



Université Mohamed Khider de Biskra
Faculté des sciences exactes et des sciences de la nature et de la
vie
Département des sciences de la nature et de la vie
Filière : Biotechnologie

Référence / 2025

MÉMOIRE DE MASTER

Spécialité : Biotechnologie et valorisation des plantes

Présenté et soutenu par :

BELHADJ YOUSRA ET HAMRAOUI BOUTHEINA

TITRE :

**Effet De L'hormopriming Avec L'auxine Sur La Germination De Quelques
Variétés De Blé Dur (*Triticum Durum* Desf) Et Blé Tendre (*Triticum
Aestivum* L.)**

Jury:

Titre	Nacer BELOUCIF	Grade	Université de Biskra	Président
Mme.	Soulef KRIKER	MAB	Université de Biskra	Rapporteur
Titre	Nabila YASRI	Grade	Université de Biskra	Examineur

Année universitaire :2024/2025



بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

" وَأَنْ لَّیْسَ لِلْإِنْسَانِ إِلَّا مَا سَعَى وَأَنْ سَعِيَهُ سَوْفَ



Remerciements

Louange à Dieu, le Tout-Puissant, qui nous a accordé la patience et la force nécessaires pour mener à bien ce travail.


Nous tenons à exprimer notre reconnaissance à Madame Kriker Soulef pour ses conseils et son accompagnement tout au long de l'élaboration de ce mémoire.

Nous remercions également les membres du jury pour avoir accepté d'examiner et d'évaluer ce travail.

Nous remercions aussi l'ensemble des enseignants du département des sciences de la nature et de la vie pour leur soutien durant notre parcours.

Enfin, nous remercions notre famille pour son appui moral et ses encouragements constants.

Que Dieu guide et bénisse tous ceux qui ont contribué, de près ou de loin, à la réussite de ce travail.





Dédicace

À mon cher père,

Mon exemple de sagesse et de persévérance, toi qui m'as appris à avancer malgré les obstacles.

Merci pour tous tes sacrifices et ton soutien inconditionnel qui ont été le pilier de ma réussite. Ta confiance en moi m'a toujours donné la force d'aller de l'avant.

À ma douce mère,

Source infinie d'amour, de tendresse et de prières.

Merci pour ta présence rassurante, pour tes encouragements constants et pour tous ces instants de réconfort que toi seule sais offrir. Que Dieu te garde et te bénisse pour tout ce que tu as fait pour moi.

À mon frères et sœurs,

Votre soutien, vos paroles réconfortantes et votre affection m'ont accompagnée tout au long de ce parcours. Merci d'avoir toujours cru en moi et partagé cette aventure avec bienveillance.

YOUSRA





Dédicace

À mon cher père,

Exemple de dignité et de persévérance, toi dont les pas assurés ont ouvert la voie.

Merci pour ta sagesse qui a éclairé mes choix, et pour ta confiance silencieuse qui m'a donné
la force d'avancer, même dans les moments les plus difficiles.

À ma douce mère,

Le battement de mon cœur, la chaleur de mon âme, et le secret de chaque prière exaucée.

Tu as été mon refuge inconditionnel, ma lumière dans l'ombre, et ma force invisible dans
chaque épreuve.

Je t'offre cet accomplissement en témoignage d'un amour profond et d'une reconnaissance
éternelle.

À mon frère et à mes sœurs,

Présences précieuses, vous avez été mon soutien fidèle, ma force tranquille et mes
compagnons de route sincères.

Merci pour vos encouragements, vos mots réconfortants, et votre affection qui m'ont portée
jusqu'au bout de ce parcours.

BOUTHEINA



Table des matières

Remerciements	III
Dédicace	IV
Dédicace	V
Table des matières	VI
Liste des Abréviations	IX
Liste des Figures.....	X
Introduction Générale.....	2
Partie bibliographique	4

Partie bibliographique

Chapitre I : Informations générales sur le blé

I.1. Informations générales sur le blé	6
IV.1. Histoire, provenance et répartition géographique.....	6
IV.2. Classification APG 3(2009).....	6
IV.3. Biologie du blé.....	7
IV.3.1. Biologie du blé dur	7
IV.3.2. Biologie du blé tendre.....	8
IV.4. La déférence entre le blé dur et le blé tendre :.....	9
IV.5. L'usage du blé :.....	10
IV.5.1. L'usage du blé dur.....	10
IV.5.2. L'utilisation du blé tendre	11

Chapitre II :Prétraitement germinatif

II.1. Prétraitement germinati	13
II.1.1. Définition de Priming	13
II.1.2. Types de priming	13
II.2. Les phytohormones.....	14
II.2.1. Définition de phytohormone.....	14

II.2.2. Impact des phytohormones	15
II.2.3. L'Auxine	15
Partie expérimental.....	20

Partie expérimentale

Chapitre III: Matériel et méthodes

III.1. Matériel végétal.....	22
III.2. Protocole expérimental.....	22
III.2.1. Application du traitement pré germinatif (hormopriming)	22
III.2.2. Traitement germinatif :	23
III.2.3. Mise à Germination	24
III.3. Les paramètres étudiés :	24
III.3.1. Taux de germination final.....	24
III.3.2. Cinétique de germination :	25
III.3.3. Vitesse de germination	25
III.3.4. Longueur des racines et des épicotyles :	25
III.3.5. Moyenne journalière de germination	25
III.4. Analyse statistique.....	25

Chapitre IV :Résultats et discussion

IV.1. Présentation des résultats.....	27
IV.1.1. Taux de germination final	27
IV.1.2. Moyenne journalière de germination.....	27
IV.1.3. Cinétique de germination	27
IV.1.4. Vitesse de germination (VG)	30
IV.1.5. Longueur de radicule (LR)	31
IV.5.3. Longueur de l'épicotyle (LE)	33
IV.2. Analyse de régression	34
IV.2.1. La corrélation entre LR et LE.....	34

IV.2.2 la corrélation entre V.G et L.R et L.E	35
IV.3. Discussion.....	36
Conclusion.....	37

Liste des Abréviations

IAA : indole-3-acétique Acide

AIA : Acide indole-3-acétique

GA : La gibbérelline

AIA : L'auxine

Ck : la cytokinine

ETH : éthylène

ABA : l'acide abscissique

ITDAS : Institut technique de développement de l'agronomie saharienne

CRASTRA : Centre de recherche scientifique et technique sur les régions arides

TGF : Taux de germination final

MDG : Moyenne journalière de germination

VG : Vitesse de germination

LR : Longueur de radicule

LE : Longueur de l'épicotyle

Liste des Figures

Figure 1 : blé dur (Anonyme, 2020)	8
Figure 2 : le blé tendre (Source : INRAE, 2019)	9
Figure 3 : Structure chimique de quelques auxines naturelles et de synthétiques (Heller et al., 2000).	15
Figure 4: Voies de décarboxylation oxydative de l'acide indole-acétique (Heller et al., 2000). 17	
Figure 5: Trempage des graines de blé dur et tendre dans différentes solutions d' IAA dans	23
Figure 6: Apparition de la germination chez les différentes variétés de blé après l'hormoprimer avec l'IAA	23
Figure 7: Cinétique de germination des deux variétés de blé dur et deux variétés de blé tendre	28
Figure 8: Effets des différentes concentrations de l'auxine sur la vitesse de germination des variétés de blé dur et blé tendre	30
Figure 9: Variation de la longueur des racines des deux variétés de blé dur et deux variétés de blé tendre en fonction de l'hormoprimer avec l'auxine	31
Figure 10: la longueur des épicotyles des deux variétés de blé dur et deux variétés de blé tendre en fonction de l'hormoprimer avec l'auxine	33
Figure 11: Représentation de la corrélation entre la longueur de la racine (L.R) et celle de l'épicotyle (L.E) sous l'effet de l'hormoprimer avec l'auxine	35

Introduction Générale

Introduction Générale

Les céréales jouent un rôle fondamental dans l'agriculture et l'alimentation humaine. Elles constituent une source essentielle de glucides, de protéines et de fibres alimentaires, jouant ainsi un rôle clé dans la sécurité alimentaire mondiale (Djermoun, 2009). Parmi elles, le blé (*Triticum spp.*) occupe une place stratégique en raison de sa large distribution et de son importance économique et nutritionnelle. En Algérie, le blé, sous ses deux formes principales : blé dur (*Triticum durum*) et blé tendre (*Triticum aestivum*) est l'une des principales cultures céréalières, servant de base à divers produits alimentaires tels que la semoule, le couscous et le pain (Encyclopédie berbère, 1991). Sa culture représente un enjeu majeur pour l'économie agricole et la sécurité alimentaire du pays, notamment en raison de sa consommation élevée par la population (Ali et al., 2021).

Cependant, la production de blé en Algérie est confrontée à plusieurs défis environnementaux et agronomiques. Les précipitations irrégulières, les températures élevées et la dégradation des sols influencent considérablement les rendements agricoles (Djermoun, 2009). L'augmentation de la demande en blé impose la nécessité d'améliorer les techniques culturales et d'explorer des solutions scientifiques pour optimiser la productivité céréalière (Chen et al., 2020). L'adoption de variétés plus résistantes aux conditions climatiques difficiles et l'application de nouvelles stratégies agricoles, telles que le biopriming et l'enrichissement des sols en nutriments essentiels, pourraient constituer des alternatives viables pour atténuer ces contraintes (Smith et al., 2020).

Les hormones végétales sont des composés naturels qui régulent divers aspects du développement des plantes, notamment la germination, la croissance et la réponse aux stress environnementaux (Musa, 2022). Parmi ces hormones, les auxines jouent un rôle central dans la régulation de l'élongation cellulaire, le développement des racines et la réponse aux stimuli environnementaux. Elles interviennent également dans la formation des tissus vasculaires et la dominance apicale des plantes (Smith et al., 2020). Ces caractéristiques font des auxines un élément clé dans les stratégies d'amélioration de la croissance et de la productivité des cultures (Ali et al., 2021).

Dans cette perspective, la technique du hormopriming suscite un intérêt croissant dans la recherche agronomique. Cette méthode repose sur le prétraitement des semences avec des phytohormones afin de préparer physiologiquement les graines à la germination et au développement ultérieur (Chen et al., 2020). En influençant certains processus biologiques,

Introduction Générale

cette approche pourrait permettre une meilleure adaptation des plantes aux conditions de culture, bien que son application nécessite des études plus approfondies pour en préciser les effets et les conditions optimales d'utilisation (Khan et al., 2019).

Ainsi, cette étude vise à examiner l'effet du hormoprimer sur la germination et le développement de plusieurs variétés de blé dur et de blé tendre. Elle cherche à approfondir la compréhension des mécanismes sous-jacents et à évaluer l'impact potentiel de cette technique sur l'amélioration de la productivité céréalière en Algérie.

Ce mémoire est structuré en deux parties

La première partie, est consacrée à une synthèse bibliographique concernant le thème de travail, elle est composée de deux chapitres :

- Chapitres 1 : Généralités sur le blé
- Chapitres 2 : Présentation des phytohormones avec un accent particulier sur les auxines, ainsi qu'une introduction à la technique du Prétraitement (hormoprimer) et ses principes fondamentaux.

La deuxième partie est la partie expérimentale, elle est formée de deux chapitres aussi :

- Chapitres 3 : Matériel et méthodes, détaillant les conditions expérimentales et les techniques utilisées pour appliquer le hormoprimer aux semences de blé et évaluer ses effets sur la germination.
- Chapitres 4 : Résultats et discussion, où les données obtenues seront analysées et comparées aux études scientifiques antérieures sur le sujet.

Ce travail se conclura par une conclusion générale qui mettra en avant les principaux enseignements de cette étude et proposera des perspectives pour de futures recherches.

Partie bibliographique

Chapitre I : Informations générales sur le blé

I.1. Informations générales sur le blé

Les céréales figurent parmi les premières plantes à avoir été cultivées et moissonnées. Les premières civilisations ont prospéré, en partie, grâce à leur aptitude à les produire, les conserver et les répartir. Les céréales, notamment le blé, le riz et l'orge (Choueiri, 2003). D'après la FAO (2019), la production de céréales à l'échelle mondiale atteint 2 685 millions de tonnes en 2019, ce qui représente une augmentation de 1,2 % par rapport à l'année précédente. En Algérie, tout comme en Afrique du Nord, ces cultures constituent les fondements de l'agriculture. Gestion et mise en œuvre de diverses activités de traitement. Semoule, produits de pâtisserie, secteur agroalimentaire. Ils servent aussi de fondement à la nutrition et jouent un rôle crucial dans l'alimentation rurale et urbaine (Aidani, 2015). Toutefois, en dépit de l'ampleur des efforts fournis, le rendement demeure insuffisant.

L'accomplissement de l'autosuffisance, face à une population en augmentation d'un côté et une population qui s'accroît de l'autre, est en partie attribuable à des défis climatiques tels que : B. Diminution des précipitations variables provoquant une pression hydrique, saline et thermique. Peut engendrer du stress. Selon Benabdelkader et Nouar (2018), la culture des céréales en Algérie est soumise à des contraintes biologiques comme les maladies et les nuisibles, en plus de facteurs liés à l'agriculture et à l'alimentation.

IV.1. Histoire, provenance et répartition géographique

La cultivation du blé a débuté à l'époque de la pierre, il y a environ 2000 ans, et on estime que cela aurait pu commencer vers 7000 avant notre ère. Selon de nombreux vestiges de blé diploïde et tétraploïde ont été découverts, bien conservés, parmi les traces datant de 7000 ans retrouvées au Proche-Orient.

Selon l'approbation de plusieurs chercheurs, il apparaît que le blé primitif a sa source dans la vallée du Tigre et de l'Euphrate. Et ensuite, sa culture a diffusé dans la vallée du Nil en Egypte. Ensuite, il s'est diffusé en Chine, en Europe et en Amérique. Le blé, qui est originaire de plusieurs endroits, a son habitat réparti en trois zones distinctes : la Syrie et le nord de la Palestine constituent le centre bilatéral du blé, tandis que la région éthiopienne représente un quadruple centre pour cette plante. De plus, les régions de l'Afghanistan et de l'Inde sont reconnues comme étant le centre hexagonal du blé (Aaronsohn, 1909)

IV.2. Classification APG 3(2009)

Règne : Plantae

Clade : Angiosperme

Chapitre I : Informations générales sur le blé

Clade : Monocotylédones

Clade : Commelinidees

Ordre : Poales

Famille : Poaceae

Sous famille : Pooideae

Super-tribu : Triticoadae

Tribu : Triticeae

Sous tribu : Triticineae

Genre : *Triticum*

IV.3. Biologie du blé

IV.3.1. Biologie du blé dur

Le blé dur est une plante herbacée annuelle. Le système racinaire est composé de racines séminales générées par la plantule pendant sa germination, ainsi que de racines adventives qui se développent ultérieurement à partir des nœuds situés à la base de la plante et forment le système racinaire définitif. Le blé dur a une tige cylindrique, droite, généralement vide et divisée en entre-nœuds. Néanmoins, certaines variétés ont des tiges pleines (Clarke et al., 2002). Le chaume (talles) se développe à partir des bourgeons axillaires situés aux nœuds à la base de la tige principale. L'effectif des brins varie en fonction de la variété, des conditions de culture et de la densité d'implantation. Dans des circonstances habituelles, une plante a la capacité de générer jusqu'à trois tiges additionnelles en plus de la tige principale, cependant, il n'est pas garanti que toutes fécondent (Bozzini, 1988).

À l'instar d'autres graminées, les feuilles de blé dur comprennent une base (gaine) qui enveloppe la tige, une section finale qui s'harmonise avec les nervures en parallèle et une pointe aiguë. À l'endroit où la gaine de la feuille est attachée, il y a une membrane fine et claire (ligule) qui possède deux petites extensions latérales (oreillettes). L'inflorescence est présente sur la tige principale ainsi que sur chaque rameau en position épi terminale.

L'épi du blé dur est une inflorescence équipée d'un rachis portant des épillets distincts par de brefs entre-nœuds (Bozzini, 1988). Chaque épillet contient deux glumes (bractées) abritant entre deux et cinq fleurs distiques sur une rachéole. Chaque fleur parfaite est contenue dans des structures qui ressemblent à des bractées, c'est-à-dire la glumelle inférieure (lemme ou lemma) et la glumelle supérieure (paléa). Chaque fleur possède trois étamines dotées d'anthers biloculaires, en plus d'un pistil avec deux styles portant des stigmates plumeux.

Chapitre I : Informations générales sur le blé

Habituellement, à maturité, le grain de pollen en forme de fuseau renferme trois noyaux. Chaque fleur a la capacité de produire un fruit contenant une seule graine, communément appelé le caryopse. Chaque graine renferme un endosperme généreux et un embryon écrasé positionné au sommet de la graine, près de la base de la fleur.

Le blé dur se développe bien dans les régions au climat plutôt sec, où les journées sont chaudes et les nuits restent fraîches pendant la phase de croissance, une caractéristique typique des climats méditerranéens et tempérés. Les graines peuvent germer dès 2 °C, bien que la température idéale se situe autour de 15 °C (Bozzini, 1988). La majorité du blé dur cultivé à l'échelle mondiale est du blé de printemps. Cependant, il y a des types de blé dur d'hiver (qui nécessitent une vernalisation pour passer de la phase végétative à la phase reproductive) ; ces variétés ont été examinées pour leur potentiel de production dans le sud des États-Unis (Domnez et al., 2000).



Figure 1 : blé dur (Anonyme, 2020)

IV.3.2. Biologie du blé tendre

D'après Lersten (1987), le blé tendre (*T. aestivum*) est une plante graminée annuelle ou hivernale, de taille moyenne. Les feuilles sont planes et l'épi terminal de l'inflorescence porte des fleurs parfaites. La phase végétative de la plante se distingue par l'existence d'un stade de tallage, durant lequel les bourgeons axillaires évoluent en tiges portant des feuilles. Les chaumes, qui sont les tiges, ont entre cinq et sept nœuds et possèdent trois ou quatre feuilles authentiques.

L'inflorescence est supportée par la feuille supérieure, également appelée dernière feuille. Chaque tige génère un épi composite, dont les ramifications correspondent aux épillets. Le rachis, ou axe central de l'épi, supporte les épillets, qui sont séparés par de brefs entre-nœuds. Chaque épillet représente un axe reproducteur condensé, soutenu par deux

Chapitre I : Informations générales sur le blé

bractées dépourvues de fertilité, connues sous le nom de glumes. Les glumes entourent de deux à cinq fleurs, chacune soutenue par un petit pédicelle dénommé rachéole.

La fleur comporte trois étamines, chacune dotée d'une anthère de grande taille ; le pistil est constitué d'un ovaire unique, un ovule unique et deux styles qui se terminent par un stigmate à caractère plumeux et ramifié.

Les graines de blé tendre ont une température minimale de germination qui varie entre 3 et 4°C. La floraison commence lorsque la température excède 14°C.



Figure 2 : le blé tendre (Source : INRAE, 2019)

IV.4. La différence entre le blé dur et le blé tendre

On peut catégoriser les blés en deux types majeurs : le blé dur (*Triticum durum*) et le blé tendre (*Triticum aestivum*). Plusieurs caractéristiques distinguent ces deux sortes de blé.

- 1) **Composition du grain** : Le blé dur possède des grains plus robustes et plus compacts, alors que le blé tendre a des grains plus fragiles et plus aériens.
- 2) **Composition du gluten** : Le gluten présent dans le blé dur est plus robuste et plus élastique comparativement à celui du blé tendre. Ceci indique que le blé dur a une meilleure faculté de capturer les gaz de fermentation et de créer une structure alvéolée lors du processus de panification.
- 3) **Applications en cuisine** : Du fait de sa forte teneur en gluten, le blé dur est principalement utilisé pour la fabrication de pâtes, de couscous et certaines sortes de pains. Le blé tendre, étant plus polyvalent, est employé dans la production de divers produits boulangers comme le pain, les biscuits et les pâtisseries, ainsi que pour la réalisation de farine tout usage.

Chapitre I : Informations générales sur le blé

4) **Efficacité du broyage** : Pendant le processus du broyage, le blé dur produit une proportion plus élevée de son grâce à ses enveloppes plus épaisses. En revanche, le blé tendre génère une farine de qualité supérieure avec une teneur réduite en son.

5) **Adaptation climatique** : Le blé dur se cultive habituellement dans des zones chaudes et arides, alors que le blé tendre présente une meilleure adaptabilité à divers climats et est cultivé dans une gamme plus large de régions (Armande.1992) (Monneveux & Nemmar, 1986)

IV.5. L'usage du blé

IV.5.1. L'usage du blé dur

Le grain de blé possède des attributs qui facilitent la production d'une matière première appelée « semoule », qui est ensuite destinée à être transformée en divers produits finis.

Avec sa taille de grain, sa robustesse et sa teinte ambrée, le blé dur permet la création d'une variété de produits alimentaires singuliers et variés, parmi lesquels les pâtes et le couscous sont les plus populaires.

En fait, le blé de préférence pour les transformateurs lors de la préparation des pâtes, un aliment fondamental pour une grande partie du monde, ainsi que pour le couscous en Afrique du Nord, se distingue par la force de son gluten. Le bulgur et le frik sont des aliments fondamentaux au Moyen-Orient ainsi qu'en Afrique du Nord. Le blé dur est également employé pour la fabrication de farine, principalement en Europe et au Moyen-Orient. Le blé dur se prête également à la préparation de céréales en flocons (celles que l'on consomme au petit déjeuner) et de desserts (Elias E M. 1995).

Dans les zones méditerranéennes, l'usage du blé dur diffère. En Europe, la production de pâtes représente presque entièrement l'utilisation du blé, tandis qu'en Europe du Sud et en Afrique du Nord, celui-ci est employé de manière équitable dans la confection de pains, pâtes, couscous, bulgur et pour d'autres usages divers (Bozzini A. 1988).

En Algérie, le blé dur a de multiples usages. En général, on peut répartir les produits consommés en quatre catégories : Les galettes, les pâtes, le couscous, les gâteaux et les sucreries ainsi que d'autres produits, comme le Frik très prisé qui est utilisé dans les soupes (Benbelkacem A et al, 1995).

En ce qui concerne les résidus issus de la mouture des grains (le son), ils sont destinés à la consommation humaine et animale car ils aident à incorporer des fibres dans les aliments. Les sous-produits de la culture du blé dur (les pailles et les chaumes) constituent le principal

aliment pour les ruminants, qu'ils soient petits ou grands. De plus, les dérivés du blé (gluten et amidon) sont aussi employés dans la production d'articles non alimentaires, comme des cosmétiques, des films et sacs plastiques, savons, articles en papier et adhésifs.

IV.5.2. L'utilisation du blé tendre

L'amidon (un type de glucide complexe) qui constitue 55% de la graine est également converti en glucose, qui sert d'additif dans une multitude de produits alimentaires. On l'utilise également pour produire du papier, des cosmétiques, du textile, des agrocarburants, etc.

Le germe de blé est également prisé en pharmacie, principalement pour sa forte concentration en

Vitamine E.

Le blé tendre fourrager fait également partie des ingrédients utilisés dans les aliments destinés aux volailles, porcs, ovins et bovins.

Pour la consommation humaine, le froment, également connu sous le nom de blé tendre, est broyé en farine et est principalement utilisé dans la production de pain et de biscuits. On dit que la farine de blé tendre est panifiable, ce qui signifie qu'elle contient du gluten. (Balfourier et al., 2006).

Chapitre II :

Prétraitement germinatif

II.1. Prétraitement germinatif

II.1.1. Définition de Priming

Cette approche se base sur une hydratation minutieusement régulée des graines pour stimuler l'activité métabolique pré-germinative tout en empêchant la manifestation réelle de la radicule (Bradford, 1986).

Au cours de la phase réversible de germination, la graine a la capacité de revenir à son état d'origine sans être altérée (Bayard, 1991).

Cette méthode facilite le réveil de la dormance, l'alignement de la germination, une croissance optimisée, une floraison anticipée et, dans certaines situations, une résistance accrue aux stress abiotiques tels que la sécheresse et la salinité (Boucelha et Djebbar, 2015).

II.1.2. Types de priming

Selon Taylor (1998), les techniques de priming des graines sont classées en deux groupes selon le contrôle de l'absorption d'eau :

- Sans contrôle (hydro et Hormopriming)
- Avec contrôle (osmo et chimiopriming).

2.1. Hydropriming ou redéshydratation

1) Hydropriming simple

Cette approche de préparation pré germinative est la plus simple : elle consiste à tremper les graines dans l'eau, puis à les déshydrater à nouveau avant de procéder au semis (Tarquis et Bradford, 1992).

Cette approche est à la fois rentable et respectueuse de l'environnement, puisqu'elle prévient le recours à des produits chimiques qui pourraient être nuisibles pour la nature (Mc Donald, 2000 ; Ghassemi-Golezani et al., 2008). Cette approche est la plus facile, la plus sécurisée et la plus performante pour optimiser les performances des graines. (Ghassemi-Golezani et al., 2008).

2) Double hydropriming

Boucelha et Djebbar ont présenté en 2015 une technique innovante appelée double hydropriming. Cela implique une procédure où les graines passent par deux phases d'hydratation, suivies de redéshydratation. Cette approche révolutionnaire optimise grandement les capacités de germination, de développement et de résistance au stress (Boucelha et Djebbar., 2015).

Chapitre II : Prétraitement germinatif

2.2. Osmopriming

C'est la méthode de prétraitement des semences la plus courante, qui implique d'exposer les graines à un traitement osmotique prégerminatif uniquement ou à une redéshydratation ultérieure. L'hydratation régulée des graines est effectuée grâce à des agents osmotiques comme le polyéthylène glycol (PEG), les sels (KNO₃, Na Cl, KCl) ou les polyols (mannitol) (Bradford, 1986 ; Yari et al., 2010).

De nombreuses recherches ont prouvé que les jeunes plants provenant de graines traitées par conditionnement osmotique montrent une émergence plus rapide, menant à un taux d'implantation final supérieur. Il est même possible que ces techniques aient un impact positif sur la performance (Bradford, 1986 ; Boucelha et Djebbar, 2015).

2.3. Chimio priming

La méthode du priming chimique consiste à immerger les graines dans différentes solutions chimiques comme NaCl, KNO₃, Ca²⁺, NaCl et NO. Cela encourage la germination des graines et stimule leur éclosion, même en présence de conditions environnementales ardues (Boucelha & Djebbar, 2019).

2.4. Hormopriming

C'est une méthode thérapeutique assez récente qui tire parti de l'usage ciblé de phytohormones telles que l'acide gibbérellique (AG), l'acide salicylique et l'acide indole-3-acétique sur les graines, à des concentrations et pour des périodes définies (Boucelha et Djebbar, 2015).

II.2. Les phytohormones

II.2.1. Définition de phytohormone

D'après Lafonet al. (1988). Les phytohormones, également appelées hormones végétales, sont des composés chimiques organiques endogènes qui se déplacent de manière directionnelle au sein des plantes et jouent un rôle crucial dans la communication entre celles-ci. Ils sont élaborés pour provoquer des réactions dans une région spécifique en réponse à des impulsions externes ou internes.

On classe généralement les hormones végétales en cinq catégories :

La gibbérelline (**GA**), l'auxine (**AIA**) et la cytokinine (**Ck**), qui sont des hormones de croissance végétale, favorisent l'évolution et les traits distinctifs des plantes.

L'éthylène (**Et**) et l'acide abscissique (**ABA**) : des phytohormones liées au stress.

II.2.2. Impact des phytohormones

Les phytohormones ont un rôle crucial dans la gestion des réactions des plantes face aux stress abiotiques. Au cours du temps, les plantes ont élaboré une multitude de mécanismes biochimiques et physiologiques qui leur permettent de résister de manière autonome aux conditions de stress.

Les plantes produisent naturellement des phytohormones qui sont cruciales pour leurs réactions physiologiques, y compris la croissance des feuilles et des fleurs, l'extension de la tige, le développement des fruits et leur maturation (Sampath Kumar et al., 2015).

II.2.3. L'Auxine

3-1 Définition

Le terme Auxine trouve ses origines dans un terme grec signifiant croître. On considère généralement les composés comme des auxines s'ils peuvent être caractérisés par leur aptitude à provoquer l'allongement des cellules dans les tiges et autres structures, à l'instar de l'acide indole-acétique (la première auxine identifiée), en termes d'activité physiologique (Heller et al., 2000).

3.2. Structure chimique :

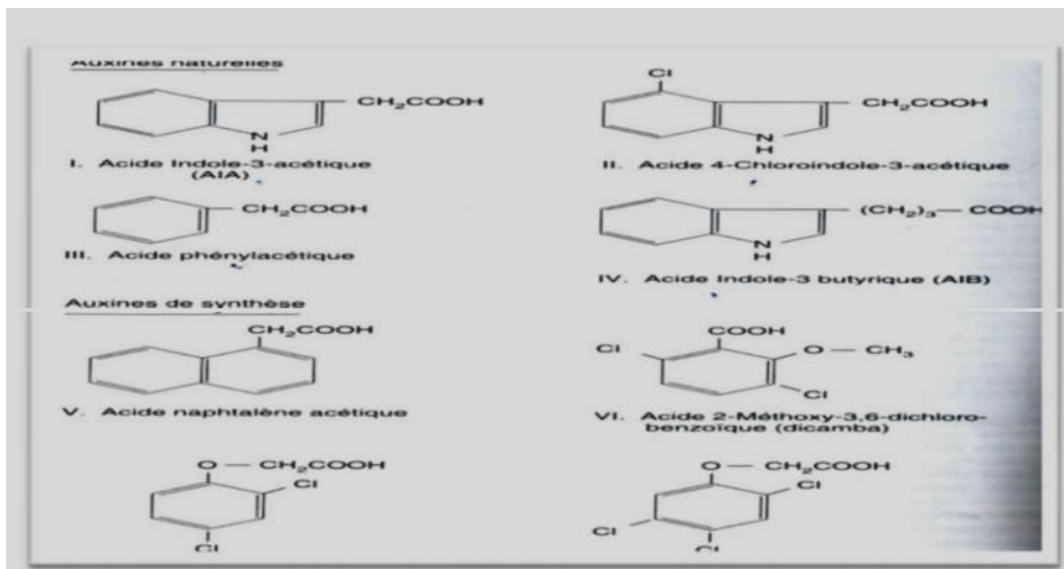


Figure 3 : Structure chimique de quelques auxines naturelles et de synthétiques (Heller et al., 2000).

3.3. Lieux de synthèse

D'après Heller et al. (2000). La production d'auxine a lieu dans les pointes de pousses, les méristèmes ainsi que dans les jeunes feuilles des bourgeons à l'extrémité. Ils admettent des précurseurs, comme le tryptophane qui se forme dans les feuilles plus vieilles.

Chapitre II : Prétraitement germinatif

Concernant la coléoptile, la synthèse a lieu également au niveau apical et le précurseur (tryptamine) est produit par la plante mère, puis stocké dans la graine. Le méristème intercalaire, qui joue un rôle clé dans la montaison, est aussi un site de synthèse particulièrement dynamique. Des auxines sont produites dans la tige de certains adultes ligneux (frêne, ginkgo), à une distance considérable du bourgeon terminal, soit deux ou trois entre-nœuds ou quelques centimètres.

3.4. Le transport

Dans la section de la coléoptile, le transport a lieu dans chaque cellule. Dans la tige, cela se déroule au sein du parenchyme de l'enveloppe périvasculaire. AIA se déplace de 1 cm.h^{-1} du sommet vers la base (direction basale) : c'est un mouvement unidirectionnel spécifique à AIA. Les thyrotropines toxiques (triiodobenzoïque TIBA, naphtylphtalate NpA) propres à ce transport inhibent l'avancement de l'auxine en se fixant aux transporteurs membranaires. Le transport unidirectionnel ne dépend pas de la gravité (Mazliak, 1998).

Nous avons décelé de l'AIA dans les racines traitées pour les tiges. Ces deux courants d'auxine émanent du canal déférent. Le courant de la valve supérieure se trouve dans les cellules de la colonne centrale, tandis que le courant basal est localisé dans le tissu épidermique. Et TIBA empêche l'un et l'autre. Le déplacement de l'AIA produit dans les feuilles se fait de manière passive, allant des feuilles vers la région apicale ou basale par le biais du phloème. Les auxines et d'autres solutés suivent une dynamique comparable à celle du transport unidirectionnel (Mazliak, 1998).

3.5. Métabolisme

- Photoxydation de l'auxine

D'après Heller et al. (2000). L'acide indole-acétique (AIA) en solution subit une oxydation en présence d'oxygène et de lumière sur une période de plusieurs jours. Dans les tissus, la lumière favorise aussi la décomposition de l'auxine, mais de manière bien plus prudente. Les longueurs d'onde les plus performantes se situent dans le spectre UV et bleu (avec un pic autour de 280 et 450 nm). Les méthodes adoptées sont variées : l'une passe par l'indole-3-aldéhyde menant à l'acide indole-3-carboxylique ; une autre emprunte le chemin de l'indole-3-carbinol et de l'indole-3-aldéhyde. Une autre méthode utilise l'oxyindole-3-hydroxyméthyle et mène à l'oxyindole-3-méthylène

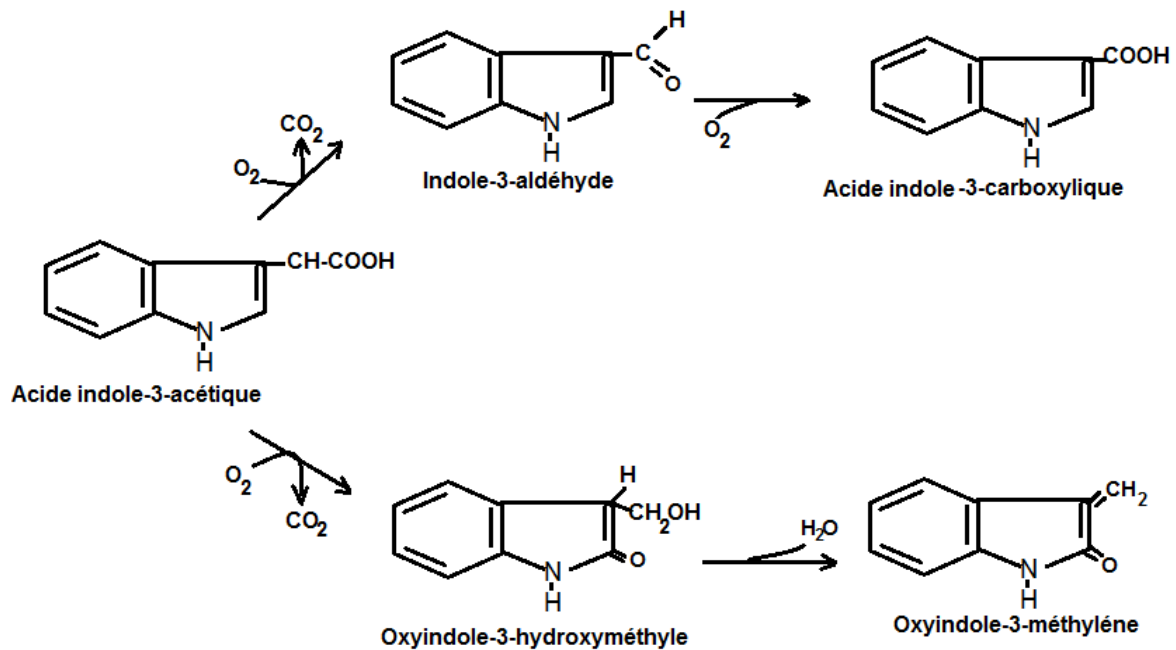


Figure 4: Voies de décarboxylation oxydative de l'acide indole-3-acétique (Heller et al., 2000).

3.6. L'effet de l'auxine

1) Auxèse

L'accroissement d'un organisme découle de l'expansion de ses cellules, signalons l'extension de leur volume ou appendice, qui mène à leur division ou au commencement des cerises.

Comme le suggère son nom, l'auxine favorise l'expansion des cellules. On peut démontrer son impact sur la plasticité (élasticité irréversible) de la paroi à travers la coléoptile (Heller et al., 2000). Il a été démontré que l'auxine accroît non seulement la plasticité, mais également l'élasticité sur les portions de collenchyme des pétioles de céleri exposées à une tension variable (quelques grammes).

2) Élongation cellulaire

L'hormone provoque généralement trois phases dans la dynamique de l'étirement :

- Un délai d'attente d'une dizaine de minutes ;
- Une phase d'excitation intense, où le taux de croissance s'accélère rapidement ;
- Une étape de régression de la stimulation (Heller et al., 2000).

3) Croissance des organes végétatifs

- ✓ Bourgeons et feuilles

Chapitre II : Prétraitement germinatif

Comme les tiges, l'auxine stimule l'élongation des pétioles et des gaines. (Heller et al., 2000). L'auxine inhibe la croissance des limbes de dicotylédones, et cet effet est d'autant plus prononcé lorsque la dose administrée est plus importante. À l'inverse, les limbes des Monocotylédones se comportent comme les tiges ; nous trouvons une conclusion tirée de l'étude de l'étiollement que les limbes des monocotylédones peuvent être considérés, d'un point de vue physiologique, comme des gaines de dicotylédones (Heller et al., 2000).

✓ Les racines

L'effet de l'auxine sur l'élongation des racines est totalement distinct de son impact sur les tiges. Elle se décrit comme un effet d'inhibition sans impact de l'auxine à des concentrations plus basses, avec possiblement un léger effet positif à des niveaux très bas (5 pM à nM, 10-12 g.ml⁻¹). Cette diminution de la croissance des racines a un impact opposé, engendrant un effet très dynamisant sur la rhizosphère, autrement dit sur le développement de nouvelles racines et leur division (Heller et al., 2000).

4) Abscission

La mue est le processus par lequel les feuilles, les fleurs et les fruits tombent. Ce processus a lieu dans la région d'abscission à l'extrémité du pétiole. La formation d'abscission a lieu avant la création de feuilles mortes. Durant la sénescence, les parois cellulaires de cette région se détériorent et les feuilles se détachent. Selon Heller et al. (2000), on observe que les jeunes feuilles présentent des niveaux élevés d'AIA, tandis que les feuilles sénescentes affichent des niveaux très faibles.

5) Calogène

Les bourgeons terminaux et axillaires sont à l'origine de la production des tiges et des pousses végétatives. Leur autogenèse ou processus de formation implique deux phases : la création de nouvelles pousses et leur germination (Heller et al., 2000).

a) Recrutement des bourgeons

Lorsqu'elle est présente en petites quantités, l'auxine stimule un néogène ou une différenciation des pousses, et nous avons observé que la cytokinine nécessite la présence de l'auxine pour agir (Heller et al., 2000).

b) L'éclosion des bourgeons

L'application d'auxine en fortes doses a stoppé le développement des pousses, ce qui a suscité la question de savoir si cette inhibition était à l'origine de la dominance apicale, sachant que les pousses apicales libèrent l'hormone de croissance (Heller et al., 2000).

6) Rhizogenèse

L'un des impacts les plus marquants de l'auxine Mazliak (1998) est son effet sur la capacité d'enracinement, l'auxine, lorsqu'elle est appliquée à des concentrations assez importantes variant de (10^{-7} à 10^{-5} g.ml⁻¹) provoquant ainsi la formation de racines.

7) Dominance apicale

Dans le règne végétal, les bourgeons apicaux freinent le développement des bourgeons axillaires : il s'agit de la dominance apicale. L'inhibition de la croissance des bourgeons axillaires a été observée suite à la décapitation des bourgeons terminaux. L'AIA substitue les bourgeons apicaux afin de conserver cette inhibition. Selon Mazliak (1998), les niveaux idéaux d'AIA pour la croissance des pousses étaient inférieurs à ceux requis pour les tiges.

8) Phototropisme

Sous l'influence de la lumière, une polarité latérale se développe au sommet de la tige et l'AIA se déplace du côté lumineux vers le côté sombre, ce qui favorise un développement plus marqué des cellules situées à l'ombre. Le processus de ce transport latéral demeure mystérieux (Mazliak, 1998)

9) Évolution de la maturité des fruits

Le développement de l'ovaire commence. Suite à la fécondation, le développement des fruits est déterminé par l'AIA de la graine en cours de formation. Les protéines jouent un rôle précoce dans le développement du fruit, après quoi l'embryon assume la responsabilité de devenir la source majeure d'AIA à la fin de la maturation.

Certaines espèces produisent des fruits sans graines de manière naturelle (parthénocarpié). Ce processus est induit par l'auxine dans les fleurs qui ne sont pas méridiennes. Outre la voie de décarboxylation oxydative, une autre voie majoritairement non décarboxylase est aussi présente dans certains matériaux, menant à l'acide oxyindole-3-acétique (dans le cas du maïs) ou à l'acide dioxyindole-3-acétique (dans le cas des haricots et du riz) (Mazliak, 1998).

Partie expérimentale

Chapitre III: Matériel et méthodes

III.1. Matériel végétal

L'expérimentation est menée sur quatre variétés de blé

- Deux variétés de blé dur fournies par Centre de Recherche Scientifique et Technologique Sur les Régions Arides (CRSTRA) Omar EL Bernoui -BISKRA-
- Deux variétés de blé tendre fournies par L'institut Technique de Développement de l'Agronomie Saharienne (ITDAS) Ain Ben Naoui -BISKRA-

Ces variétés sont :

- Blé dur (Oued EL bared, Bousselme)
- Blé tendre (Mawna, Hiddabe)

III.2. Protocole expérimental

Le présent travail vise à déterminer les effets de l'Hormoprining avec l'auxine sur la germination des graines de quatre variétés de blé (dur et tendre) par l'ajout de différentes concentrations de AIA, pendant une durée de 7 jours.

III.2.1. Application du traitement pré germinatif (hormoprining)

Préparation des solutions hormonales (IAA) et traitement des graines

Dans cette expérience, quatre solutions hormonales ont été préparées en utilisant de l'acide indole-3-acétique (AIA) aux concentrations suivantes : 0 mg/L (témoin), 5 mg/L, 10 mg/L et 20 mg/L.

Pour chaque concentration, la quantité appropriée d'AIA a été dissoute séparément dans un (1) litre d'eau distillée, en agitant soigneusement afin d'assurer une dissolution complète.

Les graines de chaque variété de blé ont été imbibées dans ces solutions pendant deux durées distinctes : 8 heures et 24 heures. À la fin de l'imbibition, les graines ont été séchées à température ambiante jusqu'à récupération de leur poids initial, afin d'uniformiser les conditions avant la germination.

Concernant le témoin, seule de l'eau distillée a été utilisée, sans ajout d'hormone, et aucune autre intervention n'a été appliquée avant la mise en germination.



Figure 5: Trempage des graines de blé dur et tendre dans différentes solutions d'IAA Dans le cadre du traitement d'hormoprining. Cette étape a duré 8 ou 24 heures selon le protocole adopté

III.2.2. Traitement germinatif

Les graines amorcées et redéshydrater de chaque variété sont mises à germer dans des boîtes de Pétri de 9 cm de diamètre sur une couche de papier filtre. Elles sont soumises à différentes pressions osmotiques (0mg/L, 5 mg/L, 10mg/L, 20 mg/L). L'essai a été réalisé selon un dispositif expérimental complètement randomisé et chaque combinaison de prétraitement /traitement, comprenait trois répétitions. La germination des graines est caractérisée par l'apparition d'une radicule d'une longueur de 2 mm.



Figure 6: Apparition de la germination chez les différentes variétés de blé après l'hormoprining avec l'IAA

III.2.3. Mise à Germination

Les tests de germination ont été effectués pour examiner l'impact du (hormoprimer) par l'auxine à diverses concentrations.

Initialement, les graines ont subi un trempage dans de l'eau additionnée de quelques gouttes d'eau de Javel pendant une durée de 15 minutes afin de procéder à leur désinfection. Cette étape a été suivie d'un rinçage méticuleux à l'eau courante, puis d'un dernier rinçage à l'eau distillée.

Par la suite, chaque type de blé a été séparé en trois catégories :

-Premier groupe : les graines ont été sujettes à un (hormoprimer) par immersion dans quatre dosages d'auxine (0mg/L, 5mg/L, 10 mg/L, 20 mg/L) pendant une durée de 8 heures.

-Deuxième groupe : les graines ont été manipulées de façon identique, mais sur une durée de 24 heures.

-Troisième groupe (témoin) : les graines n'ont pas été soumises à un trempage hormonal.

Suite au processus de traitement, les graines ont été exposées à l'air libre pour se dessécher et retrouver leur poids d'origine.

Par la suite, la germination a été effectuée dans des boîtes de Petri revêtues de papier filtrant, contenant 20 graines par boîte et trois répétitions pour chaque traitement. Dans des conditions adéquates, le processus de germination a pris 8 jours. La germination est identifiée lorsque la radicule émerge des téguments de la graine, atteignant une longueur minimale de 2 mm.

III.3. Les paramètres étudiés

Les paramètres étudiés lors de ce travail sont :

III.3.1. Taux de germination final

Il est exprimé comme le rapport nombre de graines germées sur nombre total de graines (Oukara et al., 2017).

Le taux de germination (TGF) est calculé selon la relation

$$TGF = \frac{N_i}{N_t} \times 100$$

N_i : nombre des graines germées.

N_t : nombre totale de graines utilisées.

III.3.2. Cinétique de germination

Les taux de germination ont été présentés en termes de nombre de graines qui ont germé 24, 48, 72, 96 et 120 heures suite au démarrage de l'expérience. Cette approche nous aide à saisir plus efficacement le comportement de germination des variétés examinées ainsi que l'importance écologique de chaque événement, depuis le début de la phase d'imbibition des graines jusqu'à l'allongement de l'axe embryonnaire et l'apparition des radicules (Hajlaoui et al., 2007).

III.3.3. Vitesse de germination

C'est le temps moyen nécessaire à la germination de 50 % des graines. Elle permet d'exprimer l'énergie de germination responsable de l'épuisement des réserves de la graine (Benidire et al., 2015).

III.3.4. Longueur des racines et des épicotyles

La mesure de la longueur de la racine principale et de l'épicotyle a été effectuée à l'aide d'une règle graduée à la conclusion de l'expérience (Camara et al., 2018).

III.3.5. Moyenne journalière de germination

MDG= Mean Daily Germination

MDG = le Pourcentage de germination final/nombre de jours à la germination finale (hajlaoui et al.,2007)

III.4. Analyse statistique

Les expériences ont été effectuées à trois reprises. Les résultats, illustrés en courbes ou en histogrammes, mettent en évidence les valeurs moyennes des répétitions. Nous avons effectué une analyse de la variance à deux facteurs (ANOVA) pour détecter les différences significatives possibles entre les divers traitements, en utilisant Mini Tab (2000) et un seuil de probabilité de 5 %.

Chapitre IV :

Résultats et discussion

IV.1. Présentation des résultats

IV.1.1. Taux de germination final

Le taux de germination final observé pour l'ensemble des traitements était de 100%, ce qui indique que toutes les graines employées lors de l'expérience ont démontré une capacité totale de germination dans les conditions expérimentales mises en place.

IV.1.2. Moyenne journalière de germination

Tous les traitements ont montré un taux de germination finale de 100% et la moyenne journalière de germination (MDG) était stable, atteignant 14,28%. Cela témoigne de la constance et de l'uniformité du processus de germination. Cependant, cet indice ne dévoile pas les subtilités entre les coefficients, ce qui exige de recourir à des indices plus raffinés comme le T50, la longueur de la racine et l'épicotyle.

IV.1.3. Cinétique de germination

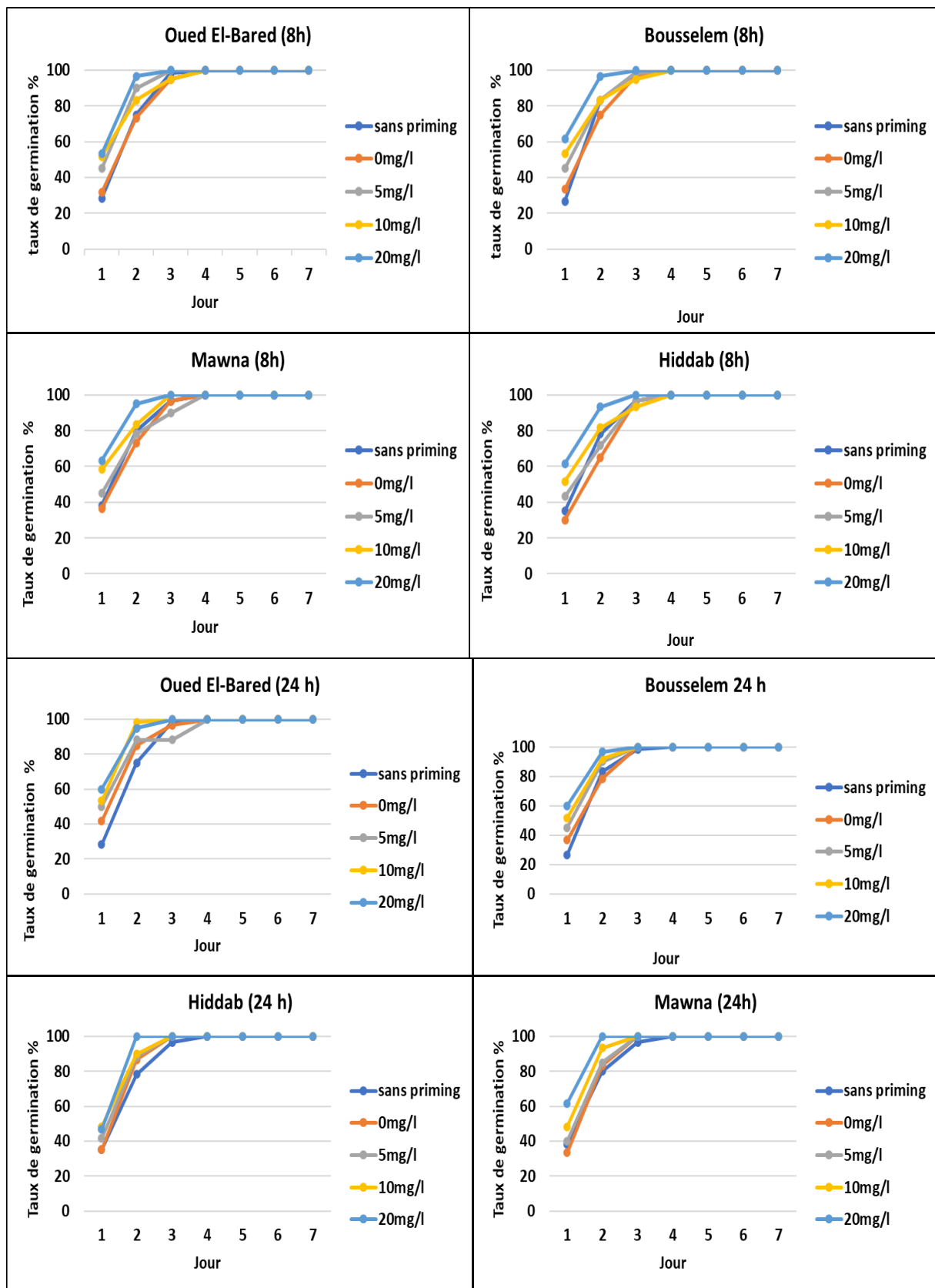


Figure 7: Cinétique de germination des deux variétés de blé dur et deux variétés de blé tendre

La figure 07 illustre l'évolution de la germination des quatre variétés de blé (deux variétés de blé dur : Oued El Bared et Bousselme, et deux de blé tendre : Mawna et Hiddab) en fonction du temps et selon les différentes concentrations d'auxine appliquées via la technique de hormoprimum.

Globalement, les courbes de germination des graines traitées sont situées au-dessus de celles des témoins, traduisant une accélération de la cinétique de germination sous l'effet du traitement hormonal, en particulier aux concentrations de 10 et 20 mg/l. Toutefois, l'intensité de cette réponse varie selon la variété, la concentration et la durée du trempage.

L'analyse des courbes permet de distinguer **trois phases successives** :

1) **Phase de latence** : Cette phase correspond au délai avant l'apparition des premières germinations. Elle est particulièrement courte (moins d'un jour) pour les graines traitées à 10 et 20 mg/l, surtout chez Mawna et Oued El Bared, ce qui reflète une activation rapide du métabolisme germinatif. En revanche, elle est plus prolongée chez les témoins et les traitements à faible concentration (0 et 5 mg/l), notamment chez Hiddab, qui montre un démarrage plus lent, quelles que soient les modalités.

2) **Phase d'augmentation rapide (linéaire)** : Cette phase traduit une progression accélérée du taux de germination. Elle est bien marquée dans la plupart des traitements hormonaux, en particulier à 10 mg/l (chez Oued El Bared, Bousselme et Mawna) où le taux de germination augmente de manière régulière et soutenue dès le premier jour. À 20 mg/l, bien que l'initiation soit rapide, la phase linéaire est parfois raccourcie, notamment chez Hiddab, suggérant un possible début d'effet inhibiteur à forte dose.

3) **Phase de plateau (stabilisation)** : Cette phase représente la capacité germinative maximale atteinte par chaque variété sous chaque traitement. On note que toutes les modalités ont fini par atteindre un taux de germination final élevé (souvent proche de 100% au 4^e jour), ce qui reflète la bonne qualité des semences. Toutefois, de légères différences sont observées selon les concentrations : les doses de 10 mg/l donnent généralement les meilleures performances en termes de vitesse et de taux final.

En résumé, les résultats montrent que le traitement à l'auxine via le hormoprimum améliore nettement la cinétique de germination des quatre variétés, surtout à 10 mg/l, avec une efficacité variable selon le génotype. Le blé tendre Mawna et le blé dur Oued El Bared se distinguent par leur réactivité rapide, tandis que Hiddab présente une réponse plus modérée, notamment à forte concentration ou après un trempage prolongé

IV.1.4. Vitesse de germination (VG)

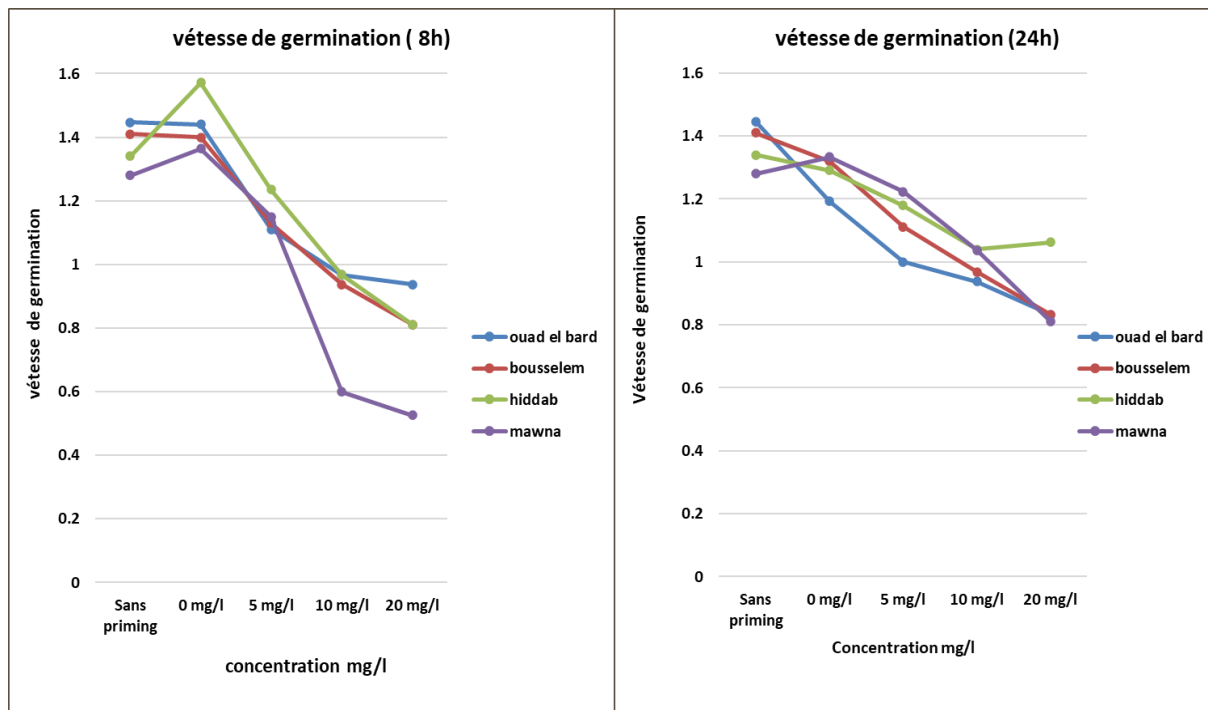


Figure 8: Effets des différentes concentrations de l'auxine sur la vitesse de germination des variétés de blé dur et blé tendre.

Les données de la figure (08) illustrent l'effet des différentes concentrations et durées de traitement à l'auxine sur la vitesse de germination (VG) du blé. Elles montrent que pour toutes les variétés étudiées, certains traitements hormonaux ont significativement amélioré la vitesse de germination par rapport au témoin. En général, les traitements contenant de l'auxine à faibles ou moyennes concentrations ont permis une accélération de la germination.

L'analyse de variance à deux facteurs pour la vitesse de germination a révélé des effets hautement significatifs des traitements hormonaux ainsi que des variétés de blé ($p < 0,001$), avec une variabilité marquée selon le génotype (annexe 04). Ces résultats confirment que la réponse au traitement dépend à la fois du type de traitement appliqué et du potentiel génétique de chaque variété.

Selon l'intervalle de confiance à 95 %, les traitements de l'hormoprimer sont classés en quatre groupes distincts :

- Groupe 1 : comprend le traitement 8h20, qui enregistre la valeur la plus faible du T50 (0,758), traduisant ainsi la vitesse de germination la plus élevée.

Chapitre IV : Résultats et discussion

- Groupe 2 : inclut les traitements 8h10, 24h20 et 24h10, avec des vitesses de germination relativement bonnes (0,860 – 0,982).
- Groupe 3 : comprend les traitements 24h5, 8h5, et 24h0, qui présentent des vitesses de germination moyennes (1,119 – 1,272).
- Groupe 4 : regroupe les témoins S et 8h0, qui montrent les valeurs les plus élevées de T50 (1,394 – 1,416), ce qui indique une germination plus lente.

Concernant le classement des variétés de blé, l'intervalle de confiance permet également de les répartir en quatre groupes de performance :

- Groupe G1 : contient la variété Mawna, qui présente la valeur la plus faible de VG (1,026), traduisant la germination la plus rapide.
- Groupe G2 : comprend la variété Oued El Bared, avec une vitesse modérée (1,087).
- Groupe G3 : contient la variété Boussemme, avec une vitesse légèrement inférieure (1,094).
- Groupe G4 : se compose de la variété Hiddabe, qui enregistre la valeur la plus élevée de VG (1,158), traduisant une germination plus lente.

Ainsi, les variétés sont classées du plus rapide au plus lent selon l'ordre :

Mawna > Oued El Bared > Boussemme > Hiddabe

IV.1.5. Longueur de radicule (LR)

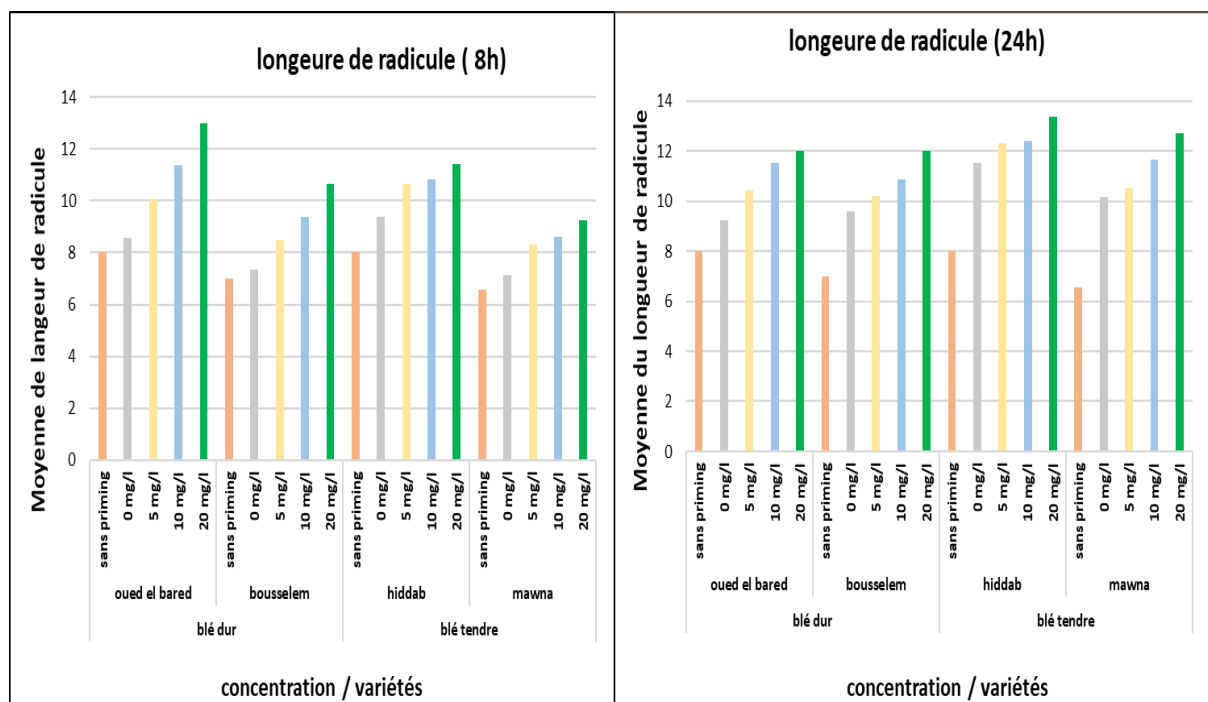


Figure 9: Variation de la longueur des radicules des deux variétés de blé dur et deux variétés de blé tendre en fonction de hormoprimum avec l'auxine

Chapitre IV : Résultats et discussion

Analyse de l'effet du hormoprimum à l'auxine sur la longueur des racines des quatre variétés de blé

La figure (09) illustre l'effet du traitement hormonal à base d'auxine (hormoprimum) sur le développement de la longueur des racines des quatre variétés de blé (Bousselme Hiddab, Mawna, Oued El Bared), après dix jours d'observation. Les graines ont été exposées à différentes concentrations (0, 5, 10, 20 mg/l) et durées d'imbibition (8h et 24h), en plus d'un témoin sans traitement (S).

Cette figure révèle une variabilité inter-variétale significative dans les réponses à l'auxine. Les longueurs moyennes des racines varient notablement entre les génotypes, ce qui indique une interaction différenciée entre le patrimoine génétique de chaque variété et l'effet inducteur de l'auxine. De même, des variations intra-variétales sont observées en fonction de la concentration et de la durée du traitement, soulignant l'importance des conditions d'application.

Chez la majorité des variétés, le traitement à 20 mg/l pendant 24 heures a permis d'obtenir les plus longues racines, atteignant en moyenne 12,63 cm, ce qui dépasse largement les valeurs enregistrées pour le témoin simple (6,21 cm) et les autres combinaisons.

L'analyse de variance à deux facteurs (VAR et PRIM) montre un effet hautement significatif sur la longueur des racines, aussi bien pour le facteur variété ($p < 0,001$) que pour le traitement ($p < 0,001$) (Annexe 01). Cela confirme que la réponse au traitement dépend à la fois du génotype et du protocole appliqué.

Les intervalles de confiance permettent de distinguer quatre groupes principaux selon l'efficacité du traitement :

1. Premier groupe : le témoin (S), avec la moyenne la plus faible (6,21 cm).
2. Deuxième groupe : les traitements à 8h0 (8,10 cm) et 8h5 (9,34 cm).
3. Troisième groupe : les traitements 24h0 (9,88 cm), et 8h10 (10,02 cm), et 24h5 (10,86 cm).
4. Quatrième groupe : les traitements 24h10 (11,61 cm) et surtout 24h20, qui présente la meilleure performance (12,63 cm).

Les variétés se répartissent en trois groupes distincts selon leur moyenne :

- Premier groupe : Bousselme, avec la plus faible moyenne (9,36 cm).
- Deuxième groupe : Mawna (9,43 cm), légèrement meilleure.
- Troisième groupe : Oued El Bared (10,50 cm) et Hiddab, qui enregistre la meilleure moyenne (10,58 cm).

DONC :

Chapitre IV : Résultats et discussion

Le traitement de hormopriming avec l'auxine, en particulier à 20 mg/l pendant 24h, induit une amélioration significative de la croissance racinaire chez les quatre variétés de blé. L'effet des doses dépend et influencé par la durée du traitement. Les variétés Hiddab et Oued El Bared apparaissent les plus réactives à ce traitement, tandis que Bousselme montre une réponse plus modeste. Ces résultats suggèrent que l'optimisation du protocole d'hormopriming pourrait contribuer à améliorer la vigueur des semis et le développement initial des racines, surtout en conditions de stress

IV.5.3. Longueur de l'épicotyle (LE)

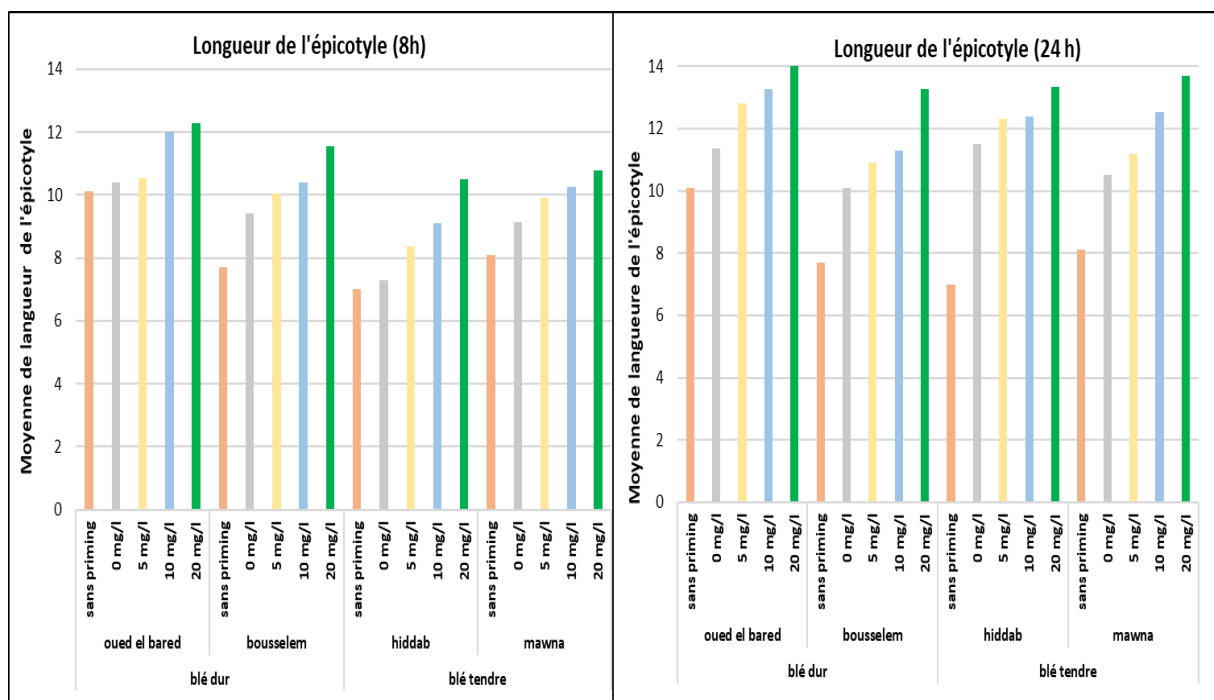


Figure 10: la longueur des épicotyles des deux variétés de blé dur et deux variétés de blé tendre en fonction de la hormopriming avec l'auxine

La figure (10) illustre les effets du traitement de hormopriming avec l'auxine sur la longueur de l'épicotyle chez les quatre variétés de blé étudiées, après exposition à différentes concentrations et durées de traitement. Les courbes révèlent une différence inter-variétale nette, mettant en évidence la variabilité des réponses des génotypes face au traitement hormonal. Cette variabilité reflète une interaction significative entre le facteur variétal et l'effet de l'auxine, ce qui est confirmé par les résultats de l'analyse de variance, qui montrent

Chapitre IV : Résultats et discussion

des différences hautement significatives pour les deux facteurs étudiés : variété ($p < 0,001$) et traitement ($p < 0,001$). (Annexe 02).

L'analyse des intervalles de confiance permet un classement des différents traitements en quatre groupes distincts :

- Premier groupe : le témoin non traité (S), avec la valeur la plus faible (8,10 cm).
- Deuxième groupe : les traitements à 0 mg/l pendant 8h (8h0 : 9,09 cm) et 8h5 (9,93 cm), qui montrent une légère amélioration par rapport au témoin.
- Troisième groupe : les traitements intermédiaires (24h0 : 10,61 cm, 8h10 : 10,48 cm, 8h20 : 11,31 cm, 24h5 : 11,65 cm), indiquant une amélioration significative de la longueur de l'épicotyle.
- Quatrième groupe : les traitements les plus efficaces (24h10 : 12,33 cm et 24h20 : 13,54 cm), qui ont induit la croissance maximale de l'épicotyle.

Ce classement souligne l'effet cumulatif positif de la concentration en auxine et de la durée d'exposition, notamment avec les traitements de 24h à 10 et 20 mg/l.

Concernant l'effet variétal, l'intervalle de confiance permet de classer les géotypes en trois groupes :

- Premier groupe : la variété Hiddab, avec la longueur la plus faible (9,31 cm).
- Deuxième groupe : les variétés Bousselme (10,86 cm) et Mawna (10,92 cm), qui présentent une réponse intermédiaire.
- Troisième groupe : la variété Oued El Bared, qui enregistre la meilleure croissance de l'épicotyle (12,04 cm).

Ces résultats montrent que la réponse au traitement hormonal est dépendante à la fois du géotype et des conditions du priming, avec une efficacité maximale observée chez la variété Oued El Bared traitée pendant 24 heures avec 20 mg/l d'auxine.

IV.2. Analyse de régression

IV.2.1. La corrélation entre LR et LE

Selon les résultats de notre travail (annexe 03), nous avons remarqué qu'il existe une corrélation significative et positive entre la longueur de la racicule (L.R) et celle de l'épicotyle (L.E). Cette relation a été confirmée par l'analyse de régression (figure 09), ce qui suggère que l'allongement de l'un de ces organes est généralement accompagné par celui de l'autre durant la germination

La corrélation positive entre la longueur de la racicule et celle de l'épicotyle s'explique par une action hormonale commune, notamment celle de l'auxine, qui favorise l'allongement

cellulaire dans ces deux organes. Plusieurs études, comme Zhao et al. (2020), ont montré que le priming à l'auxine stimule simultanément la croissance de la racicule et de l'épicotyle, ce qui traduit une coordination physiologique durant la germination

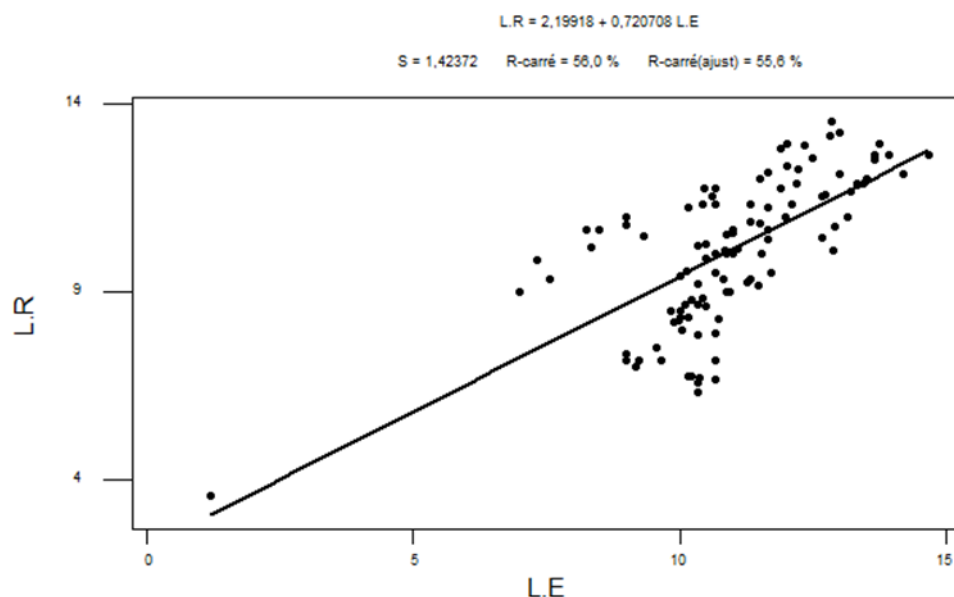


Figure 11: Représentation de la corrélation entre la longueur de la racicule (L.R) et celle de l'épicotyle (L.E) sous l'effet du hormoprimer avec l'auxine

IV.2.2 la corrélation entre V.G et L.R et L.E (Annexe 05)

1. **Corrélation entre V.G et L.R (-0,499) :**

Il existe une corrélation négative modérée et statistiquement significative entre la vitesse de germination (V.G) et la longueur du radicule (L.R). Cela signifie que plus la longueur de la racicule est grande, plus la durée nécessaire pour la germination est courte, donc la germination est plus rapide.

2. **Corrélation entre V.G et L.E (-0,470) :**

Une corrélation négative modérée et significative est également observée entre la vitesse de germination et la longueur de l'épicotyle (L.E). Ainsi, une augmentation de la longueur de l'épicotyle est associée à une vitesse de germination plus élevée (durée plus courte).

3. **Corrélation entre L.R et L.E (0,748) :**

La longueur de la racicule et celle de l'épicotyle présentent une forte corrélation positive et significative. Cela indique que les plants ayant une racicule plus longue tendent également à avoir une épicotyle plus longue, suggérant un développement simultané harmonieux de ces deux organes.

Ces résultats soulignent que les plantules ayant une croissance plus vigoureuse (radicule et épicotyle plus longs) présentent également une vitesse de germination accrue. Selon Günay et al. (2022), cette relation pourrait être due au fait que les traitements de priming améliorent l'activité métabolique des semences, ce qui active plus rapidement les processus enzymatiques liés à l'élongation cellulaire dans les tissus embryonnaires. Ainsi, une germination rapide serait directement liée à la réactivité physiologique accrue des semences primées

IV.3. Discussion

D'après notre recherche, il apparaît que le prétraitement des graines de blé dur (Oued El Bared, Bousselme) et de blé tendre (Hiddabe, Mawna) par l'hormoprimering à l'aide d'auxine (acide indole-3-acétique, IAA) à diverses concentrations a exercé un impact positif significatif sur plusieurs aspects physiologiques et morphologiques en relation avec la germination et le développement initial des plantules. On a particulièrement observé ces effets au niveau du :

Moyenne journalière de germination (MDG)

Cinétique de germination

Vitesse de germination (VG)

Longueur de radicule (LR)

Longueur de l'épicotyle (LE)

L'augmentation du taux de germination final et de la vitesse de germination (diminution du T50) témoigne directement d'une meilleure vigueur des semences. L'explication de ce phénomène réside dans l'effet de l'IAA sur la régulation des phytohormones internes (hausse de GA, diminution d'ABA) et la stimulation du métabolisme du saccharose, comme le prouvent Zhao et al. (2020) chez le coton. Ils ont démontré que l'IAA favorisait à la fois la germination et la croissance en agissant sur les aspects hormonaux et énergétiques (Zhao et al., 2020).

De plus, le traitement à l'IAA a amélioré la moyenne journalière de germination et la vitesse de germination, illustrant une levée plus uniforme et plus rapide. Ce comportement est cohérent avec les conclusions de Suruthi et al. (2019), qui ont observé que l'hormoprimering, notamment avec des hormones de croissance, favorise la rapidité et l'uniformité de la germination chez *Echinochloa frumentacea*. Cela s'explique par l'activation anticipée des enzymes déclencheuses de la germination (Suruthi et al., 2019).

L'élévation de la VG suite au traitement aux auxines pourrait être due à l'excitation des processus enzymatiques et physiologiques qui sont liés à la germination. D'après Zhao et al.

Chapitre IV : Résultats et discussion

(2020), l'application de l'IAA en priming favorise la germination des graines de coton en régulant l'équilibre des phytohormones internes et en stimulant le métabolisme des sucres. L'accélération du processus germinatif observée chez toutes les variétés de blé pourrait être attribuée à l'activation de gènes associés à la germination et à la diminution des effets inhibiteurs de l'ABA.

En ce qui concerne la vitesse de germination (VG), que nous avons déterminée comme le T50, correspondant au temps nécessaire pour parvenir à 50 % de germination, nous avons noté une diminution de ce facteur en présence d'IAA. Cette diminution est un indicateur clair d'une germination plus rapide. Günay et al. (2022) ont tiré des conclusions similaires, montrant que l'utilisation d'un traitement hormonal à base de GA3 réduisait considérablement le T50 chez le blé en activant des processus physiologiques associés à l'imbibition et à la multiplication cellulaire.

Concernant la cinétique de germination, nos observations montrent une levée plus précoce et homogène des graines traitées à l'IAA, traduisant une activité physiologique déclenchée plus rapidement, ce qui rejoint les travaux de Revathy et al. (2021), qui indiquent que le priming hormonal améliore la coordination des phases de germination grâce à une meilleure régulation métabolique et hormonale. En outre, le traitement à l'IAA a entraîné une élévation significative de la longueur de la racicule (LR) et de l'épicotyle (LE). La croissance accrue des jeunes plantules peut être due à la capacité de l'auxine à stimuler l'expansion cellulaire et à contrôler les enzymes liées au métabolisme énergétique.

D'après Zhao et al. (2020), leurs observations démontrent que l'IAA stimule la croissance des racines et des tiges en contrôlant les taux d'ABA et GA, tout en améliorant le métabolisme du saccharose dans les tissus qui se développent et favorisant la photosynthèse et l'accumulation de sucres solubles essentiels à la croissance. Des résultats similaires ont été rapportés par Soliman et al. (2016) chez la fève traitée par acide salicylique.

Par ailleurs, diverses recherches attestent que le hormoprimer, peu importe la molécule hormonale employée, génère une « mémoire physiologique » au sein des graines, augmentant leur capacité de réponse aux stress ou aux signaux de germination. On observe ce phénomène chez le quinoa primé avec Ca^{2+} et K^+ . Mamedi et al. (2022) ont noté une activation prolongée des défenses antioxydantes et des mécanismes d'ajustement osmotique .

Kinoshita et Seki (2014) décrivent également ce phénomène, évoquant la notion de « mémoire épigénétique » induite par le priming, qui favorise une réaction plus prompte et efficace aux stimuli à venir.

Chapitre IV : Résultats et discussion

Il est essentiel de noter les différences significatives observées entre les diverses variétés examinées. Les types de blé tendre (Hiddabe, Mawna) ont affiché une réaction plus prompte en ce qui concerne la vitesse de germination (VG) et le développement initial de la radicule, alors que les types de blé dur (Oued El Bared, Bousselme) ont démontré une extension plus significative de l'épicotyle. Cette variation peut être due aux divergences génétiques en ce qui concerne la réactivité aux hormones et à l'hydratation des cellules, comme il a été documenté pour d'autres espèces (Abdulmajeed, 2023 ; Alam et al., 2021).

D'autre part, des différences nettes de réponse ont été observées entre les types de blé. Les variétés de blé tendre (Hiddabe, Mawna) ont montré une réaction plus marquée au traitement d'hormoprimer avec l'auxine, notamment en termes de vitesse de germination ainsi que du développement de la radicule et de la partie aérienne. Cette supériorité pourrait s'expliquer par une sensibilité hormonale plus élevée au niveau des tissus embryonnaires du blé tendre. Iqbal et Ashraf (2007) ont montré que l'utilisation de l'auxine comme traitement pré-germination entraînait une amélioration significative de la croissance racinaire et aérienne chez certaines variétés de blé, avec des différences variétales notables. Par ailleurs, le blé tendre réagit mieux aux régulateurs de croissance tels que l'IAA et le GA₃, affichant une germination plus rapide et un développement initial plus vigoureux. Ces résultats confirment que le patrimoine génétique joue un rôle crucial dans la réceptivité du blé aux traitements hormonaux, ce qui justifie les performances différenciées observées entre les blés tendres et durs.

Ainsi, ces résultats indiquent que l'IAA a un effet à plusieurs niveaux physiologiques : stimulation hormonale (Zhao et al., 2020), régulation osmotique (Mamedi et al., 2022), diminution de l'ABA (Günay et al., 2022), activation enzymatique (Suruthi et al., 2019) et déclenchement de la mémoire physiologique (Kinoshita & Seki, 2014). Cette série d'actions de priming hormonale à l'IAA représente une méthode prometteuse pour renforcer la vigueur des graines de blé.

Conclusion

Conclusion

Conclusion :

Cette étude avait pour objectif d'évaluer l'effet du hormoprimer à base d'auxine (IAA) à quatre niveaux de concentration distincts (0, 5, 10 et 20 mg/L) sur la germination et le développement précoce de quatre types de blé, qui incluent deux sortes de blé dur (Oued El Bared et Bousselme) ainsi que deux sortes de blé tendre (Mawna et Hiddab). L'expérience a été menée dans un cadre domestique contrôlé, en utilisant des ressources mises à disposition par la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie de l'Université Mohamed Khider de Biskra (El-Hadjeb), dans le but d'assurer une supervision stricte des éléments environnementaux.

L'étude s'est démarquée en subdivisant l'expérience en trois modalités de traitement basées sur la durée du trempage : 8 heures, 24 heures, et sans trempage (direct). Cette stratégie a permis d'explorer l'impact conjugué de la concentration hormonale et de la durée d'imprégnation sur les diverses réponses physiologiques des graines. Ce paramètre s'est révélé essentiel pour déchiffrer l'activation des processus enzymatiques associés à la germination.

Les résultats ont indiqué une amélioration notable de tous les paramètres évalués, y compris le temps de germination pour atteindre 50%, le taux final de germination, la longueur de la radicule et celle de l'épicotyle. Généralement, cette amélioration était proportionnelle à l'augmentation de la concentration en auxine, la concentration de 20 mg/L étant la plus bénéfique pour la majorité des génotypes. Cependant, certaines variétés ont montré une meilleure réaction à des concentrations plus faibles ou à des temps spécifiques de trempage, ce qui met en évidence les différences génétiques et les adaptations physiologiques parmi les variétés de blé dur et tendre.

Le temps de priming a aussi été essentiel en favorisant l'assimilation de l'hormone et en activant les enzymes liées au processus de germination, ce qui a contribué à augmenter le taux de germination et à optimiser la croissance initiale des jeunes plants. Par contre, les méthodes qui ne nécessitent pas de trempage ont parfois démontré une efficacité inférieure, soulignant ainsi l'importance de cette phase dans la méthode du hormoprimer.

Cette recherche démontre que le hormoprimer à l'auxine est une méthode prometteuse pour renforcer la vigueur germinative et la croissance précoce des plants de blé. Ce point est crucial pour garantir une installation solide des cultures, apte à mieux faire face aux conditions environnementales fluctuantes. En outre, cette méthode peut être considérée comme une option naturelle et performante face aux traitements chimiques traditionnels,

Conclusion

offrant ainsi de nouvelles opportunités pour une agriculture durable et une diminution de l'emploi des pesticides et engrais chimiques.

Enfin, l'inconstance des réponses en fonction des variétés, des concentrations et du temps de trempage met l'accent sur le besoin de continuer les études pour perfectionner les protocoles propres à chaque génotype. Ces recherches viseront à optimiser les avantages agronomiques du hormoprimer et à intensifier la production céréalière en Algérie.

Références
bibliographies

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- Aaronsohn, M. A. (1909). Contribution à l'histoire des céréales. Le blé, l'orge et le seigle à l'état sauvage. *Bulletin de la Société Botanique de France*, 56(3), 196–203.
<https://doi.org/10.1080/00378941.1909.10831391>
- Abdulmajeed, A. (2023). Salinity stress amelioration and morpho-physiological growth stimulation by silicon priming and biochar supplementation in *Chenopodium quinoa*. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 51(2), 13043.
- Aidani, H. (2015). Effet des attaques de Capucin des grains (*Rhizopertha dominica*) sur les céréales stockées. Estimation sur la perte pondérale et le pouvoir germinatif Cas de blé dur dans la région de Tlemcen (Mémoire de Master). Université Abou Bekr Belkaid Tlemcen.
- Alam, A., et al. (2021). Effect of seed priming with potassium nitrate on growth, fruit yield, quality and water productivity of cantaloupe. *Scientia Horticulturae*, 288, 110354.
- Ali, M., Rehman, A., & Shahid, M. (2021). Effects of hormoprimering on wheat yield under stress conditions. *Plants*, 10, 37.
- Anonyme. (2020). Le blé. Retrieved from Technomitron:
<http://technomitron.aainb.com/constituants-pain-et-pate/le-ble/>
- Bayard, P. (1991). Étude de la germination des semences de six espèces herbacées en fonction du régime hydrique (DEA d'agrochimie). Université de Grenoble I.
- Balfourier, F., Ravel, C., Bochard, A.-M., Exbrayat-Vinson, F., Boutet, G., Sourdille, P., Dufour, P., & Charmet, G. (2006). Développement, utilisation et comparaison de différents types de marqueurs pour étudier la diversité parmi une collection de blé tendre. *Les Actes du BRG*, 6, 129–144.
- Benabdelkader, Y. M., & Nouar, A. (2018). Caractérisation moléculaire de quelques variétés algériennes de blé dur (*Triticum durum* Desf.) Par les microsatellites (Mémoire de Master). Université des Frères Mentouri Constantine.
- Benbelkacem, A., Sadli, F., & Brinis, L. (1995). Research on durum wheat quality in Algeria. *Options Méditerranéennes, Série A: Séminaires Méditerranéens*.
- Bozzini, A. (1988). Origin, distribution and production of durum wheat in the world. In G. Fabriani & C. Lintas (Eds.), *Durum: Chemistry and Technology* (pp. 1–16). AACC.
- Boucelha, L., & Djebbar, R. (2015). Influence de différents traitements de prégermination des graines de *Vigna unguiculata* (L.) Walp. Sur les performances

Références bibliographiques

germinatives et la tolérance au stress hydrique. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, 19(2), 132–144.

- Boucelha, L., & Djebbar, R. (2019). Synthèse sur le Priming des Graines. Université des Sciences et de Technologie Houari Boumediene (USTHB), Faculté des Sciences Biologiques, Laboratoire de Biologie et Physiologie des Organismes.
- Bradford, K. J. (1986). Manipulation of seed water relations via osmotic priming to improve germination under stress conditions. *Hortscience*, 21, 1105–1112.
- Camara, B., Sanogo, S., Cherif, M., & Kone, D. (2018). Effet du stress salin sur la germination des graines de trois légumineuses (*Phaseolus vulgaris*, *Glycine max* et *Vigna unguiculata*). *Journal of Applied Biosciences*, 124, 12424–12432.
- Chen, X., Li, Y., Zhang, H., & Wang, Y. (2020). Influence du priming hormonal sur la germination et le développement des plantes. *Journal of Plant Science*, 12, 233–245.
- Choueiri, E. (2003). Stratégie et politique agricole, analyse des filières : la céréaliculture (Document de travail). République Libanaise : Ministère de l'Agriculture, FAO Projet "Assistance au Recensement Agricole".
- Clark, J. M., Norvell, W. A., Clark, F. R., & Buckley, T. W. (2002). Concentration of cadmium and other elements in the grain of near-isogenic durum lines. *Canadian Journal of Plant Science*, 82, 27–33.
- Djermoun, A. (2009). La production céréalière en Algérie : les principales caractéristiques. *Revue Nature et Technologie* (01/Juin), 45–53.
- Donnez, J., Spada, F., Squifflet, J., & Nisolle, M. (2000). Bladder endometriosis must be considered as bladder adenomyosis. *Fertility and Sterility*, 74(6), 1175–1181.
- Elias, E. M. (1995). Durum wheat products. In *Durum Wheat Improvement in the Mediterranean Region: New Challenges, Options Méditerranéennes, Série A: Séminaires Méditerranéens*, 40, 23–31.
- Encyclopédie berbère. (1991). Blé. Peeters Publishers.
- FAO. (2019, June 18). Cultures et Pénuries alimentaires. Retrieved from <http://www.fao.org/3/y7044f/pays/alg.htm>
- Ghassemi-Golezani, K., Sheikhzadeh-Mosaddegh, P., & Valizadeh, M. (2008). Effects of hydropriming duration and limited irrigation on field performance of chickpea. *Research Journal of Seed Science*, 1, 34–40.
- Günay, E., Teker Yıldız, M., & Acar, O. (2022). Effects of different priming treatments on germination and seedling growth of wheat under drought stress. *Çanakkale*

Références bibliographiques

Onsekiz Mart University Journal of Agriculture Faculty (COMU JAF), 10(2), 303–311.
<https://doi.org/10.33202/comuagri.1149497>

- Hajlaoui, H., Denden, M., & Bouslama, M. (2007). Étude de la variabilité intraspécifique de tolérance au stress salin du pois chiche (*Cicer arietinum* L.) au stade germination. *Tropicultura*, 25(3), 168–173.
- Heller, R., Esnault, R., & Lance, C. (2000). *Physiologie végétale*. Paris : Dunod, pp. 69–112.
- Iqbal, M., & Ashraf, M. (2007). Seed treatment with auxin: a potential strategy for enhanced germination and seedling growth in wheat. *Pakistan Journal of Botany*, 39(6), 2061–2067.
- INRAE. (2019, June 13). IGEPP. Retrieved from <https://www.inrae.fr>
- Khan, A., Iqbal, M., & Ahmad, R. (2019). Effect of seed priming with phytohormones on drought tolerance in wheat. *Plant Growth Regulation*, 15, 125–140.
- Kinoshita, T., & Seki, M. (2014). Epigenetic memory for stress response and adaptation in plants. *Plant Cell Physiology*, 55(11), 1859–1863.
- Lafon, J., Thadau-Prayer, C., & Lévy, G. (1998). *Biologie des plantes cultivées : Physiologie du développement, génétique et amélioration* (2e éd.). Tec & Doc – Lavoisier, pp. 66–73.
- Leblanc, C., & Boudreau, A. (1992). *Le grain de blé*. Canada, p. 35.
- Lersten, N. R. (1987). Morphology and anatomy of the wheat plant. In E. G. Heyne (Ed.), *Wheat and Wheat Improvement* (pp. 33–75). ASA, CSSA, and SSSA.
- Mamedi, A., Sharifzadeh, F., Maali-Amiri, R., Divargar, F., & Rasoulnia, A. (2022). Seed osmopriming with Ca²⁺ and K⁺ improves salt tolerance in quinoa seeds and seedlings by amplifying antioxidant defense and ameliorating the osmotic adjustment process. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 28, 251–274. <https://doi.org/10.1007/s12298-022-01125-3>
- Mazliak, P. (1998). *Physiologie végétale II : Croissance et développement*. Paris : ISBN, pp. 15–46.
- McDonald, M. B. (2000). Seed priming. In M. Black & J. D. Bewley (Eds.), *Seed Technology and Its Biological Basis* (pp. 287–325). Sheffield Academic Press.
- Monneveux, P., & Nemmar, M. (1986). Contribution à l'étude de la résistance à la sécheresse chez le blé tendre (*Triticum aestivum* L.) et chez le blé dur (*Triticum durum*

Références bibliographiques

Desf.) : étude de l'accumulation de la proline au cours du cycle de développement. *Agronomie*, 6(6), 583–590. <https://hal.science/hal-00884913>

- Musa, A. (2022). Hormone specific in seed bioprimer. In *Plant Hormones - Recent Advances, New Perspectives and Applications*.
- Oukara, F. Z., Salem, K., Chaouch, F. Z., Chaouia, C., & Benrebiha, F. Z. (2017). Effet des prétraitements sur la germination des graines du pistachier de l'Atlas *Pistacia Atlantica* Desf. *Algerian Journal of Arid Environment*, 7(2), 49–57.
- Revathy, M., Arumugam, T., & Mohan, V. R. (2021). Impact of hormonal priming on seed germination and physiological parameters of maize under salinity stress. *Indian Journal of Plant Physiology*, 26, 812–819. <https://doi.org/10.1007/s40502-021-00639-1>
- Sampath Kumar, I., Ramgopal Rao, S., & Vardhini, B. V. (2015). Role of phytohormones during salt stress tolerance in plants. *Current Trends in Biotechnology and Pharmacy*, 9(4), 334–343.
- Smith, D., Jones, M., & Patel, R. (2020). Impact of hormonal priming on plant defense mechanisms. *Plant Biology Journal*, 18, 819–829.
- Soliman, M. H., El-Sayed, M. S., & El-Bialy, D. M. A. (2016). Hormonal priming with salicylic acid improves germination, seedling growth and associated biochemical changes in broad bean (*Vicia faba* L.). *Annals of Agricultural Sciences*, 61(1), 67–76. <https://doi.org/10.1016/j.aos.2016.01.001>
- Suruthi, S., Ramanathan, S., & Gnanam, R. (2019). Comparative evaluation of seed priming techniques on seed germination and seedling growth of barnyard millet (*Echinochloa frumentacea*). *International Journal of Chemical Studies*, 7(3), 221–225.
- Tarquis, A. M., & Bradford, K. J. (1992). Prehydration and priming treatments that advance germination also increase the rate of deterioration of lettuce seeds. *Journal of Experimental Botany*, 43, 307–317.
- Taylor, A. G., Allen, P. S., Bennett, M. A., Bradford, K. J., Burris, J. S., & Misra, M. K. (1998). Seed enhancements. *Seed Science Research*, 8, 245–256.
- Yari, L., Aghaalikani, M., & Khazaei, F. (2010). Effect of seed priming duration and temperature on seed germination behavior of bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Agricultural and Biological Science*, 5(1), 1–6.
- Zhao, T., Deng, X., Xiao, Q., Han, Y., Zhu, S., & Chen, J. (2020). IAA priming improves the germination and seedling growth in cotton (*Gossypium hirsutum* L.) via

Références bibliographiques

regulating the endogenous phytohormones and enhancing the sucrose metabolism. *Industrial Crops and Products*, 155, 112788. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112788>

Annexes

Annexes

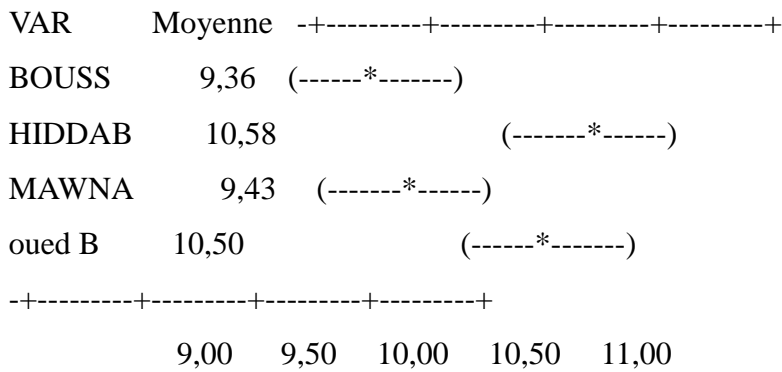
ANNEXE 01

ANOVA à deux facteurs contrôlés : L.R en fonction de VAR; PRIM

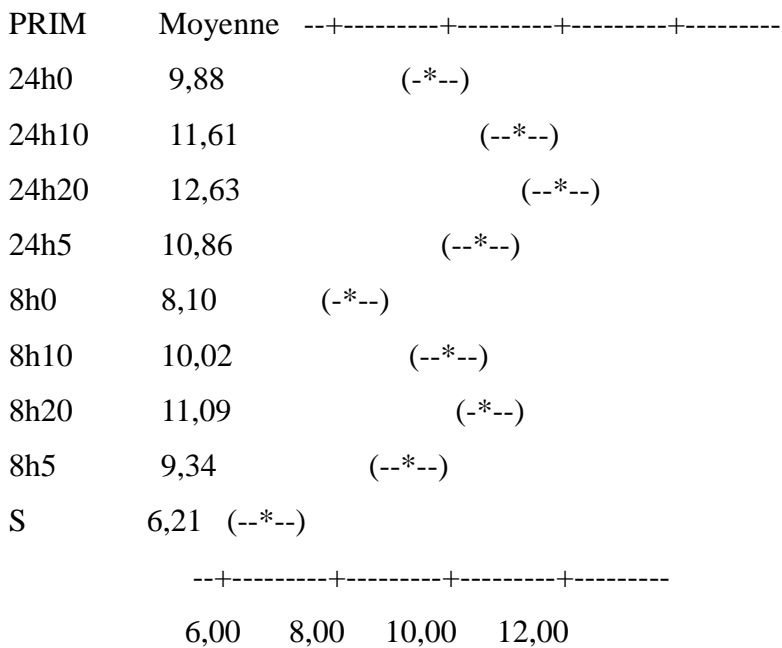
Analyse de variance pour L.R

Source	DL	SC	CM	F	P
VAR	3	35,381	11,794	12,02	0,000
PRIM	8	358,438	44,805	45,65	0,000
Erreur	96	94,214	0,981		
Total	107	488,032			

IC individuel à 95%



IC individuel à 95%



Annexes

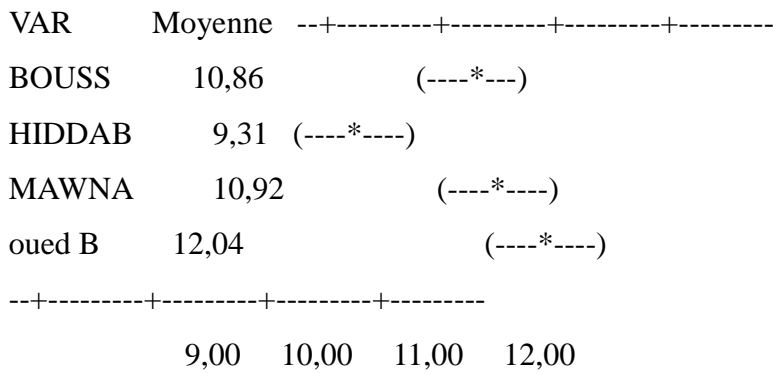
ANNEXE 02

ANOVA à deux facteurs contrôlés : L.E en fonction de VAR; PRIM

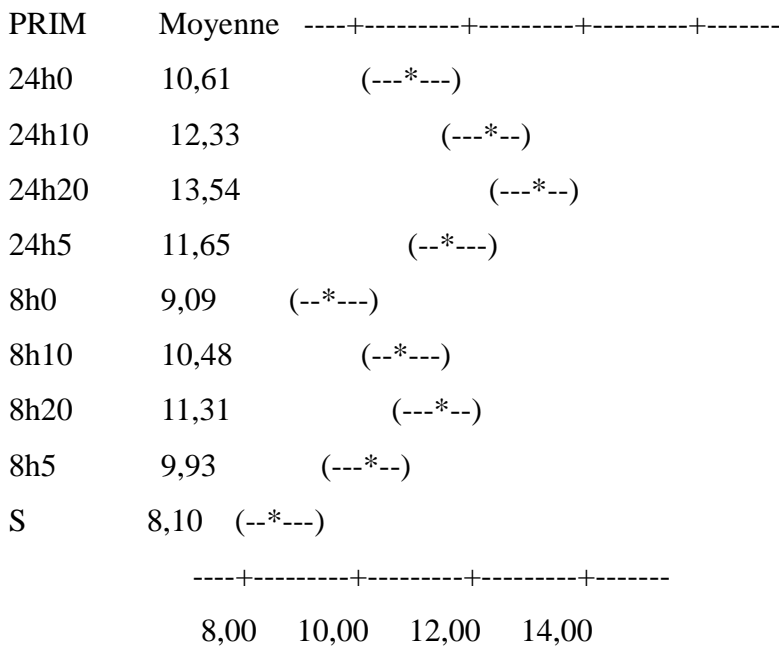
Analyse de variance pour L.E

Source	DL	SC	CM	F	P
VAR	3	101,85	33,95	20,33	0,000
PRIM	8	263,75	32,97	19,74	0,000
Erreur	96	160,32	1,67		
Total	107	525,92			

IC individuel à 95%



IC individuel à 95%



Annexes

ANNEXE 03

Corrélations : L.R; L.E

Corrélation de Pearson de L.R et L.E = 0,748

Valeur de p = 0,000

La macro est en cours d'exécution ... Veuillez patienter

Analyse de régression : L.R par rapport à L.E

L'équation de régression est

$L.R = 2,19918 + 0,720708 L.E$

S = 1,42372 R-carré = 56,0 % R-carré(ajust) = 55,6 %

Analyse de la variance

Source	DL	SC	CM	F	P
Régression	1	273,172	273,172	134,768	0,000
Erreur	106	214,860	2,027		
Total	107	488,032			

ANNEXE 04

ANOVA à deux facteurs contrôlés : V.G en fonction de VAR; PRIM

Analyse de variance pour V.G

Source	DL	SC	CM	F	P
VAR	3	0,23408	0,07803	10,07	0,000
PRIM	8	5,50461	0,68808	88,82	0,000
Erreur	96	0,74367	0,00775		
Total	107	6,48236			

Annexes

IC individuel à 95%

VAR	Moyenne	-----+-----+-----+-----
BOUSS	1,094	(-----*-----)
HIDDAB	1,158	(-----*-----)
MAWNA	1,026	(-----*-----)
oued B	1,087	(-----*-----)

-----+-----+-----+-----

1,000 1,050 1,100 1,150

IC individuel à 95%

PRIM	Moyenne	-----+-----+-----+-----
24h0	1,272	(--*-)
24h10	0,982	(-*--)
24h20	0,873	(--*-)
24h5	1,119	(--*-)
8h0	1,416	(--*-)
8h10	0,860	(--*--)
8h20	0,758	(--*-)
8h5	1,151	(--*-)
S	1,394	(--*-)

-----+-----+-----+-----

0,800 1,000 1,200 1,400

ANNEXE 05

Corrélations : V.G; L.R; L.E

	V.G	L.R
L.R	-0,499	
	0,000	
L.E	-0,470	0,748
	0,000	0,000

Contenu de la cellule : corrélation de Pearson

Valeur de p

Résumés

Résumés

الملخص

الأوكسين هو هرمون نباتي طبيعي ضروري في تعديل نمو وتطور النباتات. وفي السنوات الأخيرة، قامت العديد من الدراسات بفحص مدى فعاليته كعامل تمهيدي لتعزيز الإنبات. فمنا في هذا البحث بتحليل تأثير التهيئة الهرمونية الأولية بالأوكسين على الإنبات والتطور الأولي لأربعة أنواع من القمح، بما في ذلك صنفين من القمح الصلب (وادي البارد، بوسالم) وصنفين من القمح اللين (ماونة، هضاب). تم استخدام أربع تركيزات أثناء العلاج: 0 ملغم/لتر، 5 ملغم/لتر، 10 ملغم/لتر و 20 ملغم/لتر. كما تم تقسيم التجربة إلى ثلاث معالجات: بدون تهيئة هرمونية أولية، 8 ساعات و 24 ساعة تهيئة هرمونية أولية. وأظهرت النتائج تقدما كبيرا في كل القياسات التي تم فحصها، بما في ذلك سرعة الإنبات وطول الجذر والساق. في معظم الحالات، أدى العلاج بجرعة 20 ملغم/لتر إلى نتائج مرضية للغاية، على الرغم من ملاحظة العديد من الاختلافات بين الأنواع والمعالجات. يؤكد هذا البحث فعالية التحضير الهرموني المعتمد كوسيلة ناجحة لتعزيز الإنبات وتحسين قوة البادرات في القمح.

الكلمات المفتاحية: القمح الصلب (*Triticum durum*)، القمح اللين (*Triticum aestivum*)، الأوكسين AIA، التهيئة الهرمونية الأولية، الإنبات.

Résumé

L'auxine (IAA) est une hormone végétale naturelle qui est essentielle dans la modulation de l'expansion et de l'évolution des plantes. Au cours des dernières années, de nombreuses recherches ont examiné son efficacité en tant qu'agent de priming pour favoriser la germination. Dans cette recherche, nous avons analysé l'impact du hormoprimer à l'IAA sur la germination et le développement initial de quatre types de blé, comprenant deux variétés de blé dur (Oued El Bared, Bousselme) et deux variétés de blé tendre (Mawna, Hiddab). Quatre concentrations ont été employées lors du traitement : 0 mg/L, 5 mg/L, 10 mg/L et 20 mg/L. Trois durées de trempage ont également été testées : sans priming, 8 heures et 24 heures priming. Les résultats ont démontré une progression notable des paramètres examinés, y compris la rapidité de germination, la longueur de la racine et de l'épicotyle. Dans la plupart des situations, le traitement à 20 mg/L a produit les résultats les plus satisfaisants, bien que des variations aient été notées en fonction des variétés et de la durée du priming.

Cette recherche valide l'efficacité du hormoprimer à base d'IAA comme méthode performante pour favoriser la germination et améliorer la vigueur des jeunes plants de blé.

Mots-clés : Blé dur (*Triticum durum*), blé tendre (*Triticum aestivum.*), auxine (IAA), hormoprimer, germination.

Abstract

Auxin (AAI) is a natural plant hormone that is essential in modulating the expansion and evolution of plants. In recent years, numerous studies have examined its effectiveness as a priming agent to promote germination. In this research, we analyzed the impact of hormoprimer at the IAA on the germination and initial development of four types of wheat, including two varieties of durum wheat (Oued El Bared, Bousselme) and two varieties of common wheat (Mawna, Hiddab). Four concentrations were used during treatment: 0 mg/L, 5 mg/L, 10 mg/L and 20 mg/L. Three soaking times were also tested: without priming, 8 hours and 24 hours priming. The results showed a significant progression of the parameters examined, including speed of germination, root length and epicotyl. In most situations, treatment at 20 mg/L produced the most satisfactory results, although variations were noted depending on the variety and duration of priming.

This research validates the efficacy of AAI-based hormoprimer as a successful method to promote germination and improve the vigor of young wheat plants.

Key words: durum wheat (*Triticum durum*), common wheat (*Triticum aestivum.*), auxin (IAA), hormoprimer, germination.



Déclaration de correction de mémoire de master 2025

Référence du mémoire N°: / 2025	PV de soutenance N°: / 2025	
Nom et prénom (en majuscule) de l'étudiant (e) : YOUSRA BELHADJ	لقب و اسم الطالب (ة) : بيلحسان	
La mention التقدير	Note (./20) العلامة	L'intitulé de mémoire المذكرة عنوان
		Effet de L'hormone priming avec L'auxine Sur la germination de Quelques Variétés de blé Dur et blé tendre

تصريح وقرار الأستاذ المشرف : Déclaration et décision de l'enseignant promoteur

<p>Déclaration : Je soussigné (e), <u>Kinkes Souley</u>, (grade) <u>M.A.A.</u> à l'université de <u>Biskra</u>, avoir examiné intégralement ce mémoire après les modifications apportées par l'étudiant. J'atteste que : * le document a été corrigé et il est conforme au model de la forme du département SNV * toutes les corrections ont été faites strictement aux recommandations du jury. * d'autres anomalies ont été corrigées</p>	<p>تصريح : أنا الممضي (ة) أسفله <u>كركس سولي</u> (الرتبة) <u>م.أ.أ.</u> جامعة <u>بوسكرة</u>، أصرح بأنني راجعت محتوى هذه المذكرة كليا مراجعة دقيقة وهذا بعد التصحيحات التي أجراها الطالب بعد المناقشة، وعليه أشهد بأن : * المذكرة تتوافق بشكلها الحالي مع النموذج المعتمد لقسم علوم الطبيعة والحياة. * المذكرة صححت وفقا لكل توصيات لجنة المناقشة * تم تدارك الكثير من الإختلالات المكتشفة بعد المناقشة</p>
---	---

<p>Décision : Sur la base du contenu scientifique, de degré de conformité et de pourcentage des fautes linguistiques, Je décide que ce mémoire doit être classé sous la catégorie</p>	<p>قرار : اعتمادا على درجة مطابقتها للنموذج ، على نسبة الأخطاء اللغوية وعلى المحتوى العلمي أقرر أن تصنف هذه المذكرة في الدرجة</p>												
<table border="1"> <tr> <td>acceptable مقبول</td> <td>ordinaire عادي</td> <td>bien حسن</td> <td>très bien جيد جدا</td> <td>excellent ممتاز</td> <td>exceptionnel متميز</td> </tr> <tr> <td>E</td> <td>D</td> <td>C</td> <td>B</td> <td>A</td> <td>A+</td> </tr> </table>	acceptable مقبول	ordinaire عادي	bien حسن	très bien جيد جدا	excellent ممتاز	exceptionnel متميز	E	D	C	B	A	A+	
acceptable مقبول	ordinaire عادي	bien حسن	très bien جيد جدا	excellent ممتاز	exceptionnel متميز								
E	D	C	B	A	A+								



الأستاذ المشرف

(Signature)

التاريخ

2025 / /

NB : Cette fiche doit être collée d'une façon permanente derrière la page de garde sur les copies de mémoire déposées au niveau de la bibliothèque universitaire



Déclaration de correction de mémoire de master 2025

Référence du mémoire N°: / 2025	PV de soutenance N°: / 2025	
Nom et prénom (en majuscule) de l'étudiant (e) : HAMRAOUI BOUTHEINA	لقب و اسم الطالب (ة) : بوتينة حمراوي	
La mention التقدير	Note (./20) العلامة	L'intitulé de mémoire المذكرة عنوان
.....	Effet de l'araboprining avec l'auxine sur la germination de quelques Variétés de Gré Dur et Blé Tendre

Déclaration et décision de l'enseignant promoteur : قرار الأستاذ المشرف :

<p>Déclaration : Je soussigné (e), K. N. K. Souley, (grade) M.A.A. à l'université de Biskra, avoir examiné intégralement ce mémoire après les modifications apportées par l'étudiant. J'atteste que : * le document a été corrigé et il est conforme au model de la forme du département SNV * toutes les corrections ont été faites strictement aux recommandations du jury. * d'autres anomalies ont été corrigées</p>	<p>تصريح : أنا الممضي (ة) أسفله ك. ن. ك. سولي (الرتبة) م. أ. أ. بجامعة بسكرة، أصرح بأنني راجعت محتوى هذه المذكرة كليا مراجعة دقيقة وهذا بعد التصحيحات التي أجراها الطالب بعد المناقشة، وعليه أشهد بأن : * المذكرة تتوافق بشكلها الحالي مع النموذج المعتمد لقسم علوم الطبيعة والحياة. * المذكرة صححت وفقا لكل توصيات لجنة المناقشة * تم تدارك الكثير من الإختلالات المكتشفة بعد المناقشة</p>
---	---

<p>Décision : Sur la base du contenu scientifique, de degré de conformité et de pourcentage des fautes linguistiques, Je décide que ce mémoire doit être classé sous la catégorie</p>	<p>قرار : اعتمادا على درجة مطابقتها للنموذج ، على نسبة الأخطاء اللغوية وعلى المحتوى العلمي أقرر أن تصنف هذه المذكرة في الدرجة :</p>												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 16.6%;">acceptable مقبول</td> <td style="width: 16.6%;">ordinaire عادي</td> <td style="width: 16.6%;">bien حسن</td> <td style="width: 16.6%;">très bien جيد جدا</td> <td style="width: 16.6%;">excellent ممتاز</td> <td style="width: 16.6%;">exceptionnel متميز</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">E</td> <td style="text-align: center;">D</td> <td style="text-align: center;">C</td> <td style="text-align: center;">(B)</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">A+</td> </tr> </table>	acceptable مقبول	ordinaire عادي	bien حسن	très bien جيد جدا	excellent ممتاز	exceptionnel متميز	E	D	C	(B)	A	A+	
acceptable مقبول	ordinaire عادي	bien حسن	très bien جيد جدا	excellent ممتاز	exceptionnel متميز								
E	D	C	(B)	A	A+								



الأستاذ المشرف

Signature

التاريخ

2025 / /

NB : Cette fiche doit être collée d'une façon permanente derrière la page de garde sur les copies de mémoire déposées au niveau de la bibliothèque universitaire