, qui a donné des résultats moins bons que les autres doses.

Il est également essentiel de mentionner que l'efficacité du cinnamaldéhyde peut changer selon le type de plante, la manière de l'appliquer, la durée d'exposition et l'environnement de culture, comme l'expliquent Haddi et al. (2022) dans leur étude sur la variété des huiles essentielles de Cinnamomum.

Malgré les résultats encourageants, notre recherche demeure limitée à des conditions in vitro, ce qui amène à être prudent quant à l'application des résultats à un contexte agronomique. Des études in vivo supplémentaires sont nécessaires pour examiner les effets du cinnamaldéhyde dans la

nature, sa tolérance sur le long terme, ainsi que ses possibles interactions avec des traitements phytosanitaires comme Acil 060 FS. (martini et al 2023) ; (Nóbrega Alves et al 2021)

Pour conclure, cette étude met en lumière le potentiel du cinnamaldéhyde en tant qu'agent biostimulant naturel, capable d'améliorer la germination et la croissance précoce du blé dur à certaines doses. Elle souligne aussi l'importance d'une approche basée sur la dose et ouvre des pistes pour de futures recherches visant à intégrer ce composé dans des pratiques agricoles durables et alternatives aux produits chimiques traditionnels.

Conclusion

Conclusion

Le blé dur (*Triticum durum*), une céréale clé dans l'alimentation humaine, présente des caractéristiques morphologiques distinctes et un cycle biologique marqué par la germination, le tallage et la maturation. Divers facteurs influencent sa croissance, notamment l'humidité du sol, les températures ambiantes et la dormance des graines. Sur le plan économique, cette céréale joue un rôle alimentaire fondamental en Algérie, bien que sa production reste sensible aux variations climatiques.

Dans ce travail, nous avons mis en évidence l'effet du cinnamaldéhyde sur le blé dur, en particulier sur sa germination et son développement racinaire et caulinaire.

Nous avons étudié quelques paramètres biotiques exprimés par le taux de germination, la longueur moyenne des racines et la longueur moyenne des tiges.

Les résultats révèlent que l'application de CA, à doses variables, améliore significativement la germination et la croissance, avec des effets marqués sur l'élongation racinaire et aérienne. Les doses 1 et 3 se sont distinguées par un taux de germination accru et une vigueur végétative supérieure au témoin.

Ces résultats obtenus ont mis en évidence l'effet stimulant du cinnamaldéhyde sur le blé dur, suggérant son potentiel en tant que promoteur de croissance.

Enfin, il serait intéressant de poursuivre cette étude afin de cerner davantage le comportement du blé dur face au cinnamaldéhyde, car cela peut constituer une série d'essais à venir qui peuvent obtenir un rendement plus satisfaisant.

Pour une meilleure explication et confirmation de nos résultats, il est recommandé de :

- Élargir l'expérimentation en plein champ, dans des conditions naturelles, pour avoir des résultats plus précis.
- Utiliser d'autres variétés de blé dur pour déterminer si le cinnamaldéhyde affecte toutes les variétés de la même façon.
- Étudier d'autres types de paramètres physiologiques et biochimiques pour mieux comprendre l'effet du cinnamaldéhyde.

- Étudier l'effet du cinnamaldéhyde sur d'autres espèces de céréales pour voir si son effet est similaire ou non.

Références bibliographiques

A

ANNACER, H., OUNNAS, N. S., & BENAMARA, B. (2023). La crise céréalière mondiale et son impact sur le coût de production de la baguette du pain en Algérie (Doctoral dissertation, Université Ibn Khaldoun).

Amara, C., & Belaidi, N. (2020). Contribution à l'étude de l'influence d'un fongicide, le Mancozèbe, et du déficit hydrique, sur la germination et la croissance de quelques variétés de Blé dur Triticum durum Desf. et de la Vesce vicia sativa L (Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri).

B

Bekkis, S., Benmehaia, M. A., & Kaci, A. (2022). Les enjeux de la dépendance de la filière de blé en Algérie: Analyse par asymétries de réponses de l'offre dans la chaîne de valeur. *New Medit*, *21*(1), 133-147.

Bellagoun Imane, M. A. (2015). Etude comparative de la qualité technologique de quelque échantillons du blé dur issus de la moisson 2014 (région de Guelma).

Bentata, M., & Nateche, B. (2021). Etude de l'effet de la durée de stockage sur la viabilité et le déroulement de la phase de germination chez quelques variétés de blé dur (triticum durum Desf).

C

Chaachouay, N., Douira, A., Hassikou, R., Brhadda, N., Dahmani, J., Belahbib, N., ... & Zidane, L. (2020). *Etude floristique et ethnomédicinale des plantes aromatiques et médicinales dans le Rif (Nord du Maroc)* (Doctoral dissertation, Département de Biologie-Université Ibn Tofail-Kénitra).

F

Friedman, M. (2017). Chemistry, antimicrobial mechanisms, and antibiotic activities of cinnamaldehyde against pathogenic bacteria in animal feeds and human foods. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *65*(48), 10406-10423.

G

Garrido, R. M., Dayan, F. E., Ozanique, P. R., Regasini, L. O., & Kolb, R. M. (2025). Methoxychalcones and Cinnamaldehyde as Herbicidal Compounds. *ACS Agricultural Science & Technology*.

Guo, J., Yan, S., Jiang, X., Su, Z., Zhang, F., Xie, J., ... & Yao, C. (2024). Advances in pharmacological effects and mechanism of action of cinnamaldehyde. *Frontiers in Pharmacology*, *15*, 1365949.

H

Haddi, K., Faroni, L. R., & Oliveira, E. E. (2022). Cinnamon oil. In *Green pesticides handbook* (pp. 117-150). CRC Press.

Haddad, D., & Mokrane, T. (2020). *Contribution à l'étude de l'influence d'un fongicide, le Mancozèbe, et du stress hydrique, sur la germination et la croissance, de variétés d'Avena sativa L. et de Pisum sativum L* (Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri).

K

Kumar, S., Kumari, R., & Mishra, S. (2019). Pharmacological properties and their medicinal uses of *Cinnamomum*: A review. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, *71*(12), 1735-1761.

M

Meriem, M. (2019). Validation Du modèle «AQUACROP» sur la culture du blé dur «Triticum durum» dans deux en milieu semi-aride (Doctoral dissertation).

MESRANE, D. (2018). L'évolution de la production de blé dur (Triticum durum) dans la Daïra de Bouira et El Hachimia (Doctoral dissertation, Université de Bouira).

Mussard, H., Brialix, L., Barraud-Roussel, Y., & Cannavo, P. Caractérisation par capteurs du stress hydrique des cultures selon une approche intégrée sol-plante-microclimat.

Mutlu, M., Bingol, Z., Uc, E. M., Köksal, E., Goren, A. C., Alwasel, S. H., & Gulcin, İ. (2023). Comprehensive metabolite profiling of cinnamon (*Cinnamomum zeylanicum*) leaf oil using LC-

HR/MS, GC/MS, and GC-FID: Determination of antiglaucoma, antioxidant, anticholinergic, and antidiabetic profiles. *Life, 13*(1), 136.

N

Nessah, A., & Zadet, F. E. H. (2021). Contribution à l'étude de l'effet du stress hydrique sur la germination du blé dur (triticum durum Desf).

W

Wang, B., Zhao, M. Z., Huang, L. Y., Zhang, L. J., Yu, X. J., Liu, Y., & Li, J. (2024). Exploring Cinnamaldehyde: Preparation Methods, Biological Functions, Efficient Applications, and Safety. *Food Reviews International*, *41*(2), 615–642.

Wu, M., Ni, L., Lu, H., Xu, H., Zou, S., & Zou, X. (2020). Terpenoids and their biological activities from *Cinnamomum*: a review. *Journal of Chemistry*, *2020*(1), 5097542.

Z

Zohera, F. F., Moualkia Marwa, K. S., & Rania, S. (2022). Etude comparative de qualité technologique du blé dur de deux régions Guelma et Skikda.