

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEURE ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE BLIDA 1
FACULTE DE SCIENCE DE LA NATURE ET DE LA VIE
DEPARTEMENT DE BIOTECHNOLOGIE



Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de Master Académique
Option : **Biotechnologies végétale**



**Impact de la combinaison salinité-acide salicylique sur la
germination et la croissance de blé dur (*Triticum durum* Desf.) en
condition contrôlée**

Présenté par :

Mlle BENTAYEB Yasmine

Mlle DOUADI Nesrine

Mr ZOUAOUI A	MCA	USD. Blida1	Président
Mr ABBAD M	MCA	USD. Blida1	Promoteur
Mme BENZAHRA S	MCB	USD. Blida1	Examinatrice

Année universitaire 2019 /2020

Résumé

La salinité est l'un des problèmes les plus importants de la production agricole dans les zones arides et semi arides. L'amélioration de la tolérance au sel des principales cultures stratégiques est un moyen important pour l'utilisation économique de ces zones. Cette étude a prouvé que l'application d'acide salicylique (AS) améliorait la germination et croissance d'une variété de blé dur (*Triticum durum*) dans des conditions de stress salin. Or, une diminution des taux de germination et de croissance (en termes de longueur des hypocotyles et les coléoptiles) était significativement augmentée en présence de 200 mM de NaCl seul ou combinée avec l'AS. Il a été révélé inversement une amélioration significativement remarquable sur l'ensemble des paramètres étudiés en par l'application de 0,25 mM d'AS en combinaison avec 100 mM de NaCl. Une concentration accrue de niveau de AS endogène a été détectée à partir de les variétés de riz traitées AS. L'étude a prouvé que l'application d'une faible concentration en AS pouvait atténuer les effets néfastes du stress salin par la stimulation de la germination ainsi la régulation des mécanismes morpho-physiologiques des plantes de blé.

Mots clés : Salinité ; acide salicylique ; *Triticum durum* ; NaCl ; germination.

Abstract

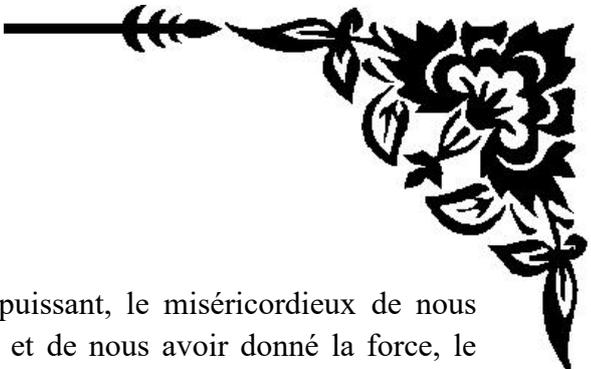
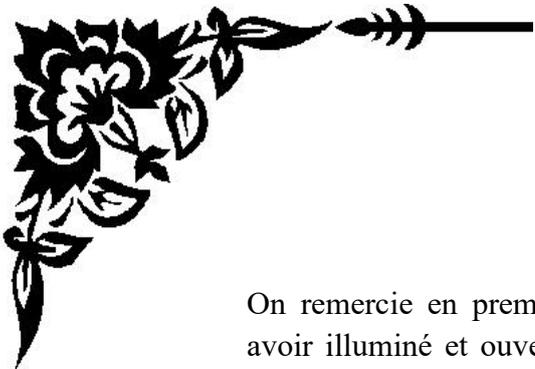
Salinity is one of the most important problems in agricultural production in arid and semi-arid areas. Improving the salt tolerance of the main strategic crops is an important means for the economic use of these areas. This study proved that application of salicylic acid (SA) improved germination and growth of a variety of durum wheat (*Triticum durum*) under conditions of salt stress. However, a decrease in germination and growth rates (in terms of length of hypocotyls and coleoptiles) was significantly increased in the presence of 200 mM NaCl alone or combined with AS. Conversely, a significantly remarkable improvement on all the parameters studied was revealed by the application of 0.25 mM of SA in combination with 100 mM of NaCl. An increased concentration of endogenous SA level was detected from the SA treated rice varieties. The study showed that the application of a low concentration of AS can mitigate the harmful effects of salt stress by stimulating germination and regulating the morpho-physiological mechanisms of wheat plants.

Keywords: Salinity; salicylic acid; *Triticum durum*; NaCl; germination.

ملخص

تعتبر الملوحة من اهم مشاكل الانتاج الزراعي في المناطق الجافة و شبه الجافة بعد تحسين تحمل الملح للمحاصيل الزراعية الاستراتيجية الرئيسية وسيلة مهمة للاستخدام الاقتصادي لهذه المناطق أظهرت هذه الدراسة ان اضافة لحمض الساليسيليك (AS) ادى الى تحسين انبات و نمو مجموعة متنوعة من القمح الصلب (*durum*) (*Triticum*) في ظل ظروف الاجهاد الملحي. و مع ذلك تم زيادة انخفاض معدلات النمو و الانبات من حيث طول (coleoptiles و hypocotyles) بشكل كبير في وجود 200 ملي مولار كلوريد الصوديوم بمفرده او مع AS على العكس من ذلك تم الكشف عن تحسن ملحوظ في جميع الملومات المدروسة من خلال تطبيق 0,25 ملي مولار من AS بالاشتراك مع 100 ملي مولار من كلوريد الصوديوم تم الكشف عن زيادة تركيز مستوى AS الذاتية من اصناف الارز المعالجة AS اظهرت الدراسة ان التطبيق تركيز منخفض من AS يمكن ان يخفف من الاثار الضارة لإجهاد الملح من خلال تحفيز الانبات و تنظيم الاليات المورفولوجية لنباتات القمح .

الكلمات المفتاحية : ملوحة – حمض الصفصاف – *Trticum durum* - كلوريد الصوديوم – انبات.



Remerciements

On remercie en premier lieu, Dieu le tout puissant, le miséricordieux de nous avoir illuminé et ouvert les portes du savoir et de nous avoir donné la force, le courage et la volonté pour surmonter les épreuves qu'on a rencontrée tout au long de la réalisation de ce mémoire.

En préambule de ce manuscrit de mémoire, on tient à remercier sincèrement l'ensemble des personnes ayant permis sa réalisation, on exprime nos profondes gratitudees à : Mr BEN DALI

Notre promoteur Mr ABBAD Mohamed pour son effort fourni, son encadrement, son encouragement, sa disponibilité et leurs persévérances dans le suivi de ce projet, sa patience et sa grande confiance en nos capacités intellectuels.

Nous vous adressons nos sincères remerciements pour votre confiance et d'avoir accepté un jour de nous donner une chance pour nous mettre sur les rails.

Les membres du jury à commencer par Mr ZOUAUI qui nous a fait l'honneur de présider notre jury, Mme BEN ZAHRA d'avoir accepté d'examiner ce modeste travail.

Nous ne pouvons achever ce mémoire sans exprimer notre gratitude à tous les professeurs de faculté S.N.V .Université de BLIDA 1 pour leur dévouement et leur assistance tout au long de nos études universitaires.

En fin, tous les étudiants de notre promotion pour la bonne ambiance, les conseils et les encouragements.



Dédicaces

*Pour commencer je prends le temps de remercier le bon DIEU de m'avoir donné
la force et le courage pour terminer mes études.*

*A mes chers parents, pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur
soutien et leurs prières tout au long de mes études,*

*A mon frère karim et mes sœurs Nawel ,Rania et Nadja pour leurs
encouragements permanents, et leur soutien moral.*

A tous ma famille paternelle BENTAYEB et maternelle BENBOUABDELLAH

A tous mes amis de la promo biotechnologie végétale 2019 / 2020

*Je remercie mon amie et chère binôme ainsi mes amies intimes : Hadjer,
Noor ,Nesrine ,Sarah, Khadidja ,Fatima et Nedjma.*

*A tous mes professeurs à qui je témoigne leur soutien, leur générosité à qui Je
dois un profond respect et ma loyale considération.*

B. yasmine



Dédicaces

*Pour commencer je prends le temps de remercier le bon DIEU de m'avoir donné
la force et le courage pour terminer mes études.*

*A mes chers parents, pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur
soutien et leurs prières tout au long de mes études,*

*A mon frère Akram et ma soeur Meriem et surtout a ma chère tante Khalida
pour leurs encouragements permanents, et leur soutien moral,*

A tous ma famille paternelle DOUADI et maternelle BARBARA

A tous mes amis de la promo Biotechnologie Végétale 2019 / 2020

Je remercie mon amie et chère binôme ainsi mes amies intimes :

Liza ,Yasmine ,Khadidja ,Fatima,Nedjma

*A tous mes professeurs à qui je témoigne leur soutien, leur générosité à qui Je
dois un profond respect et ma loyale considération.*



D.NESRINE

Liste des abréviations

AS : Acide salicylique.

cm : Centimètre.

FAO : Food Agriculture Organization.

g/mol : Gramme par mol.

ITGC : Institut Technique des grandes cultures.

mm : Millimètre.

mM : Millimolaire.

Mt : Millions de tonnes.

NRA : Activité de nitrate réductase.

OAIC : Office Algérien Interprofessionnel des céréales.

PAL : Phenylalanine Ammonia-lyase.

qx/an : Quintaux par an.

qx/ha : Quintaux par hectare.

SAR : Résistance systémique acquise.

SAU : Superficie Agricole Utile.

SOS : Salt Overly Sentitive.

Table des matières

Résumé

Remerciement

Dédicace

Liste des abréviations

Table des matières

Liste des tableaux

Liste des figures

Introduction

Chapitre I : Données général sur le blé

I.1 Historique	01
I.2 Situation de blé DUR dans le monde	01
I.3 Situation de blé en Algérie.....	01
I.4 Contraintes de production de blé en algerie.....	03
I.4.1 Contraintes climatique	03
I.4.2 Contraintes fonciers.....	04
I.4.3 Contraintes techniques	04
I.4.4 Contraintes économiques	04

Chapitre II : Données biologique sur le blé

II.1 Caractères botanique de blé	05
II.2 Physiologie de blé	06
A. Période végétative	06
A.1.Stade germination	06
A.2. Stade levée	06
A.3. Stade tallage	06
B. Période reproductrice.....	06
B.1. Stade montaison- gonflement	06
B.2. Stade épiaison – floraison.....	07
B.3. Stade de Remplissage du grain	07
II.3 Morphologie de blé.....	07
A. Le système racinaire	07
B. Le système aérien : Il est composé de plusieurs organes.....	07
B.1. La tige et les feuilles	07
II.4 Exigence de blé.....	08

II.4.1. Température.....	08
II.4.2. Eau	08
II.4.3. Eclairage	08
II.4.4. Techniques culturales.....	09
II.4.5. Travail du sol.....	09
II.4.6. Choix des variétés.....	10
II.4.7. Fertilisation	10
II.4.8. Irrigations	10

Chapitre III : Généralité sur la Salinité et l'acide salicylique

Partie A Généralité sur la salinité	11
III.1.1 Définition du stress	11
III.1.2 Définition de salinité	11
III.2 Conséquence d'un stress salin	13
III.3. Effet du stress salin sur la plante	13
III.3.1 Effet sur la germination	13
III.3.2 Effet sur la croissance et le développement de la plante	13
III.3.3 Effet sur la photosynthèse	14
III.3.4 Effet sur le métabolisme de l'azote (N).....	14
III.3.5 Effet sur la morphologie	14
III.4 Stratégie d'adaptation à la salinité chez les plantes	15
III.4.1 Compartiment vacuolaire	15
III.4.2 Exclusion des ions toxique	16
III.4.3 Ajustement osmotique	16
Partie B L'acide salicylique et le stress abiotique	17
III.1 Historique.....	17
III.2 Propriété physicochimique	18
III.3 Synthèse	18
III.4 Rôle	19
III.5 L'acide salicylique et les stress abiotique	20
III.6 Mode d'action	21

Chapitre IV: Matériel et méthodes

IV.1 Objectif de l'expérimentation	22
IV.2 Matériel végétal	22
IV.3. Conditions expérimentales	23

IV .3.1. Lieu de l'expérience.....	23
IV .3.2. Conteneurs.....	23
IV .3.3. Substrat utilisé.....	24
IV.3.4. Dispositif expérimental	25
IV .3.5. Description des différents traitements utilisés	25
IV .3.6 Méthodes de stérilisation des graines et germination	26
IV .4. Germination des graines	26
IV.4.1. Expérience I : Effet de la salinité par NaCl et l'acide salicylique et leurs combinaisons sur la phase de germination	27
IV.4.2. Expérience II : Impact de la salinité par NaCl et l'acide salicylique et leurs combinaisons sur la phase végétative	27
IV.5. Paramètres mesurés	28
IV .5.1. Paramètres morphologique	28
IV .5.1.1. Les paramètres morphologiques réalisés pendant la phase de germination.....	28
IV .5.1.2 Les paramètres morphologiques réalisés sur la phase végétative	29
Chapitre V: Résultat et discussion	
V.1 Impact de NaCl et l'acide salicylique sur les paramètres de germination.....	30
V.1.1 Impact sur le taux de germination (%)......	30
V.1.2 Impact sur le taux d'inhibition de la germination (TI%)......	31
V.1.3 Impact de NaCl et l'acide salicylique sur les paramètres de croissance	32
V.1.4 Impact sur la longueur des coléoptiles (cm)	33
V.1.5 Impact sur la biomasse fraîche des hypocotyles (g)	34
V.1.6 Impact sur la biomasse fraîche des coléoptiles (g)......	35
Conclusion	
Références bibliographiques	

Liste des tableaux

Chapitre III. Généralité sur la salinité et l'acide salicylique.

Tableau III.1 : Solubilité de l'acide salicylique dans les différents solvants (g.l¹).....18

Table des figures

Chapitre I. Généralité sur la culture de blé dur

Figure I.1: Classement des principaux producteurs de blé mondiaux de 2016 à 2019 (en milliers de tonnes) (Paul Manuel Gody Hilario, 2019)	3
--	---

Chapitre IV. Matériels et méthodes

Figure IV.1: Graines de blé dur (<i>Triticum Durum L.</i>).....	24
Figure IV.2 : Lieu d'expérimentation (Source personnelle).	24
Figure IV.3 : Aspect générale des conteneurs (Source personnelle).....	25
Figure IV.4 : Schéma de dispositif expérimental.....	26
Figure VI.5 : Unité expérimentale	26
Figure VI.6 : les graines de blé dur dans les boites de Pétri mis pour la germination (Source Personnelle, 2020).....	28
Figure VI.7 : Aspect des plantes après 6 jours de germination	28
Figure VI.8 : Dispositif expérimental (Source personnelle,2020).....	29

Chapitre V. Résultat et discussion

Figure IV.1 : Impact de l'acide salicylique (0.25 et 0.50 mM) et de NaCl (50 et 100 mM) et leur combinaison sur le taux de germination des graines de blé (<i>Triticum durum</i>) durant 8 jours de culture comparé au control (T0).....	32
Figure IV.2 : Impact de l'acide salicylique (0.25 et 0.50 mM) et de NaCl (50 et 100 mM) et leur combinaison sur le taux d'inhibition de germination des graines de blé (<i>Triticum durum</i>) durant 8 jours de culture comparé au control (T0).....	33
Figure IV.3 : Impact de l'acide salicylique (0.25 et 0.50 mM) et de NaCl (50 et 100 mM) et leur combinaison sur la longueur des hypocotyles (cm) des graines de blé (<i>Triticum durum</i>) durant 8 jours de culture comparé au control (T0).....	34
Figure IV.4 : Impact de l'acide salicylique (0.25 et 0.50 mM) et de NaCl (50 et 100 mM) et leur combinaison sur la longueur des coléoptiles (cm) des graines de blé (<i>Triticum durum</i>) durant 8 jours de culture comparé au control (T0).....	35
Figure VI.5 : Impact de l'acide salicylique (0.25 et 0.50 mM) et de NaCl (50 et 100 mM) et leur combinaison sur la biomasse fraîche des hypocotyles (cm) des graines de blé (<i>Triticum durum</i>) durant 8 jours de culture comparé au control (T0).....	36
Figure VI.6: Impact de l'acide salicylique (0.25 et 0.50 mM) et de NaCl (50 et 100 mM) et leur combinaison sur la biomasse fraîche des coléoptiles (cm) des graines de blé (<i>Triticum durum</i>) durant 8 jours de culture comparé au control (T0).	37

INTRODUCTION

Les produits céréaliers occupent une place stratégique dans le système alimentaire et dans l'économie nationale. De nos jours, les céréales en particulier le blé constituent la principale base du régime alimentaire pour les consommateurs algériens. Il présente un rôle social, économique et politique dans la plupart des pays dans le monde (**Ammar, 2015**).

La superficie des céréales occupe en moyenne annuelle 40% de la superficie agricole utile (SAU). Pendant la période 2010-2017, cette superficie a atteint en moyenne 385560 ha en évaluation de 6% par rapport à la période précédente 2000-2009. La production réalisée des céréales au cours de la période 2010-2017 est estimée à 41,2 million de quintaux en moyenne, soit un accroissement de 26% par rapport à la décennie 2000-2009 ou la production est estimée en moyenne à 32,6 million de quintaux. Cette production est constituée essentiellement du blé dur et de l'orge qui représentent respectivement 51% et 29% de l'ensemble des productions de céréales en moyenne 2010-2017 (**MADR, 2017**).

Le taux élevé de sel dans les sols ou les eaux d'irrigation est une préoccupation environnementale majeure et un problème sérieux pour l'agriculture dans les régions arides et semi-arides, comme le bassin méditerranéen. En effet, l'excès de sel dans le sol affecte la germination, la croissance des plantules et leur vigueur, la phase végétative, la floraison et la fructification à des degrés variables, conduisant à terme à des baisses de rendement et de qualité des productions (**Delgado et al., 1994 in Mainassara., 2009**).

L'AS exerce un rôle dans des phénomènes physiologiques comme la photosynthèse, la floraison, la perméabilité de la membrane, la production de chaleur, la croissance et développement des plantes, et les interactions plantes - pathogènes (**Raskin, 1992 ; Hayat et al., 2007**).

L'objectif de ce travail est de tester l'effet de salinité par NaCl sur la germination, la croissance de culture de blé dur ainsi la vérification d'effet de la correction de solution saline par l'addition de l'acide salicylique et enfin la détermination de concentration de l'acide salicylique la plus efficace.

Ce mémoire est structuré en trois parties : La première fait une recherche bibliographique sur une généralité de blé dur **Triticum durum** et de salinité-acide salicylique. La seconde est dédiée aux méthodes de la germination et la croissance de culture de blé. La troisième partie est consacrée à la présentation des résultats obtenus et leur discussion. Enfin, une conclusion générale.

I.1 Historique

Le blé est à l'origine la céréale des civilisations indo-européennes vivant sous climat tempéré (**Botineau, 2010**). Le passage d'une civilisation nomade à l'agriculture sédentarisée est le résultat de la domestication progressive des graminées cultivées dont la plus ancienne semble être le blé dur en 10000 an avant J.C puis le blé tendre entre 5000 et 6000 avant J.C (**Amgoud, 2015**). Des vestiges de blé, diploïdes et tétraploïdes, remontant au VIIème millénaire avant J.C ont été découverts sur des sites archéologiques au Proche Orient (**Cherfia, 2010**). Le blé dur espèce connue depuis la plus haute antiquité, appartient au groupe des tétraploïdes, du genre *Triticum* qui comprend de nombreuses espèces (**Yves et De Buyser, 2000 in Cherfia, 2010**).

I.2. Situation de blé dur dans le monde

Les nouvelles prévisions de la FAO concernant la production céréalière mondiale en 2019 s'établissent au niveau record de 2715 millions de tonnes, soit une hausse de 2,3% (61,7 millions de tonnes) par rapport à la production de 2018 (**FAO, 2019**).

La production de blé dur en 2019 du Maghreb a une nouvelle fois confirmé une forte progression, notamment pour l'Algérie dont la récolte a atteint un niveau record avec 3,4 Mt. La Tunisie qui a bénéficié de bonnes précipitations à des périodes favorables au cours du cycle de culture a vu ses rendements atteindre un niveau record lui permettant ainsi d'engranger une récolte autour de 1,2 Mt. A l'opposé, le Maroc a vu sa production chuter de 50 %, avec 1,3 Mt, en raison d'une baisse des surfaces cumulée à un manque de précipitations (**France Agir Mer, Christine Alevin, 2019**).

I.3. Situation de blé en Algérie

Le bilan préliminaire de la production des céréales durant la saison 2016- 2017 a atteint jusqu'à la mi-août plus de 35 millions de quintaux, contre 34 millions de quintaux au titre de la campagne moissons-battages 2015-2016, selon des données du ministère de l'Agriculture, du développement rural et de la Pêche. La production céréalière enregistre une nette amélioration durant la saison actuelle, alors que seulement 88% des surfaces agricoles consacrées à la production des céréales sont moissonnées, durant la saison 2015-2016 .

La production céréalière algérienne a connu une baisse 33 millions de quintaux de céréales (blé et orge) sont récoltés durant la saison 2015-2016, contre 40 millions de quintaux l'année d'avant (2014-2015), en raison d'une faible pluviométrie. En tout état de cause, la production céréalière algérienne d'aujourd'hui est loin des niveaux atteints en 2008-2009 : 61,2 millions de quintaux.

La production actuelle des céréales en Algérie ne couvre que partiellement les besoins de la population. Le recours aux importations pèse lourdement sur l'économie de l'état. Les données du problème auquel la céréaliculture algérienne fait face n'ont pas fondamentalement changé. Elle est essentiellement pluviale ; elle est soumise à des régimes pluviométriques variables et bien souvent faibles qui se traduisent par de fortes contraintes hydriques et thermiques. Ceci explique la stagnation du rendement qui dure depuis pré d'un demi-siècle. (Azoui, 2015).

Le blé dur (*Triticum turgidum L. var. durum*) est la première céréale cultivée en Algérie, en termes de superficies et de production, occupant la moitié d'une superficie de 3 millions hectares, destinés à la céréaliculture (Haddad et al., 2016).

L'Algérie importe actuellement jusqu'à 3,5 x 10⁶ tonnes de blé dur. Le rendement national en grains du blé dur est le plus faible du bassin méditerranéen ; il tourne bon an mal an autour de 8 qx/ha. Les rendements fortement soumis aux aléas climatiques de la région méditerranéenne oscillent autour de 10 q/ha (quintaux) (Mazouz et Bouzerzou, 2017).

Selon OAIC il a fait savoir que la moyenne de la production du blé dur entre 2011 et 2016 a été de 21,4 millions qx/an alors que les importations ont atteint 15,2 millions qx/an.

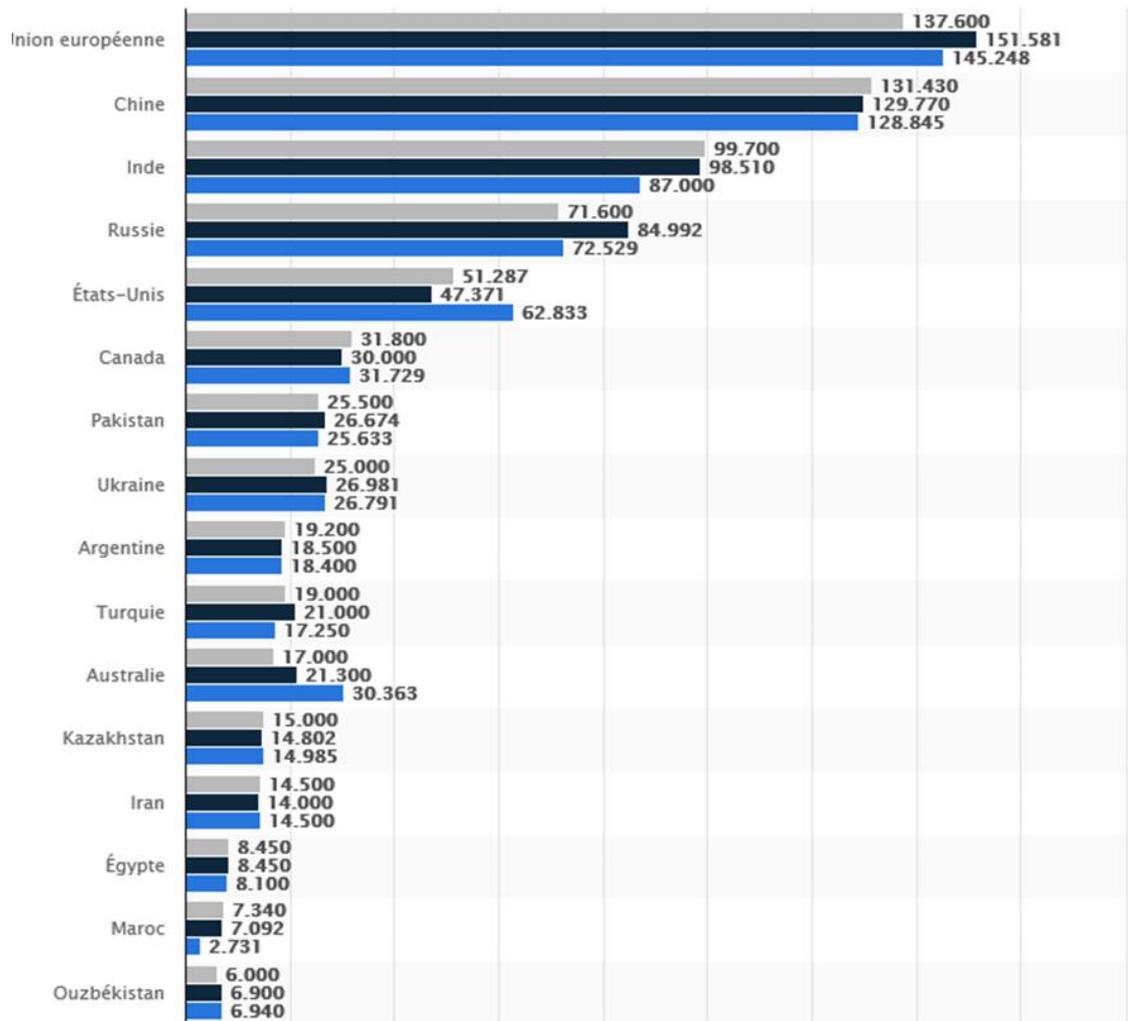


Figure I.1 : Classement des principaux producteurs de blé mondiaux de 2016 à 2019 (en milliers de tonnes) (Paul Manuel Gody Hilario, 2019)

I.4 Contraints de la production en Algérie

I.4.1 Contraints climatiques

Les variations interannuelles de la production de blé sont dues principalement aux conditions climatiques qui varient chaque année et qui jouent un rôle dominant sur les fonctions de croissance et de développement (**Gate, 1995**).

Pluviométrie

En Algérie quel que soit la zone cultivée, la pluviométrie est un facteur prédominant qui conditionne fortement les récoltes (**Feliachi, 2000**). La pluviométrie est globalement déficitaire, puisque dans les zones les plus emblavées en céréales, elle varie de 350 mm à 550 mm (**Hachemi et al., 1979**).

Température

D'après (Gate ,1995), le froid constitue un des facteurs limitant de la production du blé dur, il précise qu'une seule journée avec une température minimale inférieure à - 4 °C entre le stade épi à 1cm et un nœud pénalise le nombre de grains par épi. Les gelées printanières, dans les hautes plaines et même dans les plaines intérieures à basse altitude causent des pertes importantes par Gels des épis au stade floraison (Hachemi et al, 1979). Les hautes températures sont aussi parmi les facteurs intervenants dans la limitation du rendement. En effet, si une hausse de température survient au stade remplissage du grain, elle peut faire chuter le rendement de 50 % par l'échaudage (Chaker et Brinis, 2004).

I.4.2 Contraintes techniques

Un faible taux d'utilisation des engrais, mauvais suivi des techniques culturales, utilisation des outils inadaptés et à un étalement des semis au-delà des délais techniques requis, rendant ainsi les céréales vulnérables à tout éventuel stress hydrique, notamment en fin de cycle (Anonyme, 2008).

I.4.3 Contraintes fonciers

Le statut de la terre d'une part, le morcellement et la dimension des exploitations, d'autre part, constituent des entraves aux tentatives d'amélioration de la production céréalière (Anonyme, 1999). D'après (Rachedi ,2003), 60 % des superficies situées sur des terres peu productives et les efforts d'intensification et de mécanisation deviennent difficiles.

I.4.4 Les contraintes économiques

Elles sont liées aux coûts de production élevés résultants de la cherté des facteurs de production et de matériel agricole, mais aussi de la disponibilité Insuffisante des intrants en qualité et quantité dans les délais recommandés.

II. Données biologiques sur le blé

II.1 Caractères botaniques du blé

Le blé dur (*Triticum turgidum ssp. durum*) est une Monocotylédone de la famille des Graminées, de la tribu des Triticées et du genre *Triticum*. En termes de production commerciale et d'alimentation humaine, cette espèce est la deuxième plus importante du genre **Triticum** après le blé tendre (*Triticum aestivum L.*). Il s'agit d'une graminée annuelle de hauteur moyenne et dont le limbe des feuilles est aplati (Meziani, 2016).

Le blé dur est une graminée annuelle et souvent fortement touffue, atteignant 170 cm de haut à racines fibreuses. La tige est généralement cylindrique, lisse, creuse et entre coupée de nœuds ou prennent naissance les feuilles. Elles sont alternes distique, simple et entières à limbe linéaire et à nervures parallèles, plat et légèrement poilu. Le sommet de la tige porte un épi terminal, dense et distique de 4-12cm de long à épillets sessiles, solitaires comprimé latéralement, en quatre à sept fleurs bisexuées, mais dont l'une ou les trois supérieures sont généralement rudimentaires. Au niveau de chaque fleur, se trouve trois étamines et un ovaire supère se terminant par un petit appendice charnu et poilu à deux stigmates plumeux. Le fruit obtenu est un grain ellipsoïde, muni d'un sillon central sur l'une des faces (Amallah, 2017).

Classification botanique de blé dur

(Lounes, 2010), donne la taxonomie suivante :

• Règne	Plantae
• Sous-règne	Cormophyte
• Embranchement	Spermaphytes
• Sous-embranchement	Angiospermes
• Super-ordre	Commelini florales
• Ordre	Poales
• Classe	Monocotylédones
• Famille	Poaceae
• Genre	Triticum
• Espèces	<i>Triticum durum Desf</i>

II.2. Physiologie de blé

A. Période végétative

A.1. Stade germination

La germination est le premier stade du cycle de vie des plantes pour produire une nouvelle génération. (**Soussa et Brinis, 2016**). Elle correspond à une activation métabolique de l'embryon qui assure l'élongation de la racine puis celle de la coléoptile (**Boubaker et al., 1999**). La germination du blé a lieu à des températures de 4-37°C, la fourchette optimale se situant entre 12-25°C. La coléoptile apparaît 4-6 jours après la germination (**Brink et Belay, 2006**).

A.2. Stade levée

La levée est définie par l'apparition de la première feuille qui traverse la coléoptile (**Belagrouz, 2013**). Cette période comporte deux phases successives (**Gate et Giban, 2003**) :

- L'élongation de la coléoptile qui a pour fonction première d'amener la première feuille à la surface du sol ;
- La croissance de la première feuille qui d'abord perce en son sommet la coléoptile : stade levée, puis se développe et s'étale jusqu'au stade première feuille développe.

A.3. Stade tallage

Cette phase s'amorce à partir de la quatrième feuille. La formation de la première talle se fait au stade 3 feuilles. La première talle primaire appelée maître-brin apparaît à l'aisselle de la première feuille du blé. La 2ème et la 3ème talle apparaissent à l'aisselle de la 2ème et la 3ème feuille (**Salmi, 2015**). Le fin tallage est celle de la fin de la période végétative, elle marque le début de la phase reproductive, conditionnée par la photopériode et la vernalisation qui autorisent l'élongation des entrenœuds (**Gate, 1995**).

B. Période reproductrice

B.1. Stade montaison- gonflement

Au sommet du bourgeon terminal se produit le début du développement de l'épi. Parallèlement, on assiste à l'allongement des entrenœuds. La montaison se manifeste à partir du stade épi à 1cm du plateau de tallage qui se caractérise par une croissance active des tallages.

A la fin de la montaison apparaît là ce terme désigne la dernière feuille sortie. Cette feuille est essentielle car elle seule contribue à 75% du rendement (**Zitouni, 2006**).

B.2. Stade épiaison – floraison

Elle est marquée par la méiose pollinique et l'éclatement du grain avec l'émergence de l'épi. C'est au cours de cette phase que s'achève la formation des organes floraux et s'effectue la fécondation. Cette phase est atteinte quand 50% des épis sont à moitié sortis du grain de la dernière feuille (Nadjem, 2012).

B.3. Stade de Remplissage du grain

Après la fécondation, l'évolution du poids du grain se fait en trois étapes. La première est une phase de multiplication des cellules du jeune grain encore vert, dont la teneur en eau est élevée. Suit la phase de remplissage actif du grain avec les assimilés provenant de la photosynthèse de la feuille étendard et du transfert des hydrates de carbones non structuraux stockés dans le col de l'épi. La quantité d'eau contenue dans le grain tend à se stabiliser : c'est le pallier hydrique (Mazouz, 2006).

II.3 .Morphologie de blé**A. Le système racinaire**

Selon (Belaid, 1996), toute céréale dispose, au cours de son développement, de deux systèmes racinaires successifs :

- Système racinaire primaire, fonctionnel de la germination au début tallage, ce système est constitué d'une racine principale ne restant pas longtemps fonctionnelle et est remplacé par un système de racines adventices qui assureront la nutrition et le développement de la plante.
- Système racinaire secondaire ou tallage apparaît au moment où la plante émet des talles ; il est de type fasciculé et assez développé.

B. Le système aérien : Il est composé de plusieurs organes**B.1. La tige et les feuilles**

La tige creuse ou chaume, dont les entre-nœuds ne se sont allongés qu'à la montaison, porte des feuilles engainantes à nervures parallèles (Soltner, 2005).

➤ **L'inflorescence.**

Le rachis, ou axe de l'épi, porte 15 à 25 épillets constitués chacun de 3 à 4 fleurs. La disposition de celle-ci fait ressortir une caractéristique d'une grande importance : le blé est une plante autogame ou à autofécondation, c'est-à-dire que la fécondation a lieu à l'intérieur des glumelles, avant que les étamines n'apparaissent à l'extérieur. De ce fait, la conservation de la pureté variétale sera parfaite d'une génération à l'autre (**Soltner, 2005**).

➤ **Le grain.**

Le grain est un caryopse ou fruit sec indéhiscant dont les parois sont soudées à celles de la graine (**Belaid, 1996**).

II.4. Exigences du blé

II.4.1. Température

Une température supérieure à 0°C est exigée pour la germination des céréales. Un abaissement de la température pendant l'hiver est nécessaire aux variétés non alternatives dites « d'hiver » et par la suite, la température conditionne la nitrification et l'activité végétative du blé au cours du tallage et de la montaison. Enfin, l'intensité de l'évapotranspiration peut amener l'échaudage (**Soltner, 2005**).

II.4.2. Eau

Jusqu'à la fin du tallage, les besoins en eau sont relativement faibles. De plus, l'humidité excessive du sol est néfaste à l'installation du système racinaire en profondeur. Par contre, au cours de la phase de montaison et jusqu'à la floraison les besoins en eau de la culture sont considérables et peuvent s'évaluer à 180 mm (Mars et Mai). Après la floraison, le blé devient très résistant à la sécheresse.

II.4.3. Eclairage

Une certaine durée du jour (photopériodisme) est nécessaire pour la réalisation du stade B précédant la montaison (**Soltner, 2005**). Ce même auteur note que l'intensité lumineuse, et l'aération, agissent directement sur l'intensité de la photosynthèse, dont dépend à la fois la résistance des tiges à la verse et le rendement (**Soltner, 2005**).

II.4.4. Techniques culturales

Pour obtenir un grain bien fait et bien plein, au moyen de pratiques culturales respectueuses de l'environnement et les moins coûteuses possibles, tel est l'objectif du producteur et ce vers quoi tendent nos préconisations techniques (**Gate et al., 1996**). De plus, (**Vilain, 1989**), signale que l'obtention d'un rendement élevé requiert l'utilisation d'un matériel végétal possédant un potentiel de production élevé, susceptible d'exploiter au mieux les ressources disponibles du milieu. Deux types de techniques culturales lui sont appliqués :

- Les unes sont destinées à accroître le niveau des facteurs et des conditions de croissance.
- Les autres visent plus particulièrement à valoriser et à préserver le potentiel de production.

II.4.5. Travail du sol

Il vise à mettre les semences dans des conditions de développement idéales en lui donnant la structure physique la plus favorable à la culture pratiquée et en favorisant l'activité biologique du sol (**Aubert, 1977**). Le travail du sol a pour rôle d'enfouir les résidus de récolte et les fertilisants ou les amendements. Il permet aussi de maîtriser les populations d'adventices (**Viaux, 1999**). Le labour constitue la principale étape du travail du sol pour l'installation de la culture. Il s'effectue entre 12 et 25 cm, il est recommandé d'éviter les labours trop profonds qui demandent beaucoup de puissance et qui ont pour effet de diluer la matière organique et les éléments minéraux (**Simon et al., 1989**).

Le sol doit respecter les conditions d'une bonne germination et d'une bonne levée ainsi, l'humidité, l'aération, la température, l'absence d'obstacles (cailloux, mottes) gênent le passage de la plantule. Pour cela, il est nécessaire de préparer un lit de semence, c'est à dire de travailler la couche superficielle du sol qui accueille les graines avec un soin particulier (**Prévost, 1990**).

II.4.6. Choix des variétés

C'est un choix stratégique qui permet de réduire les coûts de production, et en particulier, ainsi l'utilisation des produits phytosanitaires (**Viaux, 1999**). Les principaux critères de choix des variétés sont : la productivité, la précocité, l'altérité, la résistance au froid, la sensibilité aux principales maladies ou encore la tolérance aux variations hydriques et au niveau des facteurs de croissance (**Vilain, 1989**).

Aussi, le choix de la variété est indissociable du choix de la date et de la densité de semis, facteurs qui eux-mêmes ont des conséquences en matière de développement parasitaire, de maladies et d'adventices (**Viaux, 1999**).

- **Le semis**

Il consiste à placer les graines à une certaine profondeur dans le lit de semences (régulière de 4 à 6 cm) pour faciliter la levée des plantules (**Belaid, 1999**). Ce même auteur note que le retard de la date de semis limite les risques de piétin verse, de piétin-échaudage, d'oïdium, de rhizoctone, de septorioses et d'helminthosporiose en réduisant le nombre de cycles des champignons et donc l'importance de l'inoculum en sortie d'hiver. De plus, la réduction de la densité de semis, de 30 % est un levier important pour limiter le développement des maladies du pied ou foliaires. Enfin le couvert moins dense et plus aéré permet de limiter le développement des champignons et les contaminations de proche en proche entre plantes (**Anonyme b, 2012**).

II.4.7. Fertilisation

Une bonne gestion de la fertilisation azotée permet de compléter l'effet du choix variétal, de la date et de la densité de semis sur les maladies et la verse. Le calcul de la dose d'azote passe par la définition d'un objectif de rendement réalisable, calculé à la parcelle et tenant compte du type de sol, de la date de semis, du précédent et des conditions de semis (**Anonyme b, 2012**). De plus, les pratiques de

gestion des éléments fertilisants pour améliorer le rendement des engrais et réduire les pertes d'éléments fertilisants dans l'environnement (**Djennadi, 2013**).

II.4.8. Irrigations

L'irrigation des céréales constitue une solution pour assurer l'amélioration et la stabilité des rendements. Les besoins en eau des céréales dépendent des conditions climatiques, de la nature du sol et aussi des stades critiques au déficit hydrique qu'impliquent une meilleure gestion de l'irrigation

PARITE A : Généralité sur la salinité**III.1.1 Définitions du stress**

Le stress désigne un facteur de l'environnement induisant une contrainte potentiellement néfaste sur un organisme vivant. C'est le dysfonctionnement produit dans un organisme ou dans un système vivant, par exemple par une carence. Le stress est donc, un ensemble de conditions qui provoquent des changements des processus physiologiques résultant éventuellement des dégâts, dommages, blessures, inhibition de croissance ou de développement (**Ben Kaddour, 2014**).

(**Vincent, 2006**) a montré qu'il existe deux types de stress :

- Biotique : imposé par d'autres organismes (insectes, herbivores...).
- Abiotique : provoqué par un défaut ou excès de l'environnement physico-chimique comme la sécheresse, les températures extrêmes, la salinité.

III.1.2 Définition de la salinité

Selon (**Matty et Diatta 2018**), la salinisation des terres est un phénomène naturel de dégradation chimique des sols dans la zone d'interface « mer (océan)-Continent ». Elle se traduit par un enrichissement excessif du sol en sels solubles dont les principaux responsables sont : les sels de sodium (Na^+), de calcium (Ca^{2+}), de magnésium (Mg^{2+}), de potassium (K^+), les chlorures (Cl^-), les sulfates (SO_4^{2-}) et les bicarbonates (HCO_3^-). L'accélération de ce processus est due à des causes multiples d'ordres naturels et anthropiques. Au niveau mondial, le phénomène de la salinisation des terres est responsable de la réduction annuelle de 1 à 2 % des superficies irriguées. Les régions les plus durement touchées sont les zones arides et semi-arides (**Escudier et al., 2019**).

La salinité du sol et de l'eau constitue le problème majeur dans beaucoup des pays du monde. Elle est considérée comme le principal facteur abiotique qui limite la productivité végétale et le rendement agricole (**Bouassaba et Chougui, 2018**).

Les données actuelles se résument dans le bassin méditerranéen à 16 millions d'hectares de sols salés. L'Algérie se situe parmi les pays touchés, dont presque 3,2 millions d'hectares de la surface sont salins et dans les régions arides et semi arides, la salinité constitue une contrainte majeure à la productivité et au développement agricole (**Benzahra et Snoussi, 2018**). En général on distingue deux formes de salinité : Primaire et secondaire.

- **La salinité primaire** résulte de l'accumulation des sels dans le sol à travers un long processus naturel de dégradation des roches salines et des apports éoliens des sels des mers et océans.
- **La salinité secondaire** est d'origine anthropique, résultant des activités humaines, notamment l'irrigation avec des eaux chargées de sels (**Munns et al., 2006**).

La salinité des sols est présente dans la plupart des grands systèmes d'irrigation à travers le monde sous l'effet conjugué d'une mauvaise qualité des eaux d'irrigation, de l'aridité et d'un drainage insuffisant du sol. La salinisation apparaît comme la conséquence de divers processus complexes de redistribution des sels liés au fonctionnement hydrologique du milieu sous l'influence de l'irrigation et du drainage (**Noomene, 2011**).

Dans les régions méditerranéennes, la salinité des sols et les eaux d'irrigation est l'un des facteurs limitatifs de la productivité végétale et du rendement agricole. Ainsi, la sécheresse est l'un des principaux facteurs limitant des rendements, le manque d'eau, souvent associé à d'autres stress abiotiques sont responsables de pertes de rendement très importantes (**Hamsas, 2013**).

En effet, l'excès de sel dans le sol affecte la germination, la croissance des plantules et leur vigueur, la phase végétative, la floraison et la fructification à des degrés variables (**Delgado et al., 1994 ; Cordovilla et al., 1995**) conduisant à terme à des baisses de rendement et de qualité des productions.

Les différentes formes de réponses des plantes à l'effet défavorable du sel ont conduit à les distinguer en deux groupes :

- des espèces tolérantes dont les différentes phases du développement sont peu affectées
- des espèces sensibles pour lesquelles la croissance est inhibée dès les plus faibles concentrations en sel (**Rajesh et al. 1998**).

La connaissance de la tolérance à la salinité au moment de la germination révèle la capacité de l'espèce à pousser sur des sols très salins (**Jaouadi et al., 2010 in Camara et al., 2018**).

Les rares précipitations, l'évaporation élevée, l'irrigation avec de l'eau saline, et les pratiques culturelles sont parmi les facteurs principaux qui contribuent à la salinité croissante. La salinisation secondaire, en particulier, aggrave le problème où une fois que les superficies agricoles productives deviennent impropres à la culture due à la qualité inférieure de l'eau d'irrigation (**Ashraf et Foolad, 2007**). Le fort éclaircissement et les rares

pluies dans les régions semi-arides et arides accentuent la salinisation des périmètres irrigués et les rendent impropres aux cultures (**Denden et al., 2005**).

L'eau saline occupe 71% de la surface de la terre, environ la moitié des systèmes d'irrigation existant du monde sont sous l'influence de la salinisation (**Hammia, 2012**).

III.2. Conséquences d'un stress salin

La salinité est l'un des facteurs limitant pour la croissance des plantes. L'effet de la salinité est : L'arrêt de la croissance, le dépérissement des tissus sous forme de nécroses marginales, suivi par une perte de turgescence, par une chute des feuilles et finalement par la mort de la plante. Note que les effets de la salinité varient suivant le stade du développement, la tolérance à celle-ci augmente de puis la germination jusqu'à la fructification (**Lemee, 1978**).

La diminution de la croissance des organes aériens par le sel se manifeste par une réduction de la surface foliaire contrôlée par le nombre et la taille des cellules, La salinité provoque le plus souvent un retard dans le développement et d'une manière générale (**Elmekkaoui, 1990**).

III .3. Effet du stress salin sur les plantes

III.3.1. Effet sur la germination

La germination et les premiers stades de croissance sont cruciaux pour l'établissement des espèces se développant dans des environnements salins. Le stade plantule est le plus vulnérable dans le cycle de vie de la plante, et c'est la germination qui détermine le temps et le lieu pour que la croissance de la plantule ébauche (**Bouda, 2011**).

La présence de sel en excès dans le sol est un des facteurs critiques qui affecte défavorablement la germination de la graine, empêchant les espèces de s'adapter aux environnements salin, a aussi exposé l'effet de sels sur la germination ; il a constaté que les sels provoquaient une diminution de l'imbibition du fait d'une diminution du potentiel d'eau (**Brahimi, 2017**).

III.3.2 Effet sur la croissance et le développement de la plante

La réponse immédiate du stress salin est la réduction de la vitesse de l'expansion de la surface foliaire et cette expansion s'arrête si la concentration de sel augmente (**Wang et Nil,**

2000). Le stress salin résulte aussi dans la diminution de la biomasse sèche et fraîche des feuilles, tiges et racines (Chartzoulakhis et Klapaki, 2000).

III.3.3 Effet sur la photosynthèse

La salinité réduit la croissance et la photosynthèse de la plante. Cette réduction et due aux effets complexes d'interaction osmotiques, ioniques, et nutritionnelles, suggèrent que la salinité affecte en premier lieu la croissance de la plante puis la photosynthèse, causant suite aux phénomènes de « feed-back » une réduction de la capacité photosynthétique. Donc, la photosynthèse étant réduite chez les plantes cultivées en milieu salin (Brahimi, 2017).

III.3.4. Effet sur le métabolisme de l'azote (N)

L'activité du nitrate réductase (NRA) diminue dans les feuilles de beaucoup de plantes pendant le stress salin. La première cause de la réduction de la NRA dans les feuilles est un effet spécifique associé à la présence du sel dans le milieu externe. Cet effet de Cl⁻ semble être dû à la réduction de l'absorption du NO₃⁻ - et par conséquent une concentration réduite du NO₃⁻ dans les feuilles, bien que l'effet direct du Cl⁻ sur l'activité de l'enzyme qui ne peut être écarté (Flores et al., 2000).

III.3.5 Effet sur la morphologie de la plante

La salinité affecte toute la plante mais elle freine davantage la croissance des parties aériennes que celle des racines.

a. Effet de la salinité sur les racines

Selon (Levigneron et al, 1995), les racines sont les premières à réagir. L'excès de sel dans l'environnement racinaire donne naissance à des plantes naines (Brun, 1980).

b. Effet de la salinité sur les tiges

La longueur des tiges est réduite par de sel dans le sol (Aberkane, 1992). Pour le tournesol, la réduction de la hauteur de la tige est de 30cm (Teggar, 2015).

c. Effet de la salinité sur les feuilles

Des concentrations élevées de sel tels que le Ca^{++} , Mg^{++} et les bicarbonates provoquent des nécroses sur les feuilles, des décoloration et la réduction de la chlorophylle (Saidoune, 2000 in Tegggar, 2015).

III.4. Stratégies d'adaptation à la salinité chez les plantes

La tolérance des végétaux a la salinité correspond à leur aptitude à vivre en présence de sels solubles sans leur croissance et leur développement ne soient perturbés. La tolérance à la salinité, est lésion de degré avec lequel la plante ajuste sa pression osmotique en sacrifiant un minimum de son développement végétatif.

La tolérance des plantes à la salinité est définie comme étant la capacité des cultures à résister aux effets excessifs des sels au niveau de la rhizosphère (Hamdoud, 2012).

La réponse au sel des espèces végétales dépend de plusieurs variables, commençant par l'espèce même, de sa variété, aussi de la concentration en sel, des conditions de culture et du stade de développement de la plante (Benidire et al., 2015).

Par exemple l'orge et le blé sont particulièrement résistants à la salinité après la germination (Debbache, 2014).

La plante exposée à la contrainte salin, déclenche des mécanismes de tolérance ou une réaction d'adaptation lui permettant de faire face à cette nouvelle situation et poursuivre sa croissance (Folwers, 2003). Parmi ces mécanismes ce qui suit.

III.4.1 La compartimentation vacuolaire

Celle-ci consiste à évacuer du cytoplasme les ions Na^+ en excès vers la vacuole afin d'éviter leur effet toxique et inhibiteur à l'encontre des processus enzymatiques, Ce mécanisme de compartimentation vacuolaire est assuré par l'action d'un antiport vacuolaire sodium/proton (Na^+/H^+) dont l'énergie est fournie par les pompes à protons ATPases (H^+ adénosine triphosphatases) et PPases (H^+ -pyrophosphatases) vacuolaires.

Grâce à ce processus de compartimentation de sodium au sein de la vacuole, la cellule parvient à maintenir une faible concentration de sodium dans le cytoplasme, minimisant ainsi son effet toxique; et d'autre part, l'augmentation concomitante de la concentration de sodium

dans la vacuole va engendrer une forte pression osmotique qui va favoriser l'absorption d'eau et donc améliorer la turgescence des cellules.

Chez les plantes de type « incluser », les flux de sodium sont essentiellement ascendants, et le sel est accumulé dans les parties aériennes au niveau des vacuoles. Par contre, chez celles de type « excluser », la plus grande partie du sodium absorbé et véhiculé vers les feuilles est réexportée vers les racines via le phloème ou initialement stockée dans les racines (**Hanana et al., 2011**).

III.4.2 Exclusion des ions toxiques

L'autre stratégie permettant aux plantes de survivre en condition de stress salin consiste à exclure le sodium du cytoplasme vers l'extérieur de la cellule. Dans ce cas, les plantes limitent l'entrée des éléments salins et les rejettent dans le compartiment apoplasmique.

L'exclusion commence avec la sélectivité de la membrane racinaire, ce qui peut résulter d'une réduction de la perméabilité passive, de la présence de transporteurs sélectifs et d'un transport vers le milieu extérieur des ions déjà absorbés. L'exclusion du sodium est réalisée par l'action combinée d'une série de protéines de type SOS « salt overly sensitive », SOS1 qui est également un antiport Na^+/H^+ mais localisé au niveau de la membrane plasmique, joue un rôle primordial dans ce mécanisme d'exclusion de sodium vers le milieu extérieur.

D'autre part et afin de réduire l'accumulation de sodium au niveau de la partie aérienne de la plante, ce complexe protéique SOS interagit avec le transporteur HKT1 lui aussi situé sur la membrane plasmique et qui est responsable de la recirculation du sodium des feuilles vers les racines via le phloème (**Hanana et al., 2011**).

III.4.3 Ajustement osmotique

L'un des principaux caractères physiologiques de tolérance aux contraintes du milieu est l'ajustement osmotique. Celui-ci est réalisé grâce à une accumulation de composés osmorégulateurs conduisant à une réduction du potentiel osmotique permettant ainsi le maintien du potentiel de turgescence.

L'accumulation de ces composés a été mise en évidence chez plusieurs espèces végétales soumises à la contrainte saline. Cette accumulation varie dans de larges proportions suivant l'espèce, le stade de développement et le niveau de la salinité. Les différences d'accumulation des solutés (acides aminés libres, proline et sucres solubles totaux) entre les plantes témoins et les plantes soumises au stress salin sont très importantes (**El Midaoui et al., 2007 in Dadach, 2016**).

PARITE B : L'acide salicylique et le stress abiotique

L'acide salicylique, très largement répandu dans les plantes, est considéré comme une phytohormone d'une nature phénolique impliqué dans la résistance systémique acquise (SAR) lors d'une réaction d'une hypersensibilité et participe dans la régulation des processus physiologiques ou en réponse au divers stress (**UV, OZANE, BLESSURES**) (**LEPOIVRE, 2003 ; SAKHBUTDINOVA et al, 2003 ; MACHTEX et al; 2005**).

Il a été trouvé dans les feuilles et organes reproducteurs de 354 espèces d'importance agronomique (**PANCHEVA et al.,1996**).

III.1 Historique

L'acide salicylique est découvert en 1828 quand Johann Buchner a isolé avec succès une petite quantité de salicyline, le glucoside d'alcool salicylique, à partir de l'écorce de saule. Le nom d'acide salicylique vient du nom latin salix et a été donné à cet ingrédient actif du saule par Rafael Piria en 1838. La première production commerciale d'AS synthétique a débuté en 1874 en Allemagne. Son dérivé acétylé (acide acétylsalicylique) a été introduit sous le nom commercial d'aspirine par l'entreprise Bayer en 1898 et est rapidement devenu le médicament le plus vendu dans le monde (**RASKIN, 1992**).

L'acide salicylique était utilisé par les indiens d'Amérique, depuis longtemps, pour traiter les migraines. Ils plaçaient pour cela des écorces de saule autour de leur tête (**HOPKINS, 2003**).

Les fleuristes le savaient déjà, mais sans en connaître les bases (**RASKIN et al, 1987**).

En effet, ajouter un comprimé d'aspirine à l'eau d'un vase contenant des fleurs permet de les conserver plus longtemps et en meilleur état, action attribuée à une inhibition de la biosynthèse de l'éthylène (HELLER, 1998).

III.2. Propriétés physico-chimiques

L'acide salicylique (acide o- hydroxybenzoïque (C₇H₄O₃), (M_m =138,12 g/mol), point de fusion 195°C, point d'ébullition 211°C à 2666 Pa, p_{ka} = 3,01, est un métabolite secondaire appartient au composés phénolique naturellement synthétisé par certains végétaux. Elle est modérément soluble dans l'eau mais hautement soluble dans des solvants polaires organique.

Ether éthylique	Alcool	Eau à 20°C	Chloroforme	Benzène	Eau à 100°C
2,1	2,2	14,5	62	118	458

Tableau III.1 : Solubilité de l'acide salicylique dans les différents solvants (g.l¹).

Cet acide est présent en abondance dans l'écorce et les feuilles de saule *Salix alba*, notamment, dans les fruits, sous forme estérifiée de salicylate de méthyle (HELLER, 1998; YALPANI et al ., 1991).

III.3. Synthèse

Deux voies de biosynthèse du AS sont possible chez les plantes. La première est la voie des phénylpropanoïdes, ou de l'acide benzoïque (LE POIVRE, 2003). Lors plusieurs études, des précurseurs de l'acide salicylique marqués avec un isotope radioactif ; l'acide benzoïque et de l'acide cinnamique, ont été mis en contact avec des plantes de tabacs saines et infectés (CLERIVET et al ., 1996) . Les résultats de ces recherches démontrent que la synthèse de l'acide salicylique, débute avec la phénylalanine. Cette dernière est transformée en acide

cinnamique par la phénylalanine ammonia lyase (PAL). L'acide cinnamique est ensuite transformé en acide benzoïque. Qui est finalement, hydroxylé par l'acide benzoïque-2-hydroxylase en acide salicylique (DEMPSEY et al, 1994).

Une voie alternative de synthèse existe chez les bactéries et dans les chloroplastes de plantes. Cette voie implique les enzymes isochorismate synthase et isochorismate pyruvate lyase qui catalysent les deux étapes de synthèse à partir de l'acide chorismique (VASYUKOVA et OZERETSKOVSKAYA, 2007).

Plusieurs études ont été effectuées afin de montrer la voie de biosynthèse de l'acide salicylique chez la plante. L'acide salicylique peut s'accumuler dans la cellule à la suite d'une nouvelle synthèse via l'acide cinnamique (CHADHA et al., 1974) d'une hydrolyse de la forme glycosylée entreposée dans les parois cellulaires (ENYEDI et al., 1992; HENNIG et al., 1993) ou d'une dégradation des flavones (CLERIVET et al., 1996).

Selon (BERNAD F. dans KLARZYNSKI et FRITIG 2001) les concentrations d'acide salicylique sont de l'ordre de quelque dizaine à certaines de nano grammes par grammes de tissu frais dans les tissus attaqués. Il faut cependant préciser qu'il s'agit là des concentrations totales d'acide salicylique, dont l'essentiel se trouve sous libre ou sous forme conjugués de glycosylates méthylé, glucose-ester ou conjugué avec les aminoacides (LEE et al. 1995).

III.4. Rôle

L'AS est une molécule omniprésente de signalisation et impliqué dans beaucoup de phénomènes physiologiques des plantes (RASKIN, 1992), parmi lesquels l'activation de réponses de défense de la plante envers de des attaques par des champignons, bactéries ou virus a trouvé une attention particulière.

Le AS module aussi la mort cellulaire associée à la réponse hypersensible, l'activation de la peroxydation des lipides et la génération de radicaux libres (DEMPSEY et al., 1999; SHAH et KLESSIG, 1999).

L'AS joue un rôle d'un indicateur naturel de la thermogène dans *Arum*, induire la floraison dans plusieurs plantes, contrôle l'absorption des ions par les racines et la conductivité stomacale (RASKIN, 1992). Des données expérimentales indiquent la participation de l'AS dans le signal de la régulation des expressions des gènes de la sénescence des feuilles chez *Arabidopsis* (MORRIS et al., 2000) en plus l'AS peut servir

comme un régulateur de gravi tropisme (**MEDVEDEV et MARKOVA,1991**), inhibition de mûrissement des fruits (**SRIVATAVA et DWIVEDI,2000**).

Ainsi chez le soya, il semble que la vaporisation d'une solution aqueuse d'acide salicylique sur le feuillage ait stimulé la croissance des tiges et racines sans affecter la photosynthèse (**GUTIERREZ et al., 1998**). Par ailleurs son injection directement dans la tige du maïs y augmenterait à la fois la photosynthèse et le rendement en grains (**ZAHOU et al., 1999**). Au contraire,

chez l'orge, l'acide salicylique diminuerait l'accumulation de biomasse, ralentirait l'expansion foliaire, conduirait à une baisse du taux de photosynthèse, de l'activité du PSU et de l'activité carboxylase de la Rubisco, réduirait la transpiration et amoindrirait l'épaisseur du limbe et la taille des cellules épidermique (**JANDA et al., 1999 ; UZUNOVA et POPOVA, 2000**).

III.5. L'acide salicylique et les stress abiotique

A présent, un intérêt considérable a été suscité par le pouvoir de l'AS à produire des effets protecteurs sous l'action des facteurs de différentes natures de stress abiotique. Ainsi, des données obtenus indiquent que l'induction de l'AS augmente la résistance des semis du blé à la salinité (**SHAKIROVA et BEZRUKOVA, 1997**) et le déficit hydrique (**BEZRUKOVA et al., 2001**) et prévient la réduction du contenu en IAA et les cytokinine ce qui réduit l'inhibition du développement induit par le stress (**SAKHABUTDINOVA et al., 2003**). L'AS aussi augment la résistance de la tomate et la fève à la baisse et l'augmentation des températures (**SENARATANA et al., 2000**), ainsi que l'action des métaux lourds sur le riz (**MISHRA et CHOUDHURI, 1999**). L'AS induit la synthèse des protéines de choc thermique chez le tabac (**BURKHANOVA et al., 1999**) accumulation des lectines du blé (**SHAKIROVA and BEZRUKOVA, 1997**), rapide activation de la protéine 48kD kinase dans une suspension cellulaire du tabac, sous un stress osmotique (**MIKOLAJCZYK et al., 2000**).

L'application appropriée de l'AS peut fournir une protection contre plusieurs contraintes environnementales mais il peut causer un stress oxydatif, partiellement lors de l'accumulation du peroxyde d'hydrogène. Mais une concentration basse de peroxyde d'hydrogène ainsi

améliore la capacité anti oxydative des plantes et stimule la synthèse des composés protecteurs qui mène à accroître la tolérance aux stress abiotique (HARA et al., 2012).

III.6. Mode d'action

L'acide salicylique pourrait agir en régulant la teneur en eau oxygénée cellulaire et pariétale. Cette hypothèse qui en vogue en milieu des 1990, découlait du fait que l'acide salicylique est capable de se lier à la catalase, en inhibant alors l'activité de cette enzyme qui dégrade normalement l'eau oxygénée dans la cellule d'où une activation des mécanismes de défense (induction des gènes, activation des peroxydases permettant la rigidification de la paroi cellulaire par réticulation des protéines de la paroi ou par néoformation de la lignine), à l'inverse d'autre expliquent qu'il semblerait que l'augmentation initial de l'eau oxygénée soit le facteur primaire qui stimule la biosynthèse de l'acide salicylique . Néanmoins, et quel que soit le mécanisme, l'acide salicylique joue donc un rôle de premier plan dans la résistance de la plante (MACHIEX et al., 2005).

IV .1. Objectif de l'expérimentation

Le but de cette étude est de montrer d'une part l'effet dépressif de la salinité exercée par NaCl à deux concentrations croissantes (100 et 200mM) sur la germination et la croissance des plantes de blé dur variété «Mohamed ben Bachir» cultivées en système hydroponique. D'autre part, deux doses d'acide salicylique (0.25 et 0.50mM) a été testée dont le but est de déterminer la dose la plus stimulante et qui permis d'obtenir une régulation osmotique parfaite pour les plantules de blé dur dans les conditions de stress durant les deux phases de culture (germination et croissance active).

IV .2. Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé durant notre expérimentation est le blé dur (*Triticum durum* Desf), variété Mohamed ben Bachir dont les semences testées sont obtenues de l'institut Technique des Grandes cultures (ITGC) d'Oued Smar, wilaya d'Alger. C'est une espèce annuelle moyennement sensible à la salinité qui fait partie de la famille des *Poaceae*.

L'expérience a été réalisée durant l'hiver de 13/02/2020 au 12/03/2020.

Cette variété a été choisie comme un matériel végétal a raison de :

- ✓ Son cycle de culture courte et précoce avec une bonne productivité,
- ✓ Son adaptation meilleure aux conditions pédoclimatiques de la région aride et semi-aride,
- ✓ Et plus précisément sa réaction rapide au changement de milieu.



Figure IV.1: Graines de blé dur (*Triticum Durum .L*)

IV .3. Conditions expérimentales**IV .3.1. Lieu de l'expérience**

Notre étude a été réalisée au niveau du laboratoire de recherche de biotechnologie des Productions végétales situé au sein du département de Biotechnologies, université de Blida 1. Ce site contient les équipements nécessaires à la réalisation de l'ensemble des essais et expérimentations sur le blé dur, qui comprend aussi une serre où notre expérimentation a été effectuée. La serre est en polycarbonate dont : l'orientation est nord sud, l'aération est assurée par plusieurs fenêtres placées latéralement de part et d'autre de la serre. Des radiateurs ont été installés au niveau de la serre pour assurer le chauffage pendant l'hiver.



Figure IV.2 : Lieu d'expérimentation (Source personnelle).

IV .3.2. Conteneurs

Les conteneurs utilisés sont des pots en plastique de couleur marron ayant une capacité de 1kg et présentant des orifices de drainage à leur base permettant l'évacuation de la solution d'irrigation excédentaire. Le diamètre supérieur est de : 12cm et l'inférieur est de 7,5cm et la hauteur égale à 11cm.



Figure IV.3 : Aspect générale des conteneurs (Source personnelle).

IV .3.3. Substrat utilisé

Pendant notre expérience, le substrat choisi est le gravier de rivière dont le diamètre est de 3 à 8mm provenant de la région de Blida. Ce substrat constitue un milieu défavorable pour le développement de micro-organismes. Grâce à sa porosité, il assure une meilleure aération pour les racines des plantes alors que sa capacité de rétention en eau est très faible.

Afin d'éviter tous risques de contamination par les maladies parasitaires, une procédure de désinfection a été effectuée comme suit :

- ✓ Rinçage des pots avec l'eau de robinet et laisser sécher.
- ✓ Lavage de substrat par l'eau pour supprimer toutes les particules terreuses.
- ✓ Remplissage des pots avec le substrat lavé.
- ✓ Désinfection du substrat avec l'eau de javel diluée de concentration 10ml/L.
- ✓ Rinçage de substrat à l'eau de robinet pendant deux jours pour éliminer toute trace de l'eau de javel fortement nocive pour les racines des jeunes plantules de blé dur.

IV .3.4. Dispositif expérimentale

Notre expérimentation a été réalisée selon le plan complètement randomisé avec un seul facteur étudié qui est la composition de la solution d'irrigation. Cette dernière est composée de deux niveaux qui sont:

- ✓ La dose de la solution d'irrigation en acide salicylique dont les concentrations testées sont 0.25 et 0.50Mm. Ceci correspond aux traitements T1 et T2 respectivement.
- ✓ La dose de la solution d'irrigation en NaCl dont les concentrations testées sont 100 et 200mM. Ceci correspond aux traitements T3 et T4 respectivement.
- ✓ La dose en acide salicylique combinée aux mêmes solutions d'irrigation prédéfinies, au quelle nous avons testés deux concentrations à savoir 0.25 et 0.50mM/L. La première combinaison donne la définition des traitements T5 ; T6 et T7 ; T8 testés dans l'essai. L'interaction de ce variable donne naissance à 08 traitements comparés par l'eau de robinet de Blida (témoin : T0) soit au totale 9 traitements testés avec 04 répétitions pour chaque traitements, ceci donne 36 unités expérimentales dans le plan.

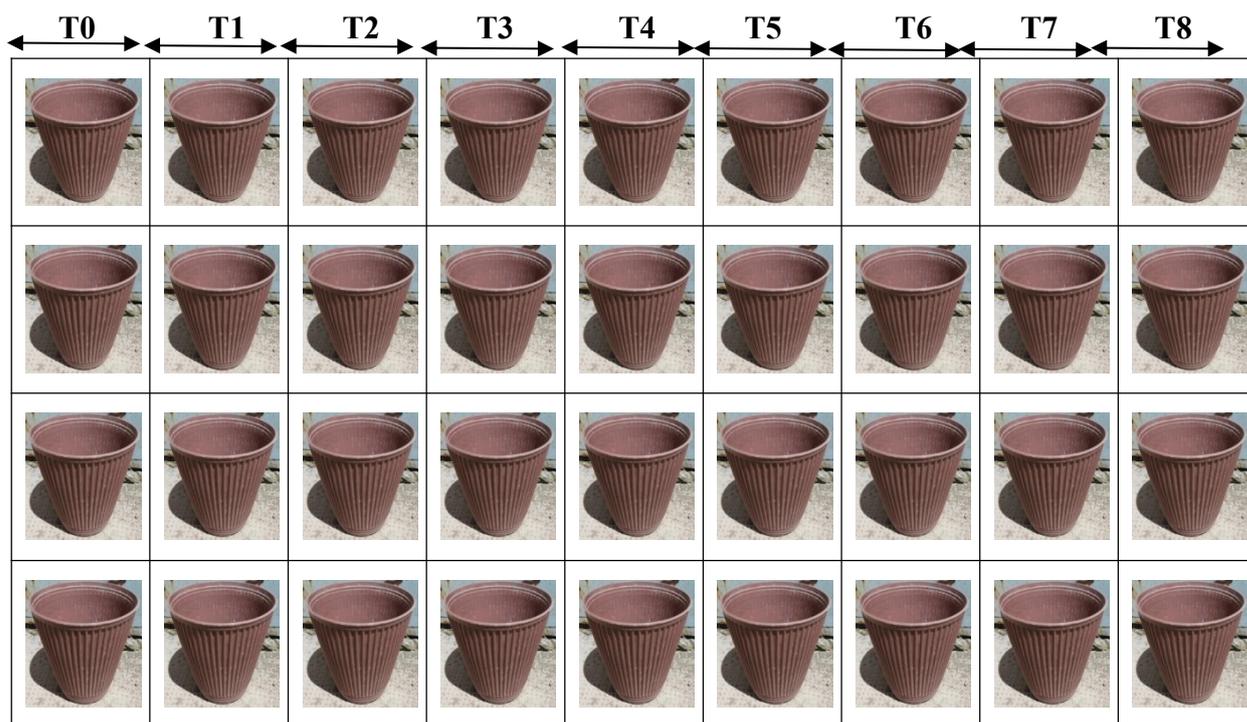


Figure IV.4 : Schéma de dispositif expérimental.



Figure IV.5 : Unité expérimentale.

T0, T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8: Traitements utilisées.

IV .3.5. Description des différents traitements utilisés

T0 : Eau de Blida (témoin)

T1 : Eau de Blida enrichie avec 0.25mM de l'acide salicylique

T2 : Eau de Blida enrichie avec 0.50mM de l'acide salicylique

T3 : Eau de Blida enrichie avec 100mM de NaCl

T4 : Eau de Blida enrichie avec 200mM de NaCl

T5 : Eau de Blida enrichie avec 100mM de NaCl + 0.25mM de l'acide salicylique.

T6 : Eau de Blida enrichie avec 200mM de NaCl + 0.25mM de l'acide salicylique.

T7 : Eau de Blida enrichie avec 100mM de NaCl + 0.5mM de l'acide salicylique.

T8 : Eau de Blida enrichie avec 200mM de NaCl + 0.5mM de l'acide salicylique

IV .3.6 Méthodes de stérilisation des graines et germination

Avant la mise en germination des graines de blé dur en boîte de Pétri, un test de stérilisation du matériel végétal a été réalisé selon les étapes suivantes :

- ✓ Sélection des meilleures graines de blé.
- ✓ Lavage abondant des graines de blé à l'eau distillée pendant 2 minutes.
- ✓ Trempage des graines dans une solution l'eau de javel dilué à 20% pendant 5 min pour la désinfection.
- ✓ Rinçage abondant des graines à l'eau afin d'éliminer toute trace de l'eau de javel qui est très nuisible pour les graines de blé.

IV .4. Germination des graines

La germination a été réalisé le 13/02/2020, les grains sont mise en germination dans des boîtes de Pétri, chaque boîte est tapissée par un papier filtre. Contenant chacune dix graines de blé imbibées par la solution. Les boîtes sont mises à l'obscurité dans une étuve réglée à une température de 25°C. Quatre répétition ont étaient testées de chaque traitement.

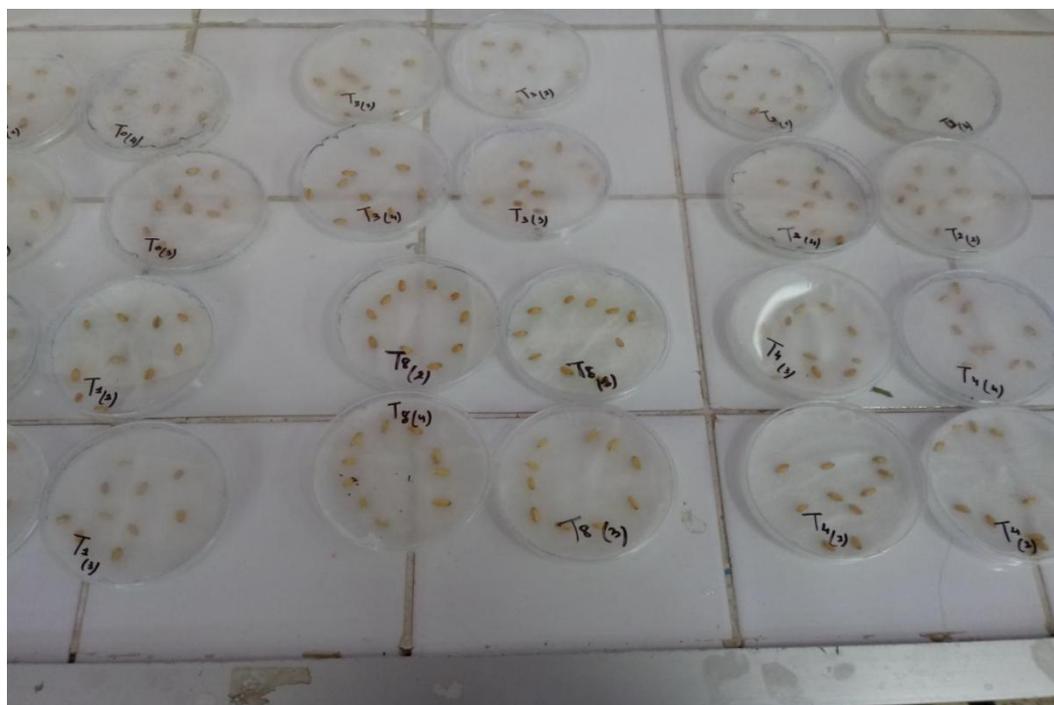


Figure IV.6 : les graines de blé dur dans les boîtes de Pétri mis pour la germination (Source Personnelle, 2020).

IV.4.1. Expérience I : Effet de la salinité par NaCl et l'acide salicylique et leurs combinaisons sur la phase de germination

La germination des semences est examinée après 6 jours de germination. On considère que la germination a lieu lorsque la radicule atteint 1cm de longueur.



Figure IV.7 : Aspect des plantes après 6 jours de germination

IV.4.2. Expérience II : Impact de la salinité par NaCl et l'acide salicylique et leurs combinaisons sur la phase végétative

Dix graines de blé ont été semis par pot selon le même dispositif expérimental adopté pour la germination au niveau de quel nous avons testé les mêmes traitements décrits dans la page précédente. L'essai a été conduit pendant 30 jours.

Le système d'irrigation adopté est celui de la percolation à circuit ouvert permettant l'évacuation de la solution d'irrigation en excès. Il est important dans la culture hydroponique de connaître les besoins journaliers en eau des cultures, pour pouvoir rationaliser les besoins selon les stades de développement du végétal et ce pour éviter les déficits et les éventuels excès de solution nutritive. La dose et les fréquences des arrosages varient selon le cycle de développement de la plante et les conditions microclimatiques telle que la température.



Figure IV.8 : Dispositif expérimental (Source personnelle, 2020).

IV.5. Paramètres mesurés

IV .5.1. Paramètres morphologique

IV .5.1.1. Les paramètres morphologiques réalisés pendant la phase de germination

A. Taux de germination final

Ce paramètre constitue le meilleur moyen d'identification de la concentration saline qui présente la limite physiologique de germination des graines. Il est exprimé par le rapport nombre de graines germées sur nombre total de graines.

B. Cinétique de germination

Pour mieux appréhender la signification physiologique du comportement germinatif des variétés étudiés, le nombre de graines germées ont été compté quotidiennement jusqu'au 6ème jour de l'expérience.

C. Moyenne journalière de germination (nombre de graines / jour)

Selon (**OSBORNE et NERCER, 2014**), ce paramètre représente le pourcentage de germination final /nombre de jours à la germination finale .

D. Longueurs des racines et des épis cotyles

La longueur de la racine primaire et celle de l'hypocotyle ont été mesurées à l'aide d'un logiciel Digimizer 2005-2011 MedCalc Software, et ce pour évaluer la croissance de la plante vis-à-vis du stress.

IV .5.1.2 Les paramètres morphologiques réalisés sur la phase végétative

Tous les paramètres morphologiques ont été effectués au moment de la coupe réalisée le 13/03/2020 soit 30 jours après le semis.

A. Hauteur finale des plantes et la longueur des racines (cm)

Cette mesure a été effectuée au moment de la coupe à l'aide d'une règle graduée.

B. Biomasse fraîche produite

Au moment de la coupe, nous avons pesé les deux parties de la plante (partie aérienne : feuilles + tiges ; partie souterraine : racines) en gramme à l'aide d'une balance. L'opération a été réalisée comme suit :

- Poids frais des feuilles + tige de chaque plante.
- Poids frais de la racine de chaque plante.

C. Biomasse sèche produite

La biomasse sèche a été pesée après le séchage des échantillons moyens frais des deux parties mises dans une étuve à 70°C jusqu'à stabilisation du poids sec, nous avons pesé :

- Poids sec de l'échantillon moyen des parties aériennes
- Poids sec de l'échantillon moyen des racines

Puis déterminer les biomasses sèches (BS) en (g) par la méthode suivante :

BS (g) = (poids sec moyen x poids frais) / poids frais moyen.

V.1 Impact de NaCl et l'acide salicylique sur les paramètres de germination

V.1.1 Impact sur le taux de germination (%)

Les résultats de l'effet de salinité par 100 et 200 mM de NaCl, 0,25 et 0,50 mM d'acide salicylique et son combinaison sur la faculté germinative des grains de blé (*Triticum durum*) sont illustrés dans la **Figure V.1**. L'analyse de la variance montre qu'il existe une différence très hautement significative du facteur traitement sur le taux de germination de blé (FG%).

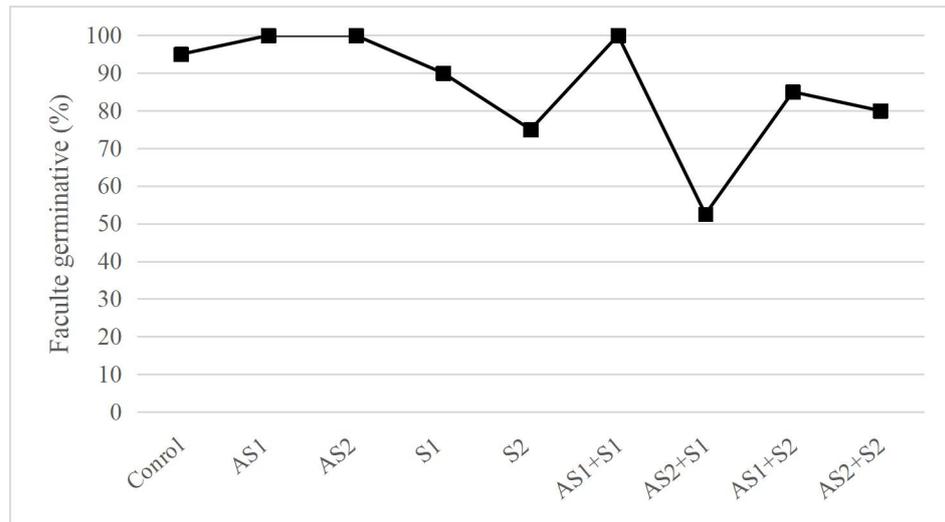


Figure V.1: Impact de l'acide salicylique (0.25 et 0.50 mM) et de NaCl (100 et 200 mM) et leur combinaison sur le taux de germination des graines de blé (*Triticum durum*) durant 8 jours de culture comparé au control (T0).

L'examen de cette figure montre que la présence de l'acide salicylique dans la solution d'irrigation améliore significativement le pourcentage des graines germées et ce quel que soit la concentration testées comparativement au témoin. Le nombre des grains germée été du 100%. La stimulation révélée correspond à 5,26 % par rapport au témoin respectivement en présence de 0,25 et 0,50 mM de cette phytohormone dans la solution d'irrigation. En revanche, un effet dépressif significativement remarquable a été révélé en présence de 100 et 200 mM de NaCl dans le milieu nutritif. Les réductions enregistrées sont de 5,26 et 21,05% par rapport au témoin respectivement.

Il est à noter que la combinaison 100 mM NaCl + 0.25 mM AS a révélé une stimulation significativement remarquable du pourcentage des gains germées par rapport au témoin comparativement aux autres combinaisons testées. Le nombre

des grains germée été du 100%. Cette amélioration correspond à 5,26% par rapport au témoin.

V.1.2 Impact sur le taux d'inhibition de la germination (TI%)

Les résultats de l'effet de la salinité par 100 et 200 mM de NaCl, 0,25 et 0,50 mM d'acide salicylique et son combinaison sur le taux d'inhibition de la germination des grains de blé (*Triticum durum*) sont illustrés dans la **Figure V.2**. L'analyse de la variance montre qu'il existe une différence très hautement significative du facteur traitement sur le taux de germination de blé (FG%).

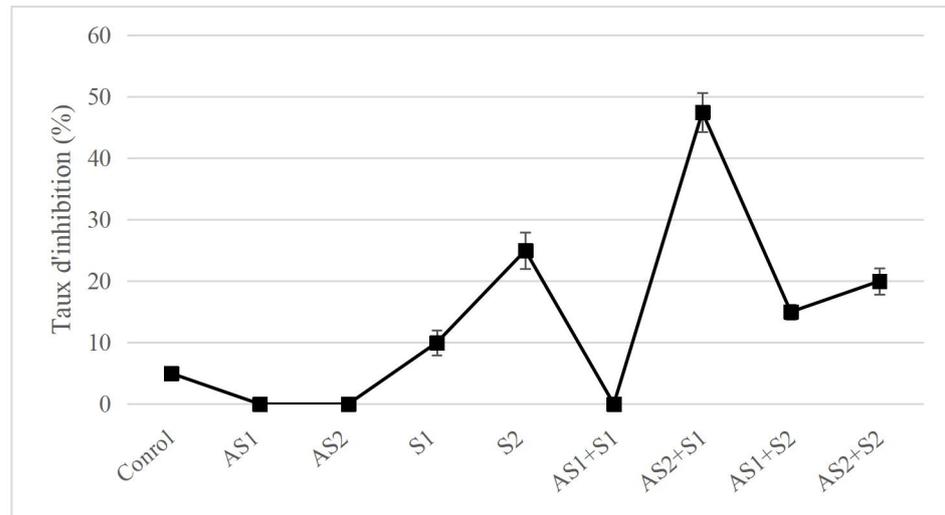


Figure V.2: Impact de l'acide salicylique (0.25 et 0.50 mM) et de NaCl (100 et 200 mM) et leur combinaison sur le taux d'inhibition de germination des graines de blé (*Triticum durum*) durant 8 jours de culture comparé au control (T0).

L'examen de cette figure montre que le taux d'inhibition de la germination le plus significativement remarquable est révélé en présence de la combinaison 100 mM de NaCl avec 0,25 mM d'acide salicylique dans la solution d'irrigation. Ceci correspond à un taux d'inhibition correspond a 47.50%. Alors que la présence de 100 mM de NaCl dans la solution d'irrigation exerce le taux d'inhibition correspond à 25%. En revanche, le plus faible taux d'inhibition est révélé en présence de 0.25 et 0.50 mM de l'acide salicylique dans la solution d'irrigation.

V.1.3 Impact de NaCl et l'acide salicylique sur les paramètres de croissance

A. Impact sur la longueur des hypocotyles (cm)

Les résultats relatifs de l'effet de la salinité par 100 et 200 mM de NaCl, 0,25 et 0,50 mM d'acide salicylique et son combinaison sur la longueur des hypocotyles (cm) sont illustrés dans la **Figure V.3**.

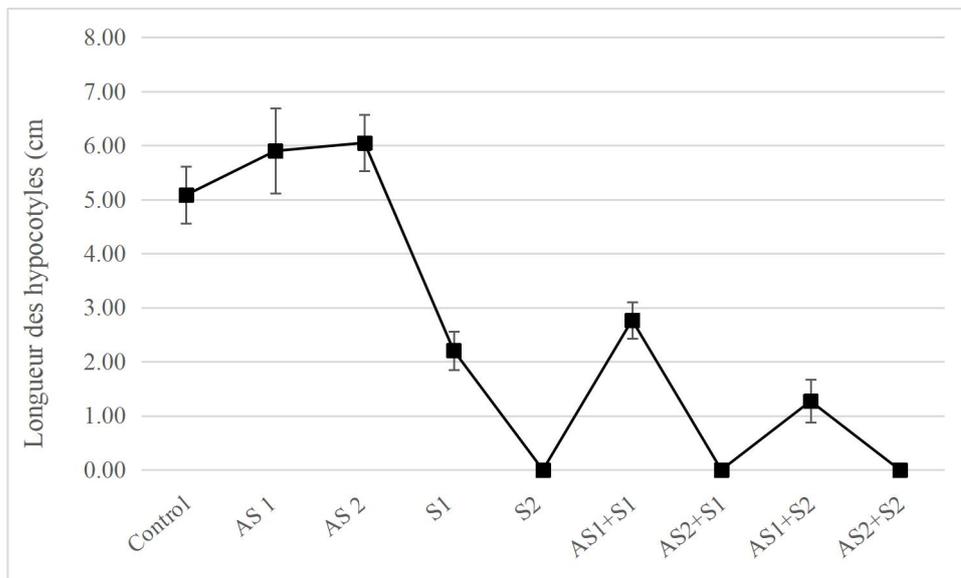


Figure V.3: Impact de l'acide salicylique (0.25 et 0.50 mM) et de NaCl (100 et 200 mM) et leur combinaison sur la longueur des hypocotyles (cm) des graines de blé (*Triticum durum*) durant 8 jours de culture comparé au control (T0).

L'examen de cette figure a montré que l'application de l'acide salicylique dans la solution d'irrigation a exercé un effet stimulateur significativement remarquable sur la longueur des hypocotyles des graines de blé. Ces accroissements correspondent à 1.72 et 4.31% par rapport au témoin en présence de 0.25 et 0.50 mM de cette phytohormone. Inversement, des régressions significativement remarquables en présence de 100 et 200 mM de NaCl dans la solution d'irrigation. Les chutes révélées sont de 61.81 et 100% par rapport au témoin respectivement. Il est à noter que la combinaison 0.25 mM de l'acide salicylique avec 100mM de NaCl a exercé une stimulation de la longueur des hypocotyles correspond à 25.33% par rapport au 100 mM de NaCl seul dans le milieu d'irrigation.

V.1.4 Impact sur la longueur des coléoptiles (cm)

Les résultats relatifs de l'effet de la salinité par 100 et 200 mM de NaCl, 0,25 et 0,50 mM d'acide salicylique et son combinaison sur la longueur des coléoptiles (cm) sont illustrés dans la **Figure V.4**.

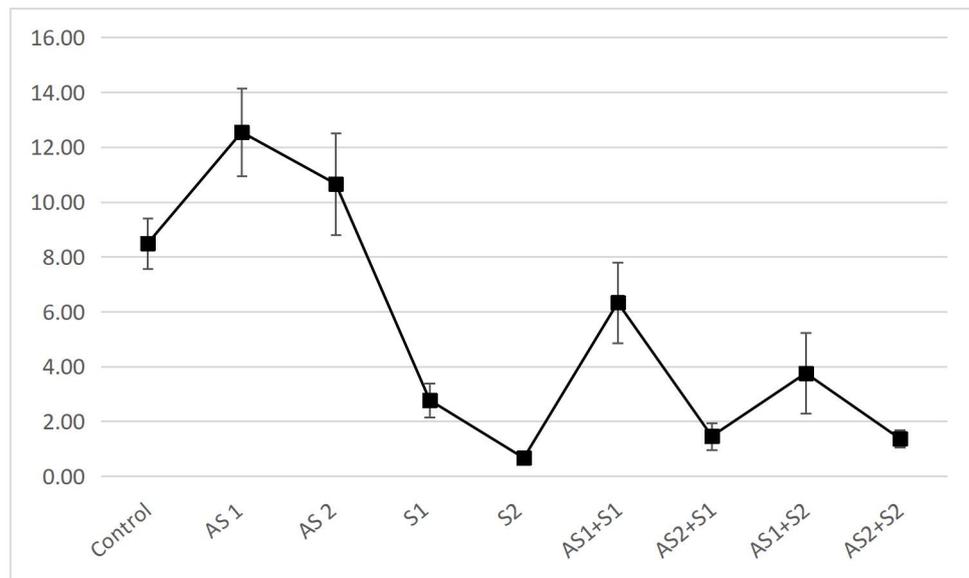


Figure V.4: Impact de l'acide salicylique (0.25 et 0.50 mM) et de NaCl (100 et 200 mM) et leur combinaison sur la longueur des coléoptiles (cm) des graines de blé (*Triticum durum*) durant 8 jours de culture comparé au control (T0).

L'examen de cette figure a montré que l'application de l'acide salicylique dans la solution d'irrigation a exercé un effet stimulateur significativement remarquable sur la longueur des coléoptiles des graines de blé. Ces accroissements correspondent à 1,70 et 3,40% par rapport au témoin en présence de 0.25 et 0.50 mM de cette phytohormone. Inversement, des régressions significativement remarquables en présence de 100 et 200 mM de NaCl dans la solution d'irrigation. Les chutes révélées sont de 50,80 et 100% par rapport au témoin respectivement. Il est à noter que la combinaison 0.25 mM de l'acide salicylique avec 100mM de NaCl a exercé une stimulation de la longueur des coléoptiles correspond à 34% par rapport au 200 mM de NaCl seul dans le milieu d'irrigation.

V.1.5 Impact sur la biomasse fraîche des hypocotyles (g)

Les résultats relatifs de l'effet de la salinité par 100 et 200 mM de NaCl, 0,25 et 0,50 mM d'acide salicylique et son combinaison sur la biomasse fraîche des hypocotyles (g) sont illustrés dans la **Figure V.5**.

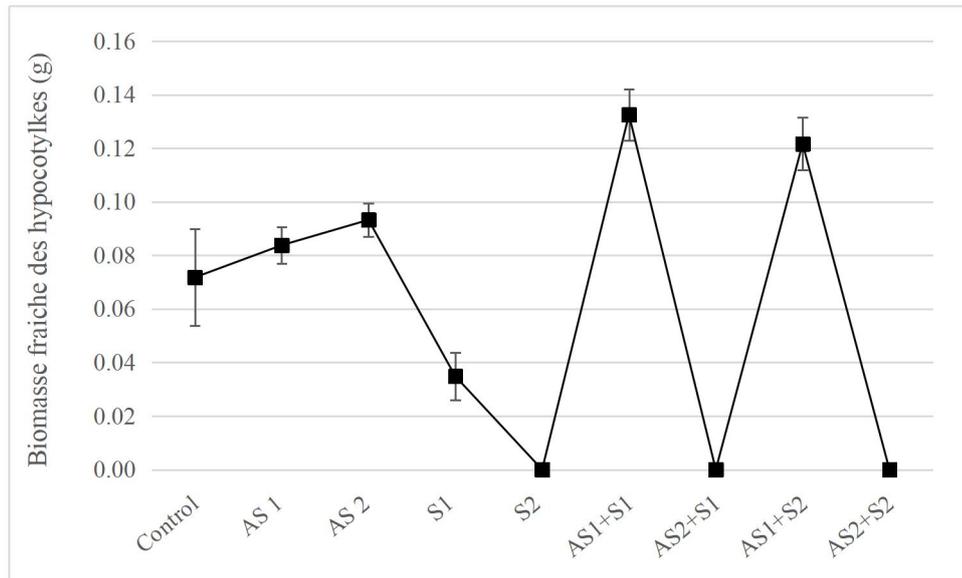


Figure V.5: Impact de l'acide salicylique (0,25 et 0,50 mM) et de NaCl (100 et 200 mM) et leur combinaison sur la biomasse fraîche des hypocotyles (cm) des graines de blé (*Triticum durum*) durant 8 jours de culture comparé au control (T0).

L'examen de cette figure montre que la présence de l'acide salicylique dans la solution d'irrigation améliore significativement la biomasse fraîche des hypocotyles quels que soit la concentration testée comparativement au témoin. Les stimulations de la biomasse fraîche révélées correspondent à 14,28 et 28,57% par rapport au témoin respectivement en présence de 0,25 et 0,50 mM de cette phytohormone dans la solution d'irrigation. En revanche, un effet dépressif significativement remarquable a été révélé en présence de 100 et 200 mM de NaCl dans le milieu nutritif. Les réductions enregistrées sont de 57,14 et 100% par rapport au témoin respectivement.

Il lieu de noter que la combinaison de 0,25 mM de l'acide salicylique avec 100 ou 200 mM de NaCl exerce une stimulation très remarquable par rapport au témoin et par rapport aux autres traitements. Les accroissements révélés sont de 85,71 et 71,42% par rapport au témoin respectivement.

V.1.6 Impact sur la biomasse fraîche des coléoptiles (g)

Les résultats relatifs de l'effet de la salinité par 100 et 200 mM de NaCl, 0,25 et 0,50 mM d'acide salicylique et son combinaison sur la longueur des coléoptiles (g) sont illustrés dans la **Figure V.6**.

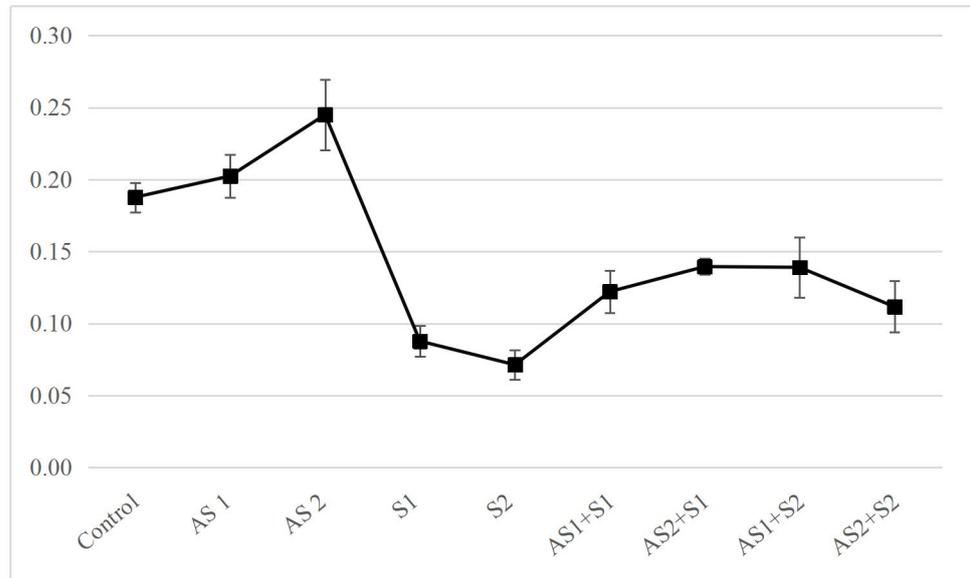


Figure V.6: Impact de l'acide salicylique (0.25 et 0.50 mM) et de NaCl (100 et 200 mM) et leur combinaison sur la biomasse fraîche des coléoptiles (cm) des graines de blé (*Triticum durum*) durant 8 jours de culture comparé au control (T0).

L'examen de cette figure a montré que l'application de l'acide salicylique dans la solution d'irrigation a exercé un effet stimulateur significativement remarquable sur la biomasse fraîche des coleoptiles des graines de blé. Ces accroissements correspondent à 4,62 et 5,2% par rapport au témoin en présence de 0.25 et 0.50 mM de cette phytohormone. Inversement, des régressions significativement remarquables en présence de 100 et 200 mM de NaCl dans la solution d'irrigation. Les chutes révélées sont de 2,41 et 100% par rapport au témoin respectivement. Il est à noter que la combinaison 0.25 mM de l'acide salicylique avec 100mM de NaCl a exercé un accroissement de la biomasse fraîche des coleoptiles correspond à 27,33% par rapport au 100 mM de NaCl seul dans le milieu d'irrigation.

Conclusion

Il résulte de notre étude que les graines de blé soumises à différentes concentrations de NaCl retardent ou réduisent leur précocité de germination, leur taux germinatif final et ralentissent leur cinétique de germination. Ces conclusions sont confirmées par la haute signification des testes statistiques selon le facteur NaCl.

Nous avons constaté que les graines imbibées à l'eau révèlent une précocité de germination très élevée par rapport aux graines imbibées aux solutions salines, et cela est dû à la facilité de la réhydratation en absence de sel. Alors que durant le temps de germination, nous avons remarqué que les graines imbibées aux solutions salines relèves aux taux de germination final plus élevé par rapport celle imbibées à l'eau.

D'autre part, nos résultat montrent que l'AS à 0.25 mM améliore le taux précoce avec toutes les concentrations salines et le taux final de germination chez les graines stressées imbibées préalablement à 100 et 200 mM de NaCl.

Nous avons observé que les plantes du blé sont largement affectées par le stress salin, notamment les paramètres biochimiques. La diminution en réponse à l'AS qui indique que le blé à mis en évidence un mécanisme de défense contre le stress salin.

Finalement, l'application de l'acide salicylique dans la solution d'irrigation a exercé un effet stimulateur significativement remarquable sur la longueur des hypocotyles des graines de blé.

Les nouvelles informations permettraient de situer le niveau de tolérance et/ou de résistance de cette espèce à ces stress.

Référence bibliographiques

- Amallah, L. (2017)** Structuration de la variabilité génétique d'une collection de blé dur au Maroc par les marqueurs agro-morphologiques, physico-chimiques, biochimiques et moléculaires et étude des associations marqueurs SSR – paramètres de qualité. Thèse de Doctorat, Université Mohammed V, Rabat, 186 p.
- Amgoud, H.(2015)** Influence de deux fongicides sur la germination, la croissance et la teneur en proline de quelques variétés de blé. Mémoire de magister, Université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou, 107 p.
- Ammar, K.(2015)** Enhancing the Sustainability of Global Durum Wheat Production.
<http://www.openfields.it/category/docs/2015>.
- Anonyme b, 2012.** Protection intégrée du blé Une stratégie gagnante.1-7.
http://www.agriculturenpdc.fr/fileadmin/documents/Publication/ProdVegetales/protection_integree.pdf
- Ashraf M., Foolad M. R. (2007):** Role of glycine betaine and protein in improving plant
- Aubert C., 1977.** L'agriculture biologique pourquoi et comment la pratiquer. 4ème Ed. Agridécisions, Paris, 383 p.
- Azoui H., 2015 -** Etude du comportement d'une collection de blés cultivés en Algérie vis-à-vis de quelques stress biotiques. Mém. Magister. Université El Hadj Lakhdar – Batna- Institut des sciences vétérinaires et des sciences agronomiques. 75 p.
- Belagrouz, A. (2013)** Analyse du Comportement du Blé Tendre, Variété El WIFAK (*Triticum aestivum L.*) Conduite en Labour Conventionnel, Travail Minimum et Semis Direct sur Les Hautes Plaines Sétifiennes. Mémoire de magister, Université Ferhat Abbas, Sétif, 107 p. Technol, 33: 37-47.
- Belaid Dj., 1996.** Aspects de la céréaliculture Algérienne. Offices de publications Universitaires. 203p.
- Ben Kaddour M. 2014.** Modifications physiologiques chez des plantes de blé (*Triticum durum Desf*) exposées à un stress salin. Thèse de doctorat 3ème cycle, université badji mokhtar – Annaba, 74 p.

Benidire L., Daoui Z., Fatemi Z., Achouak W., Bouarab L., Oufdou K. 2015. Effet du stress salin sur la germination et le développement des plantules de *Vicia faba* L. (Effect of salt stress on germination and seedling of *Vicia faba* L.). *J. Mater. Environ. Sci.* 6 (3) :840-851.

Benzahra S., Snoussi S. A. 2018. Impact du potentiel hydrogène d'une eau saline non conventionnelle sur la nutrition minérale du haricot *Phaseolus vulgaris* L. cultivé en hors-sol. *Revue Agrobiologia* 8(1): 786-791.

BEZRUKOVA M. V., SAKHABUTDINOVA . R., FATKHUTDINOVA R. A., KYLDIAROVA I., SHAKIROVA F., 2001 – The role of hormonal changes in protective action of salicylic acid on growth of wheat seedling under water deficit . *Agrochemiya (Russ)* , 2,51 –54

Botineau, M. (2010) Botanique systématique et appliquée des plantes à fleurs. Lavoisier, Paris : PP221.

Bouassaba K., Chougui S. 2018. Effet du stress salin sur le comportement biochimique et anatomique chez deux variétés de piment (*Capsicum Annuum* L.) à Mila /Algérie. *European Scientific Journal.* 14: 159-174.

Bouda S., Haddioui A. 2011. Effet du stress salin sur la germination de quelques espèces du genre *Atriplex*. *Nature & Technologie.* 05 : 72-79.

Brahimi Rezkia, 2017-effet de la salinité sur la germination de *Vigna unguiculata subsp. unguiculata* (L.) Walp. p. 19-20-21-25

Brun A., 1981. Mise au point bibliographique concernant l'étude des effets de la salinité sur les végétaux. *Ann Fac Sci Yaoundé* ; 28 : 59-84.

Cherfia R., (2010) : Etude de la variabilité morpho-physiologique et moléculaire d'une collection de blé dur algérien (*Triticum durum* Desf.). Thèse de magistère. Université Mentouri, Constantine. P : 3.

Dadach M. 2016. Recherche des conditions optimales de la germination des graines de quelques légumineuses du mont de Tessala (Ouest Algérien) et perspectives de conservation. Thèse de doctorat, Université Djillali Liabes de Sidi Bel Abbès, 169p.

DEMPSEY , D.M.A ., SHAH ., J ., KLESSIG, D .F., 1999 – salicylic acid and disease resistance in plantes . critical Reviews in plant sciences , 18 :547-575

Denden, M., Bouslama, M., Slimi, H., Bouaouina, T. (2005) Action du trajet foliaire de diffusion de l'eau et de l'épaisseur de la cuticule sur la transpiration. Sécheresse, 16 (2): 125-129.

Djennadi F., 2013. Blé : Le fractionnement de la fertilisation azotée. Bulletin des grandes cultures 2,. 2-3.

Djennadi F., 2013. Blé : Le fractionnement de la fertilisation azotée. Bulletin des grandes cultures 2,. 2-3.

El Mekkaoui M., 1987. Contribution à l'étude de la tolérance à la salinité chez le blé dur (*Triticum durum* Desf.) et l'orge (*Hordeum vulgare* L.). Diplôme de DEA, Montpellier, p

FAO. (2019): Perspective alimentaires. Analyse des marchés mondiales. <http://www.fao.org/010/ah864f/ah864f00.htm>

Flowers T. J. 2003. Improving crop salt tolerance. Journal of Experimental Botany 55 : 307-319. Fluorescence chlorophyllienne, la teneur en proline et la production florale de trois espèces

France Agir Mer , Christine avalin ,2019 Marche du blé dur France union européenne, monde (2019,2020)

Gate P., 1995. Ecophysiologie du blé : De la plante à la culture. Lavoisier, Paris. 429 p.

Gate P., Jezequel S., Castillon P., Braun P. et Laconde JP., 1996. Pour garantir la production bien remplir le grain et limiter le mitadinage. In: Braun P. et Hébrard J.P. (Eds.), Blé dur objectif qualité. Ed. ITCF, Paris. 36-43.

Gate P., Jezequel S., Castillon P., Braun P. et Laconde JP., 1996. Pour garantir la production bien remplir le grain et limiter le mitadinage. In: Braun P. et Hébrard J.P. (Eds.), Blé dur objectif qualité. Ed. ITCF, Paris. 36-43.

Gate, P., Giban, M. (2003) Stade du blé. ITCF, ARVALIS: PP 24.

GUTIERREZ C.M.A., TREJO I .,C., LARQUE S.A.,1998- Effects of salicylic acid on the growth of roots and shoots in soybean. Plant Physiology and Biochemistry paris 36 :563-565

Haddad, L., Bouzerzour, H., Benmahammed, A., Zerargui, H., Hannachi, A., Bachir, A., Salmi, M., Oulmi, A., Fellahi, Z., Nouar, H. & Laala, Z. (2016). Analysis of Genotype × Environment Interaction for Grain Yield in Early and Late Sowing Date on Durum Wheat (*Triticum durum* Desf.) Genotypes. *Jordan journal of biological sciences* Volume 9(3): 139-146.

Hamdoud Nacera, 2012.effes du stress salin sur la croissance et la physiologie de la féverole (*Vicia faba* L.).p9

Hamia Imane.,2012, Impact de l'irrigation sur la salinisation des sols dans les palmeraies de Oued Righ.p16.

Hanana M., Hamrouni L., Cagnac O., Blumwald E .2011. Mécanismes et stratégies cellulaires de tolérance à la salinité (NaCl) chez les plantes. NRC Research Press, Dossiers environ. Vol. 19,121-140 pp.

HOPKING , W.G.2003- physiologie végétale. Edition de Boeck, Université de Bruxelles, Belgique ,532 p.

JANDA T ., SZALAI G ., TARI L., PALDI E., 1999- Hydroponic tratment with salicylic acid Decreases the effects of chilling injury in maize (*Zea mays* L .) *Plants . Planta Berlin* 208 :157 -180

Jaouadi W., Hamrouni L., Souayeh N. et Khouja M.L., 2010. Étude de la germination des graines d'*Acacia tortilis* sous différentes contraintes abiotiques. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 14(4): 643-652

Lemée, G. (1978). précis d'écologie végétale , Paris, Masson, 285 P., 114.

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.

MAINASSAR Z. ALLAH, BOUAZIZ S ., HEDIM . et AOUNIE.,2009- Parametres agronomiques liées à la tolerance au sel chez le haricot

MARCHEIX J-J ., A. FLEURIET , J-J . MACHEIX , A . FLEURIET , C-j.ALLEMAND.,2005- les composés phénoliques des végétaux : un exemple de métabolites secondaires d'importance économique . PPUR presses polytechniques . Pp 216

Mazouz, L. (2006) Etude de la contribution paramètre phéno morphologique dans la l'adaptation du blé dur (*triticum durum* Desf.) dans l'étage bioclimatique semi -aride. Mémoire de magister, Université EL-HADJ LAKHDAR, Batna, 97 p.

Mazouz, L., Bouzerzour, H. (2017) Etude de la contribution des paramètres phénomorphologiques dans la sélection du blé dur (*Triticum durum* Desf.) dans le climat semiaride. *Revue Sci. Technol*, 35: 45-58.

MIKOLAJCZYK M ., AWOTUNDE O . S ., MUSZYNSKA G .,2000- osmotci stress induces rapid activation of a salicylic acid –induced protein kinase and a homolog of protectein kinase ASK1 in tobocco cell . *plant Cell* , 12 ,165,178 .

MISHRA A,CHOUDHURI M . A-1999- effect of salicylic acid on heavy metal-induced membrane deterioration mediated by lipoxygenase in rice . *biol. Plant* ,42 ,409 -415

MORRIS K ., S . A .H. MACKERNESS, T PAGE ET AL ., 2000- salicylic acid has a role in regulating gene expression during leaf senescence . *Plant J* ,23 ,677-685 .

Munns R., James R. A., Lauchli A. 2006. Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. *J. Exp. Bot*, 27: 1025-1043.

Nadjem, K. (2012) contribution à l'étude des effets du semis direct sur L'efficience d'utilisation de l'eau et le Comportement variétal de la culture de blé en Région semiaride. Mémoire de magister, Université Ferhat Abbas, Sétif, 131 p.

Paul Manuel Gody Hilario, 2019 Classement des principaux producteurs de blé mondiaux de 2016 à 2019 (en milliers de tonnes) Statista Research Department, 2 oct. 2019

Prévost P., 1990. Les bases de l'agriculture moderne. Ed Lavoisier Tec & Doc, Paris. 262 p.

RASKIN ,I .,1992- salicylate, a new plant hormone . *plant physiology*,99 :799-803

RASKIN I., 1992- role of salicylic acid in plants . *Annu. Rev. Plant physiology plant Mol bio*,43 ,439-463

RASKIN LA ; EHRNANN W ; MELANDER R et MEEUSE B J D . 1987- salicylic acid : A natural inducer of heat production in *Arum lilies* . *Scien (4822)* : 1601- 1602 .

SAKHABUTDINOVA A. R., BEZRUKOVA M. V et SHAKIROVA F. M., 2003- salicylic acid prevents the damaging action of stress factors on wheat plants . BULG . J . PLANT PHYSIOL., SPECIAL ISSUE , 314-319 .

Salmi, M. (2015) Caractérisation morpho-physiologique et biochimique de quelques générations F2 de blé dur (*Triticum durum* Desf.) sous conditions semi-arides. Mémoire de magister, Université Ferhat Abbas, Sétif 1, 124 p

SENARATNA T ., TOUCHELL D ., BUNN E ., DIXON K.,2000- Acetyl salicylic acid (Aspirin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plant . Plant Growth Regulation,30 ,157-161

SHAKIROVA F . M ., 2007- Role of hormonal system in the Manifestation of growth promoting And antistress action of salicylic Acid . S . Hayat and A . Ahmad (eds .), Salicylic Acid – A Plant hotmone , 69-89

Simon H., Codaccioni P. et lecoeur X., 1989. Produire des céréales à paille. Agriculture d'aujourd'hui. Ed Lavoisier Paris. 333p.

Soltner P., 2005. Les bases de la production végétales: La plante et son amélioration. 4èmeEd. Collection et Techniques Agricoles. 248p

Soussa, A., Brinis, L. (2016) Effets de vieillissement accéléré sur la germination et l'établissement des jeunes plants vigoureux de semences macrobiotiques : cas de blé dur (*Triticum durum* Desf.). Sci

SRIVASTAVA M .K ., DWIVEDI U.N., 2000 – Delayed ripening of banana fruit by salicylic acid . Plant Science, 158 , 87 -96

Teggar Naima,2015 ;Etude de l'effet du stress salin sur la nodulation et quelque paramètre biochimique et morphologique de la lentille(*Lens culinaris* L.) ,université D'OAN ES SENIA.p11-12-18.

VASYUKOVA , N.I., OZERETSKOVSKAYA, O.L.,2007 – induced plant resistance and Salicylic Acid : A Review . Applied Biochemistry and Microbiology ,43 : 367-373

Viaux P., 1999. Une 3 ème voie en grande culture. Environnement Qualité Rentabilités. Ed. Agridécisions, Paris. 211p.

Vilain M., 1989. La production végétale. Volume 2 : La maîtrise technique de la production. 1ère édition, Ed. Lavoisier Tec & Doc, Paris. 361p.

Vincent R., 2006. Recherche et étude de marqueurs moléculaires de la réponse au stress chez l'algue brune laminaria digitata. Thèse de doctorat, Université de Rennes1, 237p.

Y.Lounes,A.Guerfi.,(2011).Contribution l'étude du comportement agronomique de 27 nouvelles variétés de blé dur (Triticum durum Desf.) en zone sub humide en vue de leur inscription au catalogue officiel national.

YALPANI N,SILVERMAN P, WILSON TM , KLEIER DA, RASKIN I .,1991- salicylic acid is a systemic signal and an inducer of pathogenesis –related proteins in virus –infected tobacco . plant cell 3 :809-818

ZHOU X.,M., MACKENZIE A.F., MADRAMOOTOO C.A. and SMITH D.L.,1999- effect of stem-injected plant growth regulators , with or without sucrose , on grain production, biomass and photosynthetic activity of field-grown corn plants . Journal of Agronomy and Crop Science 183 : 103 -110

Zitouni, Z. (2006) cinétique de quelques paramètres physiologiques du blé dur triticum durum (variété vitron) sous contrainte hydrique dans la plaine de la Mitidja. Mémoire de magister, Alger ,177 p.