



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 / 2022

MÉMOIRE DE MASTER

Spécialité : Biotechnologie et valorisation des plantes

Présenté et soutenu par :
Malak Guergueb

Le: dimanche 25 juin 2023

Effet du prétraitement sur l'amorçage de la germination sous stress salin de quelques génotypes de blé dur

Jury :

Mme. NEFOUCI Fatima	MCB	Université de Biskra	Président
Mme. Belkharchouche hafida	MCB	Université de Biskra	Rapporteur
Mme. KRIKER Soulef	MAA	Université de Biskra	Examineur

Année universitaire: 2022 - 2023

Dédicace

Grace au bon dieu je dédie ce modeste travail

A ma très chère mère

Affable, honorable, aimable: Tu représentes pour moi le symbole de la bonté par excellence, la source de tendresse et l'exemple du dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi.

Ta prière et ta bénédiction m'ont été d'un grand secours pour mener à bien Mes études. Aucune dédicace ne saurait être assez éloquente pour exprimer ce que tu mérites pour tous les sacrifices que tu n'as cessé de me donner depuis ma naissance, durant mon enfance Tu as fait plus qu'une mère puisse faire pour que ses

Et même à l'âge adulte.

Enfants suivent le bon chemin dans leur vie et leurs études.

Je te dédie ce travail en témoignage de mon profond amour. Puisse Dieu, le tout puissant, te préserver et t'accorder santé, longue vie et bonheur.

A la mémoire de mon Père

A l'âme de mon père qui m'a quitté sans voir le fruit de son éducation. Lui qui m'a transmis l'amour de vivre, l'amour de sacrifice et celui de continuer à donner sans limite.

Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, L'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours eu pour vous.

Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit Pour mon éducation et mon bien être.

Ce travail est le fruit de tes sacrifices que tu as Consentis pour mon éducation et ma formation.

Remerciements

A ma très chère sœur: "Rofeida"

A mon fiancé: "Yacine"

*Que je l'aime beaucoup et qui m'a soutenue tout au long de ce travail,
Je vous dédie ce travail avec tous mes vœux de bonheur, de santé et de réussite.*

*A mes chers frères: "Sami, Housseem, Amir" Je vous dédie ce travail avec
Tous mes vœux de bonheur, de santé et de réussite.*

À Mes neveux Nazim , Miral, loujein , racim.

A toute ma famille:

Surtout la famille: "Guergueb", "Chaabouri"

A ma belle famille: "kerbaa "

A mes amies:

*Les personnes qui m'ont toujours aidé et encouragé, qui étaient toujours à mes côtés,
et qui m'ont accompagnaient durant mon chemin d'études, mes aimables amies,
collègues d'étude,*

Et frères de cœur:

*Chaabouri Aya, Ben tri Abir, Imen Hamdi, Dounia Absi, Guerouf chourouk,
Moustiri khaoula, Salem zineb, , khaldi Selma.*

A mes enseignants et mes collègues de la promotion 2023/2024.

*Et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour que ce travail soit possible,
Je vous dédie ce travail avec tous mes vœux de*

Bonheur, de santé et de réussite.

Remerciements

Louange à l'unique Dieu, Lumière des cieux et de la terre, qui aide et qui guide''

Je dois remercier tout d'abord ALLAH le tout puissant, qui m'a donné la puissance, la volonté et la patience pour élaborer ce travail

*Avant tout, ce travail ne serait pas aussi riche et n'aurait pas pu
Avoir le jour sans l'aide et l'encadrement de*

Mm. Belkharchouche Hafida

Je la remercie pour la qualité de son

Encadrement exceptionnel, pour sa patience, ses contributions, ses orientations précieuses, sa disponibilité et sa compréhension tout le long de l'élaboration de ce mémoire.

Je tiens également à remercier vivement les membres de jury d'accepter examiner

Et évaluer ce modeste travail.

Je souhaite remercier mes parents et mes frères pour leur compréhension, leur Soutien moral et leurs aides et sacrifices infinis, tout le long de mes années L'études.

J'adresse mes vifs remerciements et reconnaissances à ceux qui m'ont aidé et supporté, de prêt ou de loin à l'élaboration de ce travail.

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

Vos généreuses contributions

TABLE DES MATIERES

Dédicace
 Remerciements
 Table des matieres III
 Liste des abreviations V
 Liste des tableau VI
 Liste des figures VII
 Introduction 2

Partie Bibliographique

Chapitre 1 : Généralités sur le blé

1.1.Généralités sur le blé 6
 1.2. Historique, Origine et distribution géographique..... 6
 1.3. Classification botanique 7
 I.3.1 Classification selon Cronquist (1981)..... 7
 I.3.2. Classification APG 3(2009) 7

Chapitre 2 : Priming et stress salin

2.1. Priming (ou traitement pré germinatif des semences)..... 10
 2.1.1. Définition 10
 2.1.2. Avantages de l’amorçage 10
 2.1.3 Inconvénients de l’amorçage..... 10
 2.1.4 Type d’endurcissement 11
 2.1.4.1. Hydro priming ou redéshydratation 11
 2.1.4.2. Osmopriming 11
 2.1.4.3 Hormopriming 11
 2.1.5 Mécanismes physiologiques et biochimiques du priming..... 12
 2.1.5.1Amorçage et intégrité membranaire 12
 2.1.5.2 Amorçage et mobilisation des réserves 12
 2.1.5.3 Amorçage et systèmes antioxydants 12
 2.1.5.4 Amorçage et formation des espèces réactives d'oxygène..... 13
 2.1.5.5 Amorçage et accumulation des osmolytes 13
 2.1.5.6 Amorçage et génome..... 13
 2.2 Stress salin..... 14

2.2.1 Effet du stress salin sur la germination 14
2.2.2. Effet de stress salin sur la croissance 15

Partie expérimentale

Chapitre 3 : Matériel et méthodes

3.1. Matériel végétal..... 18
3.2. Protocole expérimental..... 18
3.2.1. Application du traitement pré germinatif (endurcissement ou amorçage)..... 18
3.2.2. Préparation des solutions salines..... 19
3.2.3. Mise a germination..... 20
3.3. Les paramètres étudiés 20
3.3.1 Taux de germination final 20
3.3.2. Cinétique de germination 21
3.3.3. Longueur des racines et des épicotyles 21
3.4 Analyse statistique..... 21

Chapitre 4 : Résultats et discussion

4.1 Résultats et discussion..... 23
4.1.1 Taux de germination..... 23
4.1.2. Cinétique de germination 27
4.1.3.2. Longueur des épicotyles..... 34
4.2. Discussion 35
Conclusion..... 38
RéférenceBibliographiques 41
Résumé 45

Liste des abréviations

% : Pourcentage

° C : Degrés Celsius

4h hydro : Simple Hydropriming de 4 heures.

2h double hydro : Double Hydropriming de 2 heures

1h vingt minutes hydro : Triple Hydropriming de 1heure, vingt minutes.

.ITDAS : Institut technique du développement de l'agronomie saharienne

MDG : Moyenne journalière de Germination

NaCl : Chlorure de sodium

T° : Température

TGF : Taux de germination finale

FAO: Food and Agriculture Organization.

LISTE DES TABLEAU

Tableau 1 : Analyse de la variance pour le taux de germination de la variété (Boussalem).... 25

Tableau 2 : Analyse de la variance pour le taux de germination de la variété (Vitron)..... 25

Tableau 3 : Analyse de la variance pour le taux de germination de la variété (Saoura). 26

Tableau 4 : Analyse de la variance pour le taux de germination de la variété (Akhamoukh). 26

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : les différents variétés de blé étudiées 18

Figure 2 : les différentes solutions salines préparées 20

Figure 3 : Effet de l'hydropriming sur le taux de germination chez quatre variétés de blé dur en fonction de l'intensité du stress salin..... 23

Figure 4: Effet de l'hydropriming sur la cinétique de la germination de blé dur (variété Boussalem) sous l'effet des différents niveaux du stress salin. 28

Figure 5 : Effets de l'hydropriming sur la cinétique de la germination de blé dur (variété Vitron) Sous l'effet des différents niveaux de stress salin. 29

Figure 6 : Effets de l'hydropriming sur la cinétique de la germination de blé dur (variété Saoura) sous l'effet des différents niveaux de stress salin. 30

Figure 7 : Effets de l'hydropriming sur la cinétique de la germination de blé dur (variété Akhamoukh) sous l'effet des différents niveaux de stress salin. 31

Figure 8 : Effet de l'hydropriming sur la longueur des racines des quatre variétés de blé dur Desf, en condition de l'intensité du stress salin.....32

Figure 9 : Effet du hydropriming sur la longueur des épicotyles des quatre variétés de blé dur Desf, en fonction de l'intensité du stress salin. 34

Introduction générale

Introduction

Dans le monde entier, l'agriculture est considérée comme un pilier fondamental de l'alimentation humaine et animale. En outre, il joue également un rôle important dans le développement de l'économie nationale.

L'une des plus importantes de ces cultures était la culture des céréales, qui était à la base des premières civilisations humaines et constitue toujours la base de l'apport alimentaire quotidien de la plupart des habitants de la planète.

Le blé occupe la première place dans la production céréalière, représentant environ un tiers du total mondial. L'orge se classe au quatrième rang après le blé, le riz et le maïs, dont 60 % sont produits en Europe (Simon et al, 1989).

La culture du blé est répandue dans le monde entier en raison de son importance économique et nutritionnelle. Les graines contiennent des composés nutritionnels représentés par des glucides, des protéines, des lipides, des sels minéraux et des vitamines.

La culture du blé balaie le globe, en particulier en Afrique du Nord. Cependant, le climat et les conditions naturelles ne sont parfois pas propices à la croissance et au rendement élevé du blé.

À l'échelle mondiale, la productivité et le développement agricoles sont confrontés à de multiples contraintes biotiques et abiotiques. Parmi ces limitations, l'eau et la saumure sont considérés comme les facteurs les plus importants limitant la production, en particulier dans les régions arides et semi-arides (Rjeibi et al ,2015).

La production végétale et l'établissement de bonnes cultures sont étroitement liés à la germination des graines, une étape clé du cycle de vie des plantes supérieures (Cheng et al ,1999). Cependant, la germination peut être inégale car les graines ne germent pas toutes de la même manière ou en même temps.

Diverses approches ont été poursuivies depuis plusieurs années pour résoudre ces problèmes et améliorer le développement et le rendement des espèces végétales (Basra et al ,2003). La technique la plus courante et la plus courante est l'amorçage ou l'endurcissement connue sous le nom de « priming ».

C'est une méthode physiologique qui améliore la production végétale en modulant les activités métaboliques de la germination avant l'émergence de la radicule (Bradford, 1986 ; Taylor et al , 1990). C'est à dire au cours de la phase réversible de la germination. Pendant cette phase la semence peut-être redéshydratée tout en gardant sa capacité à germer (Mazliak, 1998). Cette technique est peu coûteuse et évite l'utilisation de produits chimiques qui peuvent être indésirables pour l'environnement et la santé humaine.

L'objectif de cette étude est d'évaluer l'effet de l'hydro priming simple, double et triple sur quelques paramètres de la germination de quatre variétés du blé dur, sous différents niveaux de stress salin.

Ce mémoire est structuré en deux parties :

- ✓ La première partie, est consacrée a une synthèse bibliographique concernant le thème de travail, elle est composée de deux chapitres :
 - Chapitres 1 : Généralités sur le blé.
 - Chapitre 2 : Priming (l'amorçage).
- ✓ La deuxième partie est la partie expérimentale, elle est formée de deux chapitres aussi :
 - Chapitre 3 : Matériel et méthodes.
 - Chapitre 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 le blé

Chapitre 1 : Généralités sur le blé

1.1. Généralités sur le blé

Les céréales ont été parmi les premières à être cultivées et récoltées. Les premières civilisations ont prospéré, en partie, grâce à leur capacité à les fabriquer, à les stocker et à les distribuer. Céréales, principalement blé, riz et orge (Choueiri, 2003). Selon la FAO (2019), la production céréalière mondiale devrait atteindre 2 685 millions de tonnes d'ici 2019, en hausse de 1,2 % par rapport à 2018. En Algérie, comme en Afrique du Nord, ces cultures sont les cultures de base. Prises en charge et exploitation de diverses activités de traitement. Farine de semoule, produits de boulangerie, industrie alimentaire. Ils constituent également la base de la nutrition et sont d'une grande importance dans la nutrition rurale et urbaine (Aidani, 2015). Cependant, malgré la superficie et l'effort, le rendement est encore insuffisant.

Atteindre l'autosuffisance avec une population croissante d'une part et une population croissante d'autre part est en partie dû à des enjeux climatiques tels que : B. Diminution des précipitations fluctuantes entraînant un stress hydrique, salin et thermique. peut causer du stress

Les restrictions à la culture des céréales en Algérie impliquent des facteurs biologiques tels que les maladies et les parasites, ainsi que des facteurs agricoles et alimentaires (Benabdelkader et Nouar, 2018).

1.2. Historique, Origine et distribution géographique

La culture du blé a commencé à l'âge de pierre il y a 2000 ans, et certains pensent qu'elle a commencé vers 7000 avant JC .De nombreux restes de blé diploïde et tétraploïde ont été retrouvés préservés dans les restes de traces vieilles de 7000 ans dans les régions du Proche Orient (Harlen ,1975).

Et avec l'accord de plusieurs chercheurs, on voit que le blé d'origine était originaire de la vallée du Tigre et de l'Euphrate (Hamid, 1979) Et puis sa culture s'est répandue dans la vallée du Nil en Egypte (Chokri, 1994) Et puis il s'est répandu en Chine, en Europe, en Amérique .L'habitat d'origine du blé a été divisé en trois parties ; La Syrie et la Palestine du Nord sont le centre bilatéral du blé, La région éthiopienne est un quadruple centre de blé, Les régions afghanes et indiennes sont le centre hexagonal du blé (Vavilov, 1934).

1.3. Classification botanique

La taxonomie du blé avait l'avantage de guider la recherche de gènes susceptibles d'intéresser les sélectionneurs pour des caractères agronomiques tels que la résistance aux basses températures, la précocité et les grains gros et vitreux (Monneveux, 1989).

I.3.1 Classification selon Cronquist (1981)

- ✓ **Règne** : Plantae
- ✓ **Sous règne** : Tracheobionta
- ✓ **Division** : Magnoliophyta
- ✓ **Classe** : Liliopsida
- ✓ **Sous classe** : Cemmelinidae
- ✓ **Ordre** : Cyperales
- ✓ **Famille** : Gramineae
- ✓ **Tribu** : Triticeae
- ✓ **Genre** : Triticum
- ✓ **Espèce** : Triticum turgidum
- ✓ **Sous espèce** : Triticum turgidum subsp.durum (desf)
- ✓ **Synonyme** : Triticum durum

I.3.2. Classification APG 3(2009)

- ✓ **Règne** : Plantae
- ✓ **Clade** : Angiosperme
- ✓ **Clade** : Monocotylédones
- ✓ **Clade** : Commelinidees
- ✓ **Ordre** : Poales
- ✓ **Famille** : Poaceae

Chapitre 1 : Généralités sur le blé

- ✓ **Sous famille** : Pooideae
- ✓ **Super-tribu** : Triticodae
- ✓ **Tribu** : Triticeae
- ✓ **Sous tribu** : Triticineae
- ✓ **Genre** : Triticum

Chapitre 2

Priming et stress salin

2.1. Priming (ou traitement pré germinatif des semences)**2.1.1. Définition**

L'amorçage ou endurcissement (priming en anglais) est une des techniques pré-semis permettant hydratation contrôlée des graines à un niveau qui permet à l'activité métabolique pré-germinative de se poursuivre, mais interrompt l'émergence réelle à la racine. C'est une technique d'hydratation rentable pour stimuler la germination des graines. Cette hydratation contrôlée de la graine freine la germination mais permet à des changements physiologiques et biochimiques pré germinatif de se produire. L'amorçage des graines est un processus d'amélioration pour augmenter les attributs de germination des graines. Il est pratiqué par hydratation partielle des graines et en les conservant dans des conditions d'humidité, de température et d'aération bien définies pendant une période de temps déterminée (Chaudhry et al, 2008 ; Heydecker 1973) a défini l'amorçage des semences comme un traitement de pré ensemencement dans lequel les graines sont ensemencées dans une solution osmotique qui leur permet de s'imprégner d'eau et de passer par la première étape de germination, la graine est ensuite séchée à son contenu humide d'origine et stockée ou rabotée via une technique conventionnelle.

2.1.2. Avantages de l'amorçage

La préparation des semences assure un meilleur établissement des semis et une germination uniforme. Une levée uniforme peut aider à optimiser l'efficacité de la récolte et à augmenter le potentiel de rendement des cultures. Les performances des semences telles que le temps de germination, l'indice de germination, la vigueur et la dormance des semis (Caserio, 2004). L'amorçage a également été pratiqué pour éliminer ou réduire significativement la charge fongique et bactérienne des graines (Bradford, 1986 ; Khan, 1992 ; Taylor et al, 1998).

2.1.3 Inconvénients de l'amorçage

La préparation de semences avec du PEG nécessite de grandes quantités de PEG et augmente les coûts (Rowse, 1996). Une grande quantité de PEG doit être utilisée et jetée. Une aération supplémentaire de la solution hydratante est essentielle pour des conditions meilleures. Vu que l'amorçage au PEG favorise la croissance bactérienne en raison d'une mauvaise aération (Parera et Cantliffe, 1994). Sous climats tropicaux et tempérés chauds, de grandes quantités de semences traitées par voie humide peuvent être difficiles à gérer. Etant donné que le maintien de la température d'amorçage est crucial.

2.1.4 Type d'endurcissement

Les méthodes d'amorçage des graines peuvent être divisées en deux groupes selon que l'absorption d'eau est non contrôlée (amorçage hydro et hormoprimer) ou contrôlée (amorçage osmoprimer) (Taylor et al, 1998).

2.1.4.1. Hydro priming ou redéshydratation

➤ Simple hydro priming

Est la technique de démarrage la plus simple et consiste à tremper les graines dans l'eau puis à les sécher avant le semis (Tarquis et Bradford, 1992). cette technique est peu coûteuse et évite l'utilisation de produits chimiques nuisibles à l'environnement et à la santé humaine (Ghassemi-Golezani et al,2008).

➤ Double hydro priming

Un nouveau traitement utilisé par Boucelha et Djebbar (2015) est l'amorçage par double hydrogénation, qui consiste à soumettre les graines à un double cycle d'hydratation-réhydratation. Ce nouveau traitement apporte des résultats optimaux en améliorant significativement les performances de germination, la croissance et la tolérance au stress (Boucelha et Djebbar, 2015 ;Boucelha, 2015 ; Boucelha et al., 2019).

2.1.4.2. Osmoprimer

C'est le type de préparation de semences le plus couramment utilisé. Les graines sont soit soumises à un traitement osmotique de pré-émergence uniquement, soit fraîchement séchées. Cette hydratation contrôlée des graines est réalisée par des agents osmotiques tels que le polyéthylène glycol (PEG), les sels (KNO₃, NaCl, KCl) ou les polyols (mannitol) (Bradford, 1986 ; Yari et al., 2010).

2.1.4.3 Hormoprimer

Le prétraitement hormonal est une stratégie d'amorçage pour favoriser la germination des graines dans des conditions stressantes (Atici et al., 2003 ; Gratão et al., 2005 ; Jisha et al., 2013 ; Massoud et al., 2012 ; Hu et al., 2013). . Par exemple, des graines de seigle (*Secale montanum*) prétraitées avec de l'acide gibbérellique (GA 3) ont augmenté la germination dans des conditions de stress hydrique (Ansari et al., 2013).

2.1.5 Mécanismes physiologiques et biochimiques du priming

2.1.5.1 Amorçage et intégrité membranaire

Des études suggèrent que l'endurcissement permet la réparation de la membrane cellulaire (Jowkar et al., 2012 ; Hussain et al, 2016). D'autre part, Boucelha (2015) a montré que les semis de *Vigna unguiculata* issus de semences traitées se caractérisent par une bonne intégrité membranaire.

2.1.5.2 Amorçage et mobilisation des réserves

Pendant l'amorçage, des processus liés à la germination tels que la respiration, le métabolisme énergétique et la mobilisation précoce des réserves se produisent. L'amorçage augmente la production d'ATP, la charge énergétique et le rapport ATP/ADP. Les enzymes responsables du recrutement des protéines de stockage, des glucides (α - et β -amylases) et des lipides (isocitrate lyase) sont synthétisées ou activées lors de l'amorçage. Il augmente la dépense énergétique des graines, augmente le taux métabolique, améliore la germination et la tolérance au stress (Raj, 2010).

2.1.5.3 Amorçage et systèmes antioxydants

Plusieurs auteurs décrivent une amélioration de la germination des graines traitées grâce à une activité accrue de ces enzymes antioxydants, ce qui permet de piéger les radicaux libres synthétisés en réponse au stress oxydatif pour éviter les dommages cellulaires (Varier et al, 2010 ; Sheikh M. A et al, 2012) ; Chawla et al., 2014). Par conséquent, l'activation de la machinerie antioxydant est la réponse de défense la plus importante des cellules vivantes dans des conditions de stress. Ce mécanisme antioxydant est constitué d'antioxydants enzymatiques. B. Superoxyde dismutase (SOD), catalase (CAT), peroxydase (POX) et composés antioxydants non enzymatiques tels que B. ascorbate, tocophérols, caroténoïdes (Sánchez-Rodriguez et al, 2011).

2.1.5.4 Amorçage et formation des espèces réactives d'oxygène

Des études cytochimiques réalisées par Boucelha (2015) montrent que le traitement d'amorçage stimule la génération d'espèces réactives de l'oxygène dans les tissus embryonnaires et principalement méristématiques, démontrant une forte activation de la division cellulaire lors de l'amorçage.

2.1.5.5 Amorçage et accumulation des osmolytes

D'un point de vue physiologique, des études antérieures ont montré que le priming stimule la biosynthèse et l'accumulation d'osmolytes, tels que la proline libre et les sucres solubles (saccharose, tréhalose, fructose, ribose, etc.)

Ces derniers permettent d'assurer l'ajustement osmotique responsable de la résistance aux stress (Boucelha, 2015). De même, la stimulation de la biosynthèse des osmolytes au niveau embryonnaire est également associée à des niveaux élevés d'expression génique et d'ARNm (Gelormini, 1995).

2.1.5.6 Amorçage et génome

Les changements physiologiques et biochimiques induits par le priming sont fortement régulés et contrôlés par l'expression de nombreux gènes. Certains effets de l'endurcissement peuvent être dus à la méthylation de l'ADN ou à la conformation spatiale de la chromatine. Les phénomènes épi génétiques sont donc d'une importance primordiale dans la compréhension de nombreux phénomènes en biologie végétale. Ils jouent un rôle important dans l'adaptation des plantes à leur environnement (Hebrard, 2012). Ces changements épigénétiques sont régulés au cours du développement et de l'exposition au stress, conduisant à des mécanismes de défense plus efficaces (Bruce et al., 2007).

2.2 Stress salin

Le stress salin est l'un des facteurs de stress abiotiques les plus importants et les plus limitant, du point de vue de la productivité agricole à l'échelle mondiale, en particulier dans les climats secs et Semi-sec (Djerah et Oudjehih, 2015). Il est du a une salinité excessive. Le terme s'applique spécifiquement aux ions en excès, en particulier Na^+ . et Cl (Hopkins, 2003).

Les ions de sel en excès dans la solution du sol provoquent une pression osmotique élevée et Accumulation d'ions toxiques, en particulier Na^+ , dans les feuilles (Kpinkoun et al, 2019).

2.2.1 Effet du stress salin sur la germination

Les premières étapes de la germination et de la croissance sont essentielles pour établir l'espèce qui pousse dans des milieux salins. Ce stade de germination est généralement limité affecté par la salinité du sol, plus sensible que les autres stades de développement Ouhaddach, 2016).

Une salinité élevée inhibe la germination par osmose ou par toxicité spécifique (Ouhaddach, 2016). En raison de l'influence de la pression osmotique, les graines doivent absorber suffisamment d'eau pour restaurer la valeur critique d'apport hydrique. Ce qui permet de déclencher la germination en particulier les ions Na^+ (Maas et Poss, 1989).

Les effets toxiques sont associés à une forte accumulation d'ions (surtout d'ions). bien) provoquent une perturbation des enzymes impliquées dans le processus de la germination des graines. Cela entrave la levée de la dormance embryonnaire et réduit le pouvoir germinatif (Rejili et al., 2006).

(Rahmoune et al,2001) ont montré que le sel a un effet dépressif sur le taux de germination des grains. Cependant, cet effet varie en fonction de l'intensité du stress et de la variété en question.

2.2.2. Effet de stress salin sur la croissance

Le stress salin est un stress environnemental majeur qui affecte la croissance et le développement des plants. Le stress salin augmente la pression osmotique intracellulaire et peut provoquer l'accumulation de sodium à des niveaux toxiques comme d'autres stress abiotiques, le stress salin affecte négativement la croissance et la reproduction des plantes de plusieurs façons. Il produit des déséquilibres nutritionnels et hormonaux, une toxicité ionique, un stress oxydatif et osmotique et une augmentation de la sensibilité des plantes aux maladies. Cependant, les plantes peuvent être endommagées ou même mourir en raison du stress salin (Zhao et al, 2021).

Partie expérimentale

Chapitre 3

Matériel et méthodes

3.1. Matériel végétal

L'expérimentation est menée sur 4 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 , Vitron , Saoura , Akhamoukh.



Figure 1 : les différents variétés de blé étudiées

3.2. Protocole expérimental

Le présent travail vise à déterminer les effets de l'hydro priming (un cycle de redéshydratation) et du double hydro priming (deux cycles de redéshydratation) et triple hydro priming (trois cycles de redéshydratation) sur la germination des graines de 4 variétés de blé dur en conditions de stress salin par l'ajout de la différente concentration de chlorures de sodium. Pendant une durée de 8 jours.

3.2.1. Application du traitement pré germinatif (endurcissement ou amorçage)

Pour chaque variété, les graines de blé choisies doivent être saines, et sélectionnées selon leur taille et leur forme.

➤ **Traitement à une seule redéshydratation (Hydro priming)**

Les graines de chaque variété ont subi une simple redéshydratation qui consiste à imbiber dans l'eau distillée pendant 4 heures (4h hydro). Cette imbibition est suivie d'un séchage à T° ambiante jusqu'à ce que les graines reprennent leur poids initial.

➤ **Traitement à double redéshydratation (Double hydro priming)**

Les semences ont subi un double hydro priming c'est-à-dire que les graines sont imbibées dans l'eau distillée pendant 2 heures puis redéshydratée et cette opération est répétée une deuxième fois (2 h double hydro).

➤ **Traitement à Triple redéshydratation (Triple hydro priming)**

Les semences ont subi un Triple hydro priming c'est-à-dire que les graines sont imbibées dans l'eau distillée pendant 1 heure vingt minutes puis redéshydratée et cette opération est répétée trois fois (1h, vingt mn hydro).

➤ **Témoin** : aucun traitement n'a été appliqué avant la mise à germination.

3.2.2. Préparation des solutions salines

Préparation des solutions salines à différentes pressions osmotiques (0g/L, 5g/L, 10g/L, 15g/L)). Selon le protocole de (Sosa et al, 2005).

Pour cela nous avons procédé comme suit :

Peser la masse du sel (NaCl) ;

- Ajouter de l'eau distillée ;
- Agiter la solution pour dissoudre le sel ;
- Verser le contenu dans une fiole puis remplir avec de l'eau jusqu'au trait de jauge (500ml)
- Fermer la fiole avec un bouchon et étiqueter les fioles.



Figure 2 : les différentes solutions salines préparées

3.2.3. Mise a germination

Les tests de germination ont été effectués sous différentes concentrations de chlorures de sodium. Pour chaque variété, les graines prétraitées, au nombre de 20, sont désinfectées à l'eau de javel, lavées abondamment à l'eau, puis rincées à l'eau distillée. 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 distillée (témoin), dans les autres cas, nous avons ajouté 10 ml de solution contenant 5 g/L, 10 g/L ou 15 g/L de NaCl (stress salin). Les boîtes sont mises à l'obscurité dans un incubateur réglé à une température de 25°C pour une période de 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 2mm.

3.3. Les paramètres étudiés

Les paramètres étudiés au cours de ce travail sont :

3.3.1 Taux de germination final

Il est exprimé comme le rapport du nombre de graines germées au nombre total de graines mises à germer(Oukara et *al.*, 2017).

Le taux de germination (Tg) est calculé selon la relation :

$$\text{Tgf} = \text{Ni} \times 100 / \text{Nt}$$

Ni : nombre des graines germées.

Nt : nombre totale de graines utilisées.

3.3.2. Cinétique de germination

Elle est exprimée en nombre de graines qui ont germé après 24, 48, 72 et 96 heures depuis le début de l'expérience. Cela permet de mieux comprendre la signification écologique du comportement germinatif des cultivars étudiés et de tous les événements partant du stade de reprise en eau par la graine et se terminant par l'élongation de l'axe embryonnaire et l'émergence de la radicule, c'est un paramètre à fixer, (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 (Camara et *al.*, 2018).

3.4 Analyse statistique

Les expériences ont été répétées quatre fois. Les résultats, présentés sous forme de courbes ou d'histogrammes représentent les valeurs moyennes des répétitions. L'analyse de la variance à deux facteurs (ANOVA) 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 XLSTAT-Excel 7.

Chapitre 4

Résultats et discussion

4.1 Résultats et discussion

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, des semences amorcées à différents hydropriming (simple, double et triple) des différentes variétés du blé dur étudiées (Boussalem, Vitron, Saoura, Akhamoukh) en fonction de différents niveaux de stress salin (0, 5, 10 et 15 g/l).

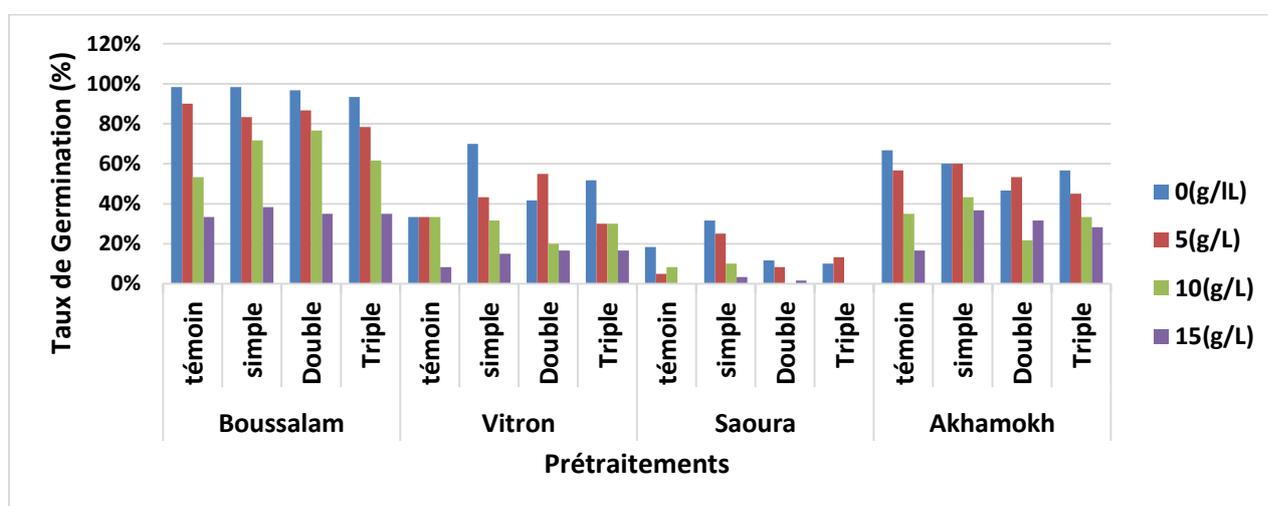


Figure 3 : Effet de l'hydropriming sur le taux de germination chez quatre variétés de blé dur en fonction de l'intensité du stress salin.

En effet, elle montre que, quelle que soit la variété, l'hydropriming permet l'accélération du taux de germination des semences de blé dur en conditions de germination favorables (eau distillée) et même sous certaines conditions de stress salin.

En conditions normales (témoin), Boussalem affiche le taux de germination le plus élevé avec des valeurs très rapprochées chez le témoin et chez les graines qui ont subi un simple hydropriming, respectivement égales à 98,35% et 98,33%. Cette prédominance du taux de germination chez le témoin est aussi observée chez la variété Akhamoukh avec une valeur moindre (66,67%).

Cependant chez Vitron et Saoura, les graines traitées par simple, double et triple hydropriming marquent le taux de germination le plus élevé avec respectivement 70% et 31% .

Il est à souligner, chez Vitron ,que quelque soit le prétraitement appliqué, le taux de germination reste supérieur (simple 70%, triple 51,67% et double 41,67%) au témoin(33,33%).

Sous l'effet de stress salin, à la concentration 5g/l, on remarque que les variétés, Saoura et Akhamoukh présentent les meilleurs taux de germination sous simple hydropriming, avec 25% et 60% respectivement. Tandis que sous double hydropriming le meilleur taux de germination a été enregistré chez Vitron avec 55%.

Lorsque les concentrations salines sont de l'ordre de 10 à 15 g/l, la variété Boussalem révèle que les prétraitements double et simple sont les plus efficaces et donnent les meilleurs taux de germination avec respectivement 76,67% et 71,67%.

Par ailleurs, chez Saoura et Akhmoukh, le simple hydropriming présente les taux de germination les plus élevés avec 10% et 43,33% à la concentration 10g/l et 3,33 et 36,67 à la concentration 15g/l.

L'analyse de la variance ANOVA à deux facteurs qui sont : l'effet du stress salin avec quatre niveaux de (0,g/l, 5g/l, 10g/l,15g/l), et l'effet variétale avec quatre variétés de blé dur (Boussalem, Vitron, Saoura, Akhamoukh), et l'effet de hydropriming sur la variation du taux de germination, montre des différences fortement significatives (Tableau 1).

Tableau 1 : Analyse de la variance pour le taux de germination de la variété (Boussalem)

Source	Somme des carrés de type III	ddl	Carré moyen	F	Signification
Modèle corrigé	311,000	49	6,347	8,632	,000
Constante	1329,433	1	1329,433	1808,029	,000
Jour	275,410	26	10,593	14,406	,000
Concentration	,511	2	,256	,348	,709
Traitement	2,462	3	,821	1,116	,356
Jour * Concentration	3,335	5	,667	,907	,488
Jour * Traitement	4,606	2	2,303	3,132	,056
Concentration * Traitement	,000	6	,000	,000	1,000

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

Source	Somme des carrés de type III	ddl	Carré moyen	F	Signification
Modèle corrigé	311,000	46	6,761	10,006	,000
Constante	1351,637	1	1351,637	2000,423	,000
Jour	248,049	19	13,055	19,322	,000
Concentration	,143	2	,072	,106	,900
Traitement	39,349	3	13,116	19,412	,000
Jour * Concentration	,619	4	,155	,229	,920
Jour * Traitement	21,168	8	2,646	3,916	,002
Concentration * Traitement	2,169	6	,361	,535	,778
Jour * Concentration * Traitement	2,038	1	2,038	3,016	,091

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

Source	Somme des carrés de type III	Ddl	Carré moyen	F	Signification
Modèle corrigé	211,333	33	6,404	2,568	,001
Constante	1131,971	1	1131,971	453,999	,000
Jour	162,442	11	14,767	5,923	,000
Concentration	37,776	2	18,888	7,575	,001
Traitement	36,412	3	12,137	4,868	,005
Jour * Concentration	15,593	4	3,898	1,563	,199
Jour * Traitement	10,325	4	2,581	1,035	,398
Concentration * Traitement	10,670	6	1,778	,713	,641

Tableau 4 : Analyse de la variance pour le taux de germination de la variété (Akhamoukh).

Source	Somme des carrés de type III	ddl	Carré moyen	F	Signification
Modèle corrigé	313,000	52	6,019	8,113	,000
Constante	1398,326	1	1398,326	1884,700	,000
Jour	281,766	24	11,740	15,824	,000
Concentration	2,871	2	1,436	1,935	,161
Traitement	9,261	3	3,087	4,161	,014
Jour * Concentration	1,824	5	,365	,492	,780
Jour * Traitement	4,091	7	,584	,788	,603
Concentration * Traitement	,000	6	,000	,000	1,000

4.1.2. Cinétique de germination

Pour mieux appréhender la signification physiologique du comportement germinatif des variétés étudiées, les graines germées ont été comptées quotidiennement jusqu'au 7ème jour de l'expérience.

Les figures (4, 5, 6 et 7) présentent l'évolution de la germination de quatre variétés de blé dur (Boussalem, Vitron, Saoura, Akhamoukh) en fonction du temps sous différentes concentrations de stress salin pour l'ensemble des prétraitements. Les résultats montrent que les courbes relatives aux taux de germination quotidiens des graines traitées ou non, présentent une allure similaire aux courbes de cinétique de germination chez diverses espèces végétales.

En effet, les courbes de cinétique de germination affichent les trois phases classiques de la germination: une phase de latence due à l'imbibition des graines, une deuxième phase d'accélération exponentielle de la germination et enfin une troisième phase caractérisé par un palier correspondant à un arrêt de la germination après avoir atteint la capacité germinative maximale.

En effet, elle montre que, quelle que soit la variété, nous observons que les graines primées (simple, double et triple hydro) ont un taux de germination plus élevé comparativement aux graines non traitées (témoin) en conditions normales (témoin) et certaines, même en conditions de stress salin.

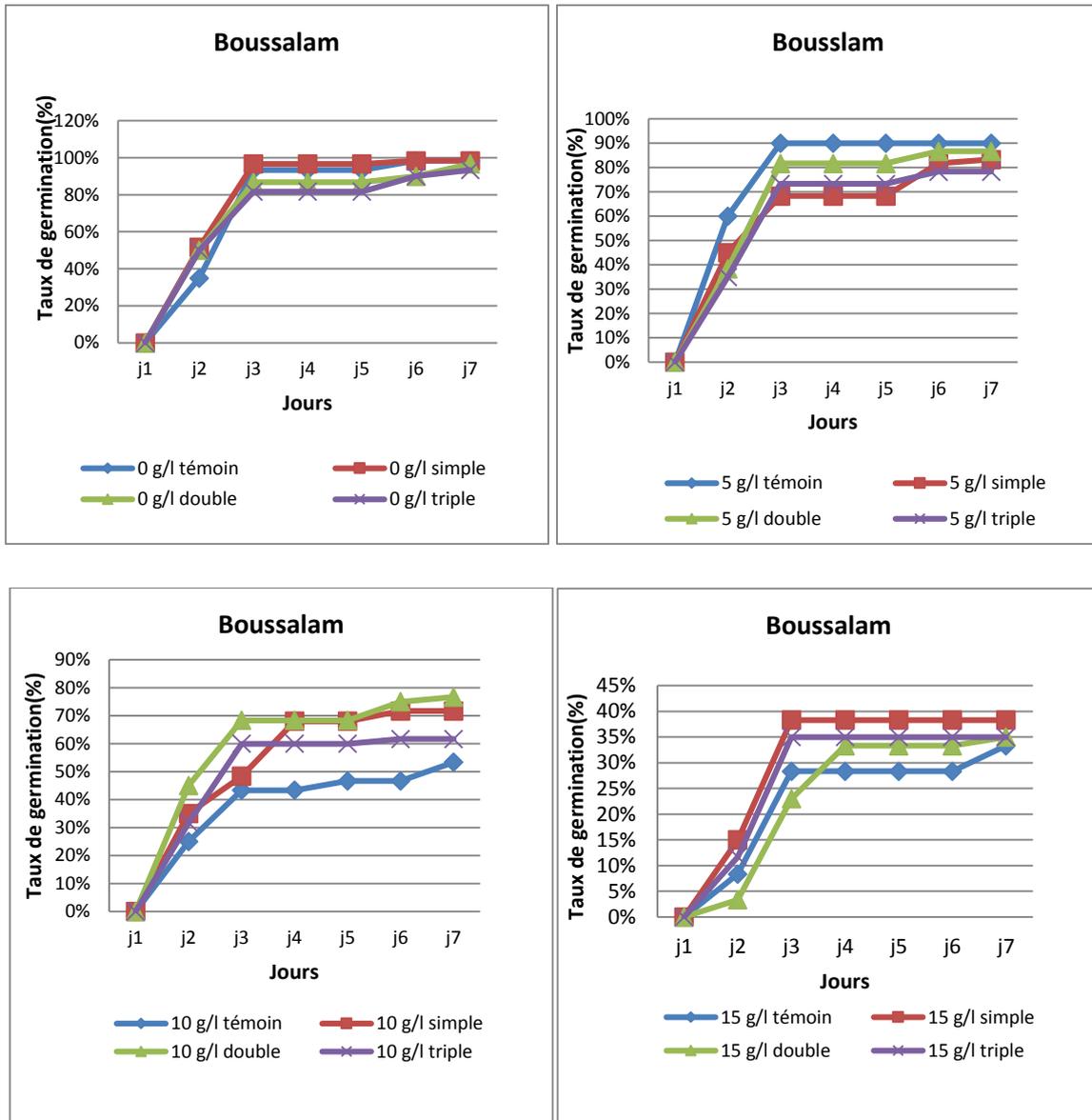


Figure 4: Effet de l'hydropriming sur la cinétique de la germination de blé dur (variété Boussalem) sous l'effet des différents niveaux du stress salin.

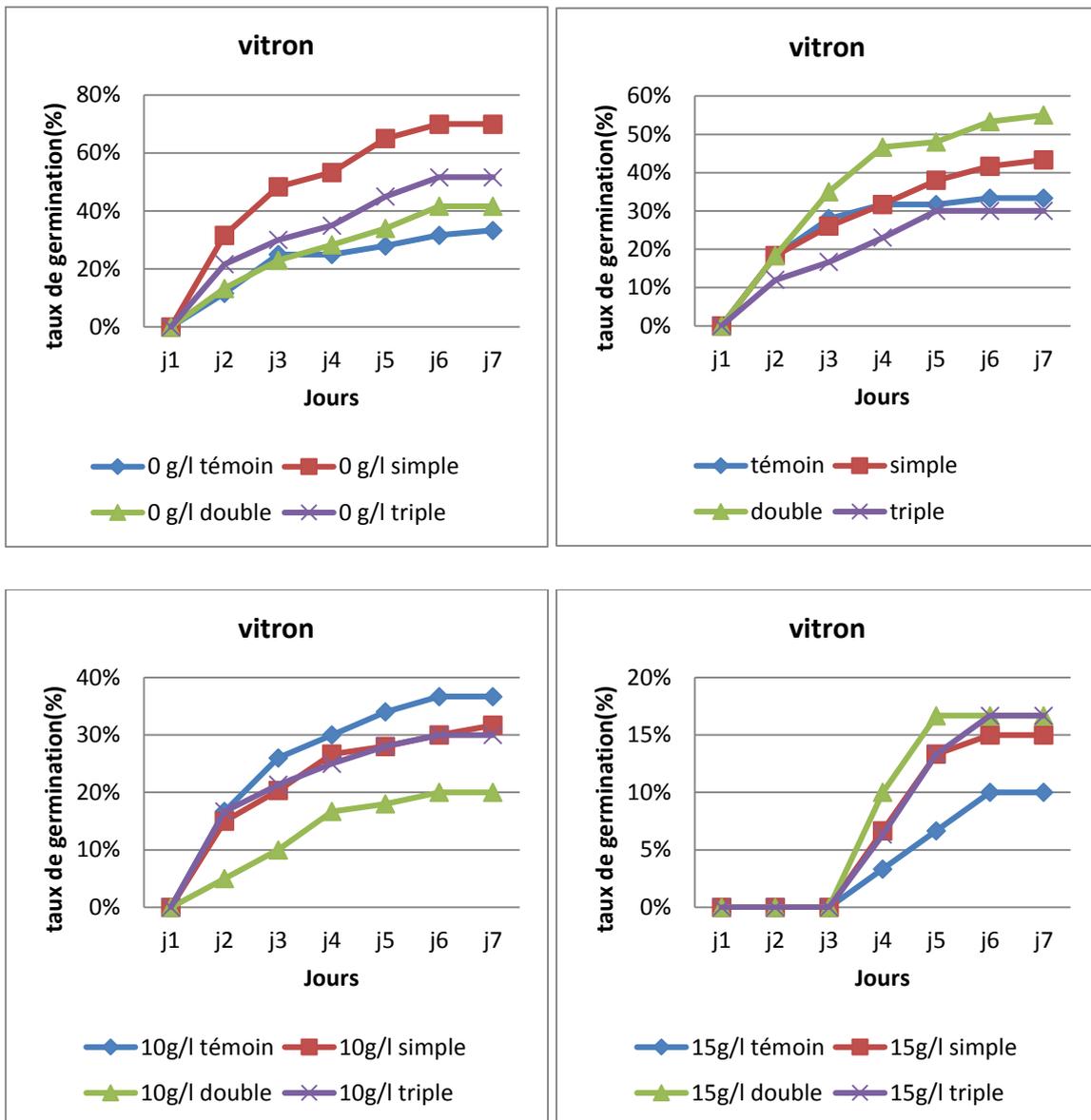


Figure 5 : Effets de l'hydropriming sur la cinétique de la germination de blé dur (variété Vitron) Sous l'effet des différents niveaux de stress salin.

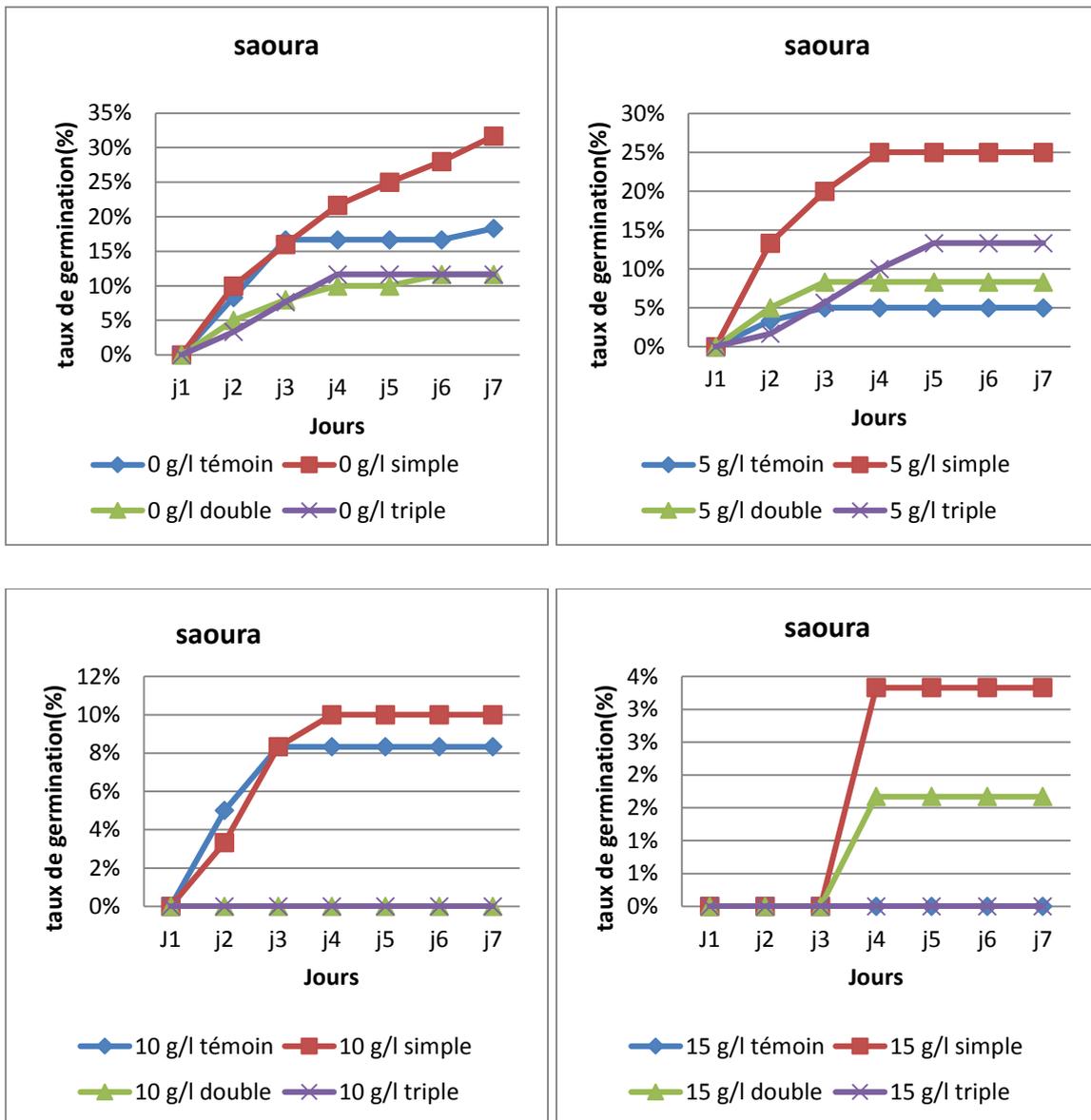


Figure 6 : Effets de l'hydropriming sur la cinétique de la germination de blé dur (variété Saoura) sous l'effet des différents niveaux de stress salin.

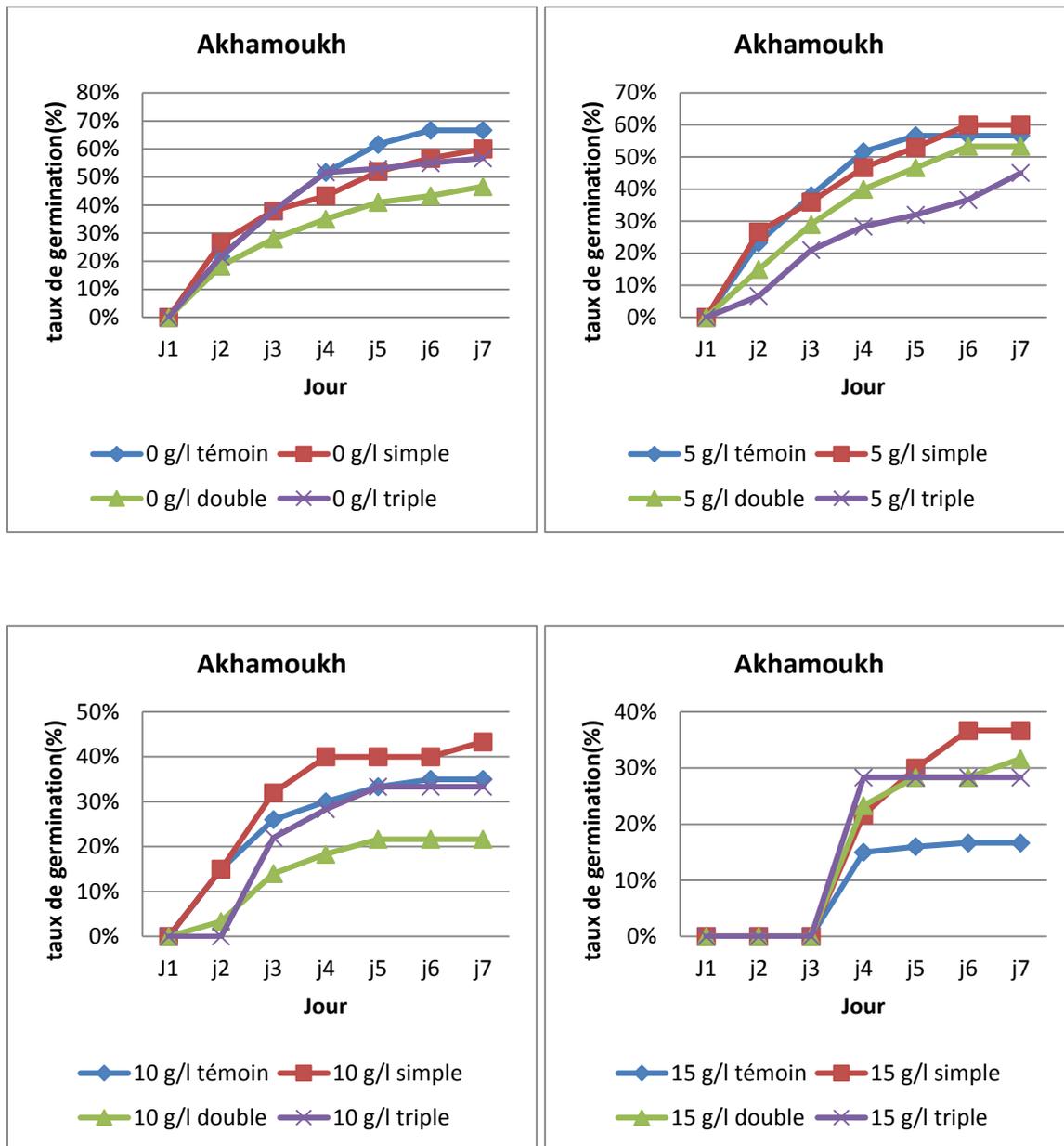


Figure 7 : Effets de l’hydropriming sur la cinétique de la germination de blé dur (variété Akhamoukh) sous l’effet des différents niveaux de stress salin.

Chez Boussalem ,la phase de latence est courte et ne dure que 24h pour les témoins et sous différents prétraitements à des niveaux croissants de salinité .De même ,les variétés Vitron , Saoura et Akhmoukh présentent la même durée de latence pour le témoin et sous des concentrations salines faibles(5g/l) et modérées(10g/l).Cependant la durée de cette phase devient plus longue et atteint trois jours pour ces mêmes variétés, chez les graines soumises à un niveau de salinité plus élevé (15g/l).

La phase exponentielle se traduit par une courbe linéaire correspondant à une augmentation rapide du taux de germination qui évolue en fonction du temps. La durée de cette phase correspond à trois jours pour la variété Boussalem, témoin et graines hydroprimées, sous différentes concentrations salines, exception observée pour les graines simple prétraitées à 10g/l et celles double prétraitées à 15g/l.

Les mêmes résultats sont observés chez les autres variétés avec des modifications de l'allure générale de leurs courbes, dans le sens d'un étirement, pour Vitron et Akhmoukh, témoin et graines ayant subi des concentrations salines faibles à modérées et pour Saoura témoin et graines sous faible concentration saline.

Par voie de comparaison entre les variétés, Boussalem ressort comme la plus tolérante au stress salin et évolue plus rapidement que les autres variétés.

Par ailleurs, la comparaison entre les prétraitements sous différents niveaux de salinité, fait ressortir le simple hydropriming comme le plus efficace surtout pour le témoin et pour les graines soumises à des concentrations élevées de salinité (15g/l), chez Boussalem. Chez cette même variété le double hydropriming sous concentration intermédiaire, semble le plus performant.

Chez Saoura, le simple hydropriming donne les meilleurs résultats, quelque soit le niveau de salinité. Ce même prétraitement semble plus efficace pour le témoin Vitron et pour Akhmoukh sous une salinité modérée à forte.

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 **8** et **9**.

4.1.3.1. Longueur des racines

La Figure **8** présente les résultats de l'étude de l'effet de l'hydropriming sur le développement de la longueur des racines des quatre variétés de blé dur en conditions de stress salin.

D'une façon générale, nos résultats indiquent que le stress salin par le NaCl provoque une diminution significative de la croissance des racicules comparativement aux racicules issues des graines ayant germées dans des conditions normales.

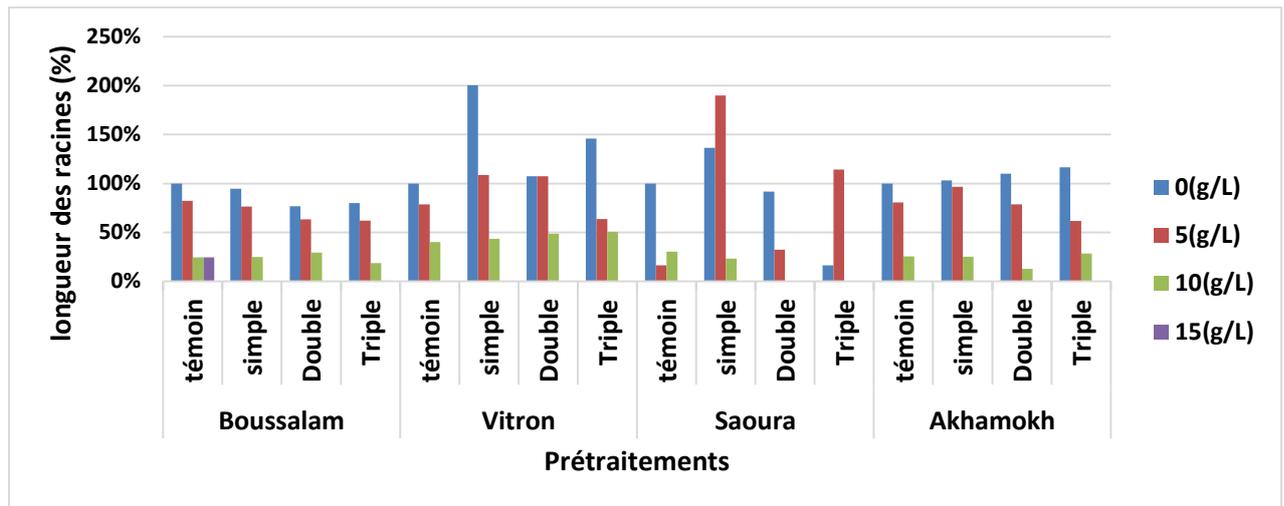


Figure 8 : Effet de l'hydropriming sur la longueur des racines des quatre variétés de blé dur Desf, en condition de l'intensité du stress salin.

En effet à la concentration de (5g/L) la longueur des racines est légèrement affectée par rapport au témoin (Figure8). En revanche, l'effet de stress salin sévère est très marqué par rapport aux autres concentrations, de façon graduellement décroissante surtout pour le niveau de stress (15 g/L) qui a complètement inhibé la croissance des racines pour toutes les variétés, exception faite pour le témoin et les graines soumises au triple hydropriming de Boussalem qui ont présentés une croissance, mais très faible.

Par ailleurs, les résultats obtenus indiquent que l'hydropriming peut faire augmenter la croissance des radicules dans des conditions favorables ou stressantes. En effet, nous avons constaté que les meilleurs résultats observés chez Saoura dont les graines sont soumises à faible concentration saline (5g/l) sont ceux des cycles de réhydratation (simple et triple) qui ont pratiquement présenté des performances dépassant celles des témoins avec respectivement 189,87% et 114,1%.

Chez Vitron, pour ces mêmes prétraitements (simple et triple), dans les conditions normales et sous faible stress salin (5g/l), les valeurs obtenues sont respectivement 200,29% et 146,02%, par rapport au témoin pris comme 100%. Ces résultats sont très prometteurs et indiquent que surtout sous conditions normales la longueur des racines double pour les graines ayant subi un simple prétraitement.

Par ailleurs, le triple hydropriming n'a fait preuve que pour la variété Akhmoukh avec 116,408% par rapport au témoin en conditions normales.

4.1.3.2. Longueur des épicotyles

La figure 9 présente les résultats de l'effet de hydropriming sur le développement de la longueur des épicotyles des quatre variétés de blé dur Desf, en conditions de stress salin.

Nos résultats montrent que le stress salin par NaCl entraîne une réduction significative de la croissance des épicotyles par rapport aux épicotyles de graines germées dans des conditions normales.

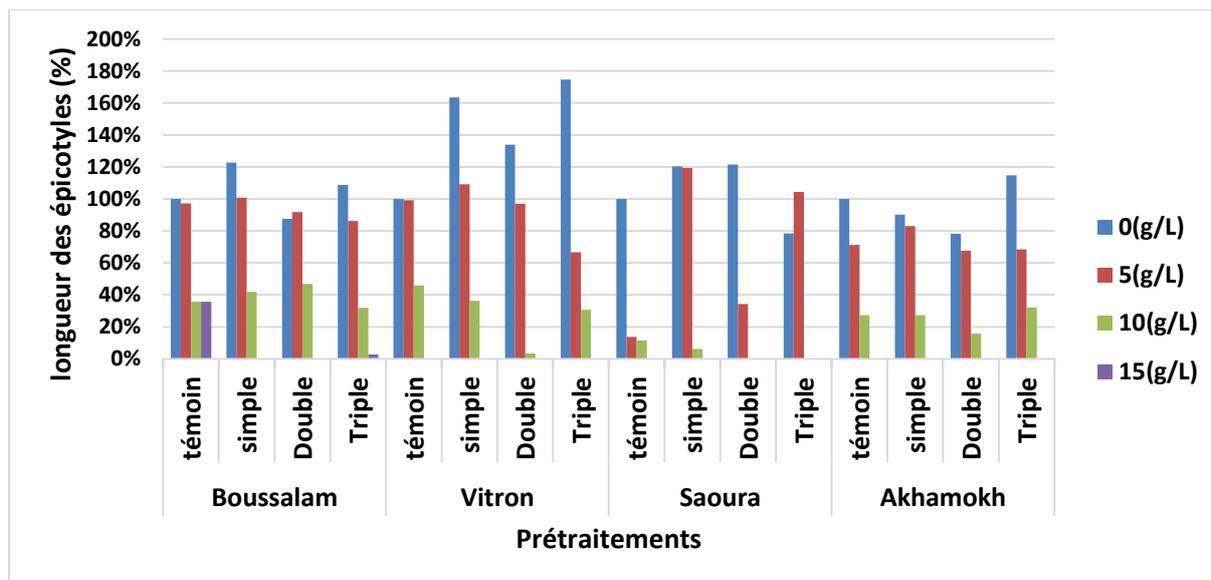


Figure 9 : Effet du hydropriming sur la longueur des épicotyles des quatre variétés de blé dur Desf, en fonction de l'intensité du stress salin.

En effet, en conditions normales, les cycles de réhydratation triple, simple et double ont donné de meilleurs résultats comparativement au témoin avec respectivement 174,61%, 163,38% et 133,9% pour Vitron. Chez Boussalem, les prétraitements les plus efficaces sont le simple et le triple avec respectivement 122,65 % et 108,84%. Un bon développement des épicotyles est observé chez la variété Saoura avec respectivement 120,27% et 121,6% par rapport au témoin pour les graines prétraitées par simple et double hydropriming. Toujours en conditions normales, le triple hydropriming montre encore une fois, une bonne efficacité pour la croissance des épicotyles de la variété Akhmoukh avec 114,43%.

Par ailleurs, sous stress salin faible, la variété Saoura ressort avec les meilleurs résultats concernant la croissance des épicotyles des graines prétraitées par simple triple et double hydropriming, avec respectivement 119,38% ,104,4% et 34,36% par rapport au témoin(5g/l).

4.2. Discussion

Les résultats obtenus dans cette étude nous ont permis de constater que, quel que soit le type de prétraitement, l'amorçage améliore les performances germinatives, et la croissance, ceci est en accord avec ceux rapportés par (Fabunmi et al., 2012 ; Patel et al., 2018; Arun et al., 2020) qui ont également observé que l'amorçage améliore le pouvoir germinatif et la vigueur du niébé en conditions stressantes et non stressantes. Boucelha et Djebbar (2015) ont aussi montré que le priming des graines de *Vigna unguiculata*, et plus particulièrement le double hydropriming, permettait l'amélioration du pouvoir germinatif. Plusieurs auteurs ont expliqué ces résultats par une activation des réactions métaboliques pré-germinatives qui induisent des modifications biochimiques au niveau de la semence (Varier et al., 2010; Jowkar et al., 2012 ; Boucelha et al., 2019). En effet, ces études ont révélé la synthèse et l'activation des enzymes hydrolytiques et de l'endo β mannase qui est l'enzyme responsable de la synthèse de l'éthylène qui induit la levée de la dormance. Par ailleurs, (Boucelha et al., 2019) ont expliqué cette amélioration des capacités germinatives par la forte activation du système anti oxydatif particulièrement pour le double hydropriming.

Dans notre étude, la germination présente les meilleurs taux pour les graines ayant subi un simple hydropriming en conditions normales, chez Boussalem, tandis que, le double hydropriming semble plus efficace en condition de stress salin modéré à fort pour Vitron. Ceci dit que l'efficacité du prétraitement est tributaire de la variété et du stress salin appliqué.

Les racines et les épicotyles se développent mieux dans les conditions normales et sous faible stress salin chez les graines prétraitées par simple et triple hydropriming que pour le témoin, pour Vitron et Saoura. En conditions de stress les graines non prétraitées ont une capacité germinative ainsi qu'une croissance limitée des racicules. En effet, (Demir et al., 2006) ont rapporté que les semences soumises à des contraintes du milieu ne peuvent pas absorber des quantités suffisantes en eau et en oxygène qui permettent la croissance de l'embryon. Notre étude révèle que l'hydropriming des graines permet d'améliorer les performances germinatives et la croissance des racicules et des épicotyles en conditions stressantes chez certaines variétés et sous certains niveaux de stress salin. Ces résultats rejoignent ceux de (Kaya et al., 2006).

La longueur des épicotyles est significativement affectée par la salinité. En effet, les meilleurs résultats sont obtenus pour les graines ayant subi simple double et triple cycles de réhydratation pour Vitron sous conditions normales. Sous ces mêmes conditions, le triple

hydropriming semble plus efficace pour la croissance de la partie aérienne de la variété Akhamoukh. Cependant, les trois prétraitements présentent les meilleures performances chez la variété Saoura.

Par conséquent, les effets bénéfiques de l'amorçage peuvent être plus efficaces sous des conditions défavorables plutôt que sous des conditions favorables (Parera et *al.*, 1994 ; Bradford, 1995). Ainsi, l'amorçage peut être utile pour atténuer les effets du stress salin et améliorer la germination et la croissance.

En outre, il a été émis l'hypothèse que l'amorçage implique l'accumulation de composants de signalisation latentes qui seront utilisés lors d'une nouvelle exposition à un stress (Beckers et *al.*, 2009). Cette hypothèse explique ce que certains auteurs (Bruce et *al.*, 2007; Tanou et *al.*, 2012) décrivent comme des mécanismes moléculaires qui permettent aux plantes de mémoriser les événements d'amorçage précédents et de générer, ensuite, des empreintes de mémoire lors de l'établissement de l'amorçage

Cependant, ce qui est nouveau dans notre étude, c'est l'application d'un troisième type d'amorçage qui est le triple *hydropriming* qui consiste à redéshydrater les semences à trois reprises. Nos résultats montrent que ce triple *hydropriming* semble le plus efficace pour certaines variétés à savoir Vitron, Saoura et Akhamoukh dans des conditions normales ou sous faible stress salin. Ceci pourrait être expliqué par le fait qu'une double redéshydratation permettrait de déclencher et de réguler des processus pré-germinatifs et d'induire, également, une forte activation de certains gènes responsables de la tolérance au stress hydrique causé par le stress salin (Tanou et *al.*, 2012). Ainsi, l'hydropriming correspond à une acclimatation vu que cette dernière se rapporte à des modifications physiologiques qui se produisent lors d'une exposition graduée à un stress, permettant à la plante de survivre dans un environnement stressant (Hopkins, 2003).

Conclusion

Conclusion

Ce travail a pour but de contribuer à l'étude des effets de l'hydropriming des graines de quatre variétés de blé dur sur la germination en conditions favorables et stressantes. Dans la présente étude, l'amorçage des graines consiste à faire subir aux semences un traitement hydrique avec un, deux ou trois cycles de redéshydratation qui permettent la levée de la dormance. Les résultats obtenus dans cette étude nous ont permis de constater que, quel que soit le type de prétraitement, l'amorçage améliore les performances germinatives, et la croissance en conditions normales ou sous stress.

Dans notre étude, la germination présente les meilleurs taux pour les graines ayant subi un simple hydropriming en conditions normales, chez Boussalem, tandis que, le double hydropriming semble plus efficace en condition de stress salin modéré à fort pour Vitron. Ceci dit que l'efficacité du prétraitement est tributaire de la variété et du stress salin appliqué. Les racines et les épicotyles se développent mieux dans les conditions normales et sous faible stress salin chez les graines prétraitées par simple et triple hydropriming que pour le témoin, pour Vitron et Saoura. En conditions de stress les graines non prétraitées ont une capacité germinative ainsi que, une croissance limitée des radicules.

Notre étude révèle que l'hydropriming des graines permet, améliorer les performances germinatives et la croissance des radicules et des épicotyles en conditions stressantes chez certaines variétés et sous certains niveaux de stress salin. Cependant, ce qui est nouveau dans notre étude, c'est l'application ;un troisième type ;amorçage qui est le triple hydropriming qui consiste à redéshydrater les semences à trois reprises. Nos résultats montrent que ce triple hydropriming semble le plus efficace pour certaines variétés à savoir Vitron, Saoura et Akhamoukh dans des conditions normales ou sous faible stress salin.

L'amorçage permet la synchronisation de la germination, une meilleure vigueur de croissance, une floraison précoce et surtout une meilleure tolérance aux stress environnementaux tels que la salinité et la sécheresse. Cette méthode simple et rentable améliore les performances germinatives des semences entre autre celles du blé. Cette technique est recommandée en raison de son faible coût et du non-recours aux produits chimiques qui peuvent être préjudiciables. Des études approfondies sur l'influence de l'amorçage sur la germination, permettront la compréhension du fonctionnement physiologique des semences, les bases génétiques, moléculaires et physiologique du développement de la plante suite à l'application de l'hydropriming .

Références
Bibliographiques

- Ahmed Z., Sheikh M. A., Hameed A., Salah ud Din. 2012. Investigation of antioxidant enzymes and biochemical changes in the wheat seeds (freed) induced by different pre-sowing treatments. *World Appl. Sci. J.* 18(1): 31-36.
- Aidani, H. (2015). Effet des attaques de Capucin des grains (*Rhizopertha dominica*) sur les céréales stockées. « Estimation sur la perte pondérale et le pouvoir germinatif Cas de blé dur dans la région de Tlemcen ». Mémoire de Master en Agronomie. Université des Frères Mentouri Abou Bekr Belkaid Tlemcen. 4p.
- Allagui MB., Andreotti VC. et Cuartero J., *Ann INRAT*, 67, (1994), 45-65.
- Basra S. M. A., Pannu I. A., Afzal I. 2003. Evaluation of seedling vigor of hydro and matriprimed wheat (*Triticum aestivum* L.) seeds. *Int. J. Agric. Biol.*, 5(2): 121-123.
- . Ben Naceur M., Rahmoun C., Sdiri H., Meddahi ML. Et Selmi M., *Sécheresse*, 12, (2001), 167-174.
- Benabdelkader, & Y.M., Nouar, A. (2018). Caractérisation moléculaire de quelques variétés algériennes de blé dur (*Triticum durum* Desf.) par les microsatellites. . Mémoire de Master en Biotechnologie et Génomique Végétale. Université des Frères Mentouri Constantine. 1p.
-
- Boucelha L. 2015. Compréhension des mécanismes régissant l'endurcissement des graines de *Vigna unguiculata* (L.) Walp. Thèse de Doctorat, Université Houari Boumediene, Alger, Algérie, 166p.
- Boucelha L., Djebbar R. and Abrous-Belbachir O. 2019. *Vigna unguiculata* (L.) Walp. Seed priming is related to redox status of plumule, radicle and cotyledons. *Functional Plant Biology.*, DOI : 10.1071/FP18202.
- Bradford K. J. 1986. Manipulation of seed water relations via osmotic priming to improve germination under stress conditions. *Hort Science* 21: 1105-1112.
- 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
- Bruce T. J. A., Matthes M. C., Napier J. A., Pickett J. A. 2007. Stressful “memories” of plants: evidence and possible mechanisms. *Plant Science* 173:603-608

- 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.
- Chawla N., Kaur H., Pathak M., Chawla R. 2014. Effect of different seed priming treatments on activity and isozyme pattern of antioxidant enzymes in okra. *Int. J. Advanced Research* 2(10): 662-670
- Cheng Z., Bradford K. J. 1999. Hydrothermal time analysis of tomato seed germination responses to priming treatments. *J. Exp. Bot.* 33 :89-99
- Choudhary, D. K., Johri, B. N., and Prakash, A. (2008). Volatiles as priming agents that initiate plant growth and defence responses. *Curr. Sci.* 94 (5): 595 -604.
- Choueiri, E. (2003). Stratégie et politique agricole, analyse des filières : la céréaliculture. Document de Travail, Ministère de l'Agriculture. République Libanaise. FAO Projet "Assistance au Recensement Agricole".
- Conquist 1981 : an integrated system of classification of flowering plants .
- Djerah, A., & Oudjehih, B. (2016). Effet du stress salin sur la germination de seize variétés d'orge (*Hordeum vulgare* L.). *Courrier du Savoir*, 20, 47-56.
- Fabunmi T.O., Gbadamosi B.K. & Adigbo S.O., 2012. Seed hydropriming and early moisture stress impact on biomass production and grain yield of cowpea. *J. Appl. Sci. Technol.*, 2(10), 112-122.
- Gelormini G. 1995. Optimisation des propriétés germinatives des graines de colza par initialisation: aspects méthodologiques et fondamentaux, Thèse nouveau doctorat, 171 p.
- 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.
- 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. 2011. Contrôle épigénétique de l'induction et de la tolérance à la montaison chez la betterave sucrière. Thèse de doctorat, Université d'Orléans, France, 285 p

- Heydecker, W.J., Heydecker, J., Higgins and Gulliver, K. 1973. Accelerated germination by osmotic seed treatment, *Nature* 246: 42-46.
- Hussain S., Khan F., Hussain H. A. and Nie L. 2016. Physiological and Biochemical Mechanisms of Seed Priming-Induced Chilling Tolerance in Rice Cultivars. *Front. plant Sci.* 7 :116.
- Hopkins, W. G. (2003). *Physiologie végétale*. Bruxelles, Belgique: Editions De Boeck Supérieur.
- Jowkar M., Ghanbari A., Moradi F., Heidari M. 2012. Alterations in seed vigor and antioxidant enzymes activities in *Silybum marianum* under seed priming with KNO₃. *J. Med. Plants Res* 6(7): 1176-1180.
- Kaya M.D. et al., 2006. Seed treatments to overcome salt and drought stress during germination in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Eur. J. Agron.*, 24, 291-295
- Khan AA.1992: Preplant physiological seed conditioning. *Horticultural Reviews*. 1992;13(1):131-81.
- Kpinkoun, J. K., Zanklan, S. A., Komlan, F. A., Mensah, A. C., Montcho, D., Kinsou, E., & Gandonou, C. B. (2019). Évaluation de la résistance à la salinité au stade jeune plant de quelques cultivars de piment (*Capsicum* spp.) du Bénin. *Journal of Applied Biosciences*, 133(1), 13561-13573.
- Levigneron, A., Lopez, F., Vansuyt, G., Berthomieu, P., Fourcroy, P., & Casse-Delbart, F. (1995). Les plantes face au stress salin. *Cahiers Agricultures*, 4(4), 263-273.
- . Mallek-Maalej E., Boulasnem F. et Ben Salem M., *Cahiers Agricultures*, 2, (1998), 153-156.
- Mazliak P. 1998. *Physiologie végétale II : Croissance et Développement*. Hermann ed, Paris.
- Monneveux Ph., (1989). Quelles stratégies pour l'amélioration génétique de la tolérance au déficit hydrique des céréales d'hiver. *Journées Scientifiques de l'AUPELF* : " Amélioration des plantes pour l'adaptation au milieu aride". Tunis, 4 -9 Décembre.
- Munns, R. (1993). Physiological processes limiting plant growth in saline soils: some dogmas and hypotheses. *Plant, Cell & Environment*, 16(1), 15-24
- Norlyn J.D., Epstein E., *Crop. Sci.*, 24, (1984), 1090-1092
- Ouerghi, Z., Zid, E., Hajji, M., & Soltani, A. (1998). Comportement physiologique du blé dur (*Triticum durum* L.) en milieu salé. *CIHEAM-Options Méditerranéennes*, 309-31.

- 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.
- Ouhaddach, M., Hmouni, M.F., ElYacoubi, D., Zidane, H., Douaik, L., & RochdiAtmane, A. (2015). Effet du Chlorure de Sodium (NaCl) sur les Paramètres de Germination du blé Tendre (*Triticum aestivum* L.). *European Journal of Scientific Research*, 127(3), 298- 310.
- Ouhaddach, M., ElYacoubi, H., Douaik, A., Hmouni, D., & Rochdi, A. (2016). Réponse à la salinité de quelques paramètres physiologiques et biochimiques du Blé (*Triticum aestivum* L.) au stade montaison
- . Parera CA, Cantliffe DJ (1994) Pre-sowing seed priming. *Horticultural Reviews*, 16: 109-141.
- Rahmoune, C., Sdiri, H., Meddahi, M. L., & Selmi, M. (2001). Effet du stress salin sur la germination, la croissance et la production en grains de quelques variétés maghrébines de blé. *Science et changements planétaires/Sécheresse*, 12(3), 167-74.
- Raj A. B., Raj S. K. 2019. Seed priming: An approach towards agricultural sustainability. *J. Appl. Natur. Sci.* 11(1): 227-234.
- Rejili, M., Vadel, A. M., & Neffati, M. (2006). Comportements germinatifs de deux populations de *Lotus creticus* (L.) en présence du NaCl. *Revue des régions arides*, (17), 65-78
- Rjeibi W., Kahlaoui B., Hachicha M. 2015. Effet de l'irrigation avec des eaux salées sur une culture de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) en Tunisie: Réponses du quinoa aux contraintes hydriques et salées, Editions universitaires européennes, pp.24.
- Rowse, H.R.1996. Drum priming - a non-osmotic method of priming seeds. *Seed Sci. and Technol.* 24: 281-294.
- Sánchez-Rodríguez E., Moreno D. A., Ferreres F., Del Mar Rubio-Wilhelmi M., Ruiz J.M. 2011. Differential responses of five cherry tomato varieties to water stress: changes on phenolic metabolites and related enzymes. *Phytochemistry* 72:723–729 .
- Sosa L., Llanes A., Reinoso H., Reginato M., Luna V. (2005). Osmotic and specific ions effects on the germination of *Prosopis strombulifera*. *Annals of botany.* 96 : 261-267.
- Tarquis A. M., Bradford K. J. 1992. Prehydration and priming treatments that advance germination also increase the rate of deterioration of lettuce seeds. *Journal of Experimental Botany* 43: 307-317.

- Taylor A. G., Harman G. E. 1990. Concepts and technologies of selected seed treatments. *Ann. Rev. Phytopathol* 28: 321-339.
- Taylor, A. G., Allen, P. S., Bennett, M. A., Bradford, K. J., Burrisand, J. S., & Misra, M. K. 1998. Seed enhancements. *Seed.Sci. Res.*, 245- 256
- 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): 450-45
- Xu, F.S. (1990). New genus and species of Polyplacophora (Mollusca) from the East China Sea. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*, 8.4: 375-377.
- Zhao S., Zhang Q., Liu M., Zhou H., MaC., Wang P. Regulation of plant responses to salt stress. *Int . J.MoL. Sci.*2021;22.
- Zide E, Grignon C., 2 ème Journées scientifiques du réseau biotechnologies végétales. Tunis, 4-9 décembre. Éds. AUPELF-UREF, (1989), 105-125.

ملخص

لتحسين إنبات ونمو وتطور الأنواع النباتية. التهيئة هي إحدى تقنيات ما قبل البذر التي يمكن أن تؤثر على نمو البذور ، من خلال تعديل الأنشطة الأيضية للإنبات قبل اختراق الجذور. الهدف من هذا العمل هو دراسة تأثير التهيأ المائي الفردي والمزدوج والثلاثي على إنبات أربعة أصناف من القمح الصلب تحت مستويات مختلفة من الإجهاد الملحي (0،5،10 و 15 غ / لتر). تكشف نتائجنا أنه مهما كان التهيأ المائي ، فإنه يسمح بشكل عام بتحسين أداء الإنبات ونمو الجذور والأبيكوتيل في ظل ظروف مواتية ومرهقة. ومع ذلك ، فإن أدائها يعتمد على الصنف وضغط الملح المطبق ، وتجدر الإشارة إلى أن التهيأ الثلاثي هو تقنية جديدة تستخدم لأول مرة في هذه الدراسة.

الكلمات المفتاحية: القمح الصلب ، التهيأ المائي ، الإنبات ، الإجهاد الملحي.

Résumé

Pour améliorer la germination, la croissance et le développement des espèces végétales, l'amorçage (priming) est une des techniques de pré-semis qui permet d'influencer le développement des semences, en modulant les activités métaboliques de la germination avant la percée de la radicule. L'objectif de ce travail est d'étudier l'effet de simple , du double et du triple hydropriming sur la germination de quatre variétés de blé dur sous différents niveau de stress salin (0,5,10 et 15 g/l). Nos résultats révèlent que quel que soit l'hydropriming ,il permet généralement, l'amélioration des performances germinatives et la croissance des radicules et des épicotyles dans des conditions favorables et stressantes. Cependant, sa performance est tributaire de la variété et du stress salin appliqué .Il est à noter que le triple hydropriming est une nouvelle technique utilisée pour la première fois dans la présente étude.

Mots clés : blé dur, Hydropriming, Germination, Contraint saline

Summary

To improve germination, growth and development of species plants, priming is one of the pre-sowing techniques that allows influence seed development by modulating metabolic activities of germination before the breakthrough of the radicle. The objective of this work is to study the effect of single, double and triple hydropriming on the germination of four durum wheat varieties under different levels of salt stress (0,5,10 and 15 g/l). Our results reveal that whatever the hydropriming, it generally allows, improvement of germination performance and growth of radicals and shoots epicotyls under favorable and stressful conditions. However, his performance depends on the variety and the salt stress applied. It should be noted that the triple hydropriming is a new technique used for the first time in the present study.

Keywords: durum wheat, hydropriming, germination, saline constraint