



Université Mohamed Khider de Biskra
Faculté des sciences exactes et des sciences de la nature
et de la vie des sciences de la Terre et de l'univers
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 :
MOUSSAOUI Razika et TOUMI Asma

Le : mardi 27 mai 2025

Effets des traitements prégerminatifs sur la tolérance à la salinité au stade de germination chez l'orge (*Hordeum vulgare L.*)

Jury :

Dr. GUEMMAZ Fateh	MCB	Université de Biskra	Président
Dr. BELKHARCHOUCHE Hafida	MCB	Université de Biskra	Rapporteur
Dr. LEBBOUZ Ismahane	MCA	Université de Biskra	Examineur

Année universitaire : 2024/2025

Remerciement

En premier lieu , Nous remercions Dieu tout puissant, de nous avoir donné le privilège , la chance d'étudier et de nous avoir donné force ,courage ,et patience pour accomplir ce travail.

Nous tenons tout d'abord à remercier notre encadrante **Mme Belkharchouche Hafida**, maitre de conférences à l'université Mohamed kheider de Biskra ,au département des sciences de la nature et de la vie ,pour ses précieux conseils et orientations sa disponibilité, sa gentillesse, sa modestie et sa compréhension tout le long de l'élaboration de ce mémoire.

Nous tenons également à remercier vivement les membres de jury d'avoir accepté d'examiner et évaluer ce modeste travail.

Nos vifs remerciements vont à tous les enseignants de la spécialité Biotechnologie et valorisation des plantes de l'année universitaire 2024/ 2025, BOUDJOU DJOU, FETITI, BOUATROUS, HAMMIA ,KHEROUR, SIMOZRAG, MOUSSI ,MOHAMMEDI .

Merci à tous. Ce modeste travail de recherche n'aurait abouti sans votre aide et Vos généreuses contributions

Dédicace

À ceux qui m'ont appris à donner sans compter,

À ceux dont les prières ont éclairé mon chemin,

À ma mère FATIHA et à mon père ALI

Tous les mots de remerciement pâlisent face à votre dévouement. Je vous offre mon cœur, ma vie, et tout ce que j'ai accompli et accomplirai, car vous en êtes la source première.

À mon cher époux IBRAHIME

Ton soutien constant et ta compréhension ont été ma force. Je te suis infiniment reconnaissante.

À mes enfants SERINE/HADJER/HIBA/ZIYAD, prunelles de mes yeux,

Je prie Dieu de faire de vous des êtres pieux et utiles, et de vous bénir.

Ce travail est le fruit de mon labeur, je vous l'offre pour que vos cœurs en soient fiers, tout comme je suis fière de vous avoir dans ma vie.

À mes frères et sœurs,

Vous êtes le véritable soutien, la main fidèle qui ne m'a jamais lâchée. Mille mercis.

À celle qui a partagé avec moi les efforts et les défis, je dédie une part de ce succès.

Que notre amitié demeure un trésor sur le chemin de la vie..**meriem,razika**

À ma grande famille,TOUMI etMOUSTARI

À tous ceux qui m'ont soutenue d'un mot, d'une prière, ou d'un sourire...

Je vous dédie cette réussite, fruit de vos encouragements. Mon succès est aussi le vôtre.

TOUMI Asma

Dédicace

À l'âme de **mon cher père**,

qui m'a appris la force à travers la patience, et la dignité dans le don.

Malgré ton absence, tu restes présent dans mon cœur,
et je prie pour que ce diplôme soit une aumône continue à ton nom.

À **ma chère maman**,

Toi qui as été la lumière qui a illuminé mon chemin,

dont les prières m'ont accompagnée à chaque pas,

toi qui as veillé sur moi sans relâche et supporté tant de choses en silence et avec patience,

toi qui m'as appris que la foi et le travail peuvent accomplir l'impossible,

aucun mot ne saurait exprimer toute ma gratitude, et tu es la personne qui mérite le plus ce succès.

À **mes frères et sœurs**, à ma chère tante et à ses filles Malika et Nora

vous êtes mon vrai pilier et les compagnons de route qui ont allégé mon fardeau.

Et à mon amie fidèle,

celle qui a partagé avec moi la fatigue, les rires et les prières...

Je vous dédie à tous ce diplôme, fruit de votre amour et de votre soutien inconditionnel.

MOUSSAOUI Razika

Tables des matières

Remerciement.....	
Dédicace	
Tables des matières	III
Liste des tableaux	V
Liste des figures	VI
Liste des abréviations	VII
Liste d'annexes	VIII
Introduction	01

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre 1: Généralités sur l'orge (*Hordeum vulgare L.*)

1.1. Importance agronomique et économique de l'orge.....	05
1.2. Caractéristiques principales.....	05
1.3. Morphologie de l'orge.....	05
1.4. Comportement de l'orge face aux stress abiotiques.....	06

Chapitre 2: La germination de l'orge et l'effet du stress salin

2.1. Généralités sur la germination	08
2.2. Dormance des graines	09
2.3. Physiologie de la germination	10
2.4. Effets du stress salin sur la germination de l'orge	11
2.5. Stratégies d'atténuation du stress salin.....	12

Chapitre 3: Prétraitements des graines et extraits naturels

3.1. Concepts et objectifs des prétraitements	14
3.2. Types des prétraitements	14
3.4. Extraits naturels utilisés comme prétraitements.....	15
3.5. Rôle de l'extrait de fenugrec sur la germination de l'orge.....	16
3.6. Rôle de l'auxine AIA dans la germination de l'orge	17
3.7. Mécanismes d'action des prétraitements naturels et hormonaux.....	17

PARTIE EXPERIMENTALE

Chapitre 4: Matériel et méthode

4.1. Matériel végétal.....	21
4.2. Méthodologie expérimentale.....	21

4.2.1. Préparation des extraits naturels.....	21
4.2.1.1. Extrait de germes d’orge	21
4.2.1.2. Extrait de fenugrec (Macération dans l’eau)	21
4.2.2.Préparation des solutions d’AIA	21
4.2.3. Détermination du temps d’imbibition maximale	22
4.2.4. Amorçage des graines	23
4.2.5. Préparation des solutions salines pour l’induction du stress	23
4.2.6 . Application du stress salin sur les graines prétraitées	23
4.3. Paramètres étudiés.....	24
4.3.1. Taux de germination.....	24
4.3.2. Cinétique de germination	25
4.3.3. Longueur des racines et des épicotyles	25
4.3.4. Mesure de la biomasse fraîche et sèche des plantules d’orge	25
4.4. Analyse statistique.....	26

Chapitre 5: Résultats et discussions

5.1. Résultats	27
5.1.1. Taux de germination.....	28
5.1.2. Cinétique de germination	30
5.1.3 .Longueur des racines et des épicotyles	32
5.1.3.1. Longueur des racines.....	32
5.1.3.2. Longueur des épicotyle	34
5.1.4. Taux d’humidité	36
5.2. Discussion	38
Conclusion.....	41
Bibliographie.....	44
Annexes.....	50
Résumés	57

Liste des tableaux

Tableau 01. Concentrations finales d'AIA ----- 22

Liste des figures

Figure 1 . Courbe théorique de la germination (Bensaadi ,2011)	8
Figure 2 . Dispositif expérimentale.	24
Figure 3 . Mesures des longueurs des racines et des tiges des plantules d'orge.	25
Figure 4 . Effets de l'amorçage sur le taux de germination de différentes variétés d'orge sous différents niveaux de stress salin.....	28
Figure 5 . Effets de l'amorçage sur la cinétique de la germination d'orge (variété Fouara) sous l'effet des différents niveaux de stress salin.....	30
Figure 6 . Effets de l'amorçage sur la cinétique de la germination d'orge (variété Saïda) sous l'effet des différents niveaux de stress salin.....	31
Figure 7 . Effets de l'amorçage sur la longueur des racines des deux variétés d'orge en fonction de l'intensité du stress salin.	32
Figure 8 . Effets de l'amorçage sur la longueur des épicotyles des deux variétés d'orge en fonction de l'intensité du stress salin.	35
Figure 9 . Effets de l'amorçage sur le taux d'humidité des deux variétés d'orge en fonction de l'intensité du stress salin.	37

Liste des abréviations

AIA : Acide indole-acétique

AIA10 : Acide indole acétique 10 μ M

AIA50 : Acide indole acétique 50 μ M

ABA : Acide abscissique

ATP : Adénosine triphosphate

BF : Biomasse Fraîche

BS : Biomasse Sèche

CaSO₄ : Sulfate de calcium

CAT : Catalase

Fen : Extrait de fenugrec

GA : Gibbérelline

Ger : Extrait de germe d'orge

ITDAS : Institut Technique de Développement de l'Agronomie Saharienne

NaCl : Chlorure de sodium

Ni : Nombre de graines germées

NT : Nombre total de graines utilisées

Pf : Poids finale

Pi : Poids initiale

PEG : Polyéthylène glycol

POD : Peroxydase

ROS : Reactive Oxygen Species

SOD : Superoxyde dismutase

SP : Sans prétraitement

TGF : Taux de germination finale

TH : Taux d'humidité

Liste des annexes

Annexe 1. Tableau Analyse de la variance pour le taux de germination des variété (Fouara et Saïda)

Annexe 2 . Tableau Analyse de la variance pour la longueur moyenne des racines des variété (Fouara et Saïda)

Annexe3. Tableau Analyse de la variance pour la longueur moyenne des tige des variété (Fouara et Saïda)

Annexe 4 . Analyse de la variance pour le taux d'humidité des variété (Fouara et Saïda)

Introduction

Introduction

L'orge (*Hordeum vulgare* L.) est une céréale de grande importance agronomique et économique, classée parmi les cultures les plus anciennes et les plus cultivées dans le monde. Elle occupe une place prépondérante dans les systèmes agricoles des zones arides et semi-arides, grâce à sa tolérance relative à la sécheresse et à sa capacité à se développer dans des sols pauvres (Baik et Ullrich, 2008). En Afrique du Nord, et particulièrement en Algérie, l'orge joue un rôle fondamental dans la sécurité alimentaire et fourragère, notamment dans les zones à faible pluviométrie, où elle constitue une culture stratégique dans les systèmes d'élevage extensif.

Cependant, la productivité de l'orge est fréquemment affectée par des contraintes abiotiques, dont la salinité figure parmi les plus restrictives. La salinité des sols, causée par l'accumulation excessive de sels solubles dans la zone racinaire, compromet l'absorption de l'eau et des nutriments, génère des déséquilibres ioniques et induit une toxicité cellulaire, entraînant ainsi une réduction significative de la germination et de la croissance des plantules (Munns et Tester, 2008).

Pour contrer ces effets néfastes, des approches innovantes de renforcement de la tolérance des plantes au stress salin sont explorées. Parmi celles-ci, les prétraitements des semences, également appelés seed priming, ont démontré une efficacité notable. Cette technique consiste à imbiber les graines dans des solutions spécifiques avant le semis, afin d'activer certaines voies métaboliques et renforcer les capacités de réponse des embryons face aux stress environnementaux (Ashraf et Foolad, 2005).

De plus, des régulateurs de croissance comme l'acide indole-acétique (AIA), une auxine naturelle, sont utilisés pour stimuler la division cellulaire, l'élongation des tissus et le développement racinaire, contribuant ainsi à une meilleure adaptation en conditions hostiles (Egamberdieva et al., 2017).

Objectif de l'étude

L'objectif de cette étude est d'évaluer l'effet des traitements préalables à base d'extraits naturels (tels que l'extrait de fenugrec et de germe) et d'hormones végétales de synthèse (acide indole-3-acétique – AIA – à deux concentrations différentes), ainsi que de l'eau (prétraitement hydrique), sur la germination et la croissance de l'orge (*Hordeum vulgare* L) en conditions de stress salin.

L'étude est réalisée sur deux variétés d'orge différentes (Fouara et Saïda), dans le but de comparer leur réactivité face aux traitements appliqués, et d'identifier les modalités les plus efficaces pour atténuer les effets délétères de la salinité sur les étapes de germination et de croissance précoce.

Ce travail s'inscrit dans une démarche de recherche appliquée visant à renforcer la résilience des systèmes agricoles face aux contraintes environnementales, contribuant ainsi à une production céréalière plus durable.

Chapitre 1
Généralités sur l'orge
(Hordeum vulgare L.)

1.1. Importance agronomique et économique de l'orge

L'orge (*Hordeum vulgare L.*) est une céréale de grande importance économique, utilisée pour l'alimentation humaine, la production de bière, ainsi que pour l'alimentation animale. Sa résistance à des conditions climatiques variées en fait une culture de choix dans des régions tempérées et semi-arides (Slafer et *al.*, 2005). L'orge (*Hordeum vulgare L.*) est également un modèle précieux pour l'étude des mécanismes de tolérance au stress salin, notamment grâce à ses réponses physiologiques distinctes en fonction des génotypes. Des recherches ont montré que certaines variétés d'orge, comme Sahara et Clipper, présentent des différences notables dans leur tolérance au sel, ce qui en fait des sujets d'étude idéaux pour comprendre les adaptations physiologiques et moléculaires face à la salinité (Tester et Horie, 2011).

1.2. Caractéristiques principales :

Excellente tolérance au froid et au stress hydrique : L'orge présente une bonne tolérance au froid et est capable de pousser dans des conditions de sécheresse modérée, ce qui la rend adaptée à une gamme étendue de conditions environnementales (Blum, 2005).

L'orge présente une diversité variétale importante, comprenant principalement deux types morphologiques : l'orge à épi nu, dont les grains sont dépourvus de glumelles adhérentes, et l'orge à épi couvert, où les grains restent enveloppés par ces glumelles après la récolte. Cette distinction est essentielle pour les usages agricoles et industriels de la céréale (Pasam et *al.*, 2012).

1.3. Morphologie de l'Orge

a. Description de la plante adulte

Tige : L'orge a une tige creuse et robuste qui atteint généralement entre 60 et 100 cm de hauteur, adaptée à des environnements de culture variés (OGTR, 2021).

Les feuilles de l'orge sont longues et linéaires, dotées à leur base de ligules membraneuses, une caractéristique typique des céréales appartenant à la famille des Poacées (OGTR, 2021).

Inflorescence (Épi) : L'épi est une inflorescence de type racème, compacte et possédant plusieurs épillets contenant les graines (OGTR, 2021).

Les glumes sont les bractées externes qui enveloppent chaque épillet chez l'orge, offrant une protection structurale essentielle. À l'intérieur de l'épillet, les glumelles —

également appelées glumes internes ou glumelles — entourent directement la graine, jouant un rôle protecteur crucial avant la maturation complète du grain (OGTR, 2021).

Grains : Les grains d'orge sont des caryopses, comprenant l'embryon, l'albumen et les enveloppes protectrices (Haug et Lantzsch, 1993).

b. Morphologie du grain (Caryopse)

Enveloppe : Le grain d'orge est protégé par plusieurs couches d'enveloppes, dont le péricarpe externe et la testa interne. Ces structures jouent un rôle essentiel dans la protection de l'embryon et contribuent à prévenir la déshydratation du grain durant sa maturation (Bewley et *al.*, 2013).

Albumen : L'albumen est la principale réserve nutritive dans le grain, constituée majoritairement de glucides, surtout d'amidon, et sert de source d'énergie pour la germination (Haug et Lantzsch, 1993).

Embryon : L'embryon de l'orge est composé de plusieurs structures clés : la radicule, qui donnera naissance aux racines ; le coléoptile, qui protège la jeune pousse lors de son émergence ; la plumule, qui développera les premières feuilles ; et le scutellum, un organe spécialisé facilitant l'absorption des nutriments pendant la germination (Bewley et *al.*, 2013).

1.4. Comportement de l'orge face aux stress salin

L'orge est considérée comme l'une des céréales les plus tolérantes au sel. Cette tolérance s'explique par plusieurs mécanismes, notamment la capacité à limiter l'absorption des ions toxiques comme le sodium (Na^+) et le chlorure (Cl^-), à les compartimenter dans les vacuoles, et à maintenir un bon rapport potassium/sodium dans les tissus (Munns et Tester, 2008).

- Réactions physiologiques et biochimiques

Sous stress salin, l'orge déclenche une série de réponses adaptatives :

- Réduction de la croissance racinaire et aérienne.
- Accumulation d'osmoprotecteurs comme la proline et les sucres solubles.
- Activation d'enzymes antioxydantes (catalase, peroxydase, superoxyde dismutase) pour lutter contre le stress oxydatif.
- Modification de l'expression de certains gènes liés au transport ionique et à la signalisation hormonale (Flowers et *al.*, 2015).

Chapitre II

La germination de l'orge et l'effet du stress salin

2.1. Généralités sur la germination

a. Définition

La germination est un processus physiologique fondamental qui permet à une graine viable de se développer pour former une plantule. Elle commence par l'absorption de l'eau et se termine par l'émergence de la radicule. Ce processus dépend fortement des conditions environnementales et de l'état physiologique de la graine (Bewley *et al.*, 2013).

b. Étapes de la germination

1.Imbibition : La graine absorbe passivement l'eau, ce qui entraîne son gonflement et la réhydratation des tissus déshydratés.

2.Activation métabolique : Les activités enzymatiques reprennent. Les enzymes comme l'amylase et la protéase hydrolysent les réserves stockées dans l'albumen ou les cotylédons.

3.Croissance embryonnaire : L'axe embryonnaire, en particulier la radicule, commence à croître, perçant le tégument de la graine pour initier la croissance de la plantule (Nonogaki *et al.*, 2010).

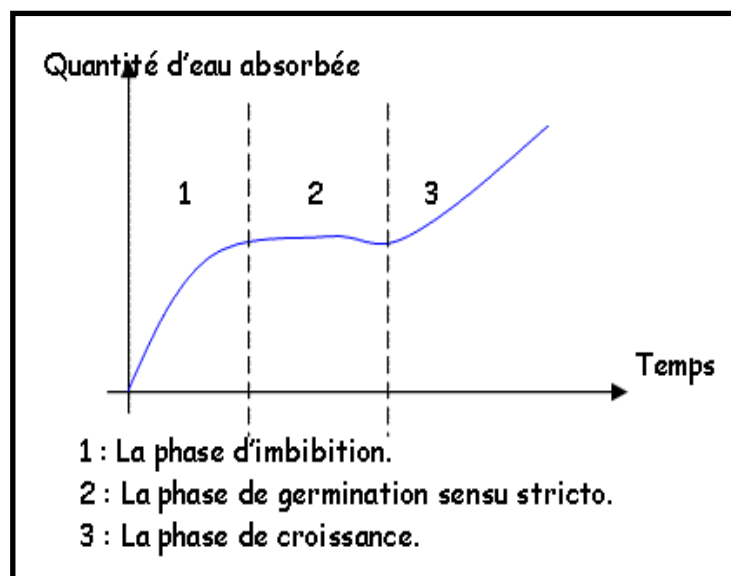


Figure 1. Courbe théorique de la germination (Bensaadi,2011).

c. Facteurs influençant la germination

Les facteurs influençant la germination des graines peuvent être classés en deux grandes catégories : internes et externes. Parmi les facteurs internes, on retrouve tout d'abord la viabilité de la graine, c'est-à-dire sa capacité à germer et à donner une plante viable. Ensuite, la dormance, un état physiologique empêchant la germination même lorsque les conditions extérieures sont favorables, joue également un rôle important. Un autre élément clé est la teneur en hormones végétales, telles que l'acide abscissique, qui inhibe la germination, et les gibbérellines, qui la favorisent. Du côté des facteurs externes, plusieurs éléments de l'environnement peuvent influencer le processus. La température et l'humidité du sol sont essentielles pour activer les enzymes nécessaires à la germination. La disponibilité en oxygène est également cruciale pour les processus métaboliques de la graine. Enfin, la salinité ainsi que la composition du substrat peuvent avoir un impact significatif sur la réussite ou l'échec de la germination (Bewley et *al.*, 2013).

2.2. Dormance des graines

a. Dormance primaire et secondaire

- Dormance primaire : héritée à la fin du développement de la graine, empêchant sa germination même dans des conditions optimales.
- Dormance secondaire : acquise après la dispersion de la graine en réponse à des conditions environnementales défavorables (Finch-Savage et Leubner-Metzger, 2006).

b. Mécanismes de levée de dormance

Parmi les méthodes permettant de lever la dormance des graines, plusieurs techniques sont couramment utilisées. La scarification, qui consiste à briser ou fragiliser le tégument de la graine, permet de faciliter l'absorption de l'eau et des gaz nécessaires à la germination. La stratification, quant à elle, est un traitement par le froid qui simule les conditions hivernales et favorise ainsi la levée de la dormance physiologique. L'utilisation d'hormones végétales, en particulier les gibbérellines, constitue une autre approche efficace pour stimuler la germination. Enfin, certaines graines répondent favorablement à un traitement par la lumière ou par les nitrates, qui jouent un rôle de signal pour enclencher les processus métaboliques nécessaires à la germination (Finch-Savage et Leubner-Metzger, 2006).

2.3. Physiologie de la germination

a. Mobilisation des réserves

Les réserves nutritives (amidon, protéines, lipides) sont hydrolysées par des enzymes spécifiques pour fournir l'énergie et les matériaux nécessaires au développement de l'embryon (Bewley et *al.*, 2013).

b. Activité enzymatique

L'activité enzymatique joue un rôle fondamental durant la germination des graines, en facilitant la mobilisation des réserves nutritives accumulées dans les tissus de réserve. Parmi les enzymes clés, on trouve les amylases, qui dégradent l'amidon en sucres simples facilement utilisables par l'embryon en développement. Les protéases, quant à elles, assurent la dégradation des protéines en acides aminés, indispensables à la synthèse de nouvelles structures cellulaires. Enfin, les lipases interviennent dans l'hydrolyse des lipides, libérant des acides gras et du glycérol, qui servent de sources d'énergie et de matériaux de construction pour la jeune plante (Bewley et *al.*, 2013).

c. Rôle des hormones

Les hormones végétales jouent un rôle central dans la régulation de la germination des graines. Les gibbérellines (GA), en particulier, sont connues pour stimuler la synthèse des amylases dans la couche d'aleurone, facilitant ainsi la dégradation de l'amidon en sucres simples nécessaires à la croissance de l'embryon. À l'inverse, l'acide abscissique (ABA) exerce un effet inhibiteur sur la germination ; il maintient la dormance en empêchant l'activation des processus métaboliques nécessaires à la levée de celle-ci. L'équilibre entre ces deux hormones, GA et ABA, détermine donc en grande partie le déclenchement ou non de la germination (Nonogaki et *al.*, 2010; Bewley et *al.*, 2013).

d. Métabolisme énergétique

La germination s'appuie principalement sur la respiration aérobie. L'ATP produit est utilisé pour la biosynthèse, le transport actif et la croissance cellulaire (Taiz et *al.*, 2015).

e. Importance de l'eau et de l'oxygène

L'eau et l'oxygène sont deux facteurs indispensables à la germination des graines. L'imbibition d'eau initie les processus biochimiques en activant les enzymes, en mobilisant

les réserves nutritives, et en favorisant l'expansion cellulaire, ce qui permet l'émergence de la racicule. Parallèlement, l'oxygène est essentiel pour la respiration cellulaire aérobie, qui fournit l'ATP nécessaire aux activités métaboliques intensives du développement embryonnaire (Bewley et *al.*, 2013).

2.4. Effets du stress salin sur la germination de l'orge

a. Effets osmotiques

La salinité réduit le potentiel hydrique du sol, limitant l'imbibition de l'eau par les graines. Cela entraîne un retard ou une inhibition de la germination (Munns et Tester, 2008).

b. Toxicité ionique

Les ions Na^+ et Cl^- pénètrent dans les cellules et provoquent une désorganisation membranaire, une inhibition enzymatique et une mort cellulaire (Parida et Das, 2005).

c. Déséquilibre nutritionnel

L'excès de sodium perturbe l'absorption d'éléments essentiels comme le potassium (K^+), le calcium (Ca^{2+}) et le magnésium (Mg^{2+}), entraînant des carences nutritionnelles (Munns et Tester., 2008).

Ces effets conduisent à une série de perturbations physiologiques qui compromettent le bon déroulement de la germination. En effet, l'activité des enzymes de mobilisation telles que les amylases, protéases et lipases diminue, réduisant la disponibilité des nutriments essentiels à la croissance de l'embryon. Simultanément, la production accrue d'espèces réactives de l'oxygène (ROS) provoque des dommages cellulaires, tandis que les mécanismes antioxydants de la graine sont fortement sollicités pour tenter de limiter ces effets néfastes. Par ailleurs, un déséquilibre hormonal s'installe : la concentration en acide abscissique (ABA) augmente, inhibant la germination, alors que celle des gibbérellines (GA) diminue, réduisant leur effet stimulant (Zhu, 2001). En conséquence, la germination devient plus lente, moins homogène et moins efficace et le taux final de germination chute significativement, en particulier chez les variétés sensibles au stress (Farooq et *al.*, 2015).

2.5. Stratégies d'atténuation du stress salin

a. Sélection variétale

Des variétés tolérantes présentent des mécanismes d'exclusion du Na^+ , une meilleure rétention de K^+ et une capacité de compartimentation du sel dans les vacuoles (Flowers et *al.*, 2015).

b. Amendements du sol

L'application d'amendements tels que le gypse, la matière organique et le biochar améliore significativement la structure du sol, favorise le drainage et réduit l'accumulation de sel :

Gypse (CaSO_4) : Il fournit du calcium qui remplace le sodium sur les colloïdes du sol, améliorant ainsi la structure et facilitant le lessivage des sels (Zongo et *al.*, 2021).

c. Gestion hydrique

L'utilisation d'une irrigation adaptée, notamment l'irrigation localisée ou au goutte-à-goutte, ainsi que la prévention de l'évaporation par des techniques comme le paillage, permettent de limiter l'accumulation de sels en surface. De plus, le lessivage périodique à l'aide d'une irrigation abondante mais contrôlée est recommandé pour éliminer les sels accumulés dans la zone racinaire, améliorant ainsi la qualité du sol et la croissance des plantes (Qadir et *al.*, 2007; Rengasamy, 2010).

d. Prétraitements des graines

Le priming (pré-imbibition dans l'eau ou des solutions osmotiques ou naturelles) renforce la tolérance au sel en activant les défenses antioxydantes et en stimulant l'expression de gènes liés à la germination (Ashraf et Foolad, 2005).

Chapitre III

**Prétraitements des
graines et extraits
naturels**

3.1. Concepts et objectifs des prétraitements

a. Définition des prétraitements

Les prétraitements des graines désignent l'ensemble des interventions appliquées avant la germination dans le but de lever la dormance et d'initier les processus métaboliques embryonnaires. Ces techniques peuvent être de nature physique, chimique ou biologique. Elles visent principalement à améliorer la capacité de germination, la vitesse d'imbibition et la tolérance des semences aux conditions environnementales défavorables (Bradford., 1986).

b. Importance des prétraitements dans la germination

Les prétraitements permettent d'augmenter le pourcentage de germination, de réduire la durée de latence et d'améliorer la vigueur des plantules. Ces bénéfices sont associés à une meilleure activation enzymatique, à une mobilisation rapide des réserves et à une perméabilité accrue des membranes cellulaires. Ces effets sont essentiels pour assurer une implantation homogène et vigoureuse des cultures (Varier et *al.*, 2010).

c. Effets des prétraitements sur la tolérance au stress

Les semences prétraitées présentent une meilleure tolérance aux stress abiotiques comme la salinité, la sécheresse ou les températures extrêmes. Ces effets sont attribués à l'activation de voies de défense physiologique, incluant la synthèse d'osmoprotecteurs, l'augmentation de l'activité antioxydante et l'adaptation hormonale (Chen et Arora, 2013).

3.2. Types de prétraitements

a. Hydro priming

L'hydro priming consiste à imbiber les graines dans de l'eau pure pendant un temps contrôlé, suivi d'un séchage. Il permet l'activation métabolique sans début de germination, améliorant la synchronisation et la vitesse de levée (Basra et *al.*, 2005).

b. Osmopriming

Dans l'osmopriming, les graines sont imbibées dans des solutions à potentiel osmotique réduit (comme le PEG ou le mannitol), ce qui limite leur imbibition excessive tout en activant les processus internes. Ce type de traitement est efficace contre les stress hydriques (Ashraf et Foolad, 2005).

c. Chimio priming

Le chimio priming implique l'utilisation de solutions contenant des composés chimiques régulateurs (sels minéraux, agents oxydants modérés) qui préparent la graine à la germination et améliorent sa tolérance au stress (Farooq et *al.*, 2006).

d. Hormopriming

L'hormopriming repose sur l'imprégnation des graines avec des solutions hormonales (gibbérellines, cytokinines, auxines) à faible concentration. Cela active les voies de signalisation de croissance et prépare les embryons à une levée rapide même en conditions défavorables (Jisha et *al.*, 2013).

e. Priming par extraits naturels

Les extraits végétaux utilisés dans le traitement des semences contiennent divers composés bioactifs, tels que les antioxydants, les phytohormones et les composés phénoliques, qui peuvent induire des réponses physiologiques favorables à la germination et à la tolérance au stress. Ces substances naturelles, en plus d'être écologiques et biodégradables, jouent un rôle important dans l'activation du métabolisme des graines et dans la protection des plantules contre les conditions abiotiques défavorables (Maheshwaran et *al.*, 2024).

3.4. Extraits naturels utilisés comme prétraitements

a. Origine des extraits naturels

Les extraits sont préparés à partir de diverses ressources biologiques (plantes médicinales, résidus agricoles, algues). Ils sont généralement obtenus par macération, infusion, ou décoction, en vue d'extraire les principes actifs solubles (Maheshwaran et *al.*, 2024).

b. Propriétés biochimiques des extraits naturels

Ces extraits sont riches en métabolites secondaires aux propriétés biologiques variées. Parmi les composés les plus courants figurent les flavonoïdes, les saponines, les alcaloïdes et les tanins. Ces substances jouent un rôle clé dans la stimulation de la germination, en particulier sous stress abiotique, grâce à leurs activités antioxydantes, antimicrobiennes et promotrices de croissance (Zandavar et Babazad, 2023). Par exemple, les flavonoïdes agissent comme des molécules signal, facilitant l'activation enzymatique, la mobilisation des réserves et l'adaptation au stress oxydatif (Tóth et *al.*, 2019). Les alcaloïdes, quant à eux, sont

reconnus pour leurs effets antifongiques et antibactériens, contribuant ainsi à protéger les graines lors des premières étapes de germination. Enfin, les tanins, en tant que polyphénols, jouent un rôle dans la régulation de l'activité microbienne et dans les mécanismes de défense des plantes (Strashok et *al.*, 2024).

Ainsi, l'utilisation des extraits naturels comme agents de prétraitement constitue une stratégie éco-compatible et efficace pour améliorer la vitesse et le taux de germination, notamment dans des conditions environnementales défavorables.

c. Avantages des extraits naturels

Les extraits naturels sont de plus en plus utilisés en agriculture durable en raison de leur biodégradabilité, de leur faible toxicité pour l'environnement, et de leur efficacité à induire des mécanismes de défense chez les plantes. Leur disponibilité locale et leur faible coût en font des alternatives intéressantes aux produits chimiques de synthèse, tout en minimisant les risques liés à la résistance des agents pathogènes (Halpern et *al.*, 2015).

3.5. Rôle de l'extrait de fenugrec sur la germination de l'orge

a. Composition

L'extrait de fenugrec (*Trigonella foenum-graecum*) est riche en composés bioactifs tels que les saponines, les flavonoïdes, les acides aminés, les phytohormones comme les auxines et les cytokinines. Ces substances jouent un rôle clé dans la stimulation de la division cellulaire, l'activation enzymatique et l'amélioration de la croissance des plantules, notamment sous stress abiotique (Gavahian et *al.*, 2024).

b. En conditions de stress salin

De son côté, le fenugrec, malgré une certaine sensibilité à la salinité, possède un potentiel biostimulant en raison de sa richesse en composés phénoliques, flavonoïdes et antioxydants. Ces substances sont connues pour limiter les effets délétères du stress salin sur d'autres plantes en renforçant la capacité antioxydante et en régulant les réponses hormonales (Hasni et *al.* 2009). Cela suggère que les extraits de fenugrec pourraient offrir une piste prometteuse pour améliorer la tolérance au stress salin, même si davantage d'études expérimentales ciblant l'orge sont encore nécessaires.

3.6. Rôle de l'auxine AIA dans la germination de l'orge

a. Synthèse et transport

L'acide indole-3-acétique (AIA) est synthétisé dans les tissus jeunes et transporté de manière polarisée par les protéines PIN. Ce transport dirige la croissance embryonnaire (Zhao., 2010).

b. Effets physiologiques

L'AIA favorise la division et l'élongation cellulaire, active des gènes de croissance, et interagit avec d'autres hormones comme les gibbérellines pour soutenir la germination (Overvoorde et *al.*, 2010).

c. Interaction avec le stress salin

L'AIA réduit l'inhibition hormonale due à l'ABA, stimule les défenses antioxydantes, et améliore la croissance en environnement salin (Egamberdieva et *al.*, 2017).

3.7. Mécanismes d'action des prétraitements naturels et hormonaux

a. Modulation hormonale

Les traitements naturels, tels que l'application d'auxines exogènes ou de substances végétales riches en composés bioactifs, peuvent moduler les niveaux hormonaux internes des plantes (Peleg et Blumwald, 2011).

Ces traitements réduisent l'effet inhibiteur de l'acide abscissique (ABA) et stimulent les hormones de croissance telles que les auxines et les cytokinines, favorisant ainsi la germination et la croissance des plantules, même en conditions de stress abiotique (Peleg et Blumwald, 2011).

Par exemple, l'application d'auxines exogènes a montré une amélioration de la tolérance au stress chez diverses espèces végétales (Peleg et Blumwald, 2011).

b. Protection antioxydante

Ils favorisent l'activité des enzymes antioxydantes (SOD, POD, CAT), protégeant les cellules contre le stress oxydatif (Farooq et *al.*, 2008).

c. Amélioration de l'absorption d'eau

Certains composés naturels stimulent l'expression des aquaporines, facilitant l'imbibition des tissus embryonnaires, notamment en conditions de stress hydrique ou salin (Maurel *et al.*, 2008).

Partie expérimental

Chapitre 4

Matériel et méthodes

4.1. Matériel végétal

La présente étude a été menée sur deux variétés d'orge (*Hordeum vulgare* L.) fournies par l'Institut Technique de Développement de l'Agronomie Saharienne (ITDAS) d'Aïn Ben Naoui, Biskra, Algérie. Les variétés étudiées sont 'Fouara' et 'Saïda'.

4.2. Méthodologie expérimentale

4.2.1. Préparation des extraits naturels.

4.2.1.1. Extrait des germes d'orge (variété Fouara).

- Tremper 10 g de grains d'orge dans 100 ml d'eau distillée pendant 24 h.
- Égoutter et placer sur du coton humide.
- Laisser germer à 25°C jusqu'à ce que la longueur des racines atteigne 2 cm.
- Mixer les germes avec 100 ml d'eau distillée froide.
- Laisser reposer 1 h, filtrer et conserver l'extrait à basse température.

4.2.1.2. Extrait de fenugrec (Macération dans l'eau)

- Faire tremper 10 g de graines de fenugrec dans 100 ml d'eau distillée.
- Laisser reposer 24 heures à température ambiante.
- Filtrer à l'aide du papier filtre.

4.2.2. Préparation des solutions d'AIA

4.2.2.1. Préparation d'une solution mère (5 mM = 5000 µM)

- Dans une éprouvette de 1 L faites dissoudre 0,875 mg d'AIA dans quelques gouttes d'éthanol.
- Ajouter de l'eau distillée et agiter jusqu'à dissolution complète de l'AIA.
- Compléter par l'eau distillée jusqu'au trait jaugé 1 L.
- Diluer pour obtenir les concentrations souhaitées.

4.2.2.2. Préparation des concentrations finales

La préparation selon le tableau suivant

Tableau 01. Concentrations finales d'AIA.

Concentration finale	Volume de solution mère (5 mM) à prélever	Compléter avec de l'eau jusqu'à
10 µM	2 ml	1 L
50 µM	10 ml	1 L

4.2.3. Détermination du temps d'imbibition maximale

Pour déterminer le temps d'imbibition maximal pour un lot spécifique de graines d'orge dans nos conditions expérimentales, une approche pratique comprend les étapes suivantes :

- Pour chaque solution(extrait de germe d'orge, extrait de fenugrec) ,solution d'auxine à 10 µM et à 50 µM et eau distillée ,peser 10 graines sèches homogènes, poids initial (Pi).
- Tremper les graines préalablement pesées dans les solutions préparées à raison de 10 graines par solution pendant 14 h
- Égoutter les graines sur du papier absorbant pour se débarrasser de l'excès de la solution
- Peser immédiatement pour obtenir le poids après imbibition (Pf)
- Répéter l'opération après 16 h,18h ,20h.

Calcul du pourcentage d'imbibition

La capacité d'imbibition se mesure souvent en pourcentage d'augmentation de masse :

$$\text{Taux d'imbibition}\% = \frac{(Pf - Pi)}{Pi} \times 100$$

Pf : poids finale

Pi : poids initiale

Pour confirmer la durée optimale, on peut tester en pesant les graines d'orge avant et après trempage ce qui permet de voir si elles atteignent leur capacité maximale d'imbibition, si le poids reste stable entre 16 h et 18 h, alors 16 h est suffisant.

Sur la base des expérimentations réalisées concernant la durée idéale d'imbibition est estimée à 16 heures .

4.2.4. Amorçage des graines

Les graines ont subi un processus d'amorçage comprenant les étapes suivantes :

- Désinfection des graines par immersion dans une solution d'hypochlorite de sodium, suivie de rinçages abondants à l'eau distillée pour éliminer tout agent contaminant.
- Application de cinq prétraitements distincts : deux à base d'extraits naturels (extrait de germes d'orge, extrait de fenugrec), un à base d'auxine (AIA) à deux concentrations (10 μ M et 50 μ M), et un à l'eau distillée.
- Les graines ont été immergées dans les solutions de prétraitement respectives pendant une durée de 16 heures, déterminée comme étant le temps d'imbibition optimal.
- Après le trempage, les graines ont été étalées sur du papier absorbant pour une déshydratation contrôlée pendant 72 heures, permettant aux graines de retrouver leur niveau d'humidité initial.
- Un lot de graines n'ayant subi aucun prétraitement a servi de témoin non amorcé.

4.2.5. Préparation des solutions salines pour l'induction du stress

Pour préparer des solutions aux concentrations voulues, dans 1 L d'eau, voici les masses correspondantes :

0 g/l : l'eau distillée.

5 g/l : Masse de Na Cl 2,922 g pour 1 L d'eau distillée

10 g/l : Masse de Na Cl 5,844 g pour 1 L d'eau distillée

15 g/l : Masse de Na Cl 8,766 g pour 1 L d'eau distillée

4.2.6. Application du stress salin sur les graines prétraitées

L'objectif principal de cette étude est d'évaluer l'influence des prétraitements à base d'extraits naturels et d'auxine synthétique sur l'atténuation des effets néfastes du stress salin (induit par le Na Cl) sur la germination des graines de deux variétés d'orge ('Fouara' et 'Saïda'). L'expérimentation a débuté le 20 mars 2025.

Pour chaque variété, des lots de graines ont été soumis aux prétraitements suivants : eau distillée, extrait de fenugrec, AIA (10 μ M et 50 μ M), extrait de germes d'orge, ainsi qu'un lot

témoin non prétraité. Un total de 720 graines de chaque variété ont été utilisées, 30 graines de chaque prétraitement, après l'imbibition pendant 16h et une période de séchage de trois jours.

Après l'amorçage et le séchage, les graines ont été placées dans des boîtes de Pétri contenant une couche de papier filtre. Chaque boîte contenait 10 graines (trois répétitions de 10 graines par boîte). Les graines sont arrosées avec 10 ml de solutions de Na Cl à différentes concentrations (0g/l, 5 g/L, 10 g/L et 15 g/L) ont été utilisés (Figure 2).

La germination a été définie par l'émergence de la radicule à travers les téguments de la graine, atteignant une longueur minimale de 2 mm. Le nombre de graines germées a été compté quotidiennement pendant sept jours.



Figure 2. Dispositif expérimental.

4.3. Paramètres étudiés

Les paramètres évalués au cours de cette étude sont les suivants :

4.3.1. Taux de germination

Le taux de germination final (TGF) a été calculé selon la formule :

$$\text{TGF} = \text{Ni} \times 100 / \text{NT}$$

Ni : représente le nombre total de graines germées.

Nt : représente le nombre total de graines utilisées.

4.3.2. Cinétique de germination

C'est la cinétique d'évolution de la germination, obtenue dans les conditions choisies pour l'expérimentation, elle dépend des conditions de la germination et des traitements subis par la semence.

4.3.3. Longueur des racines et des épicotyles

Après sept jours de germination, les plantules obtenues ont été laissées croître pendant trois jours supplémentaires. Au 11 jour suivant le début de la germination, la longueur de la radicule et de la tigelle de chaque plantule germée a été mesurée individuellement à l'aide d'une règle millimétrée (Figure 3). Les valeurs obtenues pour chaque plantule ont été notées.



Figure 3. Mesures des longueurs des racicules et des tigelles des plantules d'orge.

4.3.4. Mesure de la biomasse fraîche et sèche des plantules d'orge

- **Biomasse Fraîche (BF)** : Après la période de croissance, les plantules de chaque boîte de Pétri ont été récoltées et pesées immédiatement à l'aide d'une balance de précision pour déterminer la biomasse fraîche totale par boîte. La moyenne de la biomasse fraîche a été calculée pour chaque traitement.
- **Biomasse Sèche (BS)** : Après la pesée de la biomasse fraîche, les plantules ont été placées dans une étuve à 70 °C pendant 48 heures afin d'éliminer toute trace d'humidité, jusqu'à obtention d'un poids constant. Les plantules séchées de chaque boîte de Pétri ont ensuite été pesées pour déterminer la biomasse sèche totale par boîte. La moyenne de la biomasse sèche a été calculée pour chaque traitement.

Calcul du Taux d'Humidité (%)

Le calcul du taux d'humidité des plantules se fait avec la formule :

$$\text{Taux d'humidité} = (\text{BF} - \text{BS})/\text{BF} \times 100 .$$

Ces mesures ont permis d'évaluer l'impact du stress salin sur l'accumulation de matière sèche et la capacité des plantules à maintenir leur teneur en eau en réponse aux différents prétraitements.

4.4. Analyse statistique

Les données collectées pour chaque paramètre étudié sont soumises à une analyse statistique appropriée (analyse de la variance ANOVA) afin de déterminer la significativité des différences observées entre les traitements et les concentrations de stress salin pour les deux variétés d'orge. Des tests post-hoc (tels que le test de Tukey) sont utilisés pour identifier les groupes significativement différents .Les résultats valeurs moyennes des répétitions obtenus sont représentés sous forme de courbes et d'histogrammes grâce au logiciel Microsoft Office Excel .

Chapitre 5

Résultats et discussion

5.1. Résultats

5.1.1. Taux de germination

La figure 4 présente la variation du taux de germination final deux variétés d'orge. Les graines des variétés étudiées (Fouara et Saïda) ont été préalablement immergées dans l'eau, dans différents extraits naturels (Fen, Ger) et dans l'auxine synthétique (AIA10 et AIA50) et par la suite exposées à différents niveaux de stress salin (0 g/L, 5 g/L, 10 g/L, 15 g/L).

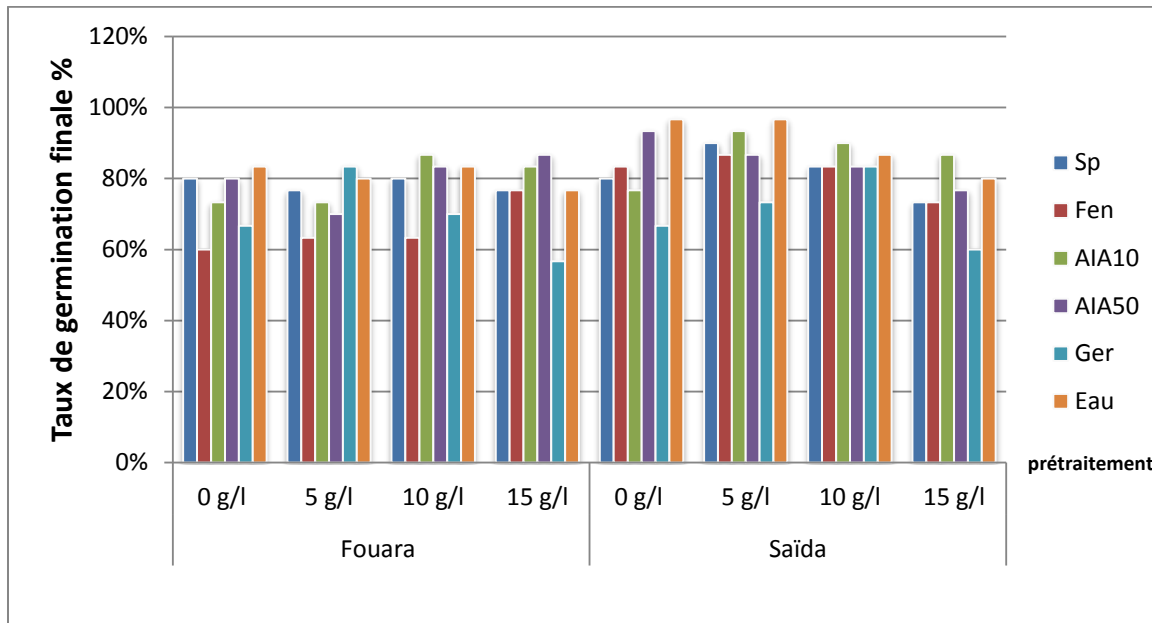


Figure 4. Effets de l'amorçage sur le taux de germination de différentes variétés d'orge sous différents niveaux de stress salin

L'analyse comparative des différents prétraitements appliqués aux deux variétés d'orge, Fouara et Saïda, révèle que l'efficacité des traitements varie selon le niveau de salinité. En absence de sel (0 g/L NaCl), la variété Saïda répond de manière remarquable au prétraitement à l'eau distillée, atteignant un taux de germination final de 96,66 %, suivie de l'AIA50 (93,33 %), alors que chez Fouara, l'eau (83,33 %) et l'AIA50 (80 %) se montrent légèrement plus efficaces que le témoin sans traitement (Sp = 80 %). Sous un stress salin modéré (5 g/L NaCl), Saïda maintient un taux de germination final très élevé, avec 96,66 % sous eau distillée et 93,33 % sous AIA10, tandis que chez Fouara, le germe d'orge (Ger) se distingue avec 83,33 %, suivi de l'eau distillée (80 %), dépassant nettement le témoin. À une salinité plus élevée de 10 g/L NaCl, l'AIA10 devient le prétraitement le plus performant pour les deux variétés : 90 % chez Saïda et 86,66 % chez Fouara, suivi de près par l'eau distillée et l'AIA50 (83,33 %). Enfin, sous un stress salin sévère (15 g/L NaCl), l'AIA10 reste le prétraitement le plus efficace pour Saïda (86,66 %), alors que Fouara répond mieux à l'AIA50 (86,66 %),

suivi par l'AIA10 (83,33 %). Dans l'ensemble, les prétraitements à base d'acide indole acétique (AIA10 et AIA50) s'avèrent être les plus constants et bénéfiques sous conditions de stress salin, en particulier chez la variété Fouara, plus sensible. La variété Saïda, quant à elle, montre une meilleure tolérance globale, surtout avec l'eau distillée et l'AIA10, qui permettent de maintenir des taux de germination finaux très élevés même en présence de sel.

L'analyse de la variance ANOVA à trois facteurs (Variété, Prétraitement et Salinité), prenant en compte l'effet du stress salin avec quatre niveaux (0g/L, 5g/L, 10g/L, 15g/L), l'effet des variétés d'orge (Fouara) et (Saïda), ainsi que l'effet de différents prétraitements sur la variation du taux de germination final, révèle des différences statistiquement significatives (Annexe1).

En effet, réalisée sur le taux final de germination (TG %), l'ANOVA montre que le modèle global est statistiquement significatif ($p = 0,026$), indiquant que les facteurs étudiés contribuent de manière notable à la variation du paramètre mesuré. L'effet principal du prétraitement est hautement significatif ($p < 0,001$), soulignant l'influence marquée des prétraitements appliqués sur la réponse germinative des graines. Par ailleurs, la variété exerce également un effet significatif ($p = 0,001$), ce qui suggère une variabilité génétique dans la tolérance au stress salin ou dans la réponse aux prétraitements. En revanche, l'effet de la salinité seule n'est pas significatif ($p = 0,203$), ce qui pourrait s'expliquer par une certaine résilience des variétés testées ou par l'efficacité des prétraitements à atténuer les effets du stress osmotique. Mise à part l'interaction salinité \times variété qui montre une tendance ($p = 0,094$) qui pourrait refléter une sensibilité différentielle des génotypes en fonction de la concentration saline. Toutefois, les autres interactions entre les facteurs ne présentent pas de signification statistique, traduisant une relative indépendance des effets de chaque facteur.

Le test de comparaison post hoc (Annexe 1) met en évidence une hiérarchie d'efficacité des prétraitements sur le taux final de germination. Le prétraitement par germe présente la plus faible moyenne (70,42 %) et se distingue nettement des autres. Le fenugrec (74,17 %) montre une efficacité légèrement supérieure, sans différence significative avec le témoin. Le traitement témoin (80,42 %) occupe une position intermédiaire et ne diffère statistiquement d'aucun groupe. Les prétraitements hormonaux AIA50 (82,5 %) et AIA10 (83,33 %) améliorent le taux de germination par rapport à Ger et Fen, sans être significativement supérieurs au témoin. Enfin, le prétraitement à l'eau distillée (85,42 %) affiche la meilleure performance.

5.1.2. Cinétique de germination

Les Figures 5 et 6 illustrent les courbes cinétiques de germination des graines d’orge des cultivars « Fouara » et « Saïda » sous l’effet de différents niveaux de stress salin, comparant les graines ayant subi un amorçage avec des graines non prétraitées (groupe témoin).

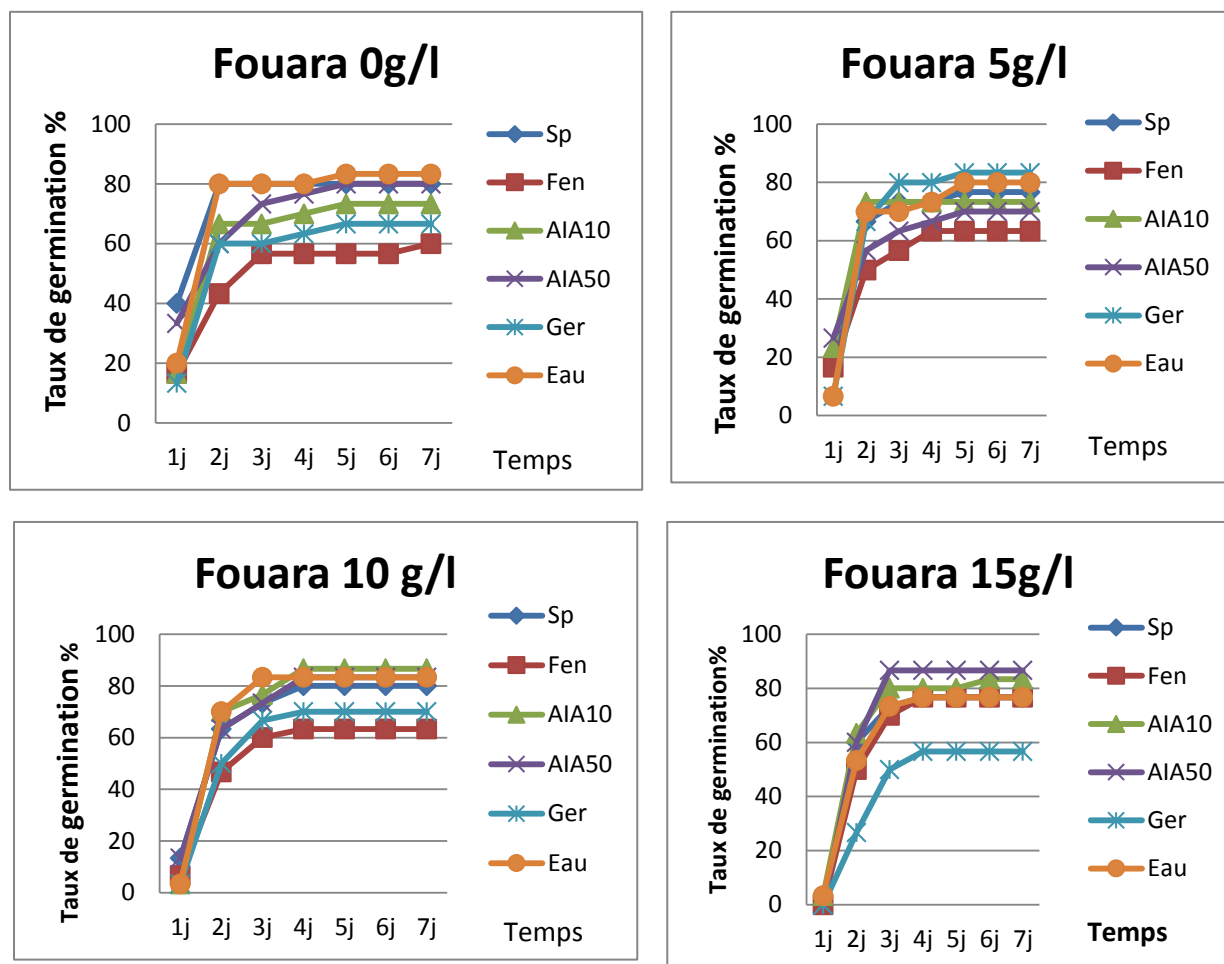


Figure 5. Effets de l’amorçage sur la cinétique de la germination d’orge (variété Fouara) sous l’effet des différents niveaux de stress salin.

L’analyse de la cinétique de germination de la variété Fouara en conditions salines (0, 5, 10 et 15 g/L de NaCl) met en évidence des différences nettes selon les prétraitements.

Sur le plan théorique, la courbe de germination suit trois phases : une phase de latence (ou d’imbibition) correspondant aux premiers jours, une phase exponentielle marquée par une augmentation rapide du nombre de graines germées, et une phase stationnaire où le taux de germination se stabilise. Les prétraitements à l’AIA10 et à l’AIA50 se révèlent les plus efficaces, avec une latence réduite (germination débutant dès le 2e jour), une phase exponentielle rapide et un plateau élevé, atteignant respectivement 86,66 % et 83,33–86,66 % dès le 4e ou 5e jour, même à 10 et 15 g/L. Le traitement à l’eau distillée montre également

une cinétique favorable, surtout à 0 et 10 g/L, où la germination progresse rapidement dès J2–J3 et atteint un plateau de 83,33 %. Le témoin non traité (Sp) affiche un taux de germination final satisfaisant à 0 g/L (80 %), mais présente un ralentissement marqué de la phase exponentielle ainsi qu'un plateau de germination modéré sous salinité croissante, ce qui traduit une tolérance limitée au stress salin comparée aux prétraitements hormonaux.

En revanche, les prétraitements au fenugrec et au germe d'orge présentent une phase exponentielle lente et un plateau limité, notamment à 15 g/L, où la germination reste faible et tardive. Ainsi, les traitements hormonaux, particulièrement l'AIA10, permettent d'accélérer la dynamique de germination et d'élever significativement le taux final, montrant leur capacité à renforcer la tolérance de la variété Fouaraau stress salin.

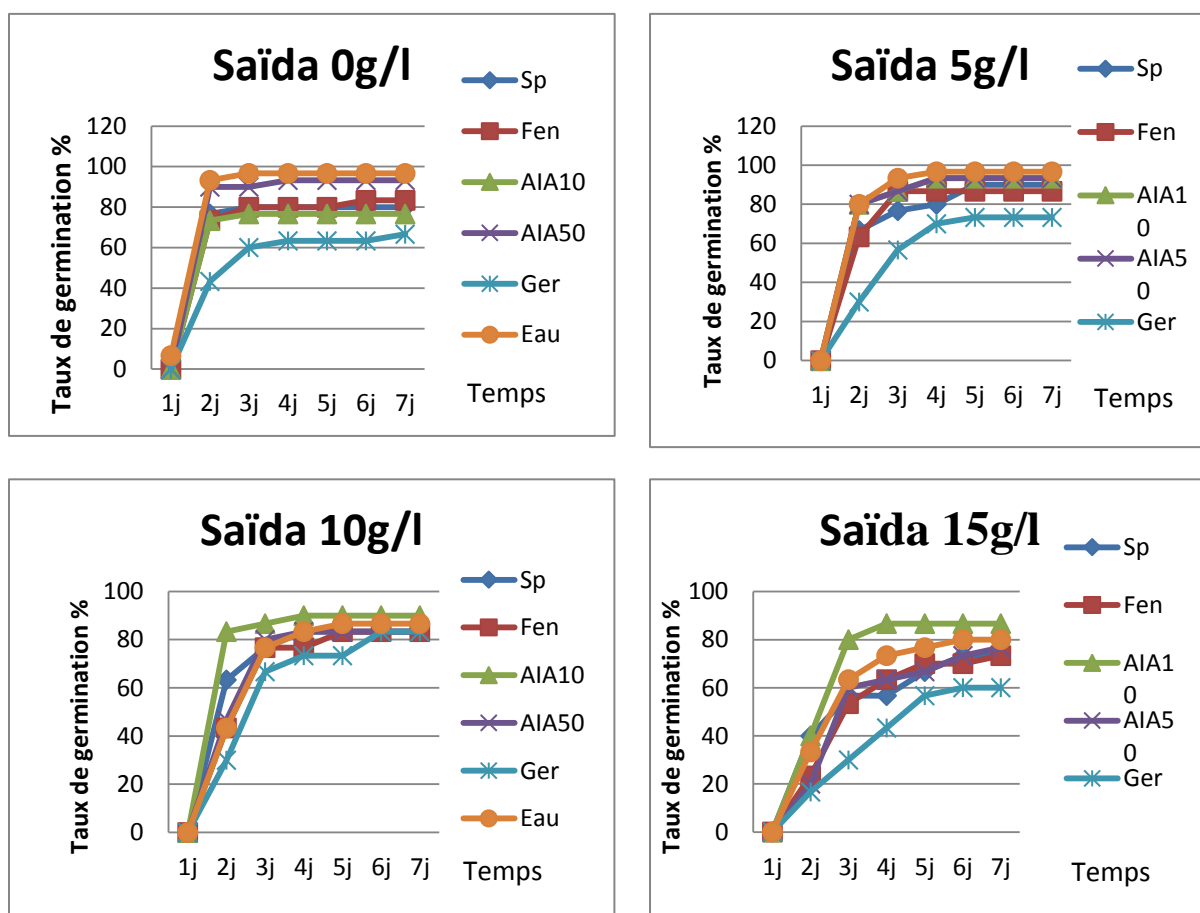


Figure 6. Effets de l'amorçage sur la cinétique de la germination d'orge (variété Saïda) sous l'effet des différents niveaux de stress salin.

La variété d'orge Saïda a montré une bonne tolérance au stress salin, maintenant des taux de germination élevés jusqu'à 10 g/l de NaCl, même sans prétraitement. Parmi les différents prétraitements testés, l'application d'AIA à 10 % (AIA10) s'est révélée la plus efficace, surtout sous conditions salines modérées à sévères (10 et 15 g/l), avec des taux de

germination finaux atteignant respectivement 90 % et 86,66 %. À des concentrations plus faibles en sel (0 et 5 g/l), l'eau distillée a permis une germination optimale (96,66 %), suggérant que l'hydratation seule peut suffire en conditions peu stressantes. Le prétraitement au germe d'orge a systématiquement donné les résultats les plus faibles, indiquant une efficacité limitée, voire négative, sous stress salin. Globalement, ces résultats confirment que Saïda est une variété tolérante au sel, et que l'AIA à faible concentration constitue un excellent inducteur de germination en milieu salin, en particulier lorsque le stress devient important.

5.1.3. Longueur des racines et des épicotyles

5.1.3.1. Longueur des racines

La Figure 7 présente la variation de la longueur des racines des deux variétés d'orge. Les variétés étudiées (« Fouara » et « Saïda ») ont été immergées préalablement dans l'eau, dans différents extraits naturels (Fen, Ger) et dans une auxine synthétique (AIA10 et AIA50), puis exposés à différents niveaux de stress salin (0 g/L, 5 g/L, 10 g/L, 15 g/L).

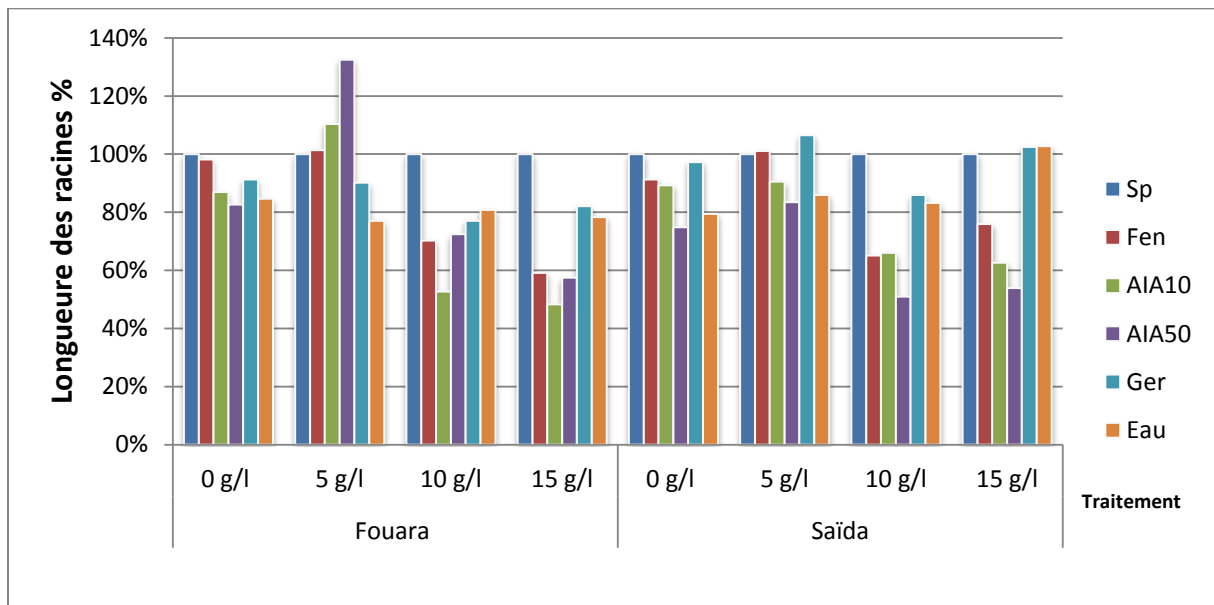


Figure 7. Effets de l'amorçage sur la longueur des racines des deux variétés d'orge en fonction de l'intensité du stress salin.

L'analyse des longueurs racinaires exprimées en pourcentage par rapport au témoin (Sp = 100 %) montre que le stress salin réduit globalement la croissance des racines chez les deux variétés d'orge, Fouara et Saïda, mais avec des réponses différenciées selon les prétraitements. La variété Saïda se distingue par une meilleure tolérance, notamment sous salinité élevée (15 g/l), où les prétraitements à base de germe d'orge (102,51 %) et d'eau

distillée (102,73 %) permettent de maintenir voire stimuler la croissance racinaire. En revanche, les traitements aux auxines (AIA10 et AIA50) montrent une efficacité à faible salinité (pic à 132,48 % pour AIA50 chez Fouara à 5 g/l), mais deviennent inhibiteurs à des concentrations plus fortes, suggérant un effet phytotoxique en interaction avec le stress salin. Ces résultats indiquent que des prétraitements naturels comme l'eau ou les extraits végétaux peuvent jouer un rôle protecteur important, en particulier chez les variétés tolérantes comme Saïda, offrant ainsi des perspectives intéressantes pour améliorer la croissance des plantes en conditions salines.

L'analyse de variance (Annexe 2) révèle que le modèle global est hautement significatif ($p < 0,001$), expliquant 90,2 % de la variance totale de la longueur racinaire. Parmi les effets principaux, le prétraitement ($p = 0,000$) et surtout le niveau de salinité ($p = 0,000$) ont un effet significatif et très marqué sur la croissance des racines, le facteur salinité étant le plus influent ($F = 261,885$), indiquant que l'augmentation de la concentration en sel affecte fortement cette variable. En revanche, la variété seule n'a pas d'effet significatif ($p = 0,909$), ce qui suggère que Fouara et Saïda réagissent de manière comparable en termes de longueur racinaire globale, indépendamment des autres facteurs.

Les interactions prétraitement \times salinité sont également significatives ($p = 0,021$), ce qui indique que l'efficacité des prétraitements dépend du niveau de salinité, tandis que les autres interactions ne sont pas significatives, suggérant que l'effet combiné de ces facteurs n'entraîne pas de variations significatives supplémentaires.

La présente étude suggère que le stress salin et les prétraitements appliqués sont les principaux facteurs déterminants de la longueur des racines, tandis que la variété n'influence pas significativement cette variable, malgré les différences observées dans les pourcentages relatifs.

L'analyse post hoc de Tukey analysant l'effet du prétraitement, appliquée à la longueur moyenne des racines révèle l'existence de quatre groupes homogènes. Le prétraitement (AIA 50) (56,38 mm) se retrouve seul dans le groupe 1, indiquant qu'il induit la plus faible croissance racinaire, avec un effet potentiellement inhibiteur. Le prétraitement (AIA 10) (61,84 mm) appartient à la fois au groupe 1 et au groupe 2, traduisant une efficacité légèrement supérieure, mais encore modeste. L'eau distillée (64,89 mm) est incluse dans trois groupes (1, 2 et 3), ce qui reflète une efficacité moyenne et non significativement différente de plusieurs autres traitements. Le fenugrec (66,90 mm) se situe dans les groupes 2 et 3,

indiquant une performance intermédiaire. Le prétraitement au germe d'orge (71,77 mm) appartient aux groupes 3 et 4, traduisant une bonne efficacité sur la croissance des racicules. Enfin, le témoin non traité (Sp), avec une longueur moyenne de 78,08 mm, se distingue en étant le seul à appartenir au groupe 4, révélant une performance significativement supérieure à la plupart des traitements. Ces regroupements indiquent que certains prétraitements, notamment le germe d'orge, favorisent la croissance racinaire, mais sans surpasser le témoin, qui reste le plus performant dans les conditions expérimentales.

L'analyse post hoc de Tukey appliquée à la salinité met en évidence une séparation claire en quatre groupes homogènes, reflétant l'effet fortement inhibiteur de la salinité croissante sur la longueur moyenne des racicules. Le traitement à 150 g/L de NaCl, avec une moyenne de 38,09 mm, se situe seul dans le groupe 1, représentant le niveau de salinité le plus stressant et le plus inhibiteur. La concentration de 100 g/L (53,15 mm) forme à son tour un groupe distinct (groupe 2), traduisant un effet inhibiteur moins prononcé, mais encore significatif. À 50 g/L, la croissance racinaire s'améliore (67,72 mm), formant un troisième groupe homogène. Enfin, les conditions sans sel (0 g/L) permettent une croissance optimale des racicules (107,62 mm), plaçant ce traitement dans le quatrième groupe, nettement supérieur aux autres. Ces résultats confirment une réduction progressive et significative de la croissance racinaire avec l'augmentation de la salinité, soulignant la sensibilité marquée des plantules au stress salin, même à des concentrations modérées.

5.1.3.2. Longueur des épicotyles

La Figure 8 présente l'effet des différents prétraitements sur la longueur moyenne des racicules, exprimée en pourcentage par rapport au témoin non traité (Sp, fixé à 100 %), pour deux variétés d'orge, Fouara et Saïda, sous quatre concentrations de salinité (0, 5, 10 et 15 g/l).

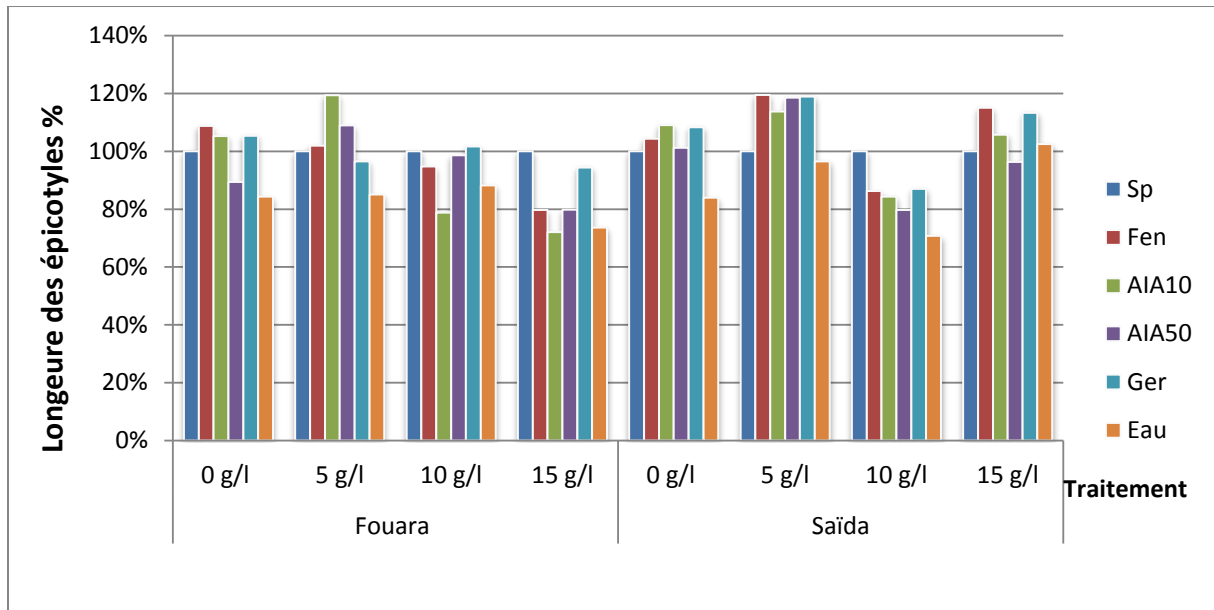


Figure 8. Effets de l'amorçage sur la longueur des épicotyles des deux variétés d'orge en fonction de l'intensité du stress salin.

Des différences statistiquement significatives dans la longueur de l'épicotyle ont été observées entre les variétés Fouara et Saïda en réponse aux différents traitements. Une réduction générale de la longueur de l'épicotyle a été observée avec l'augmentation de la concentration en sel pour les deux variétés, indiquant un effet inhibiteur du stress sur la croissance précoce de la partie aérienne.

Les résultats montrent que les prétraitements au fenugrec et au germe d'orge améliorent significativement la longueur des racicules sous salinité, surtout chez la variété Saïda. À 15 g/l, fenugrec permet à Saïda d'atteindre 115,01 % de la longueur témoin, suivi du germe d'orge (113,33 %), contre seulement 79,73 % et 94,42 % pour Fouara. À 5 g/l, AIA10, AIA50 et germe d'orge chez Saïda dépassent 113 %, atteignant respectivement 113,77 %, 118,54 % et 118,94 %. En revanche, l'eau distillée est systématiquement moins efficace, tombant à 70,77 % pour Saïda à 10 g/l. Globalement, Saïda réagit mieux que Fouara, et les prétraitements fenugrec et germe d'orge sont les plus protecteurs face au stress salin.

L'analyse univariée (Annexe3) montre que la longueur moyenne des tigelles est fortement influencée par la salinité ($p < 0,001$) et le prétraitement ($p < 0,001$), tandis que l'effet de la variété n'est pas significatif ($p = 0,535$). L'interaction prétraitement \times salinité est également significative ($p = 0,021$), indiquant que l'efficacité des prétraitements dépend du niveau de salinité. Le modèle explique 87,6 % de la variance totale (R^2 ajusté = 0,876),

soulignant une forte adéquation entre les variables étudiées et la réponse mesurée. Les autres interactions ne sont pas significatives.

L'analyse post-hoc de Tukey(Annexe 3)appliquée à la longueur moyenne des tiges montre une séparation claire en quatre groupes homogènes selon les concentrations en sel. Le groupe 1 (150 g/L) présente la plus faible croissance (47,55 mm), suivi du groupe 2 (100 g/L, 70,46 mm), du groupe 3 (50 g/L, 104,25 mm) et enfin du groupe 4 (0 g/L, 124,66 mm) qui affiche la croissance maximale. Cette classification statistique met en évidence un effet fortement inhibiteur et dose-dépendant du stress salin sur l'élongation des tiges, avec une différence significative entre chaque palier de salinité ($p = 0,000$ pour tous les groupes).

L'analyse post-hoc de Tukey pour la longueur moyenne des tiges en fonction des prétraitements met en évidence deux groupes statistiquement distincts. Le groupe 1, composé uniquement de l'eau, affiche la croissance la plus faible (75,14 mm), tandis que le groupe 2 regroupe tous les autres traitements, avec des moyennes variant de 86,24 mm pour l'AIA50 à 91,33 mm pour le germe d'orge. Bien que les différences entre les prétraitements du groupe 2 ne soient pas toutes significatives entre elles ($p = 0,637$), l'ensemble montre une amélioration notable de la croissance des tiges par rapport à l'eau, indiquant une efficacité positive des prétraitements testés sur le développement des plantules.

5.1.4. Taux d'humidité

La Figure 9 présente la variation du taux d'humidité des deux variétés d'orge étudiées, (Fouara) et (Saïda) , ont été préalablement immergées dans l'eau, dans différents extraits naturels (Fen ,Ger) et dans l'auxine synthétique(AIA10 et AIA50) et par la suite exposées à différents niveaux de stress salin (0 g/L, 5 g/L, 10 g/L, 15 g/L).

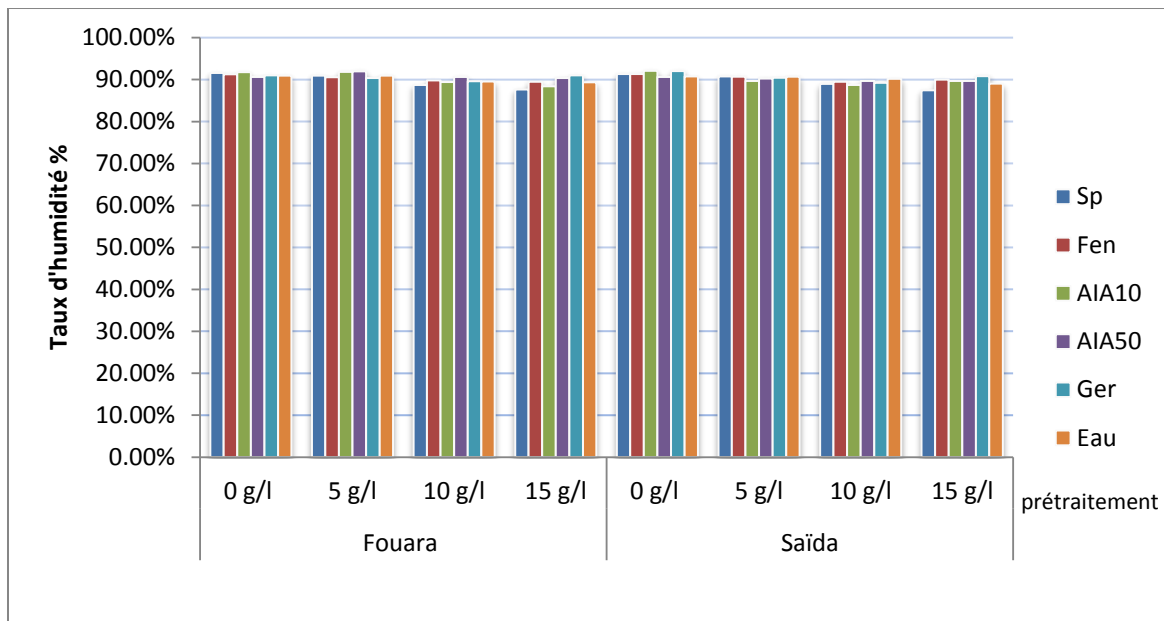


Figure 9. Effets de l’amorçage sur le taux d’humidité des deux variétés d’orge en fonction de l’intensité du stress salin.

Les taux d’humidité des graines varient légèrement selon la salinité et le prétraitement, mais restent globalement élevés (autour de 87–92 %), témoignant d’une bonne absorption d’eau même sous stress salin .

En comparant les deux variétés (Fouara et Saïda), les différences sont faibles, avec une légère supériorité pour Saïda à faible concentration, notamment pour AIA10 (92,06 %) et Ger (92,05 %). Les traitements pré germinatifs à l’AIA10 et Ger apparaissent globalement comme les plus efficaces, tandis que Sp se révèle le moins performant à fortes concentrations, atteignant seulement 87,61 % chez Fouara et 87,46 % pour Saïda à 15 g/l.

Le tableau d’ANOVA uni variée (Annexe 4) montre que, pour la variable dépendante Taux d’humidité (T H %), aucun effet significatif n’a été détecté. Cela signifie que ni la variété, ni le type de prétraitement, ni la concentration saline, ni leurs combinaisons, n’ont eu d’effet statistiquement significatif sur le taux d’humidité des plantes dans cette expérience. En résumé, la variable taux d’humidité reste stable quel que soit le traitement ou la variété, dans les conditions expérimentales étudiées.

5.2. Discussion

La présente étude met en évidence l'effet significatif de divers traitements de pré-germination par l'application d'auxine (AIA), d'eau distillée, ainsi que des extraits naturels tels que le fenugrec et le germe d'orge, sur la germination des semences et la croissance initiale des plantules d'orge (*Hordeum vulgare L.*) soumises à un stress salin. Les résultats obtenus confirment que l'efficacité de ces traitements dépend à la fois du type de prétraitement appliqué de la variété d'orge considérée et de niveau de salinité, soulignant ainsi l'importance d'une approche ciblée pour améliorer la tolérance au sel en phase de germination.

Les résultats de cette étude ont mis en évidence une nette supériorité de la variété Saïda par rapport à la variété Fouara en termes de tolérance au stress salin, traduite par des taux de germination plus élevés, une croissance racinaire accrue. Ces différences inter-variétales sont attribuées aux divergences génotypiques, soulignant ainsi l'importance du facteur génétique dans la régulation de la réponse physiologique et adaptative des plantes face aux contraintes abiotiques, ce qui concorde avec les résultats rapportés par Adjel (2017).

L'analyse des courbes cinétiques de germination sous différents niveaux de salinité a mis en évidence l'efficacité des prétraitements, en particulier l'acide indole-3-acétique à la concentration de 10 mg/L (AIA10), dans l'amélioration des performances germinatives des deux variétés d'orge, notamment aux concentrations salines élevées (10 et 15 g/L de NaCl). Ces résultats sont en accord avec ceux rapportés par Abdoli et al. (2013), qui ont montré que l'application d'acide indole-3-acétique (AIA) améliore significativement le taux de germination des graines de blé, atteignant 100 % même sous un stress salin sévère (120 mM de NaCl), contrairement aux témoins non traités qui ont présenté des taux nettement inférieurs. Par ailleurs, aux faibles niveaux de salinité (0 et 5 g/L), le prétraitement à l'eau distillée s'est révélé le plus performant. Le test post hoc de Tukey confirme cette observation en établissant une hiérarchie d'efficacité des traitements, plaçant l'eau distillée en tête. Cette performance pourrait être attribuée à une meilleure imbibition des graines et à une activation enzymatique accrue, comme le suggèrent les travaux de Farooq et al., (2006); Ghanbari et al., (2018). Ces résultats soulignent le rôle essentiel des traitements de pré-germination dans la mitigation des effets négatifs du stress salin et dans l'amélioration de la tolérance des plantes dès les premières phases de développement. Ces résultats suggèrent que l'amorçage peut atténuer les effets négatifs du stress salin sur la germination (Zhang et al., 2010).

Le stress salin, en tant que facteur abiotique, induit des perturbations osmotique, ionique et oxydative, affectant les processus métaboliques de germination (Ahmad et *al.*,2022). De plus, la toxicité ionique (accumulation de Na⁺) endommage les tissus méristématiques racinaires, inhibant la division cellulaire et la croissance (Munns et Tester,2008).l'AIA est connue pour stimuler l'activité des enzymes antioxydantes, contribuant ainsi à limiter les dommages oxydatifs causés par le stress salin (Iqbal et Ashraf, 2007) .

Les prétraitements à base d'extraits naturels, tels que le fenugrec et le germe d'orge, ont significativement favorisé l'allongement des racicules et des tigelles, tandis que le traitement à l'eau distillée a permis de maintenir, voire de stimuler, la croissance racinaire. Ces résultats sont en accord avec ceux rapportés par Jalilian et *al.*, (2014), qui ont montré que certains extraits végétaux naturels et des traitements simples comme l'eau peuvent améliorer les performances de croissance en phase de germination, même sous stress salin.

L'application de l'AIA à 10 µM et 50 µM a amélioré la croissance des tigelles chez les variétés Saïda et Fouara à une concentration de 5 g/L de NaCl. Ces résultats corroborent partiellement ceux d'Akbari et *al.*, (2007), qui ont montré que l'AIA stimule la croissance de l'épicotyle et augmente la biomasse fraîche et sèche des plantules, sans toutefois avoir d'effet significatif sur la longueur des racines ni sur le taux de germination, observation particulièrement valable dans des conditions de stress sévère.

L'action de l'acide indole-3-acétique (AIA) sur la germination et la croissance des plantules varie selon la concentration appliquée. À faible concentration (AIA 10 µM), cette hormone favorise significativement la germination ainsi que l'allongement des racines et des épicotyles, comme l'ont rapporté Zhao et *al.*,(2020), soulignant un effet stimulant sur le développement initial des semis. Cependant, lorsque la concentration augmente (AIA 50 µM), cet effet bénéfique peut s'atténuer, voire se transformer en inhibition de croissance. Cette observation est appuyée par les travaux de Dubrovsky et *al.*,(2008), qui ont mis en évidence qu'à des doses élevées, l'AIA provoque une accumulation excessive de peroxyde d'hydrogène dans les racines, générant un stress oxydatif local qui limite l'élongation racinaire. Ainsi, l'efficacité de l'AIA dépend étroitement du dosage, ce qui est crucial pour optimiser son utilisation dans le prétraitement des semences.

Par ailleurs, l'amélioration du contenu en eau relatif chez les plantules traitées suggère une meilleure capacité de rétention hydrique, notamment chez Saïda, ce qui indique une

adaptation morpho-physiologique favorable. Selon Al-Tardeh et *al.*,(2023), cette stabilité hydrique est fortement dépendante du génotype, bien que l'effet du stress salin sur le contenu hydrique reste variable selon les cultivars.

Les résultats obtenus sont en accord avec ceux de Ashraf et Foolad (2005), qui ont mis en évidence l'efficacité des traitements de semences avant semis dans l'amélioration des performances des cultures sous conditions stressantes. De plus, l'utilisation de composés naturels comme l'acide salicylique, comme démontré par Ellouzi et *al.*,(2023), ouvre la voie à des stratégies écologiques et durables pour renforcer la résilience des plantes.

Conclusion

Conclusion

Les résultats de cette étude ont clairement montré que les prétraitements des graines d'orge utilisant des extraits naturels (fenugrec et germe d'orge), des régulateurs de croissance végétale (auxine synthétique AIA à deux concentrations différentes), ainsi que l'eau distillée, exercent un effet significatif sur l'amélioration des indicateurs de germination et de croissance initiale sous conditions de stress salin. Ces traitements, en particulier AIA10 (90 % à 10 g/L chez Saïda, 86,66 % à 10 g/L chez Fouara), ont contribué à augmenter le taux de germination et à accélérer son apparition, comparativement au témoin non traité. Le traitement à l'eau distillée a également montré une efficacité notable, surtout sous faibles concentrations de salinité, où il a stimulé la germination et soutenu la croissance initiale, soulignant ainsi son rôle potentiel dans l'atténuation des effets du stress salin modéré. En revanche, le germe d'orge a montré une efficacité limitée sur le taux de germination, voire négative, dans ces conditions.

Le stress salin exerce un effet fortement inhibiteur sur la croissance des racines et des tiges d'orge, avec une intensité dépendante du niveau de salinité. Les prétraitements testés modulent significativement cette réponse, en particulier les extraits naturels (germe d'orge et fenugrec) qui offrent un effet protecteur notable, surtout chez la variété Saïda (en particulier à 15 g/l 115,01 % et 113,33 % respectivement). Les auxines (AIA10 et AIA50) montrent un effet bifasique, stimulant à faible salinité mais inhibiteur à forte concentration.

Les analyses statistiques (ANOVA) ont révélé que le type de prétraitement et la variété ont un effet significatif et indépendant sur la majorité des caractères étudiés, tandis que l'effet du niveau de salinité était moins significatif pour certains paramètres et significatif pour certains paramètres. Ceci peut être attribué au rôle interactif des prétraitements.

La variété Saïda a démontré une performance relativement supérieure à celle de la variété Fouara sous différents niveaux de salinité, ce qui reflète une divergence génétique dans les mécanismes de réponse au stress salin entre les deux génotypes. Cette meilleure tolérance au sel observée chez Saïda suggère que la sélection variétale, associée à des méthodes de prétraitement appropriées, constitue une stratégie pertinente pour l'amélioration de la culture des plantes en milieux salins.

Perspectives et recommandations

Sur la base de ces résultats, plusieurs axes peuvent être envisagés pour approfondir cette étude et mieux comprendre les mécanismes de tolérance :

- Étendre les expérimentations à d'autres extraits végétaux aux propriétés bioactives documentées, tels que les algues, et l'ail.
- Tester différents dosages et durées d'imprégnation des prétraitements afin d'optimiser leurs effets bénéfiques sans induire de phytotoxicité .
- Évaluer l'efficacité de ces traitements dans des conditions semi-contrôlées ou en plein champ, pour valider leur performance agronomique réelle.

Cette étude ouvre ainsi des perspectives prometteuses pour le développement de pratiques agricoles durables visant à améliorer la résistance des cultures aux stress environnementaux, notamment à la salinité, contribuant ainsi à la sécurité alimentaire dans les zones vulnérables et arides.

Bibliographie

Référence Bibliographique

- Abdoli , M., Saeidi, M., Azhand ,M.,Jalali-Honarmand,S.,Esfandiari,E., &Shekari, F. (2013) . The Effects of Different Levels of Salinity and Indole-3-Acetic Acid (IAA) on Early Growth and Germination of Wheat Seedling . Journal of Stress Physiology & Biochemistry. Vol.9No.42013,pp.329-338.
- Adjel, F.(2017).Analyse de la tolérance de l'orge(*Hordeum vulgare L.*)au stress salin(Thèse de doctorat, Université Ferhat Abbas Sétif1).
- Ahmad ,A., Blasco, B .,& Martos,V.(2022) .Combating salinity through natural plant extracts based biostimulants : A Review. Front .Plant Sci.Volume 13.<https://doi.org/10.3389/fpls.2022.862034>.
- Akbari,G .,Modarres-Sanavy,S .A. M ., et Yousefzadeh,S .(2007) .Effet de l'auxine et des stress salin (NaCl)sur la germination des graines de cultivars de blé(*Triticum aestivum L.*).Pakistan Journal Biological Sciences.10(15) :2557-2561. DOI :10 .3923 /pjbs.2007.2557.2561
- Al-Tardeh,S.M., Alqam, H. N.,Kuhn, A. J.,Kuchendorf,C.M.(2023) .In Vitro Assessment of Salinity Stress Impact on Early Growth in Ten Certified Palestinian Barley Cultivars (*Hordeum vulgare L.*) Potentially Suitable for Cultivation on Former Quarry Substrates.Water,15(6), 1065 .<https://doi.org/10.3390/w15061065>.
- Ashraf, M., & Foolad, M. R. (2005). Pre-sowing seed treatment—A shotgun approach to improve germination, plant growth, and crop yield under saline and non-saline conditions. *Advances in Agronomy*, 88, 223–271. [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(05\)88006-X](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(05)88006-X)
- Baik, B. K., & Ullrich, S. E. (2008). Barley for food: Characteristics, improvement, and renewed interest. *Journal of Cereal Science*, 48(2), 233–242. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2008.02.002>
- Basra, S. M. A., Farooq M., Tabassum, R., & Ahmed, N. (2005). Physiological and biochemical aspects of seed vigor enhancement treatments in fine rice (*Oryza sativa L.*). *Seed Science and Technology*, 33(3), 623–628.
- BENSAAADI, N. (2011). Effet du stress salin sur l'activité des Alpha-amylases et la remobilisation des réserves des graines d'haricot (*Phaesolus vulgaris L.*) en germination (Doctoral dissertation, Université d'Oran1-Ahmed Ben Bella).
- Bewley, J. D., Bradford, K., Hilhorst, H., & Nonogaki, H. (2013). *Seeds: Physiology of development, germination and dormancy* (3rd ed.). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-4693-4>
- Blum, A. (2005). Drought resistance, water-use efficiency, and yield potential—Are they compatible, dissonant, or mutually exclusive? *Australian Journal of Agricultural Research*, 56(11), 1159–1168. <https://doi.org/10.1071/AR05069>
- Bradford, K. J. (1986). Manipulation of seed water relations via osmotic priming to improve germination under stress conditions. *HortScience*, 21(5), 1105–1112.
- Chen, K., & Arora, R. (2013). Priming memory invokes seed stress-tolerance. *Environmental and Experimental Botany*, 94, 33–45. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2012.03.005>
- Dubrovsky, J. G., Sauer, M., Napsucially-Mendivil, S., Ivanchenko, M. G., Friml, J., Shishkova, S., & Benková, E. (2008). Auxin acts as a local morphogenetic trigger to

- specify lateral root founder cells. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(25), 8790–8794. <https://doi.org/10.1073/pnas.0712307105>
- Egamberdieva, D., Wirth, S. J., Alqarawi, A. A., Abd_Allah, E. F., & Hashem, A. (2017). Phytohormones and beneficial microbes: Essential components for plants to balance stress and fitness. *Frontiers in Microbiology*, 8, 2104. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.02104>
 - Ellouzi, H., Zorrig, W., Amraoui, S., Oueslati, S., Abdelly, C., Rabhi, M., Siddique, K. H. M., & Hessini, K. (2023). Seed Priming with Salicylic Acid Alleviates Salt Stress Toxicity in Barley by Suppressing ROS Accumulation and Improving Antioxidant Defense Systems, Compared to Halo- and Gibberellin Priming. *Antioxidants (Basel)*, 12(9):1779.
 - Ellouzi, H., Ben Slimene Debez, I., Amraoui, S., Rabhi, M., Hanana M., Alyami N., Debez A., Abdelly, C., & Zorrig, W. (2024). Effect of seed priming with auxin on ROS detoxification and carbohydrate metabolism and their relationship with germination and early seedling establishment in salt stressed maize. *BMC Plant Biol*, 25;24:704. doi: 10.1186/s12870-024-05413-w
 - Finch-Savage, W. E., & Leubner-Metzger, G. (2006). Seed dormancy and the control of germination. *New Phytologist*, 171(3), 501–523. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2006.01787.x>
 - Farooq, M., Basra, S.M.A., Tabassum, R., & Afzal, I. (2006). Enhancing the performance of direct seeded fine rice by seed priming. *Plant Production Science*, 9(4), 446–456. DOI:10.1626/pp.9.446
 - Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D., & Basra, S. M. A. (2008). Plant drought stress: Effects, mechanisms and management. *Agronomy for Sustainable Development*, 29, 185–212. <https://doi.org/10.1051/agro:2008021>
 - Farooq, M., Wahid, A., & Siddique, K. H. M. (2015). Salt stress in plants: An overview. In P. Ahmad (Ed.), *Ecophysiology and responses of plants under salt stress* (pp. 1–18). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4939-2540-7_1
 - Flowers, T. J., Galal, H. K., & Bromham, L. (2015). Evolution of halophytes: Multiple origins of salt tolerance in land plants. *Functional Plant Biology*, 42(6), 561–575. <https://doi.org/10.1071/FP15020>
 - Flowers, T. J., Galal, H. K., & Bromham, L. (2015). Evolution of halophytes: Multiple origins of salt tolerance in land plants. *Functional Plant Biology*, 42(6), 561–575. <https://doi.org/10.1071/FP15020>
 - Gavahian, M., Saberianpour, S., Amini, A., & Nambu, I. (2024). Fenugreek bioactive compounds: A review of applications and extraction based on emerging technologies. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 64(28), 10187–10203. <https://doi.org/10.1080/10408398.2023.2221971>
 - Ghanbari, M., Modarres-Sanavy, S., Mokhtassi, B. A., Talbi-Siah, S. (2018). Effect of hydropriming and seed aging on seed germination and biochemical characteristics of pinto bean (*Phaseolus vulgaris* seed under salt stress. *Iranian J. Seed Res.* 4(2), 37-55. *Growth Regulation*, 28(4), 386–399. <https://doi.org/10.1007/s00344-009-9103-x>
 - Halpern, M., Bar-Tal, A., Ofek, M., Minz, D., Muller, T., & Yermiyahu, U. (2015). The use of biostimulants for enhancing nutrient uptake. *Advances in Agronomy*, 130, 141–174. <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2014.10.001>
 - Harris, H. B., & Burns, R. E. (1970). Influence of tannin content on preharvest seed germination in sorghum. *Agronomy Journal*, 62(6), 835–836. <https://doi.org/10.2134/agronj1970.00021962006200060051x>

- Hasni, I., Ben ahmed, H., Bizid, E., Raies, A., Samson, G., & Zid, E. (2009). Physiological characteristics of salt tolerance in fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.). *Plant Physiology and Biochemistry*, [Volume/Issue if available], [pages if available].
- Haug, W., & Lantzsch, H. J. (1993). Sensitive method for the rapid determination of phytate in cereals and cereal products. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 40(3), 255–261. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740400307>
- Iqbal, M., & Ashraf, M. (2007). Seed treatment with auxins modulates growth and ion partitioning in salt-stressed wheat plants. *Journal of Integrative Plant Biology*, Vol 49(7), 1045–1057. DOI :10.1111/j.1672-9072.2007.00488.x
- Jalilian, J., khalilzadeh, R., et Khanpaye, E. (2014). Amélioration de la croissance des plantules d'orge par amorçage des semences sous stress hydrique. *Journal de physiologie et de biochimie du stress*. Volume 10(2), 125-134.
- Jisha, K. C., Vijayakumari, K., & Puthur, J. T. (2013). Seed priming for abiotic stress tolerance: An overview. *Acta Physiologiae Plantarum*, 35, 1381–1396. <https://doi.org/10.1007/s11738-012-1186-5>
- Khan, W., Rayirath, U. P., Subramanian, S., Jithesh, M. N., Rayorath, P., Hodges, D. M., Critchley, A. T., Craigie, J. S., Norrie, J., & Prithiviraj, B. (2012). Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development. *Journal of Plant*
- Khan, H. A., Siddiqui, M. H., Mohammad, F., & Naeem, M. (2012). Role of plant growth regulators and nitric oxide in the tolerance of plants to abiotic stresses. *Plant Growth Regulation*, 68(3), 447–459. <https://doi.org/10.1007/s10725-012-9732-5>
- Maheshwaran, L., Sukardi, S., & Puriwangi, C. A. (2024). Phytochemical testing methodologies and principles for preliminary screening qualitative testing. *Asian Plant Research Journal*, 12(5), 11–38
- Maurel, C., Verdoucq, L., Luu, D.-T., & Santoni, V. (2008). Plant aquaporins: Membrane channels with multiple integrated functions. *Annual Review of Plant Biology*, 59, 595–624. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.59.032607.092734>
- Munns, R., & Tester, M. (2008). Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology*, 59, 651–681. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.59.032607.092911>
- Nonogaki, H., Bassel, G. W., & Bewley, J. D. (2010). Germination—Still a mystery. *Plant Science*, 179(6), 574–581. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2010.02.010>
- Office of the Gene Technology Regulator. (2021). The Biology of *Hordeum vulgare* L. (barley). Australian Government Department of Health. <https://www.ogtr.gov.au/sites/default/files/2021->
- Overvoorde, P., Fukaki, H., & Beeckman, T. (2010). Auxin control of root development. *Cold Spring Harbor Perspectives in Biology*, 2(6), a001537. <https://doi.org/10.1101/cshperspect.a001537>
- Parida, A. K., & Das, A. B. (2005). Salt tolerance and salinity effects on plants: A review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 60(3), 324–349. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2004.06.010>
- Pasam, R. K., Sharma, R., Malosetti, M., van Eeuwijk, F., & Graner, A. (2012). Genome-wide association studies for agronomical traits in a world-wide spring barley collection. *BMC Plant Biology*, 12, 16. <https://doi.org/10.1186/1471-2229-12-16>
- 15(4), 1061–1072. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9464679/>

- Peleg, Z., & Blumwald, E. (2011). Hormone balance and abiotic stress tolerance in crop plants. *Current Opinion in Plant Biology*, 14(3), 290–295. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2011.02.001>
- Qadir, M., Quilléro, E., Nangia, V., Murtaza, G., Singh, M., Thomas, R. J., Drechsel, P., & Noble, A. D. (2007). Economics of salt-induced land degradation and restoration. *Natural Resources Forum*, 31(4), 282–294. <https://doi.org/10.1111/j.1477-8947.2007.00157>.
- Qadir, M., Quilléro, E., Nangia, V., Murtaza, G., Singh, M., Thomas, R. J., Drechsel, P., & Noble, A. D. (2014). Economics of salt-induced land degradation and restoration. *Natural Resources Forum*, 38(4), 282–295. <https://doi.org/10.1111/1477-8947.12054>
- Rengasamy, P. (2010). Soil processes affecting crop production in salt-affected soils. *Functional Plant Biology*, 37(7), 613–620. <https://doi.org/10.1071/FP09228>
- 11/the_biology_of_hordeum_vulgare_l_barley_november_2021.pdf
- Rengasamy (2010) Rengasamy, P. (2010). Soil processes affecting crop production in salt-affected soils. *Functional Plant Biology*, 37(7), 613–620. <https://doi.org/10.1071/FP09249>
- Slafer, G. A., Araus, J. L., Royo, C., & Garcia del Moral, L. F. (2005). Promising eco-physiological traits for genetic improvement of cereal yields in Mediterranean environments. *Annals of Applied Biology*, 146(1), 61–70. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2005.03167.x>
- Strashok, O., Ziemiańska, M., & Czaplicka, M. (2024). Pre-treatment of *Cucurbita maxima* ‘Hokkaido orange’ by *Viscum album* aqueous extracts in search of allelopathic potential. *Scientific Reports*, 14, 14927. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-51984-3>
- Taiz, L., Zeiger, E., Møller, I. M., & Murphy, A. (2015). *Plant physiology and development* (6th ed.). Sunderland, MA: Sinauer Associates.
- Tester, M., & Horie, T. (2011). Metabolic responses to salt stress of barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivars, Sahara and Clipper, which differ in salinity tolerance. *Journal of Experimental Botany*, 62(7), 2281–2292. <https://doi.org/10.1093/jxb/erq426>
- Tóth, G., Tóth, S. Z., & Mészáros, T. (2019). Phytochemicals in bioenergy crops. *Phytochemistry Reviews*, 18(5), 1285–1311. <https://doi.org/10.1007/s11101-019-09609-5>
- Vans, L. T., & Wardlaw, I. F. (1990). Structure and development of cereal leaves. In *Physiology of Crop Plants* (pp. 1-38). Academic Press.
- Varier, A., Vari, A. K., & Dadlani, M. (2010). The subcellular basis of seed priming. *Current Science*, 450-456.
- Zandavar, H., & Babazad, M. A. (2023). Secondary Metabolites: Alkaloids and Flavonoids in Medicinal Plants. In *Tech Open*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.110010>
- Zhang, H-X., Irving, L. J., McGill, C., Matthew, C., Zhou, D., et Kemp, P. (2010). Les effets de la salinité et des stress osmotique sur le taux de germination de l’orge : le sodium comme régulateur osmotique. *Annales de botanique*. 106(6)1027-1035. DOI :10.1093/aob/mcq204.
- Zhao, Y. (2010). Auxin biosynthesis and its role in plant development. *Annual Review of Plant Biology*, 61, 49–64. <https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-042809-112308>.
- 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 regulating the

- endogenous phytohormones and enhancing the sucrose metabolism. *Industrial Crops and Products*. Volume 155(2020)112788. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112788>
- Zhou, Y., Wang, Y., Wang, R., Zhang, J., & Wang, X. (2023). Salt stress delays barley seed germination by impairing the mobilization of seed reserves. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1083564. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1083564>
 - Zhu, J. K. (2001). Plant salt tolerance. *Trends in Plant Science*, 6(2), 66–71. [https://doi.org/10.1016/S1360-1385\(00\)01838-0](https://doi.org/10.1016/S1360-1385(00)01838-0)
 - Zongo, N., Lompo, D. J. P., Dao, J., Sedogo, M. P., & Nacro, B. H. (2021). Afrique SCIENCE, 19(4), 174–188.

Annexes

Annexe 1. Tableau Analyse de la variance pour le taux de germination des variété (Fouara et Saïda)

Tests des effets intersujets

Variable dépendante: TG (%)

Source	Somme des carrés de Type III	df	Carré moyen	F	Sig.
Modèle corrigé	12510,417 ^a	47	266,179	1,604	,026
Constante	907256,250	1	907256,250	5466,314	,000
Variété	2100,694	1	2100,694	12,657	,001
Prétraitement	4089,583	5	817,917	4,928	,000
Salinité	779,861	3	259,954	1,566	,203
Variété * Prétraitement	778,472	5	155,694	,938	,460
Variété * Salinité	1090,972	3	363,657	2,191	,094
Prétraitement * Salinité	2124,306	15	141,620	,853	,617
Variété * Prétraitement * Salinité	1546,528	15	103,102	,621	,851
Erreur	15933,333	96	165,972		
Total	935700,000	144			
Total corrigé	28443,750	143			

TG (%)

Différence significative de Tukey^{a,b}

Prétraitement	N	Sous-ensemble		
		1	2	3
Ger	24	70,42		
Fen	24	74,17	74,17	
Tem	24	80,42	80,42	80,42
AIA50	24		82,50	82,50
AIA10	24		83,33	83,33
Eau	24			85,42
Sig.		,087	,145	,759

Les moyennes des groupes des sous-ensembles homogènes sont affichées.

Calcul basé sur les moyennes observées.

Le terme d'erreur est le carré moyen (Erreur) = 165,972.

a. Utilise la taille d'échantillon de la moyenne harmonique = 24,000.

b. Alpha = 0,05.

Annexe 2 .Tableau Analyse de la variance pour la longueur moyenne des racines des variété (Fouara et Saïda) .

Tests des effets intersujets

Variable dépendante:MLong radicule

Source	Somme des carrés de Type III	df	Carré moyen	F	Sig.
Modèle corrigé	108723,903 ^a	47	2313,275	18,857	,000
Constante	639597,397	1	639597,397	5213,846	,000
Variété	1,621	1	1,621	,013	,909
Prétraitement	6925,018	5	1385,004	11,290	,000
Salinité	96378,444	3	32126,148	261,885	,000
Variété * Prétraitement	707,708	5	141,542	1,154	,338
Variété * Salinité	2,147	3	,716	,006	,999
Prétraitement * Salinité	3718,506	15	247,900	2,021	,021
Variété * Prétraitement * Salinité	990,458	15	66,031	,538	,913
Erreur	11776,595	96	122,673		
Total	760097,894	144			
Total corrigé	120500,498	143			

a. R-deux = ,902 (R-deux ajusté = ,854)

prétraitement

MLong radicule

Différence significative de Tukey^{a,b}

Prétraitement	N	Sous-ensemble			
		1	2	3	4
AIA50	24	56,382500			
AIA10	24	61,842083	61,842083		
Eau	24	64,895000	64,895000	64,895000	
Fen	24		66,906667	66,906667	
Ger	24			71,766250	71,766250
Tem	24				78,081667
Sig.		,093	,611	,272	,364

Les moyennes des groupes des sous-ensembles homogènes sont affichées.

Calcul basé sur les moyennes observées.

Le terme d'erreur est le carré moyen (Erreur) = 122,673.

a. Utilise la taille d'échantillon de la moyenne harmonique = 24,000.

b. Alpha = 0,05.

MLong radicule

Salinité

Différence significative de Tukey^{a,b}

Salinité	N	Sous-ensemble			
		1	2	3	4
150g/L	36	38,092500			
100g/L	36		53,150000		
50g/L	36			67,723889	
0g/L	36				107,616389
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000

Les moyennes des groupes des sous-ensembles homogènes sont affichées.

Calcul basé sur les moyennes observées.

Le terme d'erreur est le carré moyen (Erreur) = 172,300.

a. Utilise la taille d'échantillon de la moyenne harmonique = 36,000.

b. Alpha = 0,05.

Annexe3. Tableau Analyse de la variance pour la longueur moyenne des tigeles des variétés (Fouara et Saïda)

Variable dépendante: MLong tigele

Source	Somme des carrés de Type III	df	Carré moyen	F	Sig.
Modèle corrigé	138212,373 ^a	47	2940,689	22,542	,000
Constante	1083183,112	1	1083183,112	8303,101	,000
Variété	50,517	1	50,517	,387	,535
Prétraitement	4235,858	5	847,172	6,494	,000
Salinité	127610,747	3	42536,916	326,065	,000
Prétraitement * Variété	111,940	5	22,388	,172	,973
Salinité * Variété	325,183	3	108,394	,831	,480
Salinité * Prétraitement	3969,473	15	264,632	2,029	,021
Salinité * Prétraitement * Variété	1908,656	15	127,244	,975	,487
Erreur	12523,704	96	130,455		
Total	1233919,188	144			
Total corrigé	150736,076	143			

a. R-deux = ,917 (R-deux ajusté = ,876)

MLong tigele

Différence significative de Tukey^{a,b}

Salinité	N	Sous-ensemble			
		1	2	3	4
150g/L	36	47,551944			
100g/L	36		70,463889		
50g/L	36			104,249444	
0g/L	36				124,655000
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000

Les moyennes des groupes des sous-ensembles homogènes sont affichées.

Calcul basé sur les moyennes observées.

Le terme d'erreur est le carré moyen (Erreur) = 130,455.

a. Utilise la taille d'échantillon de la moyenne harmonique = 36,000.

b. Alpha = 0,05.

MLong tigelleDifférence significative de Tukey^{a,b}

Prétraitement	N	Sous-ensemble	
		1	2
Eau	24	75,136667	
AIA50	24		86,240000
Tem	24		88,379167
AIA10	24		88,958333
Fen	24		90,337083
Ger	24		91,329167
Sig.		1,000	,637

Les moyennes des groupes des sous-ensembles homogènes sont affichées.

Calcul basé sur les moyennes observées.

Le terme d'erreur est le carré moyen (Erreur) = 130,455.

a. Utilise la taille d'échantillon de la moyenne harmonique = 24,000.

b. Alpha = 0,05.

Annexe 4. Analyse de la variance pour le taux d'humidité des variété (Fouara et Saïda)

Variable dépendante: T H (%)

Source	Somme des carrés de Type III	df	Carré moyen	F	Sig.
Modèle corrigé	5129,377 ^a	47	109,136	,965	,545
Constante	1139022,260	1	1139022,260	10066,578	,000
Variété	200,321	1	200,321	1,770	,186
Prétraitement	1124,802	5	224,960	1,988	,087
Salinité	32,868	3	10,956	,097	,962
Prétraitement * Variété	1178,042	5	235,608	2,082	,074
Salinité * Variété	227,870	3	75,957	,671	,572
Salinité * Prétraitement	1230,292	15	82,019	,725	,754
Salinité * Prétraitement * Variété	1135,181	15	75,679	,669	,809
Erreur	10862,295	96	113,149		
Total	1155013,932	144			
Total corrigé	15991,672	143			

a. R-deux = ,321 (R-deux ajusté = -,012)

Résumés

Cette recherche vise à évaluer la tolérance au stress salin de deux variétés locales d'orge, Fouara et Saïda, après un prétraitement avec de l'eau distillée, des extraits naturels (extrait de fenugrec, extrait de germe d'orge), ainsi que l'auxine synthétique à deux concentrations différentes (AIA 10 μM et AIA 50 μM). L'étude a été conduite sous quatre niveaux de salinité (0, 5, 10 et 15 g/L de NaCl), en analysant le taux de germination, la longueur des racines et des épicotyles, la cinétique de germination ainsi que le taux d'humidité des plantules. Les résultats confirment l'efficacité de l'amorçage des graines comme stratégie pour atténuer les effets négatifs du stress salin chez l'orge. Les prétraitements à l'AIA (à 10 et 50 μM) et à l'eau distillée ont significativement amélioré le taux de germination en conditions salines. Le stress salin a entraîné une inhibition progressive de la croissance racinaire et de l'épicotyle, tandis que les extraits de germe d'orge et de fenugrec ont exercé une action protectrice notable, particulièrement chez la variété Saïda. En revanche, aucune variation significative du taux d'humidité n'a été observée entre les traitements, les niveaux de salinité ou les variétés. Grâce à sa meilleure tolérance intrinsèque, la variété Saïda présente une réponse plus stable aux différents traitements, faisant d'elle une candidate prometteuse pour les programmes d'amélioration génétique et les pratiques agricoles adaptées aux sols salins.

Mots clés : Amorçage, Orge, Germination, Stress salin, Croissance, Tolérance variétale.

Abstract

This research aims to evaluate the salt stress tolerance of two local barley varieties, *Fouara* and *Saïda*, following seed priming with distilled water, natural extracts (fenugreek extract, barley germ extract), as well as synthetic auxin at two different concentrations (IAA 10 μM and IAA 50 μM). The study was conducted under four salinity levels (0, 5, 10, and 15 g/L NaCl), by analyzing the germination rate, root and epicotyl length, germination kinetics, and seedling moisture content. The results confirm the effectiveness of seed priming as a strategy to mitigate the negative effects of salt stress in barley. Pretreatments with IAA (at 10 and 50 μM) and distilled water significantly improved the germination rate under saline conditions. Salt stress caused a progressive inhibition of root and epicotyl growth, while barley germ and fenugreek extracts exerted a notable protective effect, particularly in the *Saïda* variety. Conversely, no significant variation in seedling moisture content was observed between treatments, salinity levels, or varieties. Thanks to its better intrinsic tolerance, the *Saïda* variety showed a more stable response to the different treatments, making it a promising candidate for genetic improvement programs and agricultural practices adapted to saline soils.

Keywords: Priming, Barley, Germination, Salt stress, Growth, Varietal tolerance.

الملخص

تهدف هذه الدراسة إلى تقييم تحمل الإجهاد الملحي لصنفين محليين من الشعير، فوارة وسعيدة، بعد إجراء المعاملة المسبقة للبذور باستخدام الماء المقطر، ومستخلصات طبيعية (مستخلص الحلبة، مستخلص جنين الشعير)، بالإضافة إلى الأوكسين الاصطناعي بتركيزين مختلفين (IAA 10 μM) و (IAA 50 μM) وقد أجريت الدراسة تحت أربعة مستويات من الملوحة (0، 5، 10، و 15 جم/ل من NaCl)، من خلال تحليل نسبة الإنبات، وطول الجذور والرويشة، وكنيتيكا الإنبات، ومحتوى الرطوبة في البادرات. تؤكد النتائج فعالية المعاملة المسبقة للبذور كاستراتيجية للتخفيف من الآثار السلبية للإجهاد الملحي لدى الشعير. فقد حسنت المعاملات المسبقة بـ (IAA بتركيزيه 10 و 50 ميكرومول) والماء المقطر نسبة الإنبات بشكل ملحوظ تحت ظروف الملوحة. كما أدى الإجهاد الملحي إلى تثبيط تدريجي لنمو الجذور والرويشة، في حين أظهر كل من مستخلص جنين الشعير والحلبة تأثيراً وقائياً ملحوظاً، خصوصاً لدى الصنف سعيدة. وعلى النقيض، لم تُسجل فروق معنوية في محتوى الرطوبة بين المعاملات أو مستويات الملوحة أو بين الصنفين. وبفضل تحمّله الداخلي الأفضل، أظهر صنف سعيدة استجابة أكثر استقراراً لمختلف المعاملات، مما يجعله مرشحاً واعداً لبرامج التحسين الوراثي والممارسات الزراعية الملائمة للتربة المالحة.

الكلمات المفتاحية: المعاملة المسبقة، الشعير، الإنبات، الإجهاد الملحي، النمو، التحمل الصنفي.



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) : <i>E. K. Am. Lannab; Leinekek AMEL</i>	لقب و إسم الطالب (ة) : <i>العناب الكرام كمار أمال</i>
La mention التقدير <i>Très bien</i>	Note(./20) العلامة
L'intitulé de mémoire المذكرة <i>Interaction de système ABO avec les maladies infectieuses</i>	

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

<p>Déclaration : Je soussigné (e), <i>G. K. H. Assina</i> (grade) <i>MCB</i> à l'université de <i>Biskra</i>, avoir examiné intégralement ce mémoire après les modifications apportées par l'étudiant. J'atteste que : * le document à 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 (الرتبة) بجامعة 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 style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td>مقبول acceptable</td> <td>عادي ordinaire</td> <td>حسن bien</td> <td>جيد جدا très bien</td> <td>ممتاز excellent</td> <td>متميز exceptionnel</td> </tr> <tr> <td>E</td> <td>D</td> <td>C</td> <td>B</td> <td>A</td> <td>A+</td> </tr> </table>	مقبول acceptable	عادي ordinaire	حسن bien	جيد جدا très bien	ممتاز excellent	متميز exceptionnel	E	D	C	B	A	A+	
مقبول acceptable	عادي ordinaire	حسن bien	جيد جدا très bien	ممتاز excellent	متميز exceptionnel								
E	D	C	B	A	A+								



الأستاذ المشرف

[Signature]

التاريخ

2025 / 06 / 25



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) : <i>Moussoui Raziba</i>	لقب و اسم الطالب (ة) : <i>هو سلوي رزيبية</i>
--	---

La mention التقدير <i>جيد</i>	Note (./20) العلامة <i>12/20</i>	L'intitulé de mémoire عنوان المذكرة <i>Effets des traitements prégerminatifs sur la tolérance à la salinité au stade de germination chez l'orge (Hordeum vulgare L.)</i>
----------------------------------	-------------------------------------	---

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

Déclaration :
 Je soussigné (e), *Belkhouche Hofta*,
 (grade) *M.C.B.* 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

تصريح :
 أنا الممضي (ة) أسفله *Belkhouche Hofta*
 (الرتبة) *M.C.B.* بجامعة
Biskra،
 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

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

قرار :
 اعتمادا على درجة مطابقتها للنموذج ، على نسبة الأخطاء اللغوية
 وعلى المحتوى العلمي أقرر أن تصنف هذه المذكرة في الدرجة

مقبول acceptable	عادي ordinaire	حسن bien	جيد جدا très bien	ممتاز excellent	متميز exceptionnel
E	D	C	B	A	A+



الأستاذ المشرف

[Signature]

التاريخ
 2025 / 06 / 25