



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

Référence ..... / 2023

Spécialité : Biotechnologie et valorisation des plantes

---

Présenté et soutenu par :  
**BEN AMMAR ISMAHANE et BAISSA NADA**

Le : [Click here to enter a date.](#)

***Effet de l'osmoprimer sur la  
tolérance du blé dur (*Triticum  
durum Desf.*) à la salinité au stade  
germination***

---

**Jury :**

Mme. SOULEF KRIKNER	MAA	Université de Biskra	Président
Mme. BELKHAROUCHÉ H	MCB	Université de Biskra	Rapporteur
Mme. NABILA FETITI	MAA	Université de Biskra	Examineur

Année universitaire : 2023- 2024

## Remerciements

Nous remercions avant tout ALLAH tout puissant, de m'avoir guidé, donné la volonté, et le courage de reprendre mes études après tant d'années.

Nous tenons tout d'abord à remercier notre encadrante , **Mme .Belkharchouche Hafida** ,maitre de conférences à l'université Mohamed khider de Biskra ,au département des sciences de la nature et de la vie ,pour les conseils et l'assistance qu'elle nous a apportés , pour ses précieuses interventions et orientations,ses contributions, sa disponibilité 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.

Nous adressons également nos remerciements et notre appréciation à tous nos professeurs qui nous ont permis d'acquérir beaucoup de connaissances, notamment **Mme Hammia et Mme Fetiti** dans la spécialité de biotechnologie et valorisation des plantes.

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

*Ismahane L. Nada*

## Dédicace

J'ai le plaisir de dédier ce travail

À mes parents les plus chères êtres de ma vie, la lumière de mes jours les sources de mes efforts.

A mon père **Salim** qui est mon soutien dans la vie et dans les moments difficiles.

Ma très chère mère **Farida** qui m'a accompagné tout au long de ma vie universitaire par ses conseils et ses encouragements

À mes chères sœurs **Sana** , **Sakria** et son mari **Redouane**

À ma nièce **Joumana**

À mes chers frères **Mabrouk** , **Youssef** et **Amir Zinedine**

A toute la famille **Ben Ammar**

Sans oublier mes meilleures amies **Widad** et **Halima**

À mon collègue **Nada** j'espère qu'elle a passé de bons moments avec moi tout le long de la période d'étude

À mes amies **Bouthaina** et **Hadil** et à toute la promotion 2024

*✍️ ISMAHANE*

## Dédicace

Aujourd'hui je dédie ma remise des diplômes à la source de tendresse et au cœur blanc et brillant, celui qui m'accueille avec un sourire et me dit adieu par une prière ma chère mère "**Aicha**".

A Celui qui m'a appris la détermination et la persévérance, source d'espoir et d'ambition mon chère père "**Nour Eddine**" comme je suis heureuse de vous voir, fier et heureux pour ma réussite.

Que Dieu te protège et te garde une couronne sur ma tête.

Je dédie ma joie à mon cher frère "**Salem**" mon soutien dans la vie.

A ma chère tante "**Hafida**", ma deuxième maman, la source de ma force, de ma joie et lumière de mon chemin.

J'adresse également tous mes remerciements et ma gratitude à mes chères sœurs, "**Randa**" et "**Yousra**", pour leur aide dans la rédaction de mon mémoire, pour avoir partagé la joie de l'obtention de mon diplôme et pour tout le soutien, la patience et les paroles aimables qu'elles m'ont apportées.

À mes amis "**Widad**" et "**Halima**"

A toute la famille "**Baissa**" et "**Genissa**".

Je dédie mes remerciements et ma joie à mon collègue, Ismahane avec qui j'ai passé un bon parcours universitaire

À mes amis du domaine de biotechnologie et valorisation des plantes, de la Promotion **2024**.

 *Nada*

# Table des matières

## Sommaire

<b>Remerciements</b> .....	
<b>Dédicace</b> .....	
<b>Table des matières</b> .....	<b>IV</b>
<b>Liste des Tableaux</b> .....	<b>VIII</b>
<b>Liste des Figures</b> .....	<b>X</b>
<b>Liste des abréviations</b> .....	<b>XI</b>
<b>Introduction générale</b> .....	<b>2</b>

## PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

### Chapitre 1 : Généralités sur la germination

1) <u>Généralités sur la germination</u> .....	5
1.1.Définition .....	6
1.2. Etapes de la germination .....	6
1.3.Dormance des graines .....	7
1.3.1.Dormance primaire.....	7
1.3.2.Dormance secondaire .....	8
1.4.Levée de dormance.....	8

### Chapitre 2: Prétraitement Germinatif

2.1. Définition .....	10
2.2. Types de priming.....	10
2.2.1.Hydropriming :.....	11
2.2.2.Osmopriming :.....	11
2.2.3.Chimio priming : .....	11
2.2.4.Hormopriming .....	11
2.3.Mécanismes du priming : .....	12
2.4.Effet de prétraitement sur la germination :.....	12
2.5.Effet de prétraitement sur la dormance : .....	12
<b>3) <u>Stress salin</u> :</b> .....	<b>12</b>
3.1. Définition de stress Salin: .....	12
3.2. Effet de stress salin sur la germinatin.....	12
3.3. Mécanisme d'adaptation au stress salin.....	12

PARTIE EXPERIMENTALE.

Chapitre 3: Matériel et méthode

3.1. Matériel végétal.....	17
3.2. Protocole expérimental.....	17
3.2.1. Application du traitement pré germinatif (Osmopriming).....	17
3.2.2. Traitement germinatif.....	17
3.2.3. Mise à Germination .....	17
3.3. Les paramètres étudiés .....	17
3.3.1 Taux de germination final .....	17
3.3.2. Cinétique de germination .....	17
3.3.3. Longueur des racines et des épi cotyles .....	17
3.4. Analyse statistique .....	19

Chapitre 4 : Résultats et discussions

4.1. Résultats et discussions.....	21
4.1.1. Taux de germination.....	21
4.1.2. Cinétique de germination.....	22
4.1.3. Longueur des racines et des épi-cotyles.. .....	24
4.1.3.1. Longueur des racines.. .....	25
4.1.3.2. Longueur des épi-cotyles.....	27
4.2. Discussions.....	28

<b>Conclusion.....</b>	<b>30</b>
------------------------	-----------

<b>Bibliographie.....</b>	<b>34</b>
---------------------------	-----------

<b>Annexes .....</b>	<b>37</b>
----------------------	-----------

<b>Résumés.....</b>	<b>38</b>
---------------------	-----------

## Liste des Tableaux

Tableau 01 : synthèse des principaux travaux sur l'osmoprimer des semences de différentes espèces cultivées

Tableau 2 : Analyse de la variance pour le taux de germination de la variété (Boussalam)

Tableau 3 : Analyse de la variance pour le taux de germination de la variété (Vitron)

Tableau 4 : Analyse de la variance pour la longueur de la racine de la variété (Boussalam)

Tableau 5 : Analyse de la variance de la longueur de la racine de la variété (Vitron)





## Liste des Figures

**Figure 1** : courbe théorique de la germination

**Figure 2** : les différentes variétés de blé dur

**Figure 3**: Effets de l'Osmopriming sur le taux de germination chez deux variétés de blé dur en fonction de l'intensité du stress salin.

**Figure 4** : Effets de l'Osmopriming sur la cinétique de la germination de blé dur (variété Vitron) sous l'effet des différents niveaux du stress salin

**Figure 5** : Effets de l'Osmopriming sur la cinétique de la germination de blé dur (variété Bousselam) sous l'effet des différents niveaux du stress salin.

**Figure 6** : Effets de l'Osmopriming sur la longueur des racines des deux variétés de blé dur en fonction de l'intensité du stress salin.

**Figure 7** : Effets de l'Osmopriming sur la longueur des tiges des deux variétés de blé dur en fonction de l'intensité du stress salin.

## Liste des abréviations

**AG** : Acide gibbérellique.

**ITDAS** : l'institut Technique de Développement de l'Agronomie Saharienne

**KCL** : Le chlorure de potassium

**KNO<sub>3</sub>** : le nitrate de potassium

**PEG** : polyéthylène Glycol.

**TGF** : taux de germination finale.

**TMG** : temps moyen de germination.

**ABA** : acide abscissique.

**Ni** : nombre des graines germées.

**NT** : nombre total de graines utilisées.

**SP** : sans prétraitement .

# **Introduction générale**

## Introduction :

Les céréales jouent un rôle important dans les systèmes agricoles mondiaux, ils sont considérées comme une source majeure de nutrition pour les humains et les animaux (Salma et *al.*, 2005).

La culture du blé s'étend à travers le globe en raison de son importance économique et nutritionnelle, ses graines renfermant une gamme variée de composés nutritifs, allant des glucides aux protéines, en passant par les lipides, les sels minéraux et les vitamines. Bien que largement répandue, la culture du blé, particulièrement en Afrique du Nord, est souvent confrontée à des défis climatiques et environnementaux qui peuvent entraver son rendement.

La salinité est l'un des facteurs limitants abiotiques les plus répandus sur Terre, limitant considérablement les rendements agricoles, en particulier dans les régions arides et semi-arides. En effet, le stress salin affecte la croissance et le développement des plantes, notamment des cultures céréalières, en altérant la productivité et le rendement des plantes. Pour remédier à ces conditions de stress et limiter ou réduire les effets néfastes du stress salin sur les plantes, différentes approches ont été évaluées visant surtout la germination, étape cruciale du développement d'une culture (Chaffai, 2017).

La germination est étroitement liée à la production végétale et à l'établissement de cultures prospères (Cheng et *al.*, 1999). Cependant, cette germination peut souvent être inégale, les graines ne germant pas toutes de manière uniforme ou synchronisée. Pour relever ces défis et améliorer le développement ainsi que le rendement des cultures, de multiples approches ont été explorées au fil des années (Basra et *al.*, 2003).

Depuis longtemps, diverses méthodes ont été expérimentées pour améliorer la germination, la croissance et le développement. L'amorçage ou endurcissement (*priming*) est l'une des techniques pré-semis les plus populaires, permettant d'influencer le développement des semis en ajustant les processus métaboliques de la germination avant l'émergence de la radicule. Pendant la phase réversible de la germination, la graine peut retrouver son état initial sans subir de dommage. L'endurcissement implique l'application d'un traitement osmotique (*Osmopriming*) des semences, favorisant ainsi la levée de la dormance la synchronisation de la germination des graines et une croissance améliorée (Boucelha et Djebbar, 2015).

L'objectif de cette étude est d'évaluer l'effet d'Osmoprimum sur la germination de deux variétés du blé dur (Vitron et Bouselleme) dans différentes concentrations de stress salin.

Ce mémoire est structuré en deux parties la première partie, est consacrée à une synthèse bibliographique concernant le thème de travail, elle est composée de deux chapitres :

- Chapitres 1 : Généralités sur la germination
- Chapitres 2 : Prétraitement (Osmoprimum) et stress salin.

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

- Chapitres 3 : Matériel et méthodes.
- Chapitres 4 : Résultats et discussion.

Cette étude se termine par une conclusion générale comprenant un certain nombre de recommandations, tout en mettant en valeur les résultats les plus pertinents.

# **Partie Bibliographique**

# **Chapitre 1**

## **Généralités sur la germination**

# Chapitre1 : Généralités sur la germination

## 1.1. Définition

Elle est la première phase du développement d'une plante, dans laquelle la graine retourne à la vie active après une période de dormance. La germination englobe les étapes débutant par l'absorption d'eau par la graine en dormance et se concluant par l'allongement de l'axe embryonnaire (Bewley et black, 1994).

La germination commence lorsque la graine sèche absorbe l'eau et que le sol est pénétré par le coléoptile. Ce processus naturel se produit dans des conditions optimales de température, d'oxygénation et d'obscurité (Bensaadi, 2011).

## 1.2. Etapes de la germination

Le processus de germination se décompose en trois phases (imbibition, germination et croissance).

**Phase I :** implique un mouvement d'eau dans la sens de potentiel hydrique décroissent (Hopkins, 2003) .Cela équivaut à une hydratation importante des tissus, associée à une augmentation de l'activité respiratoire (Heller et *al.* , 2000) .

**Phase II :** elle est appelée aussi de **germination sensu stricto** .Elle se caractérise par un maintien stable de l'hydratation et de l'activité respiratoire à un niveau élevé (Hopkins, 2003).

Pendant cette étape, la graine peut être déshydratée et réhydratée de manière réversible sans subir des dommages (Heller et *al.*, 2000).

**Phase III :**Caractérisée par une augmentation de l'absorption d'eau et une hausse de la consommation d'oxygène. On observe une reprise rapide des divisions cellulaires et de l'agrandissement des cellules. À ce moment, la déshydratation des tissus entraîne la mort de la semence, tandis que la germination est complète lorsque la radicule émerge des téguments de la graine.



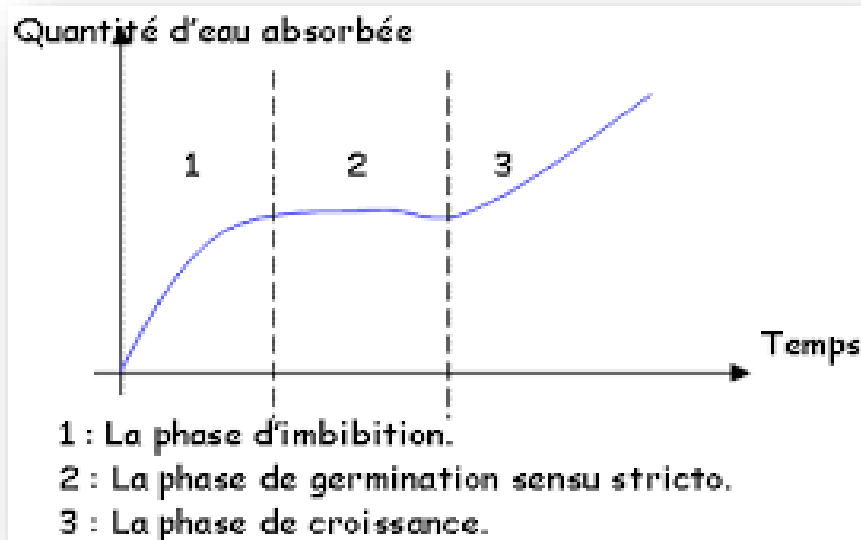


Figure 1 : courbe théorique de la germination (Bensaadi, 2011).

### 1.3. Dormance des graines

Chez de nombreuses plantes, la germination des graines ne se produit pas immédiatement et nécessite une période de dormance pendant laquelle divers mécanismes inhibent la germination. La dormance se développe à la fin de la maturation de la graine et constitue une étape cruciale dans le cycle de vie des plantes. Cet état temporaire se caractérise par une quasi-absence d'activité métabolique et/ou de développement et de croissance, ce qui empêche même des graines viables de germer dans des conditions favorables (Mbaye et *al.*, 2002) Cela désigne l'incapacité des graines à germer même dans des conditions propices (Bewley, 1997).

#### 1.3.1. Dormance primaire

Elle se présente dès la récolte car elle se forme pendant le développement de la graine. Cette dormance peut être d'ordre tégumentaire ou embryonnaire.

##### 1) Dormance tégumentaire

Les téguments ont pour fonction habituelle de protéger les graines, mais dans de nombreuses situations, ils peuvent entraver la germination en jouant un rôle de :

**Barrière physique** : une résistance mécanique qui rend l'eau imperméable

**Barrière chimique** : le piégeage de l'oxygène par des composés phénoliques, ainsi que la présence d'inhibiteurs de germination dans les téguments (Baskin et Baskin, 1998).

## 2) Dormance embryonnaire (dormance morphologique)

La dormance morphologique est due à la présence d'un embryon « sous-développé » au moment de la dispersion des graines. La germination ne peut avoir lieu que lorsque l'embryon a atteint la fin de sa croissance (Baskin et Baskin, 1998).

### 1.3.2. Dormance secondaire

Une dormance secondaire ou induite est imposée à la graine après la récolte, lors d'un stockage dans de mauvaises conditions : températures excessives, manque d'oxygène ou éclairage continu. Ils sont également de type tégumentaire ou embryonnaire (Baskin et Baskin, 1998).

### 1.4. Levée de la dormance

La levée de la dormance est réalisée grâce à divers mécanismes qui impliquent des interactions complexes entre les conditions environnementales et les facteurs internes. (Finkelstein et *al.*, 2008). Différentes méthodes existent pour lever la dormance avant le semis ou les tests de germination, en fonction de l'espèce et du type de dormance : la stratification froide (vernalisation) ou chaude (estivation), la scarification (mécanique, chimique ou physique), l'élimination des téguments et la suppression des substances inhibitrices sont parmi les techniques suggérées (Bacchetta et *al.*, 2006).

# **Chapitre 2:**

# **Prétraitement Germinatif**

## Chapitre 2: Prétraitement germinatif

### 2.1. Définition

Cette technique repose sur une hydratation des graines soigneusement contrôlée pour favoriser l'activité métabolique pré-germinative tout en bloquant l'apparition effective de la radicule (Bradford, 1986).

Durant la phase réversible de la germination, la graine peut retrouver son état initial sans subir de dommages (Bayard, 1991).

Cette technique permet la levée de la dormance la synchronisation de la germination, une croissance améliorée, une floraison plus précoce et, dans certains cas, une meilleure tolérance aux stress abiotiques comme la sécheresse et la salinité (Boucelha et Djebbar, 2015).

### 2.2. Types de priming

D'après Taylor (1998) Les méthodes de priming des semences se divisent en deux catégories en fonction du contrôle de l'absorption d'eau :

- incontrôlé (hydro et Hormopriming)
- contrôlé (osmo et chimiopriming).

#### 2.2.1. Hydropriming ou redéshydratation

##### 1.1 Simple hydropriming

Cette méthode de traitement pré germinatif est la plus basique : elle implique d'imbiber les graines d'eau, puis de les redéshydrater avant de les semer (Tarquis et Bradford, 1992). Cette méthode est économique et écologique, car elle évite l'utilisation de produits chimiques potentiellement nocifs pour l'environnement (Mc Donald, 2000 ; Ghassemi-Golezani et al., 2008). Cette méthode est la plus simple, la plus sûre et la plus efficace pour améliorer les performances des semences. (Matsushima et Sakagami., 2013 ; Ahmad et al, 2014 ; Yan., 2016).

##### 1.2 Double hydropriming

Le double hydropriming est une méthode novatrice introduite par Boucelha et Djebbar en 2015. Elle implique un processus où les graines subissent deux cycles d'hydratation suivis de redéshydratation. Ce traitement innovant améliore considérablement les performances de germination, de croissance et de tolérance au stress (Boucelha et Djebbar., 2015; Boucelha et al., 2019).

**2.2.2. Osmopriming :**

Il s'agit du prétraitement de semences le plus répandu, consistant à soumettre les grains à un traitement prégerminatif osmotique seul ou suivi d'une redéshydratation. Cette hydratation contrôlée des semences est réalisée à l'aide d'agents osmotiques tels que le polyéthylène glycol (PEG), les sels (KNO<sub>3</sub>, Na Cl, KCl) ou les polyols (mannitol) (Bradford ,1986 ;Yari et *al.*,2010)

Plusieurs études ont démontré que les plantules issues de grains traités par osmo conditionnement ont une émergence accélérée, ce qui se traduit par un taux final d'implantation plus élevé. Ces méthodes peuvent même avoir des effets bénéfiques sur le rendement(Bradford ,1986, Boucelha et Djebbar,2015).

**2.2.3. Chimio priming :**

Dans la technique du chimio priming, les graines sont trempées dans diverses solutions chimiques telles que NaCl, KNO<sub>3</sub>, Ca<sup>2+</sup>, NaCl et NO. Cela facilite la germination des graines et favorise leur émergence, même dans des conditions environnementales difficiles.

**2.2.4. Hormopriming :**

C'est une approche de traitement relativement nouvelle qui exploite l'utilisation précise de phytohormones comme l'acide gibbérellique (AG), l'acide salicylique et l'acide indole 3-acétique sur les graines, à des concentrations et durées spécifiques (Boucelha et Djebbar, 2015).

### 2.3. Mécanismes du priming :

De nombreuses études ont clairement démontré que les effets bénéfiques du priming sont liés à des modifications physiologiques, biochimiques, cellulaires, moléculaires et génétiques. Il est possible que certaines conséquences du priming soient dues à la méthylation de l'ADN ou à la configuration spatiale de la chromatine. (Boucelha et *al.* , 2019) Les phénomènes épigénétiques revêtent une importance primordiale pour la compréhension de nombreux phénomènes en biologie végétale ; elles jouent un rôle crucial dans l'adaptation des plantes à leur environnement (Hebrard,2012). Ces modifications épigénétiques sont ajustées pendant le développement et en réponse au stress, ce qui conduit à des mécanismes de défense plus efficaces (Bruce et *al.*,2007;Tanou et *al.*,2012).

### 2.4. Effet de prétraitement sur la germination :

L'amorçage se révèle être une méthode efficace pour améliorer la germination, conduisant à des cultures uniformes et homogènes. Les recherches de Varier et ses collaborateurs en 2010 ont démontré que cette accélération de la germination est synchronisée avec une activation des processus pré-germinatifs, entraînant des modifications biochimiques tant quantitatives que qualitatives au niveau de la semence.

### 2.5. Effet de prétraitement sur la dormance :

Des études expérimentales ont démontré que le traitement prégerminatif peut surmonter la dormance même à des températures non optimales par le relâchement de la région testa l'endosperme (Siriwitayawan et *al.*, 2003)

### 3) Stress salin :

#### 3.1. Définition de stress Salin :

Le stress salin a eu un effet inhibiteur, sur la croissance des plantes et surtout sur la germination par influence sur les aspects physiologique et morphologique. Cet effet varie en fonction de l'intensité du stress (Alaoui et *al.*, 2013).

D'autre part, on peut dire que son effet est négatif sur le processus de germination des graines (Boudraoua et Laouaouda, 2021).

Le terme stress est un dysfonctionnement ou perturbation de l'équilibre fonctionnel, survenant dans un organisme ou un système vivant, provoqué par exemple par un ensemble de changements dans les processus physiologiques pouvant entraîner des blessures, des dommages, une croissance ou une inhibition du développement (Ben kaddour, 2013)

#### 3.2. Effet de stress salin sur la germination :

La plupart des espèces sont plus sensibles à la salinité lors des phases de germination et de levée. Parmi les raisons d'inhibition de la germination en présence de sel, on évoque les modifications de l'équilibre hormonal (Mahrouz, 2023).

La salinité affecte négativement la germination des graines et le développement des plantes (Siyoucef et Leboukh, 2023).

#### 3.3. Mécanisme d'adaptation au stress salin :

Le problème de la salinité est multiple, car outre la toxicité des ions  $\text{Na}^+$  et  $\text{Cl}^-$  dissous ou présents dans les solutions du Sol et la destruction des nutriments minéraux, il est difficile pour les plantes d'absorber l'eau, en raison de sa pression osmotique élevée, les sols sont affectés, ce qui outre le stress salin entraîne également un stress hydrique, compliquant ainsi et modifiant de manière exponentielle leur état physiologique par conséquent, les cellules ont tendance à ajuster leur potentiel hydrique en rétablissant l'homéostasie cellulaire des ions toxiques absorbés  $\text{Na}^+$  et  $\text{Cl}^-$  et ou par leur exclusion de la cellule. Les plantes devront utiliser une autre méthode pour faire face au stress salin, qui implique la synthèse et l'accumulation de solutés organiques osmoprotecteurs, principalement des composés aminés et des sucres. Cette stratégie de perméation est bien plus coûteuse en énergie que la régulation de l'homéostasie ionique. D'un autre côté, des concentrations élevées de sel dans le sol incitent les plantes à produire des espèces réactives de l'oxygène, provoquant ainsi un stress oxydatif. Les dommages causés par le stress oxydatif peuvent être réduits en produisant des antioxydants. Ces réponses cellulaires majeures chez les plantes en réponse et en adaptation

au stress salin impliquent inévitablement une série d'éléments de signalisation et de régulation qui peuvent emprunter différentes voies, notamment celles impliquant le calcium et l'acide abscissique (Hanana et *al.*, 2011).



# **Partie expérimental**

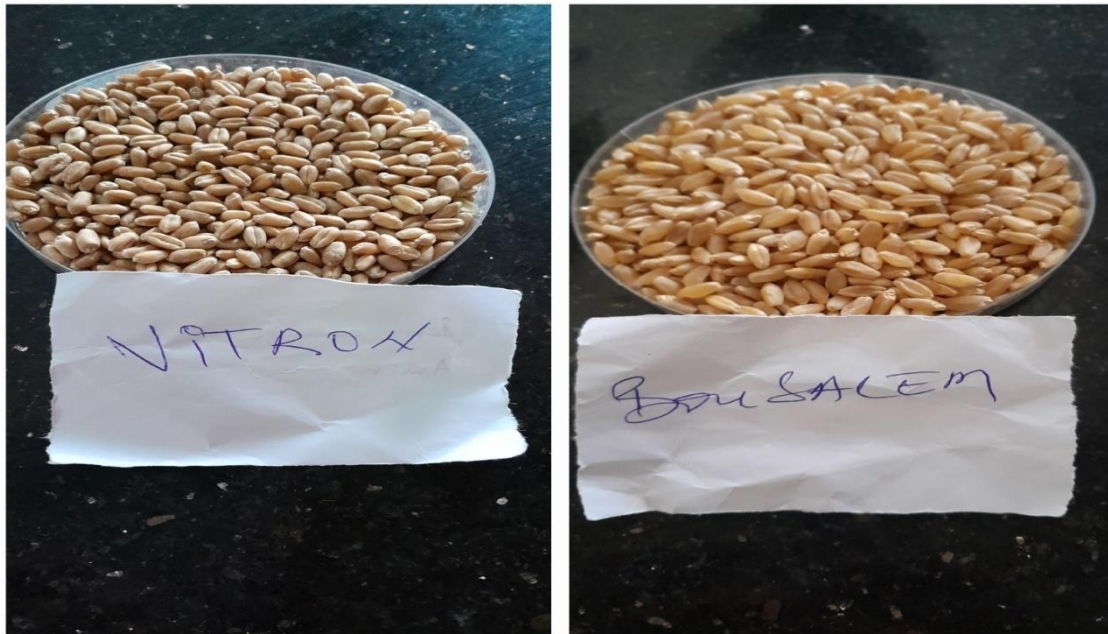
# **Chapitre 3**

## **Matériel et méthodes**

## Chapitre 3: Matériel et méthodes

### 3.1 .Matériel végétal

L'expérimentation est menée sur 2 variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.), Fournies par l'institut Technique de Développement de l'Agronomie Saharienne (ITDAS) Ain Ben Naoui Biskra. Ces variétés sont : Boussalem et Vitron



**Figure 2 :** les différentes variétés de blé dur étudiées

### 3.2. Protocole expérimental

Le présent travail vise à déterminer les effets de l'Osmopriming sur la germination des graines de 2 variétés de blé dur en conditions de stress salin par l'ajout de différentes concentrations de chlorure de sodium, pendant une durée de 8 jours.

#### 3.2.1. Application du traitement pré germinatif (Osmopriming)

Pour chaque variété, les graines de blé choisies sont imbibées dans différentes concentrations de chlorure de sodium (0g/L, 5g/L, 10g/L), pendant 16 heures. Cette imbibition est suivie d'un séchage à température ambiante jusqu'à ce que les graines reprennent leur poids initial

Pour le témoin : aucun traitement n'a été appliqué avant la mise à germination sous conditions salines.

### 3.2.2. Traitement germinatif :

Les graines amorcées et redéshydrater de chaque variété sont mises à germer dans des boîtes de Pétri de Ø 9 cm sur une couche de papier filtre. Elles sont soumises à différentes pressions osmotiques (0g/L, 5g/L, 10g/L, 15g/L). L'essai a été réalisé selon un dispositif expérimental complètement randomisé et chaque combinaison de prétraitement /traitement, comprenait trois répétitions.

La germination des graines est caractérisée par l'apparition d'une radicule d'une longueur de 2 mm.

### 3.2.3. Mise à Germination

Les tests de germination ont été effectués aux différentes concentration de chlorure de sodium, pour chaque variété les graines au nombre de 10, ont été désinfectées à l'eau de javel pendant 15 min lavées abondamment à l'eau. Elles sont ensuite mises à germer dans des boîtes de Pétri couvertes de papier filtre, dans un cas, nous avons ajouté 10 ml de l'eau distillé (témoin), dans les autres cas, nous avons ajouté 10 ml de solution contenant 5g/l, 10 g/l ou 15 g/l de NaCl (stress salin). Les boîtes sont mises à l'obscurité dans une étuve réglée à une température de 25°C pour une période 8 jours. La germination est repérée par la sortie de la radicule hors des téguments de la graine dont la longueur est d'au moins 2 mm.

## 3.3. Les paramètres étudiés :

Les paramètres étudiés au cour de ce travail sont :

### 3.3.1. Taux de germination final

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

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

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

$N_i$  : nombre des graines germées.

$N_t$  : nombre totale de graines utilisées.

### 3.3.2. Cinétique de germination :

Les taux de germination ont été exprimés en nombre de graines ayant germé 24, 48, 72 et 96 heures après le début de l'expérience. Cela nous permet de mieux appréhender le comportement germinatif des variétés étudiées et l'importance écologique de tous les

événements depuis le début de la phase d'imbibition des graines jusqu'à l'élongation de l'axe embryonnaire et l'émergence des radicules (Hajlaoui et *al.*, 2007).

### **3.3.3. Longueur des racines et des épicotyles :**

La longueur de la racine primaire et la longueur de l'épicotyle ont été mesurées avec une règle graduée à la fin de l'expérimentation (Camara et *al.*, 2018).

### **3.4. Analyse statistique**

Les expériences ont été répétées trois fois. Les résultats, présentés sous forme de courbes ou d'histogrammes représentent les valeurs moyennes des répétitions. L'analyse de la variance (ANOVA) à deux facteurs a été réalisée afin de mettre en évidence les différences significatives éventuelles entre les différents traitements au seuil de probabilité de 5 % à l'aide de SPSS 20.

.

# **Chapitre 4**

## **Résultats et discussion**

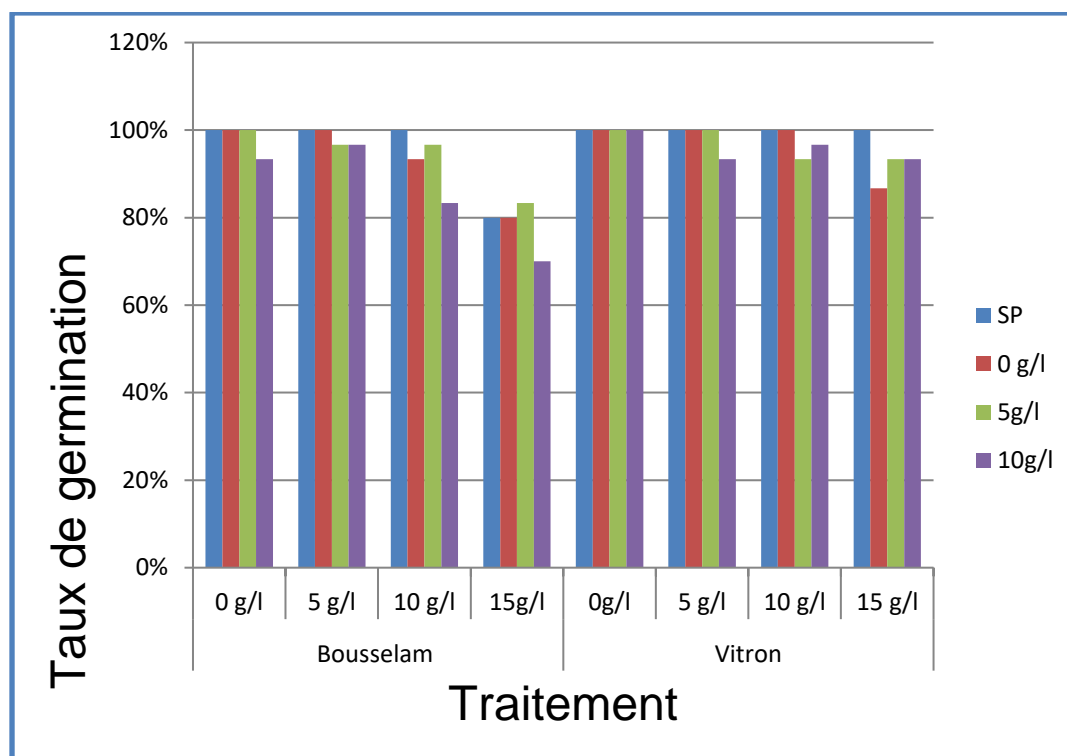
## Chapitre 4 : Résultats et discussion

### 4.1. Résultats

#### 4.1.1. Taux de germination

Le taux de germination, en conditions de stress salin, donne toujours une idée plus ou moins précise du comportement des variétés étudiées.

La figure 3 présente la variation du taux de germination final des différentes variétés de blé dur. Les cultivars étudiés (Vitron et Bousselam) ont été immergés dans différentes concentrations de chlorure de sodium (0 g/l, 5 g/l, 10 g/l) et par la suite exposés à différents niveaux de pression osmotique (stress salin) (0 g/L, 5 g/L, 10 g/L, 15 g/L).



**Figure 3:** Effets de l'Osmoprimer sur le taux de germination chez deux variétés de blé dur en fonction de l'intensité du stress salin.

En effet, cette étude met en lumière que l'osmoprimer peut favoriser l'augmentation du taux de germination des graines de blé dur, ceci dépend de la variété, aussi bien dans des conditions de germination favorables (eau distillée) que sous certaines concentrations de stress salin .

Chez la variété Boussalam, à mesure que la concentration augmente le taux de germination diminue, quelque soit le prétraitement appliqué. En effet les divers

prétraitements se montrent non efficaces et affichent des taux de germinations inférieurs à ceux du témoin, représenté par les graines n'y ayant subi aucun prétraitement. Exception faite pour la concentration 15g/l où le prétraitement 5g/l se montre très efficace et affiche par conséquent, un taux de germination de 83% dépassant celui du témoin qui est de l'ordre de 80%.

Cependant, la variété Vitron se montre plus résistante à la salinité, et présente des taux de germination élevés, comparativement à Boussalam, sans pour autant faire preuve de l'efficacité des prétraitements en affichant des valeurs inférieures et au mieux égales à celles du témoin quelque soit le prétraitement appliqué.

L'analyse de variance ANOVA à deux facteurs, prenant en compte l'effet du stress salin avec quatre niveaux (0 g/L, 5 g/L, 10 g/L, 15 g/L), l'effet des variétés de blé dur (Boussalam et vitron), ainsi que l'effet de l'osmoprimum sur la variation du taux de germination, révèle des différences significatives (Annexe).

#### 4.1.2. Cinétique de germination

Pour mieux appréhender la signification physiologique du comportement germinatif des variétés étudiées, le nombre de graines germées ont été compté quotidiennement jusqu'au 8ème jour de l'expérience.

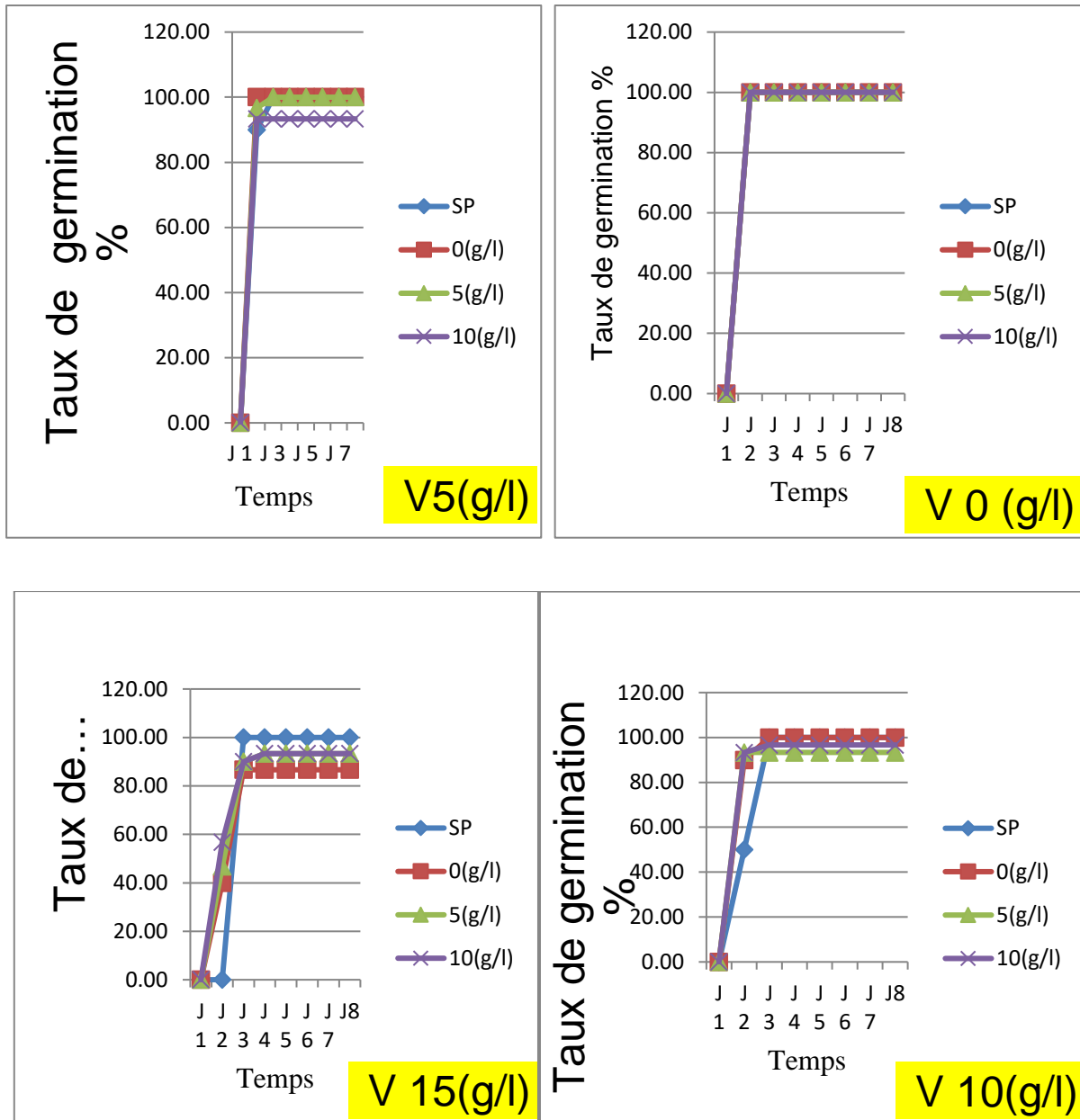
Les figures (4,5) présentent l'évolution de la germination de deux variétés de blé dur Boussalam et Vitron en fonction du temps pour l'ensemble des combinaisons prétraitements/traitements. Les résultats montrent que les courbes relatives aux taux de germination des graines traitées situées au-dessous de celles des courbes témoins et se diminuent au fur et à mesure que le niveau de stress salin augmente.

Effectivement, les courbes de la cinétique de germination présentent les trois phases classiques de ce processus : une phase de latence due à l'imbibition des graines, suivie d'une phase d'accélération exponentielle de la germination, et enfin une troisième phase caractérisée par un plateau correspondant à un arrêt de la germination une fois que la capacité germinative maximale est atteinte.

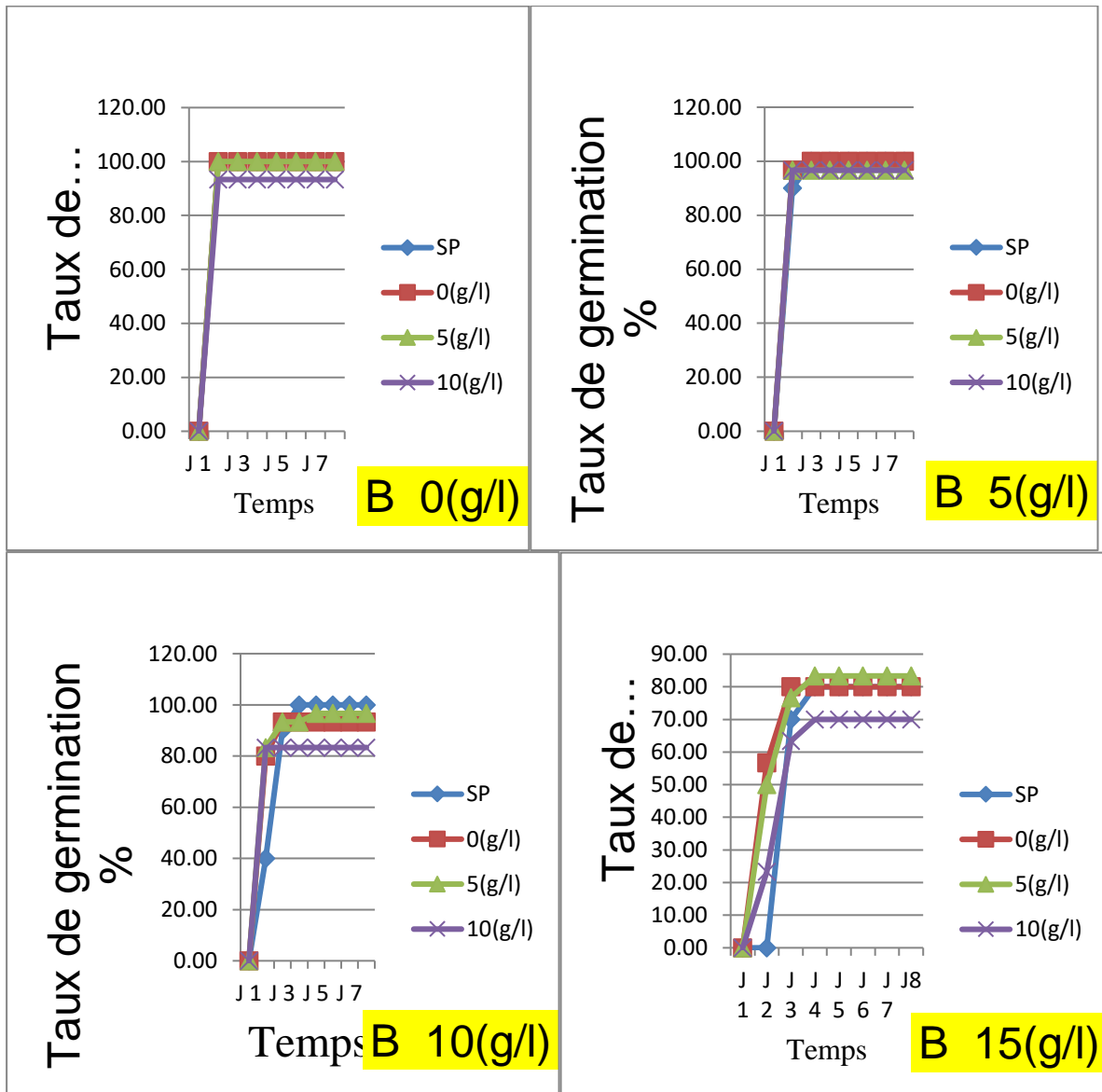
Nous observons que la cinétique de germination est identique pour les niveaux (0 g/l, 5g/l, 10g/l et 15g/l) où la germination a été déclenchée le premier jour comparativement au témoin qui a pris le recul d'un jour dans la concentration 15g/l, pour les deux variétés étudiées.



Chez les deux variétés Boussalam et Vitron, à mesure que la concentration augmente (10g/l et 15g/l), les graines prétraitées accélèrent la vitesse de germination comparativement à celles n'ayant pas été amorçées.



**Figure 4 :** Effets de l'Osmoprimering sur la cinétique de la germination de blé dur (variété Vitron) sous l'effet des différents niveaux du stress salin



**Figure 5** : Effets de l'Osmoprimering sur la cinétique de la germination de blé dur (variété Bousselam) sous l'effet des différents niveaux du stress salin.

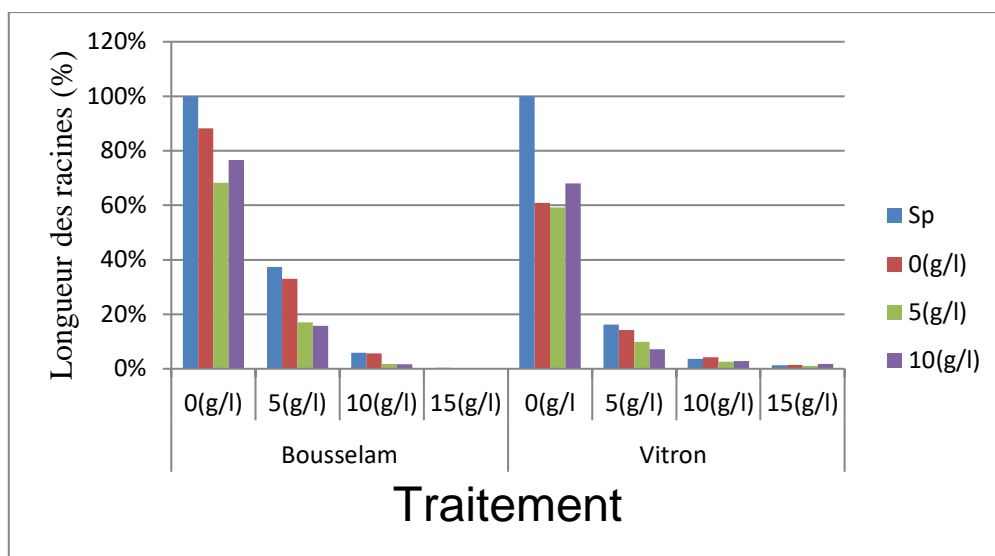
#### 4.1.3. Longueur des racines et des épicotyles

Les résultats de l'évolution du système racinaire et foliaire sous différents niveaux de stress salin, sont présentés dans les figures (6,7)

##### 4.1.3.1. Longueur des racines

La figure 6 représente les résultats de l'étude de l'effet de l'osmoprimering sur le développement de la longueur des racines des deux variétés de blé dur en conditions de stress salin..

Nos résultats indiquent que le stress salin par le NaCl provoque une diminution significative de la croissance des racicules issues de graines prétraitées comparativement aux racicules venants des graines ayant germé dans des conditions normales (sans prétraitement).



**Figure 6** : Effets de l'Osmoprimer sur la longueur des racines des deux variétés de blé dur en fonction de l'intensité du stress salin.

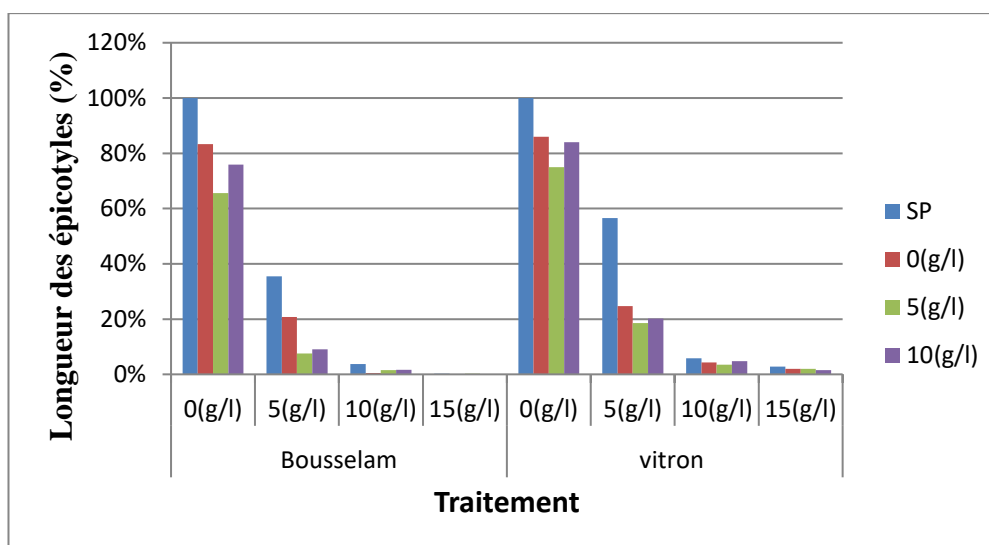
Ces constatations révèlent que les différents prétraitements appliqués se montrent inefficaces et n'améliorent en rien la croissance des racines en conditions de stress salin, pour les deux variétés étudiées. En effet, hormis, le prétraitement avec l'eau distillée dans les concentrations 10g/l et 15g/l qui affichent des longueurs légèrement supérieures à celles du témoin et qui sont respectivement 4,24% et 1,43% contre 4% et 1,33% chez Vitron, aucun autre prétraitement n'a d'effet positif sur la croissance des racines.

#### 4.1.3.2. Longueur des épicotyles

La figure 7 présente les résultats de l'étude de l'effet de l'osmoprimer sur le développement de la longueur des épicotyles des deux variétés de blé dur en conditions de stress salin.

Nos résultats indiquent que le stress salin par le NaCl provoque une diminution significative de la croissance des épicotyles, comparativement aux épicotyle issues des graines ayant germé sans application d'un prétraitement et ce pour les deux variétés étudiées

Des fluctuations dans la réponse des deux variétés aux différents prétraitements sont à noter, sans pour autant dépasser les longueurs des racines enregistrées chez le témoin.



**Figure 7** : Effets de l'Osmopriming sur la longueur des tiges des deux variétés de blé dur en fonction de l'intensité du stress salin.

#### 4.2. Discussion

L'importance de la germination des semences dans la production végétale et agricole est indéniable, étant une étape cruciale dans le cycle de vie des plantes supérieures (Cheng et *al.*, 1999). Cependant, la germination peut être sujette à des variations, car toutes les graines ne germent pas de la même manière ni au même moment. Pour pallier ces variations et améliorer le développement ainsi que le rendement des cultures, différentes approches ont été explorées au fil des années (Basra et *al.*, 2003).

L'amorçage également connu sous le nom de « priming » est la technique la plus courante et largement utilisée. Cette méthode physiologique améliore la production végétale en régulant les activités métaboliques de la germination avant l'émergence de la racine (Taylor et *al.*, 1990), durant la phase réversible de la germination. Pendant cette période, la graine peut être partiellement réhydratée tout en maintenant sa capacité à germer (Mazliak, 1998).

L'osmopriming est la forme d'amorçage des semences la plus répandue. Elle implique un prétraitement osmotique des graines seul ou suivi d'une redéshydratation contrôlée. Cette technique utilise des agents osmotiques tels que le polyéthylène glycol (PEG), les sels (KNO<sub>3</sub>, NaCl, KCl) ou les polyols (mannitol) (Yari et *al.*, 2010). Plusieurs études ont démontré que les plantes issues de graines soumises à l'osmopriming présentaient une germination accélérée, ce qui se traduisait par un taux final d'implantation plus élevé. De plus,

des effets bénéfiques sur le rendement des cultures ont également été observés (Bradford, 1986).

Notre étude indique que l'effet de l'amorçage dépend à la fois du type du prétraitement et de la variété. Ceci est cohérent avec les suggestions antérieures de (Ghassemi-Golezani et *al.*, 2008).

De plus, l'osmoprimering semble avoir un effet très significatif sur le taux de germination des graines de Boussalam dans la concentration 15g/l où le prétraitement 5g/l se montre très efficace et affiche par conséquent, un taux de germination de 83% dépassant celui du témoin qui est de l'ordre de 80%. Cette observation peut s'expliquer par le fait que le stress osmotique induit par des concentrations de NaCl préalablement appliqué a eu un impact plus important sur les graines. Cette acclimatation semble avoir permis aux graines de déclencher certains mécanismes de défense face au stress., tels que l'augmentation de l'expression des protéines de stress (Gao et *al.*, 1999) , ce qui pourrait expliquer les effets bénéfiques observés avec les graines prétraitées à le NaCl. A mesure que la concentration augmente (10g /l et 15g/l), les prétraitements paraissent plus efficaces et accélèrent la vitesse de germination chez les deux variétés étudiées, Boussalam et Vitron. Ces résultats sont en accord avec ceux de (Dezfuli et *al.*, 2008), qui ont également montré que l'amorçage est influencé par la concentration de la solution osmotique .Plusieurs explications ont été avancées pour expliquer cette germination rapide et synchronisée. Il semble que le prétraitement induit des modifications biochimiques quantitatives et qualitatives au niveau de la semence (Maroufi et *al.*, 2011), notamment la réparation des membranes, une augmentation significative de la synthèse et de l'activation des enzymes impliquées dans la dégradation et la mobilisation des réserves (Wattanakupakin et *al.*, 2012), ainsi qu'une activation de l'endo- $\beta$ -mannase, enzyme responsable de la synthèse de l'éthylène, une hormone qui permet la levée de la dormance (Varier et *al.*, 2010). De plus, l'amélioration de la germination chez les semences prétraitées, pourrait être attribuée en partie à une augmentation des activités des enzymes antioxydantes (De Castro et *al.*, 2000).

L'application de prétraitements tels que l'osmoprimering semble entraîner des effets positifs notables non seulement pendant la germination et l'émergence, mais également sur la croissance des racines, et celle des épicotyles. En effet Chez Vitron ,le prétraitement avec l'eau distillée dans les concentrations élevées 10g/l et 15g/l a marqué un effet positif sur la croissance des racines qui affiche des longueurs supérieures à celles du témoin. Ces

constatations sont en accord avec les résultats d'autres chercheurs qui ont également observé une amélioration de la croissance et du rendement des plantules issues de semences ayant subi un traitement similaire (Zarei et al., 2011).

Par ailleurs, certaines études ont montré que l'osmoprimerie améliore et synchronise la réplication de l'ADN dans toutes les cellules de l'embryon. Ce mécanisme, régulé par l'activation de protéines du cycle cellulaire, contribue à une meilleure performance de la germination et celle de la croissance (Varier et al., 2010). Nos résultats corroborent également avec les résultats trouvés par (Hamidi, 2020) qui suggère que l'endurcissement des graines permet d'améliorer à la fois les performances germinatives et la croissance des radicules en conditions osmotiques. Par conséquent, il semble que les effets bénéfiques de l'amorçage par des solutions salines sont plus prononcés dans des conditions favorables que dans des conditions défavorables. Cela souligne l'importance de cette technique comme une stratégie efficace pour améliorer la germination des graines, et pour favoriser leur croissance et leur développement quelque soit les conditions environnementales (Bradford, 1995).

# Conclusion

---

## Conclusion

Cette étude met en lumière l'efficacité de l'osmopriming pour favoriser la germination et la croissance des variétés de blé dur, en conditions de stress salin. Les résultats révèlent que le traitement des graines par l'osmopriming entraîne une augmentation significative du taux de germination, une croissance accélérée des racines, et par conséquent une meilleure tolérance au stress salin par rapport aux graines non traitées et ce, selon la variété et l'action combinée de Prétraitement /traitement appliquée.

Le taux de germination, indicateur crucial de la vitalité des graines, est notablement influencé par l'osmopriming, favorisant une augmentation de ce dernier même en présence de stress salin. Cependant, cette amélioration varie selon la variété de blé dur étudiée c'est le cas de Boussalam dans la concentration 15g/l où le prétraitement 5g/l se montre très efficace et affiche par conséquent, un taux de germination de 83% dépassant celui du témoin.

Cependant, la variété Vitron se montre plus résistante à la salinité, et présente des taux de germination élevés, comparativement à Boussalam, sans pour autant faire preuve de l'efficacité des prétraitements en affichant des valeurs inférieures et au mieux égales à celles du témoin quelque soit le prétraitement appliqué. Ceci s'explique par ses hautes performances génétiques de résistance à la salinité.

De plus, à mesure que la concentration augmente, les prétraitements paraissent plus efficaces et accélèrent la vitesse de germination. L'analyse de la cinétique de germination révèle une vitesse accrue chez les graines prétraitées, sous conditions de stress sévère, soulignant ainsi l'efficacité de l'osmopriming pour renforcer la capacité germinative des graines chez les deux variétés Boussalam et Vitron.

Chez Vitron, le prétraitement à l'eau distillée dans les concentrations élevées semble avoir un impact positif sur la longueur des racines qui s'affiche supérieure à celle du témoin.

L'osmopriming renforce la tolérance du blé dur au stress salin, bien que son efficacité puisse varier en fonction de la variété et des conditions expérimentales. Des prétraitements, adaptés à chaque espèce, voire à chaque variété peuvent significativement améliorer la germination des semences et la croissance des différentes espèces cultivées, ainsi que leur tolérance à la salinité.

En terme de cette étude, on peut conclure que l'osmopriming représente une solution prometteuse pour améliorer les cultures de blé dur dans des conditions stressantes comme la salinité, renforçant ainsi la résilience des plantes face à des environnements hostiles.



Toutefois, des recherches supplémentaires sont nécessaires pour optimiser les protocoles d'osmoprimum et leur application sur le terrain. Ainsi, des études plus approfondies sont nécessaires pour comprendre pleinement les mécanismes sous-jacents de cette amélioration de la tolérance et pour adapter les protocoles d'osmoprimum aux besoins spécifiques des différentes variétés de blé dur. En outre, des essais sur le terrain à grande échelle sont nécessaires pour évaluer l'efficacité de cette technique dans des conditions réelles de production agricole.

# **Bibliographie**

## Bibliographie

- Adetoro Ogunleye, A. B. 2014. Poly-c-glutamic acid: production, properties and. Science Park, 1-17.
- Amel Soussa, L. B. 2016. Effects of accelerated ageing on germination and establishment of vigorous young seedling from macrobiotic seeds: case of durum wheat. Sci.Technol, 37-47.
- Amor Salma., M. b. 2005. Les céréales en Tunisie : production, effet de la sécheresse et mécanismes de résistance. Sécheresse. 16(3), 225-9.
- Bacchetta G., Bellettini P., Brullo S., Cagellari R., Carasso V., Casas J. L. et Venora G., 2006. Manuel pour la récolte, l'étude, la conservation et la gestion ex situ du matériel végétal
- Baskin C.C. et Baskin J.M., 1998. Seeds: ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination. (2<sup>ème</sup>Ed) Academic Press, San Diego, CA. 666 p.
- Bayard P. 1991. Etude de la germination des semences de six espèces herbacées en fonction du régime hydrique, DEA d'agronomie, Université de Grenoble I, 28 p.
- Bensaadi N., 2011. Effet du stress salin sur l'activité des alpha amylase et la remobilisation des réserves de graines d'haricot (*Phaseolus vulgaris* L.) en germination, mémoire de magistère, Université d'Oran.
- Bewley JD, Black M. 1994. "Seeds: Physiology of Development and Germination." Plenum Press, New York
- Boucelha L., Djebbar R. 2015. Influence de différents traitements de prégermination des graines de *Vigna unguiculata* (L.) Walp. Sur les performances germinatives et la tolérance au stress hydrique. *Biotechnol.Agron.Soc.Environ.*, 19(2) :132-144.
- Bouldroua Khalida., L. A. 2021. Etude de quelques effets du stress salin chez différents variétés de
- Bradford K.J., 1995. Water relations in seed germination. In: Kigel J. & Galili G., eds. Seed development and germination. New York, USA: Marcel Dekker Inc., 351-396
- Bradford KJ. 1986. Manipulation of seed water relations via osmotic priming to improve germination under stress conditions. *Hort. Sci.* 21 1105- 1112
- Camara B., Sanogo S., Cherif M., Kone D. 2018. Effet du stress salin sur la germination des graines de trois légumineuses (*Phaseolus vulgaris*, *Glycine max* et *Vigna unguiculata*). *J. Appl. Biosci.* 124: 12424-12432.
- Djihad Siyoucef., L. L. 2023. Effet du stress salin sur le comportement morphologique et physiologique du carthame (*Carthamus tinctorius* L.). Université Lbn Khaldoun.
- Elakkuvan S. and Manivannan K., 2010. An improvised method for breaking the dormancy of noni seeds [*Morinda citrifolia* var. *Citrifolia* (L.)], *Plant Archives*,10(2). P875-880
- Finkelstein R., Reeves W., Ariizumi T., and Steber C., 2008. Molecular aspects of seed dormancy. *Annual review of plant Biology.* 59 p387-415.
- Gelormini G. 1995. Optimisation des propriétés germinatives des graines de colza par initialisation: aspects méthodologiques et fondamentaux. Thèse nouveau doctorat. 171 p.
- GHANIA CHAFFAI. 2017. Etude de l'effet d'atténuation du stress salin par application du silicium sur un modèle biologique alternatif : le blé. Université laarbi tebessi tebessa.

- Ghassemi-Golezani K., Sheikhzadeh-Mosaddegh P., Valizadeh M. 2008. Effects of hydro-priming duration and limited irrigation on field performance of chickpea. Res. J. Seed Sci., 1: 34-40.
- Gunching Siriwitayawan, R. L. (2003). Seed germination of ethylene perception mutants of
- H.Gao, Y. W. (1999). Mechanism-based strain gradient plasticity\*.
- Hajlaoui H., Denden M. et Bouslama M. 2007. Etude de la variabilité intra spécifique de tolérance au stress salin du pois chiche (*Cicer arietinum* L.) au stade germination. Tropicultura 25(3): 168- 173.
- Hebrard C. ,2012. Contrôle épigénétique de l'induction et de la tolérance à la montaison chez la betterave sucrière .thèse de doctorat, Université d'Orléans, France ,285p.
- Heler R., Esnault R., Lance C., 2000: Physiologie végétale et développement 6ème édition. Ed. DUNOD. Paris. 366p.
- Heller R., Esnault R. et Lance C., 2004. Physiologie végétale II, développement. Ed., Dunod, Paris, Pp. 64-240.
- Hopkins W G., 2003: Physiologie végétale. 2ème édition. De Boeck, Bruscelles: 61-476.
- M M rani Alaoui., LE ljourmi., Aouarzane., Slazar., Sel Antri., Mzahouily., Ahmyene., 2013. Effet du stress salin sur la germination et la croissance de six variétés marocaines de blé (effect of salt stress on germination and growth of six Moroccan wheat varieties). J.Mater Environ.Sci, 4(6),997-1004.
- Mahrouz F.,2013. Effet du stress salin sur la croissance et la composition chimique de l'Atriplex canescens. Thèse de doctora en Agronomie saharienne, UNIVERSITE KASEDI MERBAH-OURGLA, 68.
- Mbaye N., Diop A.T., Guèye M., Diallo A.T., Sall C.E. et Samb P.I., 2002. Etude du comportement germinatif et essais de levée de l'inhibition tégumentaire des graines de *Zornia glochidiata* Reichb. ex DC., légumineuse fourragère. RESSOURCES ALIMENTAIRES. Revue Elev. ed. vet. Pays trop. 55 (1), p47-52
- McDonald MB. 2000. Seed priming. In “Seed Technology and Its Biological Basis” (M. Black and J. D. Bewley, Eds.), pp. 287–325. Sheffield Academic Press, Sheffield, UK
- Mohsen Hanana, L. H. 2011. Mécanismes et stratigies cellulaires de tolérance à la salinité (Nacl) chez les plantes. Enviromental Reviews 19 (NA),, 121-140.
- Mounia, B. 2013. Modifications physiologiques chez plantes de blé (*triticum durum* desf) exposées à un stress salin. Thèse de doctorat en biologie végétale et en environnement. ANNABA, Département de Biologie., Algérie: Université Badji Mokhtar-Annaba.
- Oukara F. Z., Salem K., Chaouch F. Z., Chaouia C., Benrebiha F. Z. 2017. Effet des pretraitements sur la germination des graines du pistachier de l'Atlas *Pistacia Atlantica* Desf. Alg. J. Arid enviro., vol.7, n°2: 49-57.
- Parera CA, Cantliffe DJ 1994. Pre-sowing seed priming. Horticultural Reviews, 16: 109-141
- Rome. Italie :Bacchetta G., Sanchez B.,A.,Jimez -Alfaro B.F.G.,Mattana E.,Piotto B.,et vire-varie M., 217p.
- Szymon K., lukasz W., Muriel O., Katar zyna L., 2015. Expression améliorée du gène de synthèse de proline P5CSA en relation avec l'amélioration De l'osmoprimage des graines de

la germination de brassica napus sous stress de salinité. *Journal de physiologie végétale*.183.1(12).

- Tanou G., Fotopoulos V., Molassiotis A. 2012. Priming against environmental challenges and proteomics in plants :update and agricultural perspectives .*frontiers in plant science* .,3(216) :1-5 .
- Taylor AG, Allen PS, Bennett MA, Bradford KJ, Burrisand JS, Misra MK.1998.Seed enhancements. *Seed Sci. Res.* 8: 245-256.
- tomato and Arabidopsis. Cambridge Journals.
- Varier A., Vari A.K., Dadlani M. 2010. The subcellular basis of seed priming. The authors are in the Indian Agricultural Research Institute. *Current Science.*, 99(4-25): 450-456.
- Yari L., Aghaalikani M., Khazaei F. 2010. Effect of seed priming duration and temperature on seed germination behavior of bread wheat (*Triticum Aestivum* L.). *Journal of Agricultural and Biological Science.*, 5(1):1-6.

# Annexes

Tableau 2 : Analyse de la variance pour le taux de germination de la variété (Boussalam)

Variable dépendante: taux de la germination

Source	Somme des carrés de type III	ddl	Carré moyen	F	Signification	Eta-carré partiel
Modèle corrigé	,591 <sup>a</sup>	6	,098	9,914	,002	,869
Constante	418,305	1	418,305	42108,273	,000	1,000
pré	,076	3	,025	2,546	,121	,459
tra	,515	3	,172	17,283	,000	,852
Erreur	,089	9	,010			
Total	418,985	16				
Total corrigé	,680	15				

a. R-deux = ,869 (R-deux ajusté = ,781)

Tableau 3 : Analyse de la variance pour le taux de germination de la variété (Vitron)

Variable dépendante: taux de la germination

Source	Somme des carrés de type III	ddl	Carré moyen	F	Signification	Eta-carré partiel
Modèle corrigé	2,759 <sup>a</sup>	6	,460	,759	,620	,336
Constante	446,794	1	446,794	736,891	,000	,988
pré	1,515	3	,505	,833	,045	,217
tra	1,244	3	,415	,684	,048	,186
Erreur	5,457	9	,606			
Total	455,010	16				
Total corrigé	8,216	15				

a. R-deux = ,336 (R-deux ajusté = -,107)

Tableau 4 : Analyse de la variance pour la longueur de la racine de la variété (Boussalam)

Variable dépendante: long Racine relativisé/témoin

Source	Somme des carrés de type III	ddl	Carré moyen	F	Signification	Eta-carré partiel
Modèle corrigé	18241,570 <sup>a</sup>	6	3040,262	65,911	,000	,978
Constante	12730,609	1	12730,609	275,991	,000	,968
pré	539,169	3	179,723	3,896	,049	,565
tra	17702,401	3	5900,800	127,926	,000	,977
Erreur	415,141	9	46,127			
Total	31387,320	16				
Total corrigé	18656,711	15				

a. R-deux = ,978 (R-deux ajusté = ,963)

Tableau 5 : Analyse de la variance de la longueur de la racine de la variété (Vitron)

Variable dépendante: long Racine relativisé/témoin

Source	Somme des carrés de type III	ddl	Carré moyen	F	Signification	Eta-carré partiel
Modèle corrigé	16265,247 <sup>a</sup>	6	2710,875	26,775	,000	,947
Constante	9207,842	1	9207,842	90,944	,000	,910
pré	426,704	3	142,235	1,405	,030	,319
tra	15838,543	3	5279,514	52,145	,000	,946
Erreur	911,222	9	101,247			
Total	26384,311	16				
Total corrigé	17176,469	15				

a. R-deux = ,947 (R-deux ajusté = ,912)



## الملخص:

تهدف هذه الدراسة إلى تقييم تأثير المعالجة الأسموبريمية على تحمل بذور القمح القاسي (*Triticum durum* Desf.) للملوحة "مرحلة الإنبات". تمت دراسة صنفين من القمح القاسي (بوسلام وفيترون). في هذه الدراسة، تم إخضاع بذور القمح لمعاملات مختلفة بكلوريد الصوديوم (0 جم/لتر، 5 جم/لتر، 10 جم/لتر) لمدة 16 ساعة ثم تجفيفها حتى عادت إلى وزنها الأولي. تم بعد ذلك وضع هذه البذور تحت ظروف إنبات مناسبة وتعرضها لضغوط تناضحية مختلفة (0 جم/لتر، 5 جم/لتر، 10 جم/لتر، 15 جم/لتر). كانت التجربة عشوائية تمامًا، مع ثلاث مكررات لكل مجموعة معالجة مسبقة/مجموعة معالجة. أظهرت نتائج هذه الدراسة أن تحسين إنبات القمح القاسي تحت إجهاد الملوحة، من خلال تعزيز معدل إنبات أعلى، يعتمد على الصنف والمعاملة المسبقة والإجهاد المطبق. في الواقع، يتم إعطاء أفضل النتائج لبوسلام في تركيبة المعالجة المسبقة بـ 5 غ/ل/15 غ/ل، علاوة على ذلك، مع زيادة التركيز، تبدو المعالجات أكثر فعالية وتسرع الإنبات في كلا الصنفين، ولا يزال ذلك في البيئات ومع زيادة التركيزات، تعرض المعالجة المسبقة بالماء المقطر أطولاً جذرية أكبر من المجموعة الضابطة. يعمل Osmopriming على تعزيز قدرة القمح القاسي على تحمل الإجهاد الملحي، على الرغم من أن فعاليته قد تختلف تبعًا للصنف والظروف التجريبية.

الكلمات المفتاحية: القمح الصلب ، التناضح ، الإنبات ، الإجهاد الملحي .

**Résumé :** Cette étude vise à évaluer l'effet de l'osmopriming sur la tolérance des graines de blé dur (*Triticum durum* Desf.) à la salinité "stade germination". Deux variétés de blé dur ont été étudiées (Boussalam et Vitron). Dans cette étude, des graines de blé ont été soumises à différents prétraitements avec du chlorure de sodium (0g/L, 5g/L, 10g/L) pendant 16 heures, puis séchées jusqu'à ce qu'elles retrouvent leur poids initial. Ces graines ont ensuite été placées dans des conditions de germination appropriées et exposées à diverses pressions osmotiques (0 g/L, 5 g/L, 10 g/L, 15 g/L). L'expérience a été entièrement randomisée, avec trois répétitions pour chaque groupe de combinaison prétraitement/traitement. Les résultats de cette étude révèlent que l'amélioration de la germination du blé dur sous stress salin, en favorisant un taux de germination plus élevé est tributaire de la variété , du prétraitement et du stress appliqué. En effet les meilleurs résultats sont accordés à Boussalam dans la combinaison prétraitement/traitement de 5g/l/15g/l. De plus, à mesure que la concentration augmente, les prétraitements paraissent plus efficaces et accélèrent la germination chez les deux variétés. Chez vitron, toujours en milieux à concentrations accrues, le prétraitement à l'eau distillée affiche des longueurs de racines supérieures au témoin . L'osmopriming renforce la tolérance du blé dur au stress salin, bien que son efficacité puisse varier en fonction de la variété et des conditions expérimentales.

**Mots clés :** Blé dur (*Triticum durum*), Osmopriming, Germination, Stress salin.

**Abstract:** This study aims to evaluate the effect of osmopriming on the tolerance of durum wheat seeds (*Triticum durum* Desf.) to salinity "germination stage". Two varieties of durum wheat were studied (Boussalam and Vitron). In this study, wheat seeds were subjected to different pretreatments with sodium chloride (0g/L, 5g/L, 10g/L) for 16 hours and then dried until they returned to their initial weight. These seeds were then placed under appropriate germination conditions and exposed to various osmotic pressures (0 g/L, 5 g/L, 10 g/L, 15 g/L). The experiment was completely randomized, with three replications for each pretreatment/treatment combination group. The results of this study reveal that the improvement of durum wheat germination under salinity stress, by promoting a higher germination rate, is dependent on the variety, the pretreatment and the applied stress. In fact, the best results are given to Boussalam in the pretreatment/treatment combination of 5g/l/15g/l. Furthermore, as the concentration increases, the pretreatments appear more effective and accelerate germination in both varieties. At vitron, still in environments with increased concentrations, pretreatment with distilled water displays root lengths greater than the control. Osmopriming enhances the tolerance of durum wheat to salt stress, although its effectiveness may vary depending on the variety and experimental conditions.

**Key words:** Blé dur (*Triticum durum*), Osmopriming, germination, salt stress.