



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur
et de la Recherche Scientifique
Université de Tissemsilt

Faculté des Sciences et de la Technologie
Département des Sciences de la Nature et de la Vie

Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme
De Master académique en

Filière : Sciences agronomiques

Spécialité : Production végétale

Présenté par :

SAAD Sid Ahmed

KADET Hadjer

Thème

Etude de l'effet de la salinité sur le pouvoir germinatif du blé dur
(*Triticum durum* Desf.)

Soutenu le 21/06/2022

Devant le Jury :

Mr ZEMOUR K	Président	M.C.B.	Univ-Tissemsilt
Mr CHOUHIM K M A	Encadrant	M.A.A.	Univ-Tissemsilt
Mr BOUNOUIRA Y	Co-encadrant	M.C.B.	Univ-Tissemsilt
Mr ARDJANE A T	Examineur	M.A.A.	Univ-Tissemsilt

Année universitaire : 2021-2022

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

1438

Remerciements

Tout d'abord, Merci au bon dieu de nous a donné le courage, la volonté, la patience ainsi que la conscience pour mener à bien ce modeste travail.

Nos remerciements à notre encadreur Monsieur **CHOUHIM Kada Mohamed Amine** pour avoir accepté de diriger ce travail. Qu'il trouve ici, l'expression de notre profonde reconnaissance, notre immense gratitude et notre grand respect, pour tous ses efforts, son savoir, ses idées, sa grande disponibilité, sa confiance et ses encouragements.

En second lieu, nous tenons à remercier notre Co Promoteur **Mr BOUNOUIRA Yassine**.

Nos sincères remerciements vont à Mr **ZEMOUR Kamel** enseignant dans notre Université de Tissemsilt, qui a fait preuve d'une grande patience et qui a été d'une grande aide dans la réalisation de ce travail, Je lui suis très reconnaissante d'avoir consacré son temps malgré ses multiples charges, pour ses conseils, ses orientations ainsi que sa gentillesse, ses qualités humaines. aussi de nos avoir fait l'honneur d'accepter de présider le jury.

Nos remerciements s'adressent particulièrement à Mr **ARDJANE Tajeddine Ada** enseignant dans l'université de Tissemsilt pour sa participation comme membre de jury. C'est avec sincérité que nous exprime notre gratitude et notre profond respect.

Nos remerciements s'adressent particulièrement à tous les ingénieurs de notre laboratoire surtout Mme **CHAHIH Hadjira** pour ses précieux conseils, sa gentillesse, son aide, et son soutien moral.

Enfin, Nos remerciements tous les instituteurs, les professeurs et enseignants qui ont contribué à la réussite de ce travail

Dédicaces

Aux êtres les plus chers à mon cœur dans ce monde, mes parents

Mon adorable père

A celui qui a toujours été là avec moi avec sa patience et son amour, et qui m'a donné un magnifique modèle du labeur et qui grâce à lui je me suis devenue ce que je suis maintenant, mon très cher papa que dieu te garde pour moi.

Ma chère mère

A celle qui a sacrifié tout ce qu'elle a de cher pour me prodiguer une éducation, un soutien, une assistance, et un encouragement pour enfin devenir ce que je suis maintenant.

A mon frère

Faissal, merci de m'encourager toutes ces années et de me faire confiance, dieu vous donne bonheur, courage et surtout réussite.

A mes chères sœurs

Zohra, Zahia, Hayet et Asma, qui n'ont pas cessé de me conseiller, encourager et soutenir tout au long de mes études, que Dieux les protègent et leur offrent la chance et le bonheur.

A ma belle sœur Meriem et **beaux-frères** Ben Amar, Ahmed, Abdelkader

A mes aimables nièces et neveux

Rayane, Ilhem, Iyad, Cousai, Rihab, abdeldjalil, Layane, Ritadj, Mayar et Lidya.

A toute ma famille

A ma binôme Hadjer

A toutes mes amies surtout

Alaa, Dida, Abdou, Abdelbasset, Rachid, Hamada, Abdellah. Anouar.

Et à toute la promotion master 2 Production Végétale.

Sid Ahmed

Dédicaces

Je dédie ce travail à :

Mes parents Monsieur **KADET** et Madame **MEHYAOUI** qui m'ont apporté beaucoup de soutien tout le long de ma vie avec leurs encouragements pour ne jamais baisser les bras, et de tenter ma chance même s'il y'a le risque d'échec.

A mes chères sœurs :

Imane, Ikhlas, abir et fatima Que dieu vous protège et procure de santé et du Bonheur

AUX petits de ma famille :

Ihssan, Asil, Hanin, Mostapha, Rajaa, Loai, Siraj que je les adore

A tous Mes enseignants tout au long de mes études.

Mes amis chacun par son nom

Sidou, Dji-dji, Khayra, Basset, Souad, Rania, Aicha, Hanane, Fatima, Daouia, Zahou, Naima, Sara, Achwak, et toute la promotion de Master II (production végétale, microbiologie).avec qui j'ai partagé des moments inoubliables qui m'ont marquée à jamais.

A tous ceux qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

À tous ceux qui aiment aider et encourager les gens et soulager leur souffrance.

Hadjer

I. LISTE DES FIGURES

Figure N° 01 Carte de la diffusion de la culture du blé	05
Figure N° 02 Origines génétiques des différentes espèces de blé	06
Figure N° 03 Distribution de la production céréalière en Algérie durant la campagne 2016-2017	07
Figure N° 04 Schéma histologique d'une coupe longitudinale d'un grain de blé	09
Figure N° 05 Courbe théorique d'imbibition d'une semence	10
Figure N° 06 Origine de la salinisation	14
Figure N° 07 Effet du stress salin sur la physiologie.....	17
Figure N° 08 Synthèse des principaux mécanismes cellulaires de perception, signalisation et réponse au stress salin (Na Cl) chez la plante.....	19
Figure N° 09 Mécanismes de tolérance à la salinité chez les plantes.....	19
Figure N° 10 Formule de l'acide abscissique	21
Figure N° 11 Formule de gibberellins	22
Figure N° 12 Formule de L'acide Salicylique	22
Figure N° 13 Biosynthèse de l'acide salicylique	24
Figure N° 14 L'extraction de l'hydrolat de lavande.....	32
Figure N° 15 Agitation de poudre du pistachier.....	32
Figure N° 16 Filtration de solution du pistachier	33
Figure N° 17 variété de blé dur utilisé dans l'expérience (Bossallem)	33
Figure N° 18 disposition des grains de blé dur (<i>Triticum durum</i>) dans les boites de pétri.	34
Figure N° 19 Bloc 1 (Na Cl).....	34
Figure N° 20 Bloc 2 (Acide Salicylique).....	35
Figure N° 21 Bloc 3 (Hydrolat de lavande).....	35
Figure N° 22 Bloc 4 (Pistachier)	36
Figure N° 23 Répartition des boites de pétri dans l'étuve	36
Figure N° 24 Quatre grains germés pour chaque série	38
Figure N° 25 Dosage des sucres totaux	39
Figure N° 26 Précocité de germination (%) des graines du blé dur en fonction de la salinité appliquée.....	42
Figure N° 27 Précocité de germination (%) des graines du blé dur stressées au Na Cl et présence de l'acide salicylique	43

Figure N° 28 Précocité de germination (%) des graines du blé en fonction de l'interaction de la salinité appliquée de l'hydrolat de lavande.....	43
Figure N° 29 Précocité de germination (%) des graines du blé en fonction de l'interaction de la salinité appliquée de l'extrait de pistachier.....	44
Figure N° 30 Evolution de la longueur des racines (mm) en fonction des régimes	45
Figure N° 31 Taux final de germination des graines soumises aux traitements salins au Na Cl en présence de l'acide salicylique, de l'hydrolat de lavande, et de pistachier.....	46
Figure N° 32 Teneur en sucres solubles des graines soumises aux traitements salins au Na Cl en présence de l'acide salicylique, de l'hydrolat de lavande, et de pistachier.....	48

II. LISTE DES TABLEUX

Tableau N°01 Liste des variétés des blés (dur et tendre) autorisées à la production et à la commercialisation en Algérie.....	08
Tableau N°02 les caractéristiques de blé dur variété boussalem.....	28
Tableau N°03 Résultats du screening phytochimique.....	30
Tableau N°04 liste de matériel de laboratoire utilisé	31
Tableau N°05 Liste des produits utilisé	31
Tableau N°06 Les milieux de germination avec les différentes concentrations salines.	31
Tableau N°07 Analyse de variance de la précocité de germination des graines du Blé dur (<i>Triticum durum</i> Desf) soumises aux traitements salins au NaCl en présence de l'acide salicylique, Hydrolat de lavande et l'extrait de pistachier.....	42
Tableau N°08 Analyse de variance ANOVA en seuil (P= 0.05 de la longueur radiculaire des du Blé dur (<i>Triticum durum</i> Desf) soumises aux traitements salins au Na Cl en présence de l'acide salicylique, Hydrolat de lavande et l'extrait de pistachier	45
Tableau N°09 Analyse de variance ANOVA en seuil (P= 0.05 de taux finale de germination des graines du Blé dur (<i>Triticum durum</i> Desf) soumises aux traitements salins au Na Cl en présence de l'acide salicylique, Hydrolat de lavande et l'extrait de pistachier	46
Tableau N°10 Teneur en sucres solubles des graines du Blé dur (<i>Triticum durum</i> Desf) soumises aux traitements salins au Na Cl en présence de l'acide salicylique, Hydrolat de lavande et l'extrait de pistachier	47

III. LISTE DES ABREVIATIONS

ABA : Acide abscissique.

AlCl_3 : chlorure d'aluminium.

AS : Acide salicylique.

ATP : Adénosine Triphosphate.

ATPases: adénosine triphosphatases

C : Concentration.

$^{\circ}\text{C}$: Degré Celsius.

Ca^{2+} : calcium.

Cl^- : chlorure.

cm : centimètre

CO_2 : Dioxyde de carbone.

FAO: Food and Agriculture Organization.

FC : Folin-Ciocalteu.

fig : Figure.

g : gramme.

g/L : gramme par litre.

g/mol : gramme par mol.

GA3 : Acide gibbérellique.

GDH: glutamate déshydrogénase.

H : Heurs

Ha : Hectare.

HCO_3^- : bicarbonate.

ITGC : Institut Technique des Grandes Cultures.

k^+ : potassium.

Kg : Kilo Gramme.

M : Masse molaire.

MADR : Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural.

meq: milliéquivalent.

Mg^{2+} : magnésium.

mL : millilitre.

mm : millimètre.

mM : milli molaire.

mm/l : millimètre par litre.

N : azote.

n : normalité.

Na Cl : Chlorure de sodium.

Na⁺ : sodium.

Na₂CO₃ : Carbonate de sodium.

NH₄⁺ : ammonium

nm : nanomètre.

P₂O₅ : Pentoxyde de phosphore.

PH : Potentiel Hydrogène.

% : Pourcentage.

PPases : pyrophosphatases

Qx : Quintaux.

SAU : Superficie Agricole Utile.

SO₄²⁻ : sulfate.

tab : Tableau

V : Volume.

μl : microlitre.

τ : Taux.

Résumé :

Notre travail consiste à étudier le comportement physiologique, biochimique et morphologique de blé dur (*Triticum Durum* Desf.) De variété Boussalem, soumise à l'action combinée de la salinité par l'application de deux concentrations de 150meq et 250meq préparées à base de chlorure de sodium (Na Cl), et l'acide salicylique, l'hydrolat de lavande, l'extrait aqueux de pistachier. Les résultats ont démontré que la salinité diminue considérablement, la longueur radicaire, la précocité et le taux final de germination. En outre, l'augmentation de niveau de la salinité a pour conséquence un accroissement de l'accumulation finale des sucres solubles. Le rôle physiologique et biochimique des sucres a fait l'objectifs de nombreuses recherches scientifiques où elles prouvés leur importance autant que osmotomics. Selon notre étude, l'addition de l'acide salicylique, l'hydrolat de lavande, l'extrait aqueux de pistachier s'avère davantage importante.

Enfin, l'utilisation des composés organiques pourraient être constitués comme une alternative idéale pour diminuer l'effet de la salinité sur la germination.

Mots clés : blé dur (*Triticum Durum* Desf.), la germination, la salinité, chlorure de sodium (Na Cl), l'acide salicylique, l'hydrolat de lavande, l'extrait aqueux de pistachier, sucres solubles.

Abstract:

Our work consists in studying the physiological, biochemical and morphological behavior of durum wheat (*Triticum Durum* Desf.) Boussalem variety, subjected to the combined action of salinity by the application of two concentrations of 150meq and 250meq prepared on the basis of sodium chloride (Na Cl), and salicylic acid, lavender hydrolat, aqueous pistachio extract. The results showed that salinity decreases considerably, root length, precocity and final germination rate. In addition, the increase in salinity levels results in an increase in the final accumulation of soluble sugars. The physiological and biochemical role of sugars has been the focus of numerous scientific research where they proved their importance as osmotics. According to our study, the addition of salicylic acid, lavender hydrolate, aqueous pistachio extract is more important.. Finally, the use of organic compounds could be constituted as an ideal alternative to reduce the effect of salinity on germination.

Keywords: durum wheat (*Triticum Durum* Desf.), germination, salinity, sodium chloride (Na Cl), salicylic acid, lavender hydrolate, aqueous pistachio extract, soluble sugar.

ملخص:

يتمثل عملنا من دراسة السلوك الفسيولوجي، البيوكيميائي، والمورفولوجي للقمح القاسي (*Triticum Durum* Desf) من صنف Boussalem، والذي يخضع لتأثير الملوحة عن طريق تطبيق تركيزين من 150meq و 250meq محضرين من كلوريد الصوديوم (Na Cl)، وحمض الساليسيليك، هيدرولات الخزامى، ومستخلص نبات الضرو. أظهرت النتائج أن الملوحة تؤثر بالسلب على: طول الجذر، سرعة الإنبات، ومعدل الإنبات النهائي. بالإضافة إلى أن الزيادة في مستوى الملوحة تؤدي إلى التراكم النهائي للسكريات القابلة للذوبان. كان الدور الفسيولوجي والبيو كيميائي للسكريات محور العديد من الأبحاث العلمية حيث أثبتت أهميتها بقدر الأهمية الأسموزية. وفقا لدراستنا، فإن إضافة حمض الساليسيليك، هيدروسول الخزامى، ومستخلص نبات الضرو هو أكثر أهمية. أخيرا، يمكن استخدام هذه المركبات العضوية كبديل مثالي لتقليل تأثير الملوحة على الإنبات.

الكلمات المفتاحية: للقمح القاسي (*Triticum Durum* Desf) ، الإنبات، الملوحة، كلوريد الصوديوم (Na Cl)، حمض الساليسيليك، هيدرولات الخزامى، مستخلص نبات الضرو، والسكر الذائب.

TABLE DE MATIERE

I. Liste des figures.

II. Liste des tableaux.

III. Liste des abréviations.

Introduction 01

Partie 1 : Synthèse bibliographique

Chapitre I : Généralités sur le blé dur..... 04

1. Le blé..... 05

1.1 L'origine du blé dur..... 05

1.1.1 Origine géographique..... 05

1.1.2 Origine génétique 06

1.2 Importance de la culture du blé 06

1.2.1 Dans le monde 06

1.2.2 Dans l'Algérie 06

1.3 Les variétés de blé en l'Algérie 07

1.4 Classification botanique du blé dur 08

1.5 Les grains de blé dur..... 09

1.6 Aperçu sur la phase de la germination de blé dur..... 09

1.6.1 Physiologie de la germination 10

1.6.2 Les facteurs de la germination..... 10

Chapitre II : Généralités sur la salinité 12

2.1 Définition de stress 13

2.1.1 Catégorie de stress 13

2.1.2 Différents types de stress 13

2.1.2.1 Stress hydrique 13

2.1.2.2 Stress thermique 13

2.1.2.3 Stress salin 14

2.2 Origine de salinité..... 14

2.2.1 Origine édaphique..... 14

2.2.2 Origine anthropique..... 14

2.3 Classification des plants selon la salinité 15

2.3.1 Halophytes 15

2.3.2 Glycophytes 15

2.4 Effet du stress salin..... 15

2.4.1 Effet du stress salin sur le sol	15
2.4.2 Effet du stress salin sur la plante	16
2.4.2.1 Effet du stress salin sur la morphologie de la plante	16
2.4.2.2 Effet de stress salin sur la germination et la croissance du blé dur	16
2.4.2.3 Effet du stress salin sur la physiologie de la plante	16
2.5 Mécanismes d'adaptation des plantes au sel	17
2.5.1 L'exclusion	17
2.5.2 L'inclusion.....	18
2.5.3 L'ajustement osmotique	18
2.5.4 L'ajustement ionique	18
2.5.5 La compartimentation vacuolaire	18
Chapitre III : L'acide salicylique	20
3.1. Définition es phytohormones.....	21
3.1.1 Les différents types des hormones.....	21
3.1.1.1 Acide abscissiques.....	21
3.1.1.2 Gibbérellines.....	22
3.1.1.3 Acide Salicylique.....	22
3.2 Le rôle de l'acide salicylique chez les plantes.....	23
3.3 Utilisation de l'acide salicylique	23
3.4 Mode d'action de l'acide salicylique.....	24
3.5 Biosynthèse de l'acide salicylique	24
3.6 Relation entre l'acide salicylique et la salinité.....	25

Partie 2 : Partie expérimentale

Matériels et méthodes.....	27
1. Objectif de l'étude	28
2. Matériel végétal	28
3. l'extrait aqueux	29
4. Matériel de laboratoire.....	31
5. Les produits	31
6. Méthode de travail	31
6.1 Préparation des solutions	31
6.2 Préparation des Semences	33
7. Expérimentation	34
8. Paramètres mesurés	35

8.1 Taux quotidien de germination.....	37
8.2 Précocité	37
8.3 Taux cumulé final de graines germées	38
8.4 Les paramètres de croissance	38
8.4.1 La longueur des radicules et des racines	38
8.5 Dosage des sucres totaux.....	39
8.6 Caractérisation de l'hydrolat de lavande et du pistachier.....	39
8.6.1 Polyphénols totaux	39
8.6.2 Flavonoïdes.....	40
9. Traitement statistique	40
Résultats et Interprétation.....	41
Discussion	49
Conclusion	52
Références Bibliographiques	55
Annexes.....	64

Introduction



Introduction

Les céréales cultivées depuis des milliers d'années, constituent la base de notre alimentation avec une production mondiale allant jusqu'à 2,8 milliards de tonnes (2021) où l'Europe et l'Asie sont les zones de haute productivité.

Les céréales constituent environ 30% des sources énergétiques alimentaires dans les pays développés, contre plus de 50% dans les pays en voie de développement, atteignant parfois 90 % dans certains pays d'Afrique. Les céréales sont des espèces généralement cultivées pour leur grain, dont l'albumen amylicé, réduit en farine, est consommable par l'homme et par les animaux domestiques (Nedjah, 2015).

En Algérie, la céréaliculture occupe une place socio-économique plus importante. Sur le marché mondial, l'Algérie demeure toujours parmi les grands importateurs de céréales notamment en blé dur et en blé tendre du fait de l'irrégularité de la précipitation et l'explosion démographique. En effet, la production locale des céréales ne couvre qu'un peu plus de 30% des besoins du pays (Ammar, 2015).

Parmi les céréales, le blé dur (*Triticum durum* Desf) est une source importante de protéines. Les zones de production de cette espèce sont surtout localisées dans le bassin méditerranéen d'une part et en Amérique du Nord d'autre part (Clerget, 2011).

Divers stress environnementaux peuvent affecter le rendement du blé dur. Parmi eux, la salinité est l'une des facteurs abiotiques les plus affectantes dans la plupart des régions du monde (Ziat et al., 2022). Selon Bakacsi et al. (2019) la superficie mondiale totale des sols touchés par la salinisation primaire est d'environ 955 millions d'hectares, tandis que la salinisation secondaire touche près de 77 millions d'hectares, dont 58% se trouvent dans des zones irriguées. Les terres salines augmentent à un taux de 10 % chaque année, principalement en raison de l'irrigation avec de l'eau riche en NaCl, forte évaporation, en particulier dans les environnements arides, de l'altération des roches indigènes, des faibles précipitations et des mauvaises pratiques culturales (Bouabdallah et al., 2022).

La germination est une étape très primordiale dans la vie d'une plante et conditionne l'élaboration de ses stades ultérieurs. Cette phase est grandement affectée par de nombreux facteurs plus particulièrement le stress salin (Rifna et al., 2019). Actuellement, les recherches scientifiques se sont concentrées sur l'étude de l'effet de ce stress sur le développement du blé notamment à son stade de germination ainsi que l'ensemble des mécanismes de tolérances produites. Cependant, l'introduction des espèces tolérantes constitue une autre façon d'amélioration des plantes. Autre stratégie alternative par l'application des phytohormones a suscité un regain d'intérêt majeur. Ces

Introduction

éléments sont des régulateurs essentiels des plantes dans deux processus physiologiques qui coordonnent la croissance, la reproduction et la résistance au stress salin (Kim et al, 2020). L'acide salicylique est produit par les plantes comme protection contre le stress abiotique, stress salin et contre les maladies (Metwaly et El-Shaboury, 2017).

L'objectif de ce travail est d'étudier l'effet de la salinité provoquée par Na Cl sur le pouvoir germinatif de blé dur (*triticum durum* Desf). Ainsi cette partie de recherche a porté sur une étude de l'effet de l'addition de l'acide salicylique, l'hydrolat de lavande et l'extrait aqueux de pistachier sur la tolérance de cette espèce soumise à un stress salin.

Partie 1
SYNTHESE
BIBLIOGRAPHIQUE



Chapitre I
Généralité sur
le blé dur



1. Le blé :

Le blé est une monocotylédone, appartenant au genre *Triticum* de la famille des *Gramineae*. Cette famille comprend 600 genres et plus de 500 espèces. C'est une sorte de grain est un fruit sec et non fendu, appelle drupe, composé de graines et de billes, Et est une adaptation au sol et Climats divers. En termes de production commerciale et d'alimentation humaine, blé dur est le deuxième plus grand genre de *Triticum* après le blé tendre (Feillet, 2000). Ces deux espèces, se différencient par la friabilité de l'amande. L'amande du blé tendre est blanche et friable, tandis que celle du blé dur est jaune et plus dure (Nedjah, 2015).

1.1 L'origine du blé dur :

1.1.1 Origine géographique :

Le blé est l'une des principales ressources alimentaires de l'homme. La saga du blé accompagne la saga de l'homme et de l'agriculture, sa culture précède l'histoire et est caractéristique de l'agriculture néolithique (Feillet, 2000).

La découverte du blé remonte à 10000 ans avant Jésus-Christ dans la région du croissant fertile, vaste territoire comprenant, Iran, Turquie, Syrie, Palestine, Jordan, et le bassin du Tigre et de l'Euphrate (Ouaja et al., 2021).

Par la suite, l'expansion géographique du blé dur avait suivi de près la migration humaine, où les Phéniciens, les Grecs et les Romains ont contribué de manière cruciale à la pénétration et à l'adoption de la culture du blé dur autour du bassin méditerranéen (Martinez-Moreno et al., 2020).

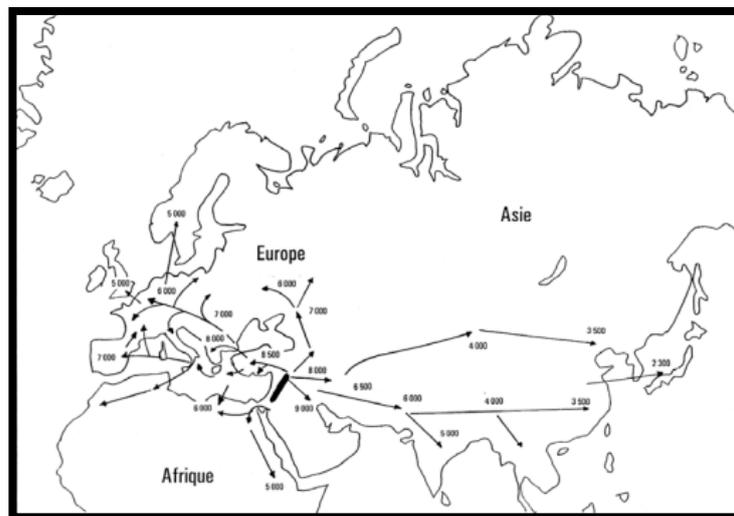


Figure N°01 : Carte de la diffusion de la culture du blé (Bonjean, 2001).

1.1.2 Origine génétique :

Le blé dur (*Triticum durum* Desf) est une espèce allo tétraploïde ($2n = 4x = 28$) possédant sept paires de chromosomes homologues associées à deux génomes différents A et B. Le génome A vient du blé sauvage *Triticum urartu* Tum. Plus connu sous le nom einkorn (*Triticum monococcum*) de constitution génomique diploïde AA (fig.2). Par contre le génome B vient de l'espèce sauvage, diploïde elle aussi, *Aegilops speltoides* Tausch (Schuhwerk et al., 2011).

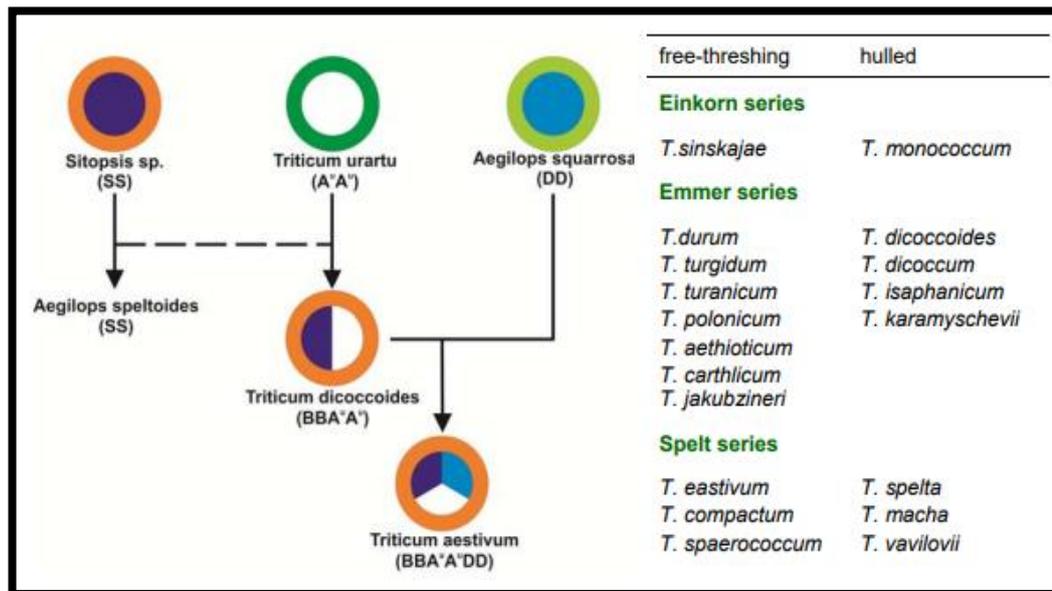


Figure N°02 : Origines génétiques des différentes espèces de blé (Schuhwerk et al., 2011).

1.2 Importance de la culture du blé :

1.2.1 Dans le monde :

Le blé occupe la première place pour la production mondiale et la deuxième après le riz. En tant que source de nourriture pour l'homme, elle fournit 15 % des besoins énergétiques. Le blé est principalement cultivé dans les pays à climat aride et semi-aride du bassin méditerranéen (Abeledo et al., 2008). La production céréalière mondiale en 2021 s'est établit au niveau record de 2 800 milliards de tonnes (FAO, 2021).

1.2.2 Dans l'Algérie :

Parmi les céréales les plus cultivées en Algérie, le blé dur (*Triticum durum* Desf.) vient en tête. Il occupe chaque année environ la moitié des terrains réservés à la céréaliculture et une production qui dépasse les 50%. Ceci reflète l'intérêt que relève

cette spéculation surtout dans les habitudes alimentaires traditionnelles de sa population (couscous, pain à la semoule et même plusieurs autres préparations culinaires) ainsi que dans le secteur économique national. Le blé dur jusqu'à lors est la céréale la plus prépondérante et d'excellence en Algérie (Haddad et al., 2021).

La superficie ensemencée en céréales durant la décennie 2000-2009 est évaluée à 3 200 930 ha, desquelles, le blé dur et l'orge occupent la majeure partie de cette superficie avec 74% de la sole céréalière totale (MADR, 2017). Durant la période 2010-2017, cette superficie a atteint en moyenne 3 385 560 ha, en évolution de 6% par rapport à la période précédente (2000-2009) avec une production moyenne estimée à 41.2 Millions de quintaux (MADR, 2017).

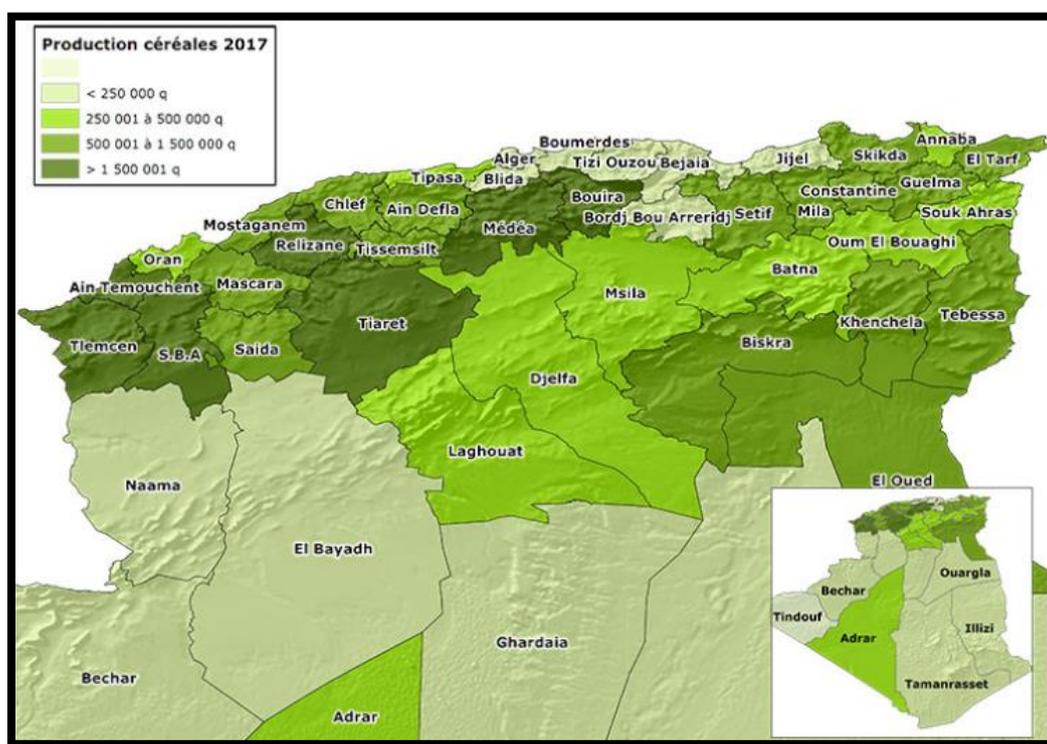


Figure N°03 : Distribution de la production céréalière en Algérie durant la campagne 2016-2017 (MADR, 2017).

1.3 Les variétés de blé en L'Algérie :

Selon le Centre National de Contrôle et de Certification des semences et plants (CNCC, 2018), 60 variétés de blé dur (54 dans la liste A et 6 dans la liste B) et 49 variétés de blé tendre (39 dans la liste A et 10 dans la liste B) sont autorisées à la production et à la commercialisation en Algérie (Tableau 1).

Blé dur (<i>Triticum durum</i> Desf.)		Blé tendre (<i>Triticum aestivum</i> L.)	
Liste A	1. Ain Lehma	28. Iride	1. Ain Abid
	2. Anco Marzio	29. Kebir	2. Ain El Hadjar
	3. Antalis	30. Maestral	3. Akhamokh
	4. Ardente	31. Mansourah	4. Almirante
	5. Belikh 02	32. Massinissa	5. Anapo
	6. Benchicao	33. Megress	6. Andana
	7. Bidi 17	34. Mimmo	7. Anforeta
	8. Bolenga	35. Mohamed Ben Bachir	8. Anza
	9. Boussallem	36. Odisseo	9. Arz
	10. Boutaleb	37. Ofanto	10. Bonpain
	11. Calo	38. Orjaune	11. Boumerzoug
	12. Cannizzo	39. Oued El Bared	12. Buffalo
	13. Capeiti (Aribs)	40. Oum Rabi	13. Djanet
	14. Carioca	41. Poggio	14. Djemila
	15. Cham 3	42. Polonicum	15. El Wifak
	16. Chen'S	43. Prospero	16. Florence Aurore
	17. Ciccio	44. Saoura	17. Gades
	18. Cirta	45. Saragolla	18. Guadalupe
	19. Colosseo	46. Sebaou	19. Hiddab (HD1220)
	20. Core	47. Setifis	20. Hodna (Acsad 59)
	21. Durbel	48. Simeto	
	22. Eider	49. Targui	
	23. Gloire de Rahouia (Gloire de Montgolfier)	50. Taslemt (Langlois1527)	
	24. Grecale	51. Tassil	
	25. Gta dur	52. Vitron	
	26. Guemgoum R'khem	53. Waha "S"	
	27. Hedba 03	54. Wahbi	
Liste B	1. Bibans	4. Oued Zenati	1. Avvento
	2. Karim	5. Sahel	2. Cheliff
	3. Marakas	6. Zibans	3. Isser
			4. Sidi Okba (Sham 4)
			5. Siete cerros
			6. Soummam
		7. Strampelli	
		8. Wafia	
		9. West Bred	
		10. Yacora Rojo	

Tableau N°01 : Liste des variétés des blés (dur et tendre) autorisées à la production et à la commercialisation en Algérie (CNCC, 2018).

1.4 Classification botanique :

D'après APG III (2009), La classification botanique du blé dur est la suivante :

- Règne : *Plantae*
- Sous-règne : *Tracheobionta*
- Embranchement : *Phanérogamiae*
- Sous- Embranchement : *Magnoliophyta (Angiospermes)*
- Division : *Magnoliophyta*
- Classe : *Liliopsida (Monocotylédones)*
- Sous-classe : *Commelinidae*
- Ordre : *Poales (Glumiflorale)*
- Famille : *Cyperales.*
- Sous- famille : *Poaceae (Graminées)*
- Tribue : *Pooideae (Festucoideae)*
- Sous-Tribue : *Triticeae*
- Genre : *Triticinae /Triticum*
- Espèce : *Triticum durum* Desf.

1.5 Les grains de blé dur :

Selon Boulal et *al.*, (2007). Les grains de blé dur à un aspect ovoïde plus allongé. Le grain est un caryopse composé de trois parties :

Le tégument : il constitue la membrane du caryopse, il est composé du péricarpe et d'une couche à aleurone ;

Le germe : situé à l'extrémité du grain, est composé de l'embryon et d'un cotylédon ;

L'albumen : il représente 80 à 90 % du caryopse. C'est le tissu de réserve d'une graine et il est constitué de cellules remplies de grains d'amidon.

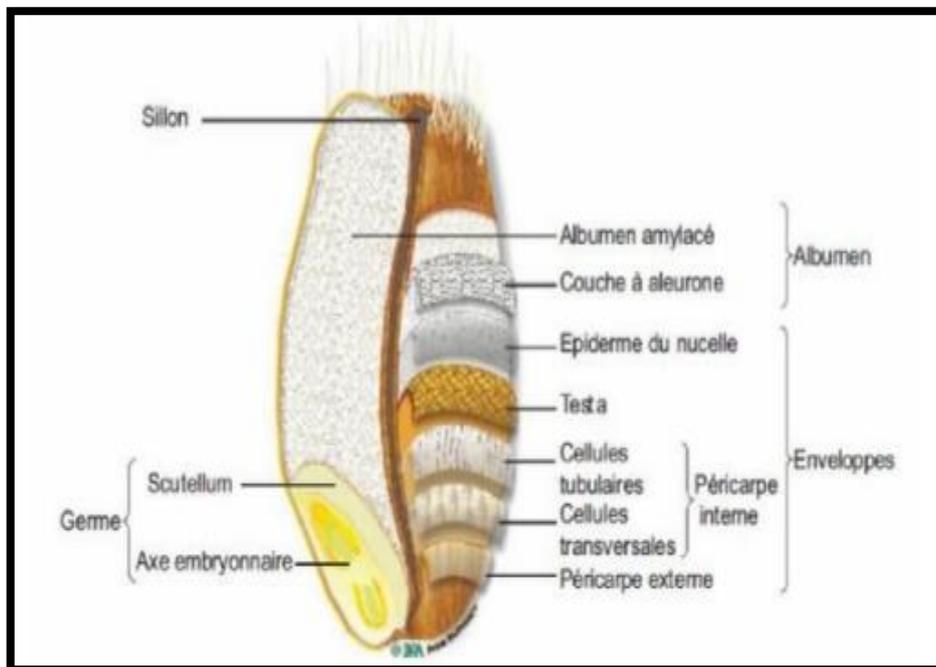


Figure N°04 : Schéma histologique d'une coupe longitudinale d'un grain de blé (Surget et Barron, 2005).

1.6 Aperçu sur la phase de la germination de blé dur :

La germination des graines est un phénomène naturel qui se produit lorsque les graines sont imbibées par l'eau dans des conditions favorables de température, d'oxygène et de la lumière, et qui vont commencer une vie active par l'épuisement des réserves contenues dans le tissu nourricier (Mazoyer, 2002 ; Hopkins, 2003 ; Baumgartner et Emonet, 2007 ; Aya et *al.*, 2011).

La température optimale de la germination se situe entre 5 à 22°C, avec un minimum de 0°C et un maximum de 35° C. Ces conditions réunis, il sort une racicule (première petite racine) puis une coléoptile (Ondo, 2014).

1.6.1 Physiologie de la germination :

Il comprend trois principales phases successives :

Phase I (Phase d'imbibition) :

Correspond à une forte hydratation des tissus, accompagnée d'une augmentation de l'intensité respiratoire (Heller et *al.*, 2004). Elle implique le mouvement de l'eau dans le sens d'un potentiel hydrique décroissant (Hopkins, 2003).

Phase II : appelée aussi Phase de germination stricto sensu :

Elle se caractérise par des niveaux élevés et stables d'hydratation et d'activité respiratoire. L'absorption d'eau est suivie d'une activation générale du métabolisme des graines (Hopkins, 2003).

A ce stade, les graines peuvent être hydratées et réhydratées de manière réversible sans altérer sensiblement leur viabilité (Heller et *al.*, 2004).

Phase III : Phase de croissance post-germinative :

Caractérisé par une reprise de l'absorption d'eau et une augmentation de la consommation d'oxygène, suivies d'une reprise rapide de la division et de la croissance cellulaires (Hopkins, 2003). A ce stade, la déshydratation des tissus cause la mort de la graine, et la germination est complète lorsque la radicule émerge du tégument.

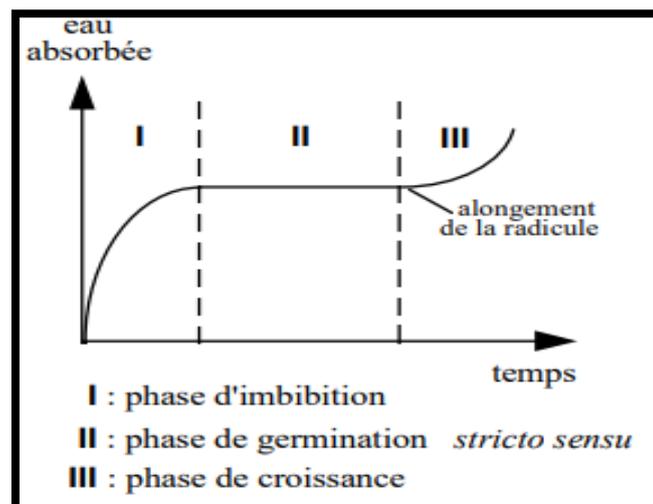


Figure N°05 : Courbe théorique d'imbibition d'une semence (d'après Come, 1982).

1.6.2 Les facteurs de la germination :**✓ Les facteurs internes :**

La première condition pour qu'une graine germe, est qu'elle soit à maturité, et que tous ses composants soient complètement différenciés morphologiquement (Heller et *al.*, 2004).

✓ Les facteurs externes :**- L'eau :**

Il est nécessaire pour la germination, il peut utiliser par l'embryon pour avoir un gonflement des cellules suite par la sortie de radicule (Soltner, 2007).

- L'oxygène :

La germination exige obligatoirement de l'oxygène (Soltner, 2007).

D'après Meyer et *al.*, (2004), l'oxygène est contrôlé par les enveloppes qui constituent une barrière, mais en même temps une réserve.

- Température :

Elle joue un rôle sur l'augmentation de la vitesse des réactions chimiques pour stimuler la germination (Soltner, 2007).

Chapitre II

La salinité



2.1 Définition de stress :

Le terme stress fait référence à une gamme de circonstances qui entraînent des changements physiologiques pouvant entraîner des dommages ou des blessures, et réduit la croissance ou le développement. Le stress est un concept mécanique fondamental défini par les ingénieurs et les physiciens comme la force exercée par un objet par unité de surface en réponse au stress. Les objets résistent à la déformation ou aux changements dimensionnels (Hopkins, 2003).

2.1.1 Catégories de stress :

D'après Benjebel et *al.*, (2021), on distingue deux grandes catégories de stress ; biotique et abiotique.

2.1.2 Différents types de stress abiotique :

2.1.2.1 Stress hydrique :

Depuis plusieurs années, les météorologues constatent des changements dans les conditions climatiques qui conduisent au réchauffement de la planète. Ce changement climatique se traduit par des conditions estivales sèches prononcées, provoquant un stress hydrique sévère pour les plantes (Salehi-lisar et *al.*, 2016).

La sécheresse est l'une des principales contraintes limitant les rendements agricoles mondiaux. Elle peut entraîner une diminution du rendement des grandes cultures par des changements morphologiques et (Salehi-lisar et *al.*, 2016).

Elle est causée par la rareté de l'eau qui constitue une menace permanente pour la survie des plantes, cependant, nombre d'entre elles subissent des changements morphologiques et physiologiques qui leur permettent de survivre dans les zones à faible pluviométrie et à faible teneur en humidité du sol (Hopkins, 2003).

2.1.2.2 Stress thermique :

La température est l'un des facteurs les plus importants affectant la productivité des plantes. Les plantes qui poussent dans les déserts semi-arides et les zones semi-arides semi-cultivées sont affectées par des températures élevées, un rayonnement élevé, une faible humidité du sol et une intensité de transpiration potentiellement élevée (Hopkins, 2003).

2.1.2.3 Stress salin :

Le stress salin est un grave problème pour l'agriculture dans les régions arides et semi-arides, menaçant la sécurité alimentaire et réduisant les terres arables (Zaman-allah et *al.*, 2009).

La salinisation des sols peut être naturelle, liée au fort ensoleillement intense et à de faibles précipitations, ou elle peut être causée par des pratiques agricoles telles que l'utilisation d'engrais chimiques ou d'eau d'irrigation. La concentration élevée de NaCl dans les sols crée un désordre métabolique, une inhibition du développement et de la croissance des plantes (Djanaguiraman et *al.*, 2013).

Le stress salin est une augmentation brutale de la concentration en sel qui d'une part entraîne un plus grand afflux d'ions dans la cellule à mesure que la concentration du milieu extérieur diminue, et d'autre part à une perte d'eau par voie osmotique (Hopkins, 2003).

2.2.1 L'origine de la salinité :

2.2.1.1 Origine édaphique :

La salinisation des terres est à 80% d'origine naturelle. On parle alors de salinisation (primaire), due aux sels se formant lors de l'altération des roches ou à des apports naturels externes (Chemekh, 2010).

2.2.1.1 Origine anthropique :

Alors que 20% des terres salinisées ont une origine (anthropique). On parle alors de la salinisation (secondaire) induite par l'activité humaine, liée aux pratiques agricoles et en particulier à l'irrigation (Chemekh, 2010).

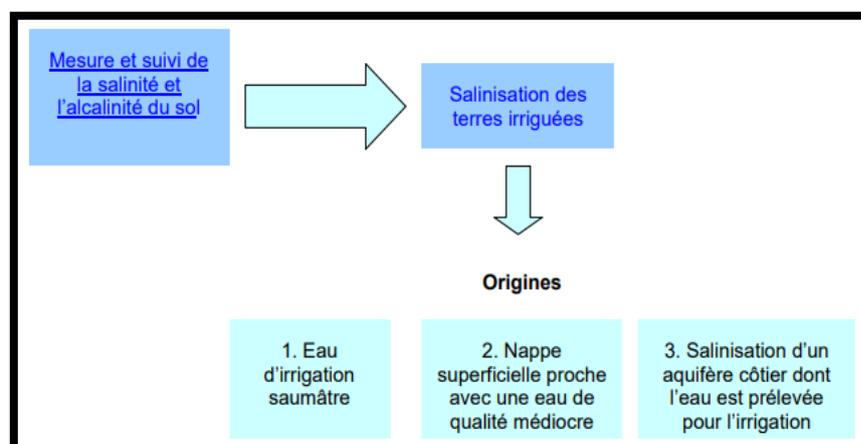


Figure N°06 : Origine de la salinisation (IPTRID, 2006).

2.3 Classification des plantes selon leur tolérance ou sensibilité vis-à-vis la salinité :

2.3.1 Halophytes :

Les halophytes sont des plantes tolérantes au sel, qui habitent des environnements dans lesquels elles sont exposées à un stress extrême, c'est pourquoi elles présentent des réponses métaboliques conservées et divergentes différentes de celles des plantes conventionnelles (Lopes et *al.*, 2021). Il existe plus de 1 500 espèces de plantes halophiles connues dans le monde. Certains d'entre eux sont utilisés comme matière première pour les denrées alimentaires, d'autres sont utilisés comme matériel médical, comme fourrage et d'autres comme matériaux fibreux (Calvo et *al.*, 2021).

Dans le monde, plus de 800 millions d'hectares de terres arables sont affectées par la salinité. Une stratégie durable pour mieux utiliser les terres salines consiste à planter des halophytes, des plantes tolérantes au sel qui peuvent survivre et terminer leur cycle de vie dans des milieux contenant plus de 200 mM de Na Cl (Lili et Baoshan, 2021).

Les halophytes ont une valeur économique potentielle en tant que céréales, légumes, fruits, médicaments, aliments pour animaux et matières premières pour les biocarburants, ainsi que pour le verdissement et la protection des côtes. Par conséquent, la culture et la protection des halophytes sont très importantes (Lili et Baoshan, 2021).

2.3.2 Glycophytes :

Sont les plantes sensibles au sel (Prabhakaran et *al.*, 2019).

Bien que les halophytes et les glycophytes présentent des différences spectaculaires dans la tolérance à la salinité, ils partagent la plupart des caractéristiques nécessaires à la survie dans les sols salins. Celles-ci comprennent le contrôle ou l'excrétion de Na⁺ et Cl⁻ dans les racines, la compartimentation des ions toxiques dans les organes ou les cellules, la synthèse de solutés organiques compatibles dans le cytoplasme et le maintien de concentrations adéquates de nutriments clés tels que K et N (Rui et *al.*, 2021).

2.4 Effet du stress salin :

2.4.1 Effet du stress salin sur le sol :

La salinisation joue un rôle important dans la dégradation des sols et menace à court terme une grande partie des terres cultivables mondiales. Ce phénomène correspond à l'accumulation excessive de sels très solubles à la surface du sol, entraînant une diminution de la fertilité du sol (Souguir et *al.*, 2013).

2.4.2 Effet du stress salin sur la plante :

2.4.2.1 Effet du stress salin sur la morphologie de la plante :

De fortes concentrations des différents ions de sel dans le sol, principalement le sodium et le chlore, mais aussi d'autres ions tels que [potassium, calcium, carbonate, nitrate, sulfate], entraînent une réduction de l'absorption d'eau par les racines des plantes. Les concentrations de certains ions (en particulier Na^+) sont maintenues faible grâce à des vacuoles intracellulaires utilisent des pompes ioniques dépendantes de l'ATP pour stocker ces ions (Kosova et *al.*, 2011).

La salinité du sol peut stresser les plantes en empêchant les racines d'absorber l'eau ou en provoquant une toxicité par l'accumulation de fortes concentrations de sel dans la plante. De plus, la salinité peut affecter la synthèse protéique, la photosynthèse et les métabolismes lipidiques (Rojas-Tapias et *al.*, 2012).

2.4.2.2 Effet de stress salin sur la germination et la croissance du blé dur :

Le taux de germination et la croissance des semis sont les étapes les plus sensibles et critiques du développement des plantes. La salinité retarde ou empêche souvent la germination des graines et l'établissement des semis. La réduction de la germination dans les sols salins est principalement aggravée par le mouvement de la solution saline à la surface du sol en raison de l'évaporation. (Aflaki et *al.*, 2017).

Le chlorure de sodium (Na Cl) est un contributeur majeur au stress salin chez les plantes, dont les effets peuvent être observés par une croissance réduite des plantes ou même la mort (Rojas-Tapias et *al.*, 2012).

2.4.2.3 Effet du stress salin sur la physiologie de la plante :

D'un point de vue physiologique, les effets néfastes de la salinité conduisent à trois effets fondamentaux, à savoir des effets osmotiques par l'effet du Na Cl sur le potentiel hydrique, entraînant une diminution de la quantité d'eau disponible pour les plantes. Effets minéraux en limitant l'absorption des nutriments, notamment le potassium (K^+) De plus, des concentrations élevées de Na Cl dans le milieu peuvent réduire la teneur en chlorophylle (Shah et *al.*, 2017).

La perturbation de l'absorption de N par Na Cl entraîne généralement une augmentation de la teneur en ammonium (NH_4^+) et l'activation de la voie d'amination du glutamate déshydrogénase (GDH). Cette voie peut être impliquée dans la détoxification du NH_4^+ et le remplacement du pool de glutamate, qui est largement impliqué dans la

synthèse de métabolites protecteurs, dont la proline et les sucres solubles (Ashraf et *al.*, 2018).

L'effet de salinité sur la photosynthèse se manifeste par la réduction de l'assimilation du CO₂ et la conductance stomatique. La réduction de la photosynthèse par la salinité est considérée comme une cause majeure de la réduction de la croissance et de la productivité des plantes (Deng et *al.*, 2010).

Dans l'ensemble, les réponses des plantes au stress salin sont complexes, impliquant diverses voies de réponse (Figure 12), conduisant à des mécanismes adaptatifs qui induisent un arrêt rapide de la croissance pour une meilleure redistribution des nutriments dans les différents tissus et au rétablissement rapide de la croissance lorsque le stress est levé (Mahjoubi, 2018).

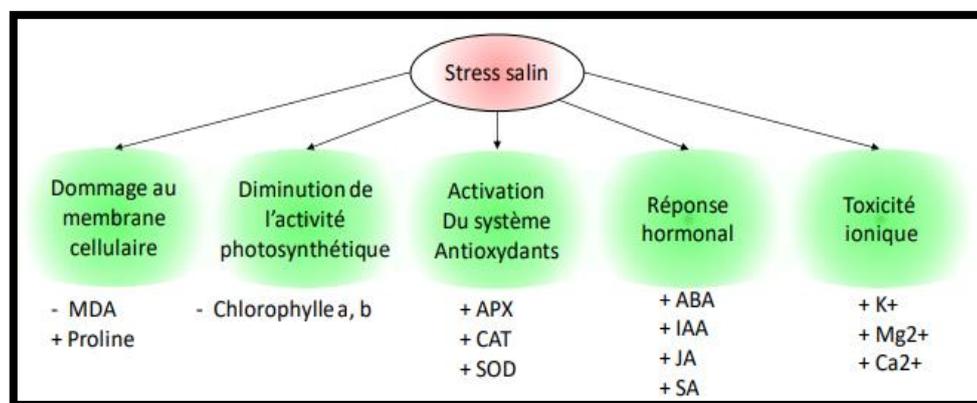


Figure N°07 : Effet du stress salin sur la physiologie (Mahjoubi, 2018).

2.5 Mécanismes d'adaptation des plantes au sel :

En physiologie, il existe une distinction importante entre adaptation et acclimatation. L'acclimatation osmotique correspond à la réaction immédiate d'un organisme suite à un stress ionique et osmotique. Cette réaction implique le rétablissement de l'homéostasie cellulaire par des processus de transport et la production d'osmolytes. L'adaptation osmotique correspond à l'évolution des différences inter-générationnelles dans le sens où il s'agit de la sélection des individus les plus performants pour assurer une reproduction efficace. Ainsi, l'adaptation osmotique se produit au niveau génétique (Jean-Nicolas et *al.*, 2011).

2.5.1 L'exclusion :

Cette stratégie permet aux plantes de survivre dans des conditions de stress salin en excluant le sodium du cytoplasme vers l'extérieur de la cellule. Dans ce cas, les plantes

limitent l'entrée des sels et les rejettent dans le compartiment Apo plasmique (Hanana et *al.*, 2011).

2.5.2 L'inclusion :

Les plantes résistent au Na Cl en accumulant du Na⁺ dans les feuilles, qui sont séquestrées dans la vacuole dans l'épiderme foliaire ou dans les limbes des feuilles âgées (Jabnoune, 2008).

2.5.3 L'ajustement osmotique :

L'ajustement osmotique est l'un des principaux mécanismes physiologiques de tolérance aux contraintes du milieu. Il permet le maintien de nombreuses fonctions (Majumder et *al.*, 2010), physiologique (photosynthèse, transpiration, croissance...) et peut intervenir à tous les stades du développement de la plantes (Hassani et *al.*, 2008).

Parmi ces composés s'accumulant lors du stress salin, on trouve les acides aminés comme La proline, Les bêtaïnes, et Les sucres (Hanana et *al.*, 2011).

2.5.4 La compartimentation vacuolaire :

Celle-ci consiste à évacuer du cytoplasme les ions Na⁺ en excès vers la vacuole pour éviter leurs effets toxiques et inhibiteurs 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 (Hanana et *al.*, 2011).

2.5.5 L'ajustement ionique :

L'augmentation de la concentration vacuolaire de sodium entraîne la nécessité d'augmenter la pression osmotique des autres compartiments cellulaires pour maintenir leur volume. Malgré la synthèse et l'accumulation de composés solubles compatibles qui aident à maintenir la croissance cellulaire en conditions de stress ionique (figure 08) (Hanana et *al.*, 2011).

Les plantes ont développé d'autres moyens non moins efficaces comme l'ajustement ionique pour réduire et équilibrer les concentrations d'ions dans le but d'ajuster la pression osmotique au niveau cytoplasmique. Ce dernier objectif peut être assuré par une augmentation de concentration en potassium, en plus des composés osmotiques compatibles (Hanana et *al.*, 2011).

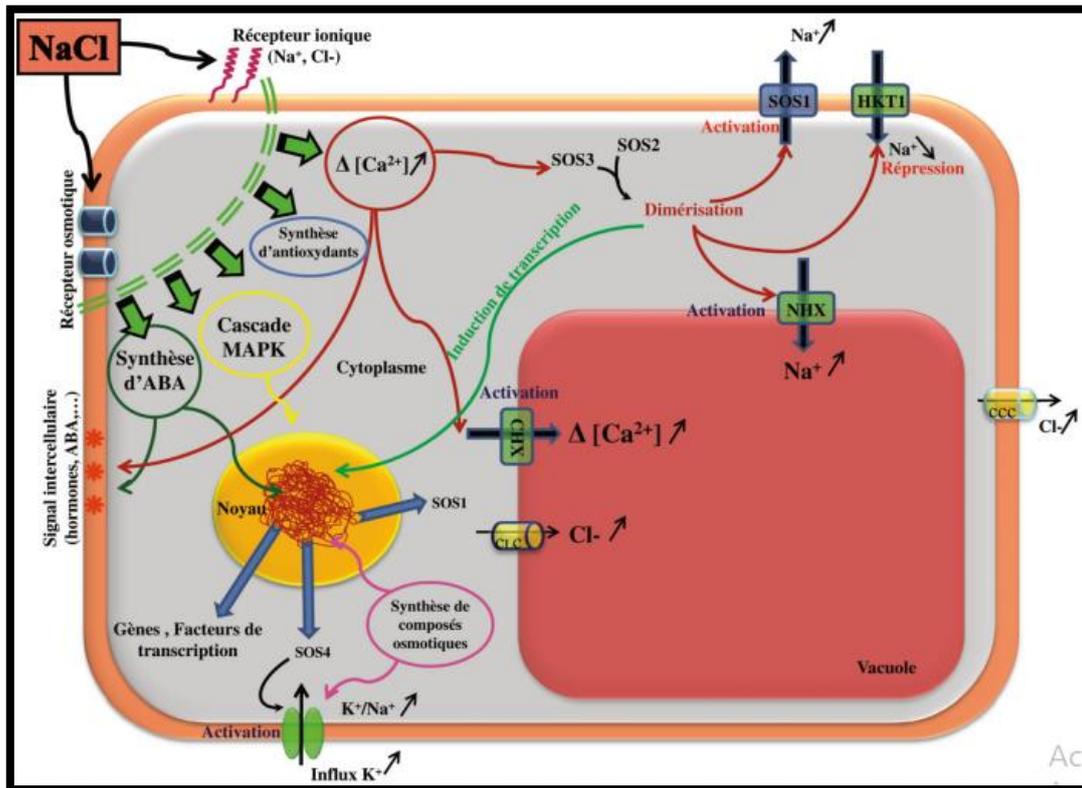


Figure N°08 : Synthèse des principaux mécanismes cellulaires de perception, signalisation et réponse au stress salin (Na Cl) chez la plante (Hanana et al., 2011).

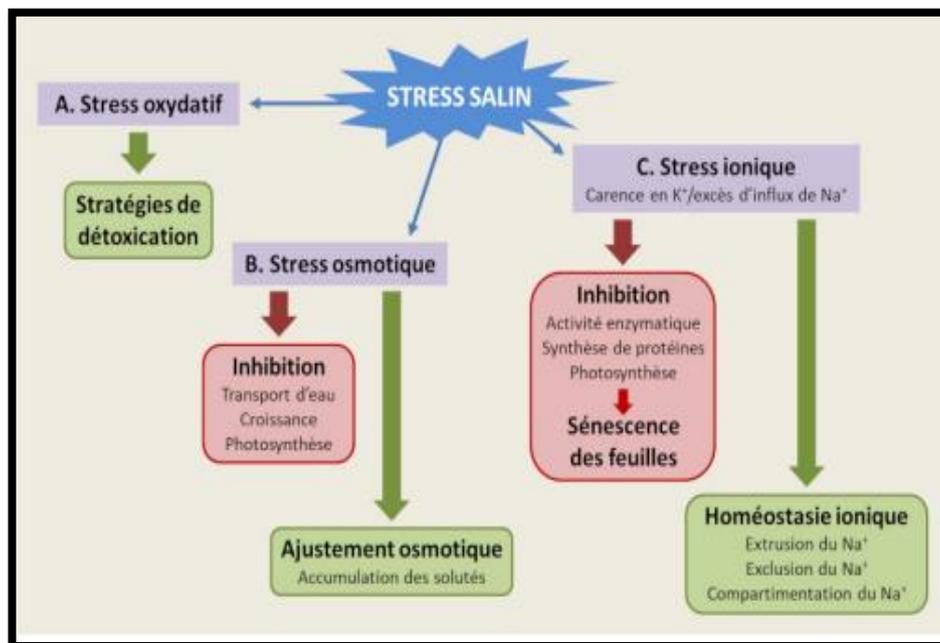


Figure N°09 : Mécanismes de tolérance à la salinité chez les plantes (Luu, 2020).

Chapitre III

L'acide salicylique



3.1 Définition es phytohormones :

Les phytohormones sont de petites molécules de signalisation qui régulent un large éventail de processus de croissance et de développement des plantes. Ces composés uniques répondent à la fois à des facteurs externes et internes et interviennent dans la transduction du signal conduisant à l'expression génique dans le but d'adapter les plantes aux conditions environnementales en constante évolution (Hemelikova et *al.*, 2021).

Les hormones végétales (phytohormones) sont des composés chimiques qui sont produits dans les plantes à de très faibles concentrations, mais qui sont capables de réguler les processus de développement et de croissance les plus importants des cellules végétales. Les concentrations de phytohormones peuvent varier considérablement d'un type d'organe à l'autre, par exemple dans les feuilles par rapport aux racines (Ciura et Kruk, 2018). En même temps, ils agissent comme des messagers chimiques pour communiquer les processus cellulaires dans les plantes supérieures sur de plus longues distances, médiant ainsi la signalisation entre les organes de la plante (Voß et *al.*, 2014).

Les hormones végétales jouent un rôle clé et coordonnent diverses voies de signalisation lors des réponses au stress abiotique. Ils régulent à la fois les stimuli externes et internes (Kazan, 2015).

3.1.1 Les différents types des hormones :

3.1.1.1 Acide abscissiques :

L'acide abscissiques (ABA) (Figure 15) est un terpénoïde d'acide carboxylique en C15 optiquement actif. Sa découverte remonte au début des années 1960, lorsqu'il a été découvert qu'il était associé à la germination des graines (Chen et *al.*, 2019).

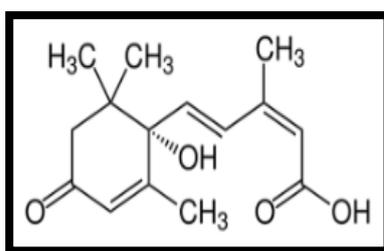


Figure N°10 : Formule de l'acide abscissiques (Ňorbová et *al.*, 2021).

La fonction la plus importante de l'ABA est de réguler le statut hydrique des plantes. L'ABA entraînera la fermeture des événements si la plante manque d'eau (L'ABA dans les racines et les feuilles augmente rapidement). En cas de déshydratation, si les niveaux d'ABA sont élevés, il y a un effet stimulant positif sur la croissance des racines, et inversement, une inhibition de la croissance des pousses (Vishwakarma et *al.*, 2017).

3.1.1.2 Gibberellins :

L'acide gibbérellique (GA3) (Figure 16) est un acide carboxylique diterpénoïde appartenant à la famille des gibbérellines qui agit comme une hormone de croissance naturelle des plantes (Camara et *al.*, 2018). Il est produit par les plantes et certains micro-organismes tels que les champignons et les bactéries. Il joue un rôle dans la germination des graines, les réponses au stress abiotique, l'amélioration de la croissance des fruits, l'allongement de la tige, la floraison, et d'autres effets physiologiques lors des interactions avec d'autres hormones végétales (Camara et *al.*, 2018).

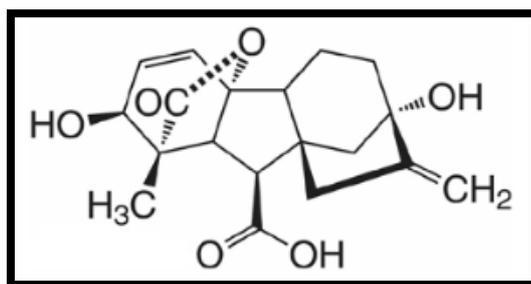


Figure N°11 : Formule de Gibberellins (Ňorbová et *al.*, 2021).

3.1.1.3 Acide Salicylique :

L'acide salicylique (Figure 17) ou acide ortho-hydroxy-benzoïque appartient à un groupe différent de phénols végétaux, qui sont des substances à cycle aromatique auquel un groupe hydroxyle ou un dérivé fonctionnel de celui-ci est attaché. Les phénols végétaux sont généralement classés comme des métabolites secondaires qui jouent un rôle important dans la régulation de la croissance du développement et d'interaction des plantes avec d'autres organismes (Maruri-Lopez et *al.*, 2019).

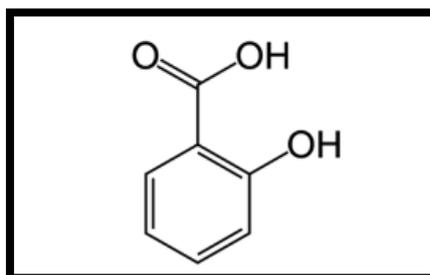


Figure N°12 : Formule de L'acide Salicylique (Ňorbová et *al.*, 2021).

L'acide salicylique, ou l'acide 2-hydroxy-benzoïque est un dérivé de l'acide benzoïque. C'est un produit végétal secondaire qui joue un rôle important dans la croissance et le développement des plantes. Cette molécule appartient au groupe des composés phénoliques, qui sont définis comme des substances ayant un cycle aromatique

et un groupe hydroxyle ou un dérivé fonctionnel (Shumsul et *al.*, 2013). Ce dernier est présent dans diverses espèces végétales pour réguler les processus biologiques tels que la thermogenèse, la floraison ou la défense contre les agents pathogènes. L'AS est généralement présent dans les plantes en petites quantités allant de 1 à 500 μM , et leur concentration s'inscrit lorsqu'elles sont exposées à des conditions stressantes puis qu'elle est une puissante molécule de signalisation dans les plantes contre les réactions de stress abiotique (Shumsul et *al.*, 2013).

3.2 Le rôle de l'acide salicylique chez les plantes :

L'acide salicylique (SA) est un composé phénolique naturel. Il joue un rôle important dans la régulation de la croissance, du développement, de la maturation et des réponses de défense des plantes (Miura et Tada, 2014). L'AS joue un rôle important dans la réponse aux stress abiotiques, notamment la sécheresse, les basses températures et le stress salin. Il a été suggéré que l'AS a un grand potentiel agronomique pour améliorer la tolérance au stress dans les cultures agricoles importantes (Miura et Tada, 2014).

3.3 Utilisation de l'acide salicylique :

Acide Salicylique est utilisé comme un régulateur de la croissance du développement et d'interaction des plantes avec d'autres organismes (Maruri-Lopez et *al.*, 2019).

L'acide salicylique est utilisé comme conservateur alimentaire, antiseptique, médicament et précurseur de l'aspirine, et d'acide acétylsalicylique. L'acide salicylique possède de nombreuses propriétés pharmacologiques et est ainsi employé dans le cadre de soins (Lloyd et *al.*, 1999). La seconde est ses propriétés anti-inflammatoires, c'est-à-dire que l'utilisation de l'acide salicylique dans le corps permet de lutter contre une inflammation, contre une réaction du système immunitaire produite à la suite d'une agression telle que les brûlures, les infections ou les allergies. De plus, cet acide a des propriétés antipyrétiques, ce qui signifie qu'il permet de lutter contre la fièvre, L'Acide Salicylique possède également des propriétés analgésiques. Par ailleurs, il a un effet anti prurigineux (Mehida, 2021).

3.4 Mode d'action de l'acide salicylique :

L'acide salicylique agit en régulant la teneur en eau oxygénée cellulaire et pariétale. Cette hypothèse, qui en vogue en milieu des années 1990, découlait du fait que l'acide salicylique peut se lier à la catalase, en inhibant alors l'activité de cette enzyme qui dégrade normalement l'eau oxygénée dans les cellules, d'où une activation des mécanismes de défense (Marchiex et *al.*, 2005). à l'inverse d'autre expliquent qu'il semblerait que l'augmentation initiale de l'eau oxygénée soit le facteur primaire qui stimule la biosynthèse de l'acide salicylique. Cependant, quel que soit le mécanisme, l'acide salicylique joue donc un rôle prédominant dans la résistance des plantes (Marchiex et *al.*, 2005).

3.5 Biosynthèse de l'acide salicylique :

L'acide salicylique est un dérivé naturel de l'acide cinnamique, un intermédiaire de la voie métabolique du shikimate, et c'est une matière première pour la synthèse de nombreux composés phénoliques. Sa biosynthèse se déroule probablement de deux manières différentes (Figure 19) (Zhang et Li, 2019). La première voie de synthèse propose la formation d'acide salicylique par décarboxylation de la chaîne latérale de l'acide cinnamique en acide benzoïque. La deuxième voie décrit l'hydroxylation de l'acide cinnamique à l'acide coumarique (Zhang et Li, 2019).

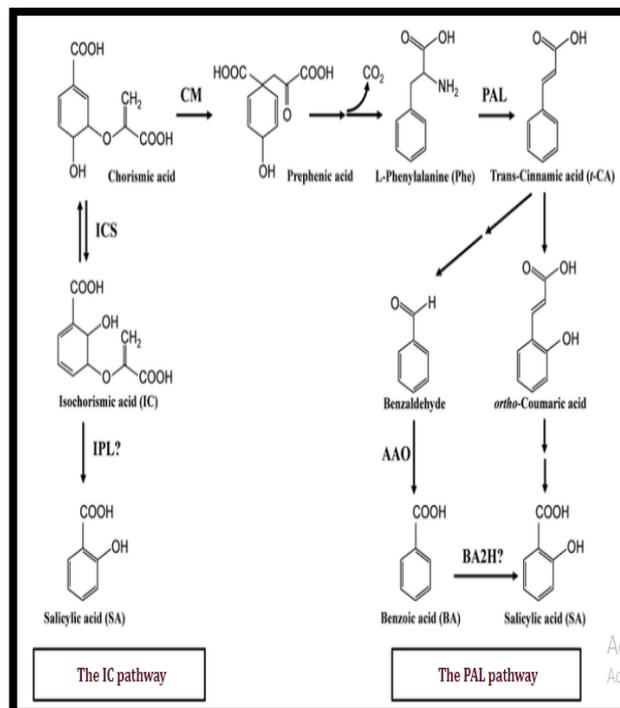


Figure N°13 : Biosynthèse de l'acide salicylique (Ňorbová et *al.*, 2021)

3.6 Relation entre l'acide salicylique et la salinité :

L'acide salicylique (AS) agit comme molécule signal endogène responsable pour induire une tolérance des plantes aux stress abiotiques. Il joue un rôle important dans la régulation de la croissance, développement et interaction avec d'autres organismes et réponses de la défense à stress environnementaux (Sampath *al.*, 2015). L'augmentation de la salinité est associée à diminution de l'auxine, de la cytokinine, des gibbérellines et de l'AS dans les tissus végétaux et une augmentation de l'ABA et de l'AJ. Changements dans les niveaux d'hormones dans les tissus végétaux sont considérés comme un premier processus contrôlant la réduction de la croissance due à la salinité (Sampath *al.*, 2015).

L'acide salicylique améliore la tolérance au sel grâce à une meilleure alimentation en K^+ et en ralentissant le transport de Na^+ et Cl^- vers les feuilles (Ben Ahmed et *al.*, 2010).

Partie 2

Partie expérimentale



Matériels et méthodes



1. Objectif de l'étude :

L'objectif de ce travail est d'étudier l'effet de stress salin en présence de différentes concentrations de Na Cl sur la réponse physiologique et biochimique de blé dur (*Triticum durum* Desf) au stade germination par l'application de deux concentrations de 150meq et 250meq préparées à base de chlorure de sodium (Na Cl), et l'acide salicylique, l'hydrolat de lavande, l'extrait aqueux de pistachier.

2. Matériel végétal :

L'expérimentation est menée sur des semences du blé dur (*Triticum durum* Desf.) « **Boussallem** » fournies par l'Institut Technique des Grandes Cultures (ITGC) De Sebain Tiaret (Algérie) en 2022.

Tableau N°02 : les caractéristiques de blé dur variété boussalem (ITGC Sabaine, 2022).

Variété	Boussallem
Source	ITGC Tiaret.
Saison de récolte	2020/2021.
Catégorie	G4.
Les principales caractéristiques de ce génotype	
Origine	Syrie.
Couleur de l'épi	Blanc.
Couleur des barbes à maturité	Noir.
Nombre du grain	41 grain /épi.
Longueur de la tige	60 à 90 cm.
Maturité	Mi- tardive.
Rendement	bonne productivité.
Rendement en grain optimal	50.1 qx/ha

3 Les extraits aqueux :

3.1 Hydrolat de lavande :

Le lavande *stoechas* L. est une espèce végétale bien connue fait également partie de la famille des Lamiacées ou Labiées. Il possède donc les mêmes caractéristiques morphologiques et communes à l'ensemble de cette famille (Balouiri, 2011). Elle se présente sous la forme d'un arbrisseau et pouvant atteindre un mètre de haut (Benabdelkader, 2012), tomenteux, blanchâtre, tétragones (Jullien, 2016), très ramifié et très aromatique avec une lourde odeur semblable à celle du pin (Benabdelkader, 2012).

La plante est également employée traditionnellement dans la médecine populaire comme anti-inflammatoire (Sosa et Altinier, 2005), antioxydant, expectorant et stimulant (Gören et al., 2002),

A) Critères de choix de la plante :

Vu l'importance de la biodiversité de notre région, on a essayé d'étudier une espèce végétale : *stoechas* L., appartienne à la famille des Lamiacées, le choix de cette plante est basé sur leur richesse en antioxydants naturels à savoir les polyphénols, les flavonoïdes, les Tannins, etc. qui possèdent des activités anti oxydantes et plusieurs activité.

B) Les compositions chimiques du plantes :

Selon Ferreres et al., (1986) , Les constituants chimiques potentiellement actifs du genre Lavande sont :

- ✓ **Mono terpènes** : a-pinène, 3-pinène, 3-ocimène, camphre, limonene, p-cymène, sabinène, terpinène
- ✓ **Mono terpène alcools** : a-terpinéol, bornéol, lavandulol, linalol, p-cymen-8-ol, Transpivocarvéol.
- ✓ **Mono terpène aldéhydes** : aldéhyde de cumin.
- ✓ **Mono terpène éthers** : 1,8-cinéole.
- ✓ **Mono terpène esters** : acétate de linalyl, acétate de terpènyl.
- ✓ **Mono terpène cétones** : carvone, coumarine, crypton, fenchone, méthylhéptenone, noctanone, nopinone, p-méthylacétophénone p Benzénoides: eugénol, coumarine, carvacrol, acide hydroxycinnamique, acide rosmarinique, thymol.
- ✓ **Sesquiterpènes** : caryophyllène, oxyde de caryophyllène, a-photosantanol, OE-santalal, a-norsantalénone.
- ✓ Traces de nombreux autres composés, tels que les flavonoïdes.

3.2 Pistachier lentisques :

Le lentisque est une espèce xérophile. Il se développe sur des sols siliceux et sec, il se développe sur des sols calcaires. C'est une espèce indifférente aux propriétés physico-chimiques du sol mais préfère des sols à faible concentration en phosphore et potassium con-jugués avec des concentrations différentes en carbonates de calcium et en azote (Dogan et al, 2003 in bensalem, 2015).

Pistacia lentiscus est une espèce circumméditerranéenne, A l'étage thermo-méditerranéen (0 et 500-600 m), et en bioclimat humide et essentiellement subhumide, les structures dominantes sont constituées, sur calcaires surtout, par les brousses à Olivier, Caroubier et Lentisque. Grâce à sa variabilité morphologique et biochimique et son grand polymorphisme génétique.

Par contre, aucune étude concernant la composition en acides gras des feuilles de *pistacia lentiscus* de l'Algérie : et aussi la teneur des fruits en composés phénoliques de même pour la teneur des tourteaux en polyphénols et flavonoïdes, ainsi aucune référence bibliographique ne montre que l'activité antioxydant de cette plante a été étudiée.

Le screening phytochimique des feuilles et des petits rameaux du lentisque a mis en évidence la présence de plusieurs composés chimiques réputées avoir des activités biologiques intéressantes (Tableau 10). Il s'agit des substances poly phénoliques dont les tanins caté-chiques et galliques, des flavonoïdes (anthocyanes, flavones et leuco anthocyanes), des stérols et tri terpènes, des saponosides et en fin les composés réducteurs (oses, holosides et mucilage). L'absence totale des hétérosides cyanogénétiques diminue fortement les risques toxicologiques liés à l'usage de *Pistacia lentiscus* L. (Andersen and Markham, 2010).

Métabolites secondaires		Réaction
Alcaloïdes		-
Tanins	Chatéchiques	++++
	Galliques	+++
Flavonoïdes	Anthocyanes	++
	Flavones	++
	Flavanones	-
	Flavanonols	-
	Leucoanthocyanes	+++
	Catéchols	-
Composés réducteurs	Oses et holosides	+++
	Mucilages	++
	Hétérosides cyanogénétiques	-
Terpénoïdes	Stérols et triterpènes	++
	Saponosides	+++

++++: Réaction très positive; +++: Réaction positive; ++ Réaction moyennement positive; +: Réaction douteuse; -: Test négatif

Tableau N°03 : Résultats du screening phytochimique (Andersen and Markham, 2010).

Matériels et méthodes

4. Matériel utilisés :

Le matériel de laboratoire utilisé pour effectuer l'expérimentation est le suivant :

Tableau N°04 : liste de matériel de laboratoire utilisé.

Boites de Pétri	Bécher	Fiole	Eprouvette	Erlenmeyer
Pissette	Spatule	Entonnoir	Burette	Papier-filtre
Pipette	Agitateur	Balance de précision	Etuve	hydro distillateur
Flacon	tube à essai	Spectrophotomètre UV	Ben marine	Agitateur secoueur

5. Les produits utilisés :

Tableau N°05 : liste des produits utilisé.

Na Cl	Eau distillé	Acide salicylique	Acide sulfurique	Phénol
Ethanol	Quercitine	Aluminium chloride	Acide gallique	
	Folin & ciocalteu's phenol	Sodium carbonate anhydrous		

6. Méthode de travail :

6.1 Préparation des solutions :

Nous avons préparé quatre types de solutions, l'une avec le chlorure de sodium, le douzième avec de l'acide salicylique (AS), le troisième avec Hydrolat de lavande et la dernière solution avec le pistachier.

A) Solutions avec le chlorure de sodium

Pour le traitement au chlorure de sodium on a pris deux (02) concentrations : 150meq et 250meq.

$$n = \frac{C \times M}{V}$$

Tableau N°06 : Les milieux de germination avec les différentes concentrations salines.

Solutions	Concentration de Na CL mM.L ⁻¹	Na CL en G/L 0 0
Solution témoin (eau distillée)	0	0
Solution 1	150	8,78
Solution 2	250	14,63

B) Solutions avec l'acide salicylique

Nous avons préparé une concentration avant de 0.07 mM de l'acide salicylique à 1000 Mm de l'eau distillé. Nous soulignons qu'il n'y a pas de travaux antérieurs sur l'acide salicylique, pour cela, on a choisi cette concentration.

C) Solutions avec Hydrolat de lavande :

On obtenue les coupes des feuilles et des rameaux fin de lavande et laissez séchez dans un étuve jusqu'à un degré de séchage permet à l'extraction soit laissez séché naturellement 30 g, on mette la dernier dans le ballon de l'hydro distillateur pendant 6 heures après l'opération de l'extraction on sépare Huile de lavande, la solution reste dans le lampe Paule est l'hydrolat de lavande. Finalement on dilué la solution 05 fois.



Figure N°14 : L'extraction de l'hydrolat de lavande.

D) Solutions avec le pistachier

Après la préparation de la poudre de pistachier lentisque nous avons mélangé 50 g de poudre dans un bécher avec 200 ml eau distillée, avant la filtration et l'utilisation on garante une bonne agitation à l'aide de l'agitateur-secoueur pendant 24 Heurs



Figure N°15 : Agitation de poudre du pistachier.

On va filtrer la solution obtenue deux fois avec l'utilisation d'un papier filtre.



Figure N°16 : Filtration de solution du pistachier.

Finalement on dilué la solution 30 fois.

NB : la solution obtenue conservée dans un réfrigérateur et dans un milieu loin de la lumière.

6.2 Préparation des Semences

- ✓ Les semences sont désinfectées, en les trempant dans l'eau distillée avec quelques gouttes de l'eau javel pendant 5 minutes.
- ✓ Ensuite, elles sont soigneusement rincées à l'eau distillée 3 fois et sont laissées sécher.
- ✓ Après le séchage, des semences sont sélectionnés selon leur morphologie, leur taille et leur couleur.



Figure N°17 : Variété de blé dur utilisé dans l'expérience (Bossallem).

7. Expérimentation :

✚ Après 24 heures les semences sont soigneusement lavées avec de l'eau distillée et laissées sécher rapidement à l'air libre entre 2 papiers filtre.

✚ Les semences es sont enfin ensemencées dans des boites de pétri stérilisées de 9 cm de Ø et 1.3 cm d'épaisseur, doublement tapissées de papier filtre. Dans chacune des boites, on a déposé soigneusement 20 graines.

✚ Chaque essai porte 180 semences, soit 3 répétitions de 20 semences par boite de pétri.

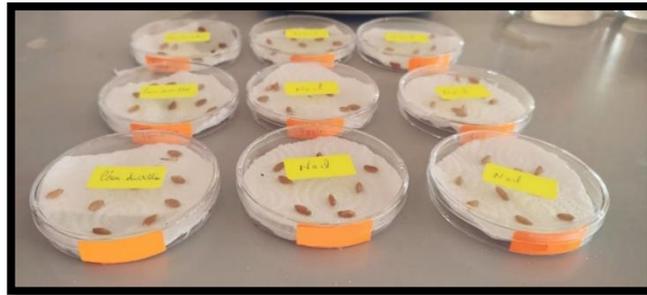


Figure N°18 : Disposition des grains de blé dur (*Triticum durum*) dans les boites de pétri.

➤ Notre travail s'est fait en quatre étapes :

1) Essai 1- Action du chlorure de sodium sur les graines de Blé dur (Bloc01) :

- ✓ **Série01 :** les 03 boites de pétri sont imbibées avec une quantité d'eau distillée égale à 20 ml.
- ✓ **Série02 :** les 03 boites de pétri sont imbibées avec une quantité d'eau distillée égale à 10 ml et une quantité de chlorure de sodium (150) égale à 10 ml.
- ✓ **Série03 :** les 03 boites de pétri sont imbibées avec une quantité d'eau distillée égale à 10 ml et une quantité de chlorure de sodium(250) égale à 10 ml.



Figure N°19 : Bloc 01

2) Essai 2- Action de l'A.S sur les graines de Blé dur (Bloc02)

- ✓ **Série01** : les 03 boites de pétri sont imbibées avec une quantité acide salicylique égale à 20 ml.
- ✓ **Série02** : les 03 boites de pétri sont imbibées avec une quantité acide salicylique égale à 10 ml et une quantité de chlorure de sodium (150) égale à 10 ml.
- ✓ **Série03** : les 03 boites de pétri sont imbibées avec une quantité acide salicylique égale à 10 ml et une quantité de chlorure de sodium(250) égale à 10 ml.



Figure N°20 : Bloc 02

3) Essai 3- Action de l'hydrolat de lavande sur les graines de blé dur (Bloc03) :

- ✓ **Série01** : les 03 boites de pétri sont imbibées avec une quantité d'hydrolat de lavande égale à 20 ml.
- ✓ **Série02** : les 03 boites de pétri sont imbibées avec une quantité d'hydrolat de lavande égale à 10 ml et une quantité de chlorure de sodium (150) égale à 10 ml.
- ✓ **Série03** : les 03 boites de pétri sont imbibées avec une quantité d'hydrolat de lavande égale à 10 ml et une quantité de chlorure de sodium(250) égale à 10 ml.



Figure N°21 : Bloc 03

4) Essai 4- Action du pistachier sur les graines de blé dur (Bloc04) :

- ✓ **Série01** : les 03 boites de pétri sont imbibées avec une quantité du pistachier égale à 20 ml.
- ✓ **Série02** : les 03 boites de pétri sont imbibées avec une quantité du pistachier égale à 10 ml et une quantité de chlorure de sodium (150) égale à 10 ml.
- ✓ **Série03** : les 03 boites de pétri sont imbibées avec une quantité du pistachier égale à 10 ml et une quantité de chlorure de sodium(250) égale à 10 ml.



Figure N°22 : Bloc 04

Elles sont fermées pour éviter l'imbibition de l'eau, et sont disposées dans une étuve réglée à 22°C de température.

On imbibe à chaque fois, que cela est nécessaire pour ne pas laisser les graines sécher.

Nous avons contrôlé chaque jour les graines pour compter le nombre de graines germés, les essais ont duré 120 Heures ou bien jusqu'à la stabilisation de germination.

Au bout de 05 jours, nous avons vu qu'aucune autre graine n'a germée sous les différents traitements, pour cela, nous avons fixé 120 heures pour le suivi.



Figure N°23 : Répartition des boites de pétri dans l'étuve.

8. Paramètres mesurés :

8.1 Taux quotidien de germination :

Les essais de germination sont réalisés dans les conditions du laboratoire. Ils sont effectués en utilisant des boîtes de Pétri, tapissées de papier filtre. Les graines germées sont dénombrées régulièrement, en prenant comme critère de germination la percée des enveloppes par la radicule, Lorsque le nombre des graines germées se stabilise, nous avons achevé nos observations.

La germination des graines de l'orge est appréciée à l'aide des paramètres suivant :

- ✓ le taux quotidien de germination estimé en %.
- ✓ La précocité de germination exprimée en % des graines germées le 1er jour.
- ✓ le taux final des graines germées exprimé en %.

C'est le pourcentage quotidien de germination maximale ou taux quotidien de germination obtenu dans les conditions choisies par l'expérimentateur, il dépend des conditions de germination et des traitements préalablement subis par les semences.

Le 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 de nombre des graines germées sur le nombre total des graines.

Le taux quotidien de germination est calculé sur la base du nombre de graines nouvellement germées à chaque observation.

8.2 Précocité de germination :

En général, chaque espèce dispose d'une précocité de germination spécifique à sa nature. Car même placée dans les mêmes conditions expérimentales, le début d'apparition de la radicule à travers la membrane n'aura pas lieu en même temps chez toutes les graines. Ce paramètre est déterminé lorsque nous observons les premières graines germées. Dans ce cas, la précocité de la germination est exprimée par le taux des premières graines germées correspondant à l'intervalle de temps entre le semis des graines et les premières graines germées.

8.3 Taux cumulé final de graines germées

C'est la cinétique d'évolution de la germination, obtenu dans les conditions choisies par l'expérimentateur, il dépend des conditions de germination et des traitements subis par les semences.

Ce taux est obtenu par l'addition des taux quotidiens des graines germées dès le Début jusqu'à la fin de la germination.

8.4 Les paramètres de croissance :

8.4.1 La longueur des radicules et des racines :

Pour évaluer la croissance de la plante vis-à-vis du stress salin nous avons mesuré la hauteur des radicules et des racines. Avant prélèvement de matériel végétal nous avons mesuré la hauteur de la tige et racine en millimètres (mm) à l'aide d'une règle graduée.

On a choisi quatre plantules représentatives de chaque traitement. Les valeurs données sont les moyennes obtenues des quatre plantes parmi trois répétitions. Nous renseigne sur l'effet du stress sur la croissance des plantes stressées comparativement au témoin.

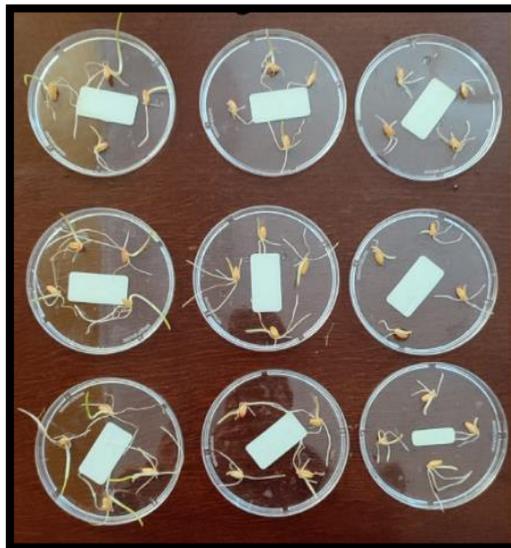


Figure N°24 : Quatre grains germés pour chaque série.

8.5 Dosage des sucres totaux :

100mg de graines germées issues des différents milieux sont trempés pendant 24h dans 5mL d'éthanol à 80%. Dans des tubes à essais propres, on met 2mL de la solution à analyser, on ajoute 1mL de phénol à 5% (le phénol est dilué dans de l'eau distillée).Après, 5mL d'acide sulfurique concentré 96% a été rajouté rapidement tout en évitant de verser de l'acide contre les parois du tube. Une solution jaune orange est obtenue à la surface, on passe au vortex pour homogénéiser la couleur de la solution. On laisse les tubes pendant 10mn et on les place au bain-marie pour 10 à 20mn à une température de 30°C (La couleur de la réaction est stable pendant plusieurs heures.). Les mesures d'absorbances sont effectuées à une longueur d'ondes de 485 nm.

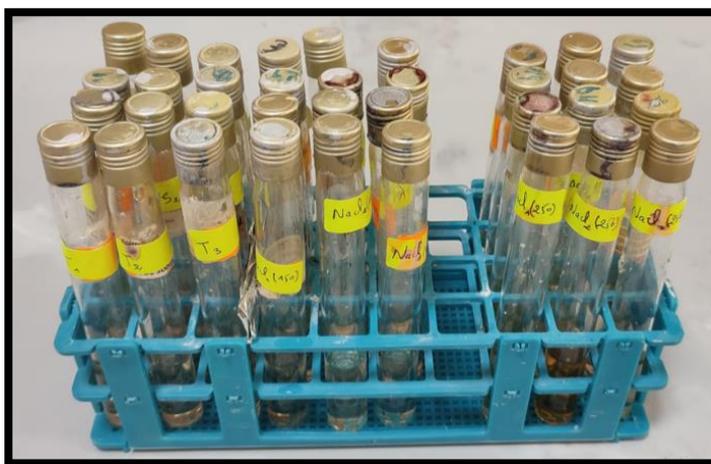


Figure N°25 : Dosage des sucres totaux.

8.6 Caractérisation de l'hydrolat de lavande et du pistachier :

8.6.1 Polyphénols totaux :

Le dosage des polyphénols totaux a été effectué selon la méthode de Folin-Ciocalteu (FC) 100 µl d'extrait sont mélangés avec 500 µl du réactif FC et 400 µl de Na_2CO_3 à 7,5 % (m/v). Le mélange est agité et incubé à l'obscurité et à température ambiante pendant dix minutes et l'absorbance est mesurée à 725 nm par un spectrophotomètre UV (Perkin Elmer). Les résultats sont exprimés en mg équivalent acide gallique/g de matière végétale sèche en se référant à la courbe d'étalonnage de l'acide gallique.

8.6.2 Flavonoïdes :

La détermination des flavonoïdes totaux a été effectuée selon la méthode décrite par (Dehpeur et *al.*, 2019) : 500 µl de chaque extrait à analyser sont ajoutés à 1500 µl de méthanol à 95 %, 100 µl de AlCl₃ à 10 % (m/v), 100 µl d'acétate de sodium 1 M et 2,8 ml d'eau distillée. Le mélange est agité puis incubé à l'obscurité et à température ambiante pendant 30 min. Le blanc est réalisé par remplacement de l'extrait par du méthanol à 95 % et l'absorbance est mesurée à 415 nm en utilisant un spectrophotomètre UV (Perkin Elmer). Les résultats sont exprimés en mg équivalent quercétine/g de matière végétale sèche en se référant à la courbe d'étalonnage de la quercétine.

9. Traitement statistique :

Les résultats obtenus ont subi un traitement statistique.

Résultats

Et interprétation



1. Précocité de germination

L'analyse statistique des résultats de la précocité de germination des graines (Tab.07) indique qu'il y a un effet très hautement significatif de la salinité sur ce paramètre ($p < 0.001$). Cependant, l'apport de l'hydrolat et l'acide salicylique n'impose aucun effet sur la précocité de la germination des graines testées ($p > 0,05$). L'interaction des facteurs d'étude provoque une variation hautement significative sur l'expression de cette caractéristique ($p < 0.001$).

Tableau N°07 : Analyse de variance de la précocité de germination des graines du Blé dur (*Triticum durum* Desf.) soumises aux traitements salins au Na Cl en présence de l'acide salicylique, Hydrolat de lavande et l'extrait de pistachier.

Sources de variation	d	P
Na cl	2	.000
Acide salicylique	1	.322
Hydrolat de lavande	1	.073
Pistachier	1	.016
Na Cl - Acide salicylique	2	.000
Na Cl - Hydrolat de lavande	2	.000
Na Cl - Pistachier	2	.000

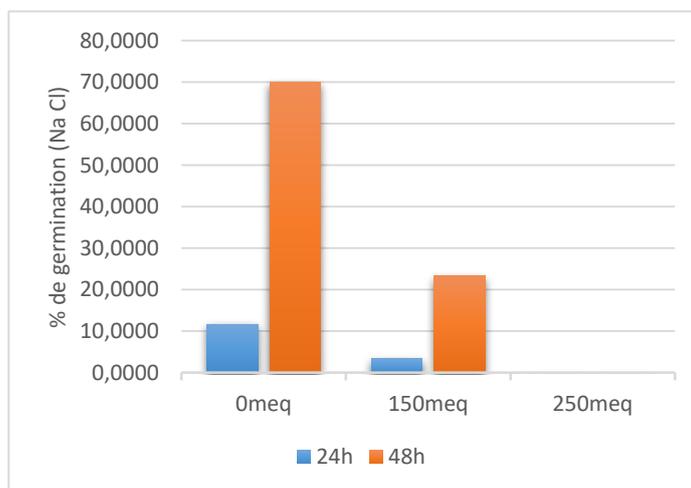


Figure 26 : Précocité de germination (%) des graines du blé dur en fonction de la salinité appliquée.

Selon les résultats obtenus (Fig.26), les valeurs les plus élevées de la précocité de la germination sont enregistrées au niveau du traitement témoin (0meq) avec une moyenne de 11.66% et 70% respectivement relevées après 24h et 48h de mise en germination. Tandis que, aucune germination n'a été signalé au niveau du lot maintenu à 250meq.

Résultats et interprétation

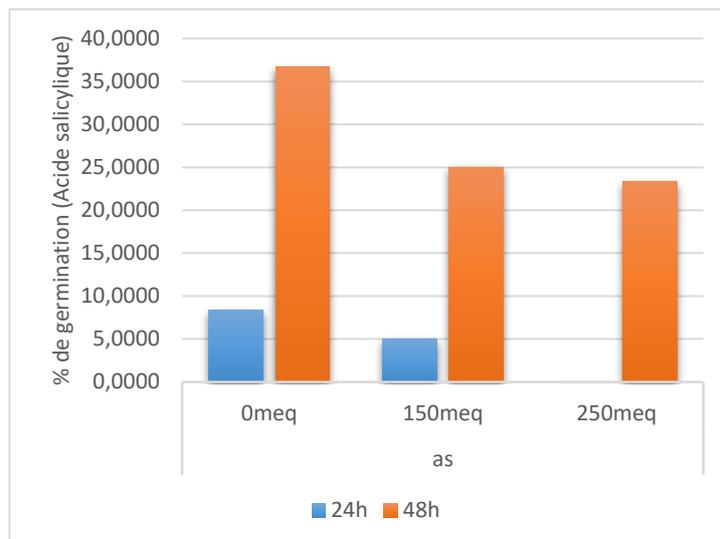


Figure 27 : Précocité de germination (%) des graines du blé dur stressées au Na Cl et présence de l'acide salicylique.

Après avoir ajouté l'acide salicylique une amélioration du statut de la précocité de germination a été enregistrée. Néanmoins, une diminution de la cinétique de cette caractéristique a été extériorisée au niveau du lot de 150meq avec une régression de l'ordre de -40% et 100% au niveau du lot 150 et 250meq respectivement après 24h. Tandis cette après 48 h de mise en germination, l'abaissement de la précocité de germination était de l'ordre de 31% (150meq) et 36%, inscrite à 250meq.

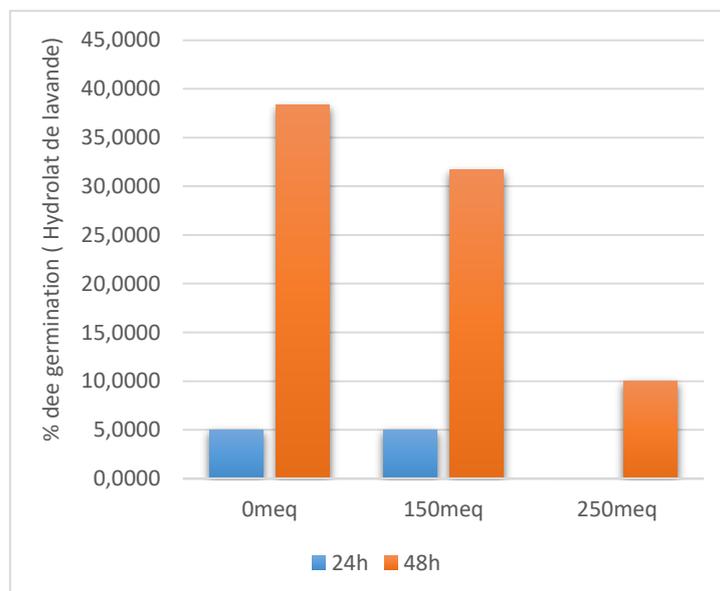


Figure 28 : Précocité de germination (%) des graines du blé en fonction de l'interaction de la salinité appliquée de l'hydrolat de lavande.

Résultats et interprétation

Selon les résultats obtenus (Fig.28), la précocité de la germination enregistrée s'est avérée élevée au niveau du témoin (0meq) avec une moyenne de l'ordre de 5% (24h) et 38.33% (48h). Néanmoins, l'augmentation de la salinité du milieu de germination s'est accompagnée avec une diminution de cette caractéristique. En effet, au niveau du traitement 150meq le taux d'abaissement noté après 24 h et 48h est en moyenne de 0% et -15% respectivement. Tandis que, au niveau du milieu mené à 250meq, l'intervalle des valeurs est délimité par 0% montrée après 24h et 10%, donnée inscrite après 48h.

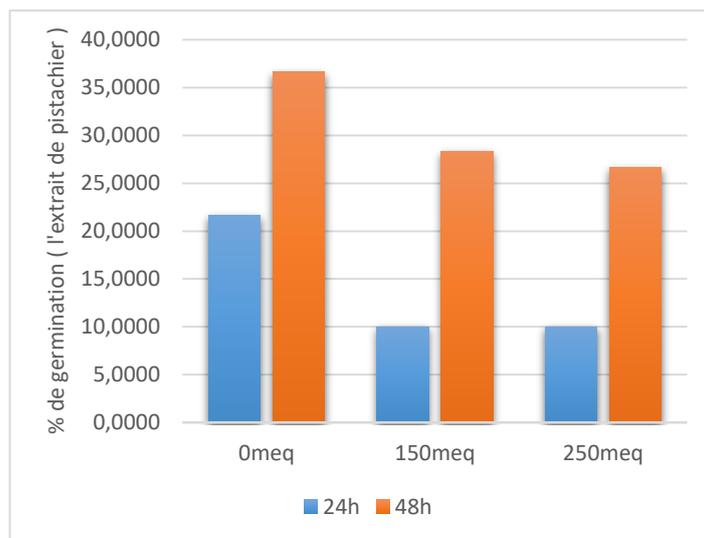


Figure 29 : Précocité de germination (%) des graines du blé en fonction de l'interaction de la salinité appliquée de l'extrait de pistachier.

Selon les résultats obtenus (fig.29), les valeurs les plus élevées de la précocité de la germination sont enregistrées au niveau du traitement témoin (0meq) avec une moyenne de 21.66% et 36.66% respectivement relevées après 24h et 48h de mise en germination par rapport aux graines menues à 150meq et 250meq. Dans ce dernier milieu, le taux d'abaissement extériorisé est de moyenne de -54%(24h) et -27 (48h).

2. Longueur de racinaire

Selon les résultats de l'analyse de variance de la longueur de racine (tab.08), le traitement salin adopté a provoqué une fluctuation hautement significative de la longueur élaborée ($p < 0.001$). Ainsi que l'ensemble des extraits étudiés et leur interaction avec la salinité testée ont imposé un effet très hautement significative sur l'expression morphologique de la racine principale ($p < 0.001$).

Résultats et interprétation

Tableau N°08 : Analyse de variance ANOVA en seuil ($P= 0.05$ de la longueur radicaire des du Blé dur (*Triticum durum* Desf.) soumises aux traitements salins au Na Cl en présence de l'acide salicylique, Hydrolat de lavande et l'extrait de pistachier

Sources de variation	d	P
Na cl	2	.000
Acide salicylique	1	.000
Hydrolat de lavande	1	.000
Pistachier	1	.000
Na Cl - Acide salicylique	2	.000
Na Cl - Hydrolat de lavande	2	.000
Na Cl - Pistachier	2	.000

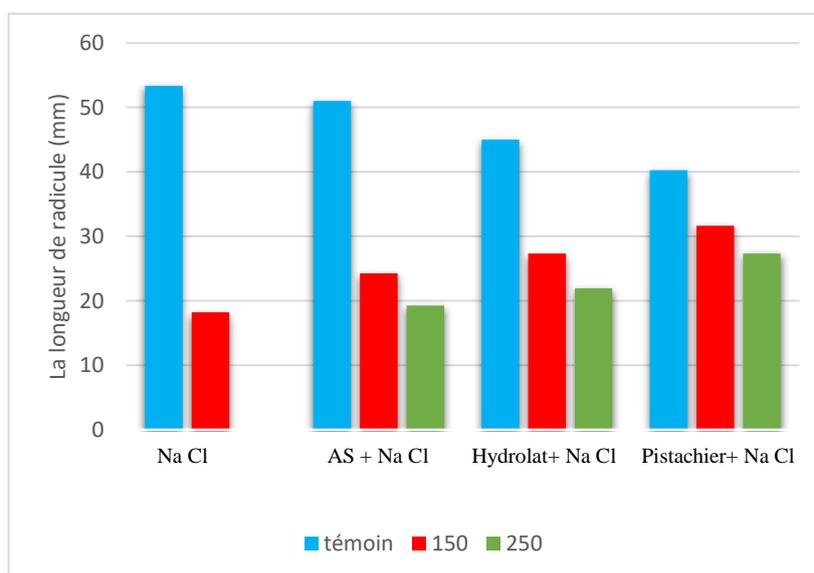


Figure 30 : Evolution de la longueur des racines (mm) en fonction des régimes salins appliqués et en réaction avec l'hydrolat de la lavande et l'extrait de pistachier.

Les résultats obtenus (Fig.30) montrent que la longueur radicaire des graines diminue fortement en fonction de l'augmentation des concentrations au Na Cl avec une valeur élevée (53.3 mm) enregistrée au lot témoin. Cependant, l'ajout de l'acide salicylique, l'extrait de pistachier et de l'hydrolat a contribué à une nette amélioration de la longueur de la racine exprimée. En effet, au lot maintenu à une forte concentration saline (250meq), cette longueur est de l'ordre de 19.25, 21.92 et 27.33mm enregistrée à l'acide salicylique, l'hydrolat et à l'extrait de pistachier respectivement.

3. Taux finale de germination

L'analyse statistique des résultats du taux final de germination des graines (tab.09) indique qu'il y a une variation très significative entre les différents niveaux de la salinité ($p < 0.001$). Ainsi que ce paramètre est un effet très hautement significatif dépendant de l'apport de l'acide salicylique, Hydrolat de lavande et l'extrait de pistachier ($p < 0.001$). On note aussi qu'il y a une variation très hautement significatif de ce paramètre entre les traitements salin et ceux en présence de l'acide salicylique, Hydrolat de lavande, et l'extrait de pistachier ($p < 0.001$).

Tableau N°09 : Analyse de variance ANOVA en seuil ($P = 0.05$ de taux finale de germination des graines du Blé dur (*Triticum durum* Desf.) soumises aux traitements salins au Na Cl en présence de l'acide salicylique, Hydrolat de lavande et l'extrait de pistachier

Sources de variation	d	P
Na cl	2	.000
Acide salicylique	1	.000
Hydrolat de lavande	1	.000
Pistachier	1	.000
Na Cl - Acide salicylique	2	.000
Na Cl - Hydrolat de lavande	2	.000
Na Cl - Pistachier	2	.000

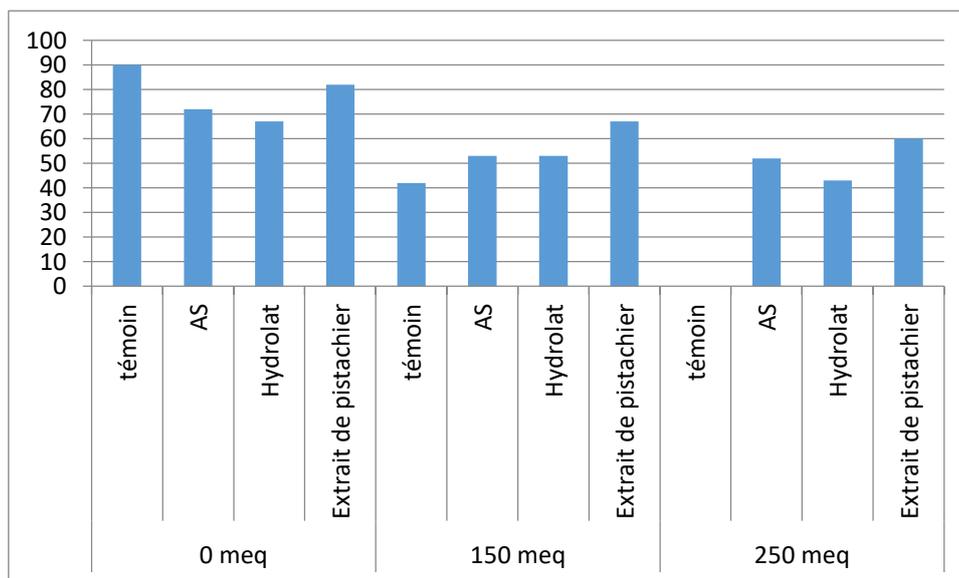


Figure 31 : Taux final de germination des graines soumises aux traitements salins au Na Cl en présence de l'acide salicylique, de l'hydrolat de lavande, et de pistachier.

Résultats et interprétation

D'une manière générale et dans les trois traitements retenus, le taux de germination finale est grandement affecté par la présence de la salinité.

Au niveau du lot conduit avec stress salin de 0meq, la valeur la plus élevée a été enregistrée au niveau du témoin (90%), tandis que celle la plus faible a été donnée par l'hydrolat (67%). Au niveau du lot conduit avec stress salin de 150meq, c'est l'extrait de pistachier qui a enregistré le taux de germination le plus élevé par rapport aux autres milieux avec une valeur estimée à 67% en évaluant une augmentation de l'ordre de +37% par rapport au témoin. Enfin, dans le milieu du stress conduit à 250meq, les graines maintenues à l'extrait de pistachier ont divulgué un taux de germination le plus élevée par rapport à ceux des autres extraits, avec un taux de germination fixé à 60%, en indiquant une recrudescence de l'ordre de 100% par rapport à son témoin.

4. Dosage des sucres solubles :

Les résultats d'analyse de la variance (tab.10), indique que la teneur en sucres solubles est affectée de façon très hautement significatif par les différents traitements salins ($p < 0.001$). Aussi bien pour l'interaction entre la concentration saline et l'apport de l'extrait de pistachier ($p < 0.001$).

Cependant, l'apport de l'hydrolat et l'acide salicylique n'impose aucun effet sur la teneur en sucres solubles ($p > 0,05$). L'interaction Na Cl - Acide salicylique, Na Cl - Hydrolat de lavande provoque une variation non significative sur l'expression de cette caractéristique ($p < 0.001$).

Tableau N°10 : Teneur en sucres solubles des graines du Blé dur (*Triticum durum* Desf.) soumises aux traitements salins au Na Cl en présence de l'acide salicylique, Hydrolat de lavande et l'extrait de pistachier.

Sources de variation	d	P
Na cl	2	.000
Acide salicylique	1	.025
Hydrolat de lavande	1	.003
Pistachier	1	.000
Na Cl - Acide salicylique	2	.067
Na Cl - Hydrolat de lavande	2	.014
Na Cl - Pistachier	2	.000

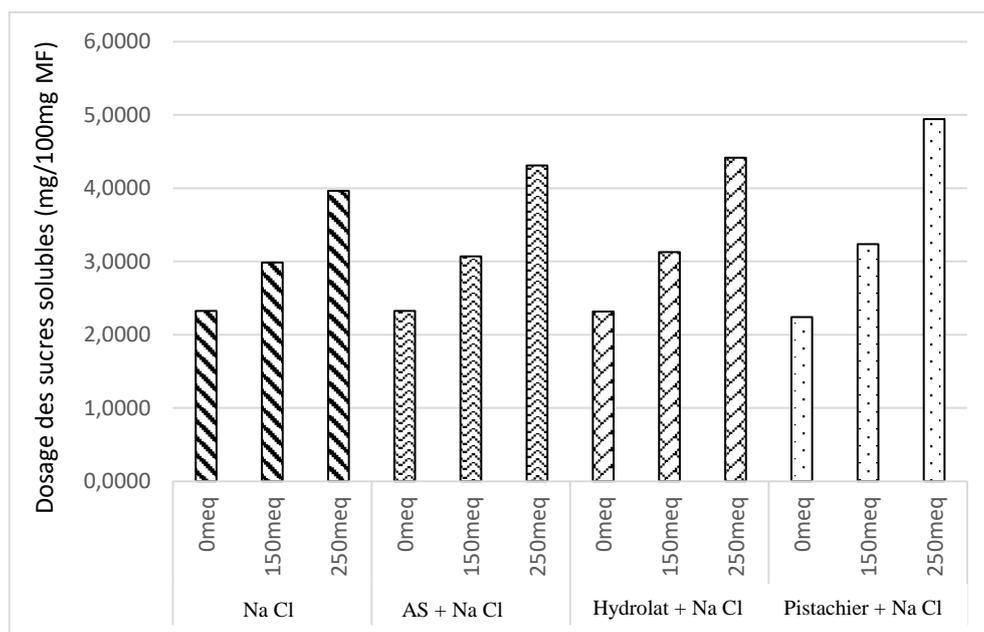


Figure 32 : Teneur en sucres solubles des graines soumises aux traitements salins au Na Cl en présence de l'acide salicylique, de l'hydrolat de lavande, et de pistachier.

Les résultats obtenus (Fig.32) montrent que la teneur en sucres solubles augmente de manière hautement significative en fonction de l'augmentation des concentrations de Na Cl. L'application de l'acide salicylique, l'hydrolat de lavande, et l'extrait de pistachier la teneur des sucres solubles augmente de façon beaucoup plus importante. Sous le traitement 150meq et 250meq de Na Cl.

Discussion



La dormance et la germination des graines sont des processus physiologiques distincts, et la transition de la dormance à la germination n'est pas seulement une étape critique du développement dans le cycle de vie des plantes supérieures, mais détermine également l'échec ou le succès de la croissance de la plante (Liu et *al.*, 2010). La germination des graines est affectée par des conditions environnementales défavorables, notamment la salinité, les températures élevées et la sécheresse (Wahid et *al.*, 2007). Dans notre étude qui porte sur l'effet de la salinité en présence de l'acide salicylique, l'extrait aqueux du pistachier lentisque et l'hydrolat du lavande papillon, sur le pouvoir germinatif du blé dur, il se démontre que toutes les graines témoins sont précoces qui ont germé dès le 1^{er} jour de germination avec un taux de germination plus élevés enregistré chez les graines imbibées à l'extrait aqueux du Pistachier lentisque et à l'eau distillée. La salinité a réduit significativement le pourcentage de germination des graines notamment le taux final des graines traitées avec le Na Cl aux deux concentrations 150 et 250meq. Ainsi on constate que sous la concentration 250meq de Na Cl aucune graine n'a germé. Selon Zörb et *al.* (2019), La salinité est un stress majeur responsable de l'inhibition de la germination des graines ou de la réduction du pourcentage de germination et d'un retard dans le temps de germination des cultures. Actuellement, une trentaine de plantes cultivées fournissent 90 % de l'alimentation humaine d'origine végétale et la majorité de ces cultures ne sont pas tolérantes au sel, voire sensibles au sel, appelées glycophytes comme le blé. Une salinité élevée entraîne une diminution du potentiel osmotique de l'eau ambiante du sol, ce qui se traduit par une diminution de l'absorption d'eau par les graines sèches (imbibition). En outre, l'absorption d'un excès d'ions Na⁺ et Cl⁻ dans le sol crée un stress ionique et provoque une toxicité qui contribue à perturber les processus biochimiques, notamment le métabolisme des protéines et des noyaux, la production d'énergie et la respiration (Mwando et *al.*, 2020). La salinité peut affecter la germination des graines par les effets toxiques de l'excès d'ions sodium et chlorure sur la viabilité des embryons (Jahromi et *al.*, 2008 ; Daszkowska-Golec, 2011). Cependant, l'ajout de l'hydrolat du lavande papillon et surtout l'extraits aqueux de Pistachier lentisque ont permis nettement d'améliorer le taux de germination des graines de blé. Des résultats similaires ont été démontrés par les travaux de Mutlu-Durak et Kutman (2021) qui ont prouvé que les extraits aqueux des végétaux protègent les plantes en limitant la déshydratation des tissus de la plante causée par le stress salin. Cela peut être expliqué par le fait que les extraits aqueux de plantes possèdent un système de défense efficace et offre ainsi une protection considérable contre les dommages oxydatifs induits par le sel. En revanche, l'apport exogène de l'acide salicylique

dans les milieux de germination des graines de blé a amélioré aussi le taux de germination. Selon Tania et *al.*, (2022), L'application exogène de l'acide salicylique peut améliorer la tolérance au sel et augmenter le taux de la germination des graines. D'un autre coté on remarque que la salinité à réduit considérablement la longueur des racines des graines de blé. Ce qui a été confirmé par les travaux de Tania et *al.*, (2022), qui ont montré que le stress salin diminue la croissance des racines. Toutefois l'apport d'extraits aqueux de plantes a réduit l'effet négatif du stress salin sur la croissance. Selon (Mazepa et *al.*, 2021 ; Mutlu-Durak et Kutman, 2021), les extraits aqueux de plantes améliorent la croissance des racines. Selon (Latif et *al.*, 2016), la réduction de la croissance des plantes dans des conditions de stress pourrait être le résultat d'un déséquilibre hormonal.

Il a été montré que le stress salin provoque une accumulation des sucres solubles dans les graines de blé pour assurer l'ajustement osmotique. Selon Bouassaba et Chougui (2018), sous salinité, la synthèse et l'accumulation des sucres simples jouent un rôle important dans la protection des cellules végétales contre les effets néfastes du stress salin. Alors que L'ajout d'extraits aqueux de plantes a permis aux tissus des plantes permettent d'accumuler plus de sucres solubles, maintenant ainsi la turgescence des cellules de manière beaucoup plus importante.

Conclusion



Conclusion

La salinité est parmi les stress abiotiques limitants et affectant grandement la productivité des cultures. Le blé dur est une espèce céréalière à grands intérêt alimentaire et économique. Notre travail consiste à étudier le comportement physiologique, biochimique et morphologique de blé dur (*Triticum Durum* Desf.) de variété Bousalem soumise à l'action combinée de la salinité par l'application de deux concentrations de 150meq et 250meq de chlorure de sodium (Na Cl), et l'acide salicylique, l'hydrolat de lavande, l'extrait aqueux de pistachier.

Les résultats ont montré que la salinité diminue considérablement l'ensemble des paramètres de germination étudiés. En effet, après 48h de mise en germination le traitement 250meq a diminué progressivement la précocité de germination en atteignant une moyenne de l'ordre 26.66%. Ainsi, le taux de germination finale (après 96h) enregistrés s'est avéré faible où la valeur inscrite est de l'ordre de 60% pour le traitement 250meq par rapport à celle divulguée chez le témoin (90%). Quant 'à la longueur de la racine, la recrudescence de degré de la salinité s'est accompagné par une réduction significative de cette caractéristique. Par conséquent, les longueurs relevées sont de l'ordre de 53%, 31.67% et 27.33% inscrites à 0, 150 et 250meq respectivement.

Une augmentation significative de la teneur en sucres solubles a été enregistrée chez les graines du blé dur après 24h et 48h de mise en germination. Est accompagnée par un accroissement de niveau de salinité. Cette augmentation assure un rôle osmoprotecteur contre la déshydratation des cellules par ce qu'on appelle "osmotics" maintien de l'équilibre de la force osmotique en gardant la turgescence et le volume cytosolique aussi élevé que possible et par une préservation de l'intégrité membranaire dans les organes desséchés . Les sucres solubles s'avèrent comme une stratégie de tolérance adoptée par les graines pour limiter les effets néfastes des stress abiotiques.

Selon cette étude, l'apport de l'hydrolat résulte de l'extraction de l'huile essentielle de la lavande, ainsi que l'extrait de pistachier et l'acide salicylique ont contribué à atténuer considérablement l'effet de la salinité.

Cette étude représente comme une contribution à l'étude de l'effet de la salinité sur l'une des étapes primordiales dans la vie de la plante. En effet, la réussite de la phase de germination s'est soldée avec une bonne installation des stades postérieurs des cultures. Par ailleurs, l'objectif de cette étude a consisté à étudier l'apport d'un composé organique sur la salinité provoquée. En effet, les résultats obtenus confirment l'importance biologique et physiologique de l'hydrolat de la lavande, l'extrait de pistachier et l'acide salicylique. Finalement, l'utilisation des composés organiques pour limiter les répercussions négatives

Conclusion

des stress abiotiques sur les cultures et le blé dur plus particulièrement pourraient constituer la clé pour un développement agricole durable et pour atteindre l'autosuffisante alimentaire.

Références

Bibliographiques



Références bibliographiques

1. **Abeledo L.G., Savin R., Gustavo A., et Slafer G.A., 2008.** Wheat productivity in the Mediterranean Ebro Valley: Analyzing the gap between attainable and potential yield with a simulation model. *European journal of Agronomy*. 28. 541-550p.
2. **Aflaki F., Sedghi M., Pazuki A., and Pessaraki M., 2017.** Investigation of seed germination indices for early selection of salinity tolerant genotypes: A case study in wheat. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 29(3), 222-226.
3. **Ammar M., 2015.** Organisation de la chaîne logistique dans la filière céréales en Algérie : états des lieux et perspective. Thèse de Doctorat de CIHEAM Montpellier : pp 1.
4. **Andersen OM., and Markham KR., 2010.** Flavonoids: Chemistry, Biochemistry and Applications, CRC Press: 472–551
5. **APG III., 2009.** An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 161: 105 121.
6. **Ashraf A.M., Shahzada S.M., Imtiaz M., and Rizwan M.S., 2018.** Salinity effects on nitrogen metabolism in plants focusing on the activities of nitrogen metabolizing enzymes: A review. *J. Plant Nutr.*, 41(8): 1-17.
7. **Aya A., Dri N.N., Irie Vroh B.I., Patrice L., Kouamé & Irie A. Zoro BI., 2011.** Bases génétiques et biochimiques de la capacité germinative des graines: implications pour les systèmes semenciers et la production alimentaire p 120.
8. **Bakacsi Z., Toth T., Mako A., Barna G., Laboczi A., Szabo J., Szatmari G., and Pasztor L., 2019.** National level assessment of soil salinization and structural degradation risks under irrigation. *Hungarian Geographical Bulletin*, Vol 68-(2), P. 141–156.
9. **Balouiri M., 2011.** Contribution à l'étude de l'activité antibactérienne de trois extraits de Plantes Médicinales et Aromatiques cultivées dans le jardin de l'institut national des plantes médicinales et aromatiques– Taounate. Université Sidi Mohammed Ben Abdellah. Faculté des Sciences et Techniques. p44
10. **Baumgatner M., et Emonet E., 2007.** Les graines germées. Haute école de santé Genève. Filière Diététique.
11. **Ben Ahmed H., Mimouni H., Manaa A., et Zid E., 2010.** l'acide salicylique améliore la tolérance de la tomate cultivé (*Solanum lycopersicum*) à la contrainte saline, *Acta botanica gallica*, vol 157 : pp361 -368.
12. **Benabdelkader T., 2012.** Biodiversité, bioactivité et biosynthèse des composés

terpéniques volatils des lavandes ailées, *Lavandula stoechas* sensu lato, un complexe d'espèces méditerranéennes d'intérêt pharmacologique. Biologie végétale. Université Jean Monnet - Saint-Etienne, Français, France; Ecole normale supérieure de Kouba, Alger, Algérie.

13. **Bendjebel A., Benslama S., 2021.** Synthèse bibliographique sur l'effet du stress salin sur la germination et la croissance du blé dur (*Triticum durum* Desf.). p6.
14. **Bensalem G., 2015.** L'huile de lentisque (*Pistacia lentiscus* L.) dans l'est algérien caractéristiques physico-chimiques et composition en acides gras. Thèse de Magister, Université Constantine 1, Constantine. PP :117.
15. **Bonjean A., 2001.** Histoire de la culture des céréales et en particulier de celle de blé tendre (*Triticum aestivum* L.). Dossier de l'environnement de l'INRA, n° 21 : 29- 37.
16. **Bouabdallah M., Mahmoud H., Ghnaya T., Hannachi H., Taher A., Ouergh Z., et Chaffei-haouari C., 2022.** Spermidine as an elevator of salinity induces stress on two varieties of *Triticum Durum* Desf. p771.
17. **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(15) : 159-174.
18. **Boulal H., Zaghoun O., El mourid M., et Rewgui S., 2007.** Guide pratique de la conduite des céréales d'automne (blés et orges) dans le Maghreb. (Algérie, Maroc et Tunisie). Coédition ITGC/INRA/ICARDA. 176 p.
19. **Camara M.C., Vandenberghe L.P.S., Rodrigues C., Oliveira J., Faulds C., Bertrand E., & Soccol C.R., 2018.** Current advances in gibberellic acid (GA3) production, patented technologies and potential applications. *Planta*, 248, 1049–1062.
20. **Chen K., Li G.J., Bressan R.A., Song Ch. P., Zhu J.K., & Zhao Y., 2019.** Abscisic acid dynamics, signaling, and functions in plants. *Journal of Integrative Plant Biology*, 62(1), 25–54.
21. **Chmekh Z., 2010.** Analyse de la réponse de quelques génotypes de blé dur (*Triticum durum* L.) à la contrainte saline dans trois gouvernorats du centre de la Tunisie, Master en agronomie et biotechnologie végétale, Institut nationale agronomique de Tunisie, 4p.
22. **Ciura J., et Kruk J., 2018.** Phytohormones as targets for improving plant productivity and stress tolerance. *Journal of Plant Physiology*, 229, 32–40.
23. **Clavo M.M., Tzamourani A., Martinez-Alvarez O., 2021.** Halophytes as a potential source of melanosis-inhibiting compounds. Mechanism of inhibition of a characterized

- polyphenol extract of purslane (*Portulaca oleracea*).p1
24. Clerget Y., 2011. Biodiversité des céréales Origine et évolution: In La biodiversité des céréales et leur utilisation par l'homme. Société d'Histoire Naturelle du Pays de Montbéliard. Extrait de la vidéoconférence du Service éducatif du Muséum Cuvier de la Ville de Montbéliard. La biodiversité des céréales et leur utilisation par l'homme, 1-16.
 25. CNCC., 2018. Liste des variétés de céréales autogames autorisées à la production et à la commercialisation. Document de vulgarisation, El Harrach, Alger.
 26. Come D., 1982. Germination in croissance et développement. Physiologie végétale II, P.Mazliak (ed.), Hermann, Paris, 129-225.
 27. Daszkowska-Golec A., 2011. Arabidopsis seed germination under abiotic stress as a concert of action of phytohormones. OMICS. 15:763-774
 28. Deng C.N., Zhang G.X., Pan X.L, Zhao K.Y., 2010. Chlorophyll fluorescence and gas exchange responses of maize seedlings to saline alkaline stress. Bulg J Agric Sci; 16. P 49-58.
 29. Djanaguiraman M., Prasad P.V., Boyle D.L., et Schapaugh W.T., 2013. Soybean pollen anatomy, viability and pod set under high temperature stress. Journal of Agronomy and Crop Science, 199(3), 171-177.
 30. F.A.O., 2021. Article publié le 02/12/2021
 31. Feillet P., 2000. Le grain de blé : composition et utilisation. Edition INRA, France: 308p.
 32. Ferreres F., et Barberan F.A.T., 1986. Flavonoids from *Lavandula dentata*. Fitoterapia, 57, 199-200.
 33. Gören A.C., Topçu G., Bilsela G., Bilsela M., Aydoğmus Z., et Pezzuto J.M.Z., 2002. The chemical constituents and biological activity of essential oil of *Lavandula stoechas* ssp. *stoechas*. Z.Naturforsch. 57c 797- 800.
 34. Guerin-Fauble V., & Carret G., 1999. L'antibiogramme, principes, méthodologies, intérêts et limites. Journées nationales GTV-INRA, Nantes, France. pp: 5-12.
 35. Haddad L., Salmi M., Benmahammed A., Bouzerzour H., 2021. Place de la variété locale de blé dur (*Triticum durum* L. var Mohamed ben bachir) parmi les variétés phares et la nouvelle obtention 'Boutaleb' dans la région semi-aride de Sétif en Algérie .p77
 36. Hanana M., Hamrouni L., Cagnac O., et Blumwald E., 2011. Mecanismes et strategies cellulaires de tolerance a salinite (NaCl) chez les plantes. p124/126.

37. **Hassani A., Dellal A., Benkhodja M. et Kaid-Harche M., 2008.** Effet de la Salinité Sur L'eau et Certains Osmolytes Chez L'orge (*Hordeum Vulgare L.*) European Journal of Scientific Research. Vol.23, n°1, pp.61-69.
38. **Heller R., Esnault R., et Lance C., 2004.** Physiologie végétale II, développement. Ed., Dunod, Paris, Pp. 64-240.
39. **Hemelikova N., Žukauskaite A., Pospisil T., Miroslav S., Dolezal K., and Mik V., 2021.** Caged Phytohormones : From Chemical Inactivation to Controlled Physiological Response.p1
40. **Hopkins W.G., 2003.** Physiologie végétale traduction de la 2ème édition américaine par SERGE RAMBOUR. Révision scientifique de CHARLE MARIE EVRARD. Édition DEBOEK Université, Bruxelles : 66-81, 237-309, 362-514.
41. **IPTRID., 2006.** Conférence électronique sur la salinisation. Extension de la salinisation et stratégie de prévention et réhabilitation : 7/12
42. **Jabnoue M., 2008.** Adaptation des plantes au stress salin: caractérisation de transporteurs de sodium et de potassium de la famille HKT chez le riz. Manuscrit de thèse. p48
43. **Jahromi F., Aroca R., Porcel R., Ruiz-Lozano JM., 2008.** Influence of salinity on the in vitro development of *Glomus intraradices* and on the in vivo physiological and molecular responses of mycorrhizal lettuce plants. *Microbial Ecology*. 55:45-53
44. **Jean-Nicolas B., Marie-Christine P., et Philippe U.P., 2011.** Impact de la pollution saline sur la biocénose aquatique de la Moselle, LIEBE, 60p.
45. **Jullien J D., 2016.** Guide de reconnaissance Plantes hôtes potentielles de *Xylella fastidiosa* subsp. *multiplex* en France, Surveillance biologique du territoire (SBT) dans le domaine végétal, Symptôme d'une infection de *Xylella fastidiosa* subsp. *multiplex* sur *Polygala myrtifolia* – 1ère édition.
46. **Kazan K., 2015.** Diverse roles of jasmonates and ethylene in abiotic stress tolerance. *Trends in Plant Science*, 20(4), 219–229.
47. **Kim S.W., Goossens A., Libert C., Van Immerseel F., Staal J., & Beyaert R., 2020.** Phytohormones: Multifunctional nutraceuticals against metabolic syndrome and comorbid diseases. *Biochemical Pharmacology*, p175
48. **Kosova K., Vitamvs P., Prasil I.T., Renaut J., 2011.** Plant proteome changes under abiotic stress-Contribution of proteomics studies to understanding plant stress response. *J. Prot.* 7 4: 1301-1322.

49. **Latif H H., Mohamed H I., 2016.** Exogenous applications of moringa leaf extract effect on retrotransposon, ultrastructural and biochemical contents of common bean plants under environmental stresses. *South African Journal of Botany*. 106 : 221–231.
50. **Lili L., Baoshan W., 2021.** Protection of Halophytes and Their Uses for Cultivation of Saline-Alkali Soil in China. *Biology*. p1
51. **Liu Y, Ye N, Liu R, Chen M, Zhang J., 2010.** H₂O₂ mediates the regulation of ABA catabolism and GA biosynthesis in Arabidopsis seed dormancy and germination. *Journal of Experimental Botany*. 61:2979-2990
52. **Lloyd G.R., Craig D.Q.M., Smith A.A., 1999.** calorimetric investigation into the interaction between paracetamol and polyethylene glycol 4000 in physical mixes and solid dispersions. *Eur JPharm Biopharm.*, 48(1), 59-65.
53. **Lopes M., Silva A.S., Castilho M., Cavaleiro C., Ramos F., 2021.** Halophytes as source of bioactive phenolic compounds and their potential applications.p1
54. **Luu D.T., 2020.** Comment les plantes supportent-elles un régime salé ? *Encyclopédie de l'Environnement* .p7
55. **Mahjoubi H., 2018.** Nouvelle stratégie d'amélioration de la productivité végétale en condition de stress environnemental via un meilleur contrôle du cycle cellulaire (Doctoral dissertation). p27
56. **Majumder A.L., Sengupta S., and Goswami L., 2010.** Osmolyte regulation in abiotic stress.Chap. 16. Dans *Abiotic stress adaptation in plants: Physiological, molecular and genomic foundation*. Sous la direction d'A. Pareek, S.K. Sopory, H.J. Bohnert et Govindjee.p. 349–370.
57. **Marcheix J-J., Fleuriet A., Allemand C-J., 2005.** les composés phénoliques des végétaux : un exemple de métabolites secondaires d'importance économique . *PPUR presses polytechniques* . Pp 216
58. **MADR., 2017.** Statistique agricole de Production céréalière dans l'Algérie.p1
59. **Martínez-Moreno F, Solís I, Noguero D, Blanco A, Özberk İ, Nsarellah N, Elias E, Mylonas I, Soriano JM, 2020.** Durum wheat in the Mediterranean Rim: Historical evolution and genetic resources. *Genetic Resources and Crop Evolution* 2020. p87
60. **Maruri-López I, Aviles-Baltazar N.Y., Buchala A., & Serrano M., 2019.** Intra and extracellular journey of the phytohormone salicylic acid. *Frontiers in Plant Science*, 10, 423.
61. **Mazepa E., Malburg BV., Mogor G C., de Oliveira A., Amatussi J O., Correa D O., Lemos J S., Ducatti DRB., Duarte MER., Mogor AFM., Nosedá MD., 2021.**

Références bibliographiques

- Plant growth biostimulant activity of the green microalga. *Desmodesmus subspicatus*. *Algal Research*. 59: 102434.
62. **Mazoyer M., 2002.** Larousse agricole. Edit ; Paris. P320-321,673.
63. **Mehida K., 2021.** Libération contrôlée de l'acide salicylique et l'esomprazole a partir de différentes formulations. thèse doctorat p110-111.
64. **Metwaly E E., & El-Shatoury R.S., 2017.** Impact of foliar application with salicylic acid on growth and yield of potato (*Solanum tuberosum* L.) under different irrigation water quantity. *Journal of Plant Production*, 8(10), 969–977
65. **Meyer S., Reeb C., Bosdeveix R., 2004 :** Botanique, biologie et physiologie végétale. Ed. Moline, paris, p 461.
66. **Miura K., et Tada Y., 2014.** Regulation of water, salinity, and cold stress responses by salicylic acid. *Frontiers in PLANT SCIENCE*. Yuriko Osakabe, RIKEN Plant Science Center, Japan, 5(4): 12 P.
67. **Mutlu-Durak H., Kutman BY., 2021.** Seed Treatment with Biostimulants Extracted from Weeping Willow (*Salix babylonica*) Enhances Early Maize Growth. *Plants*.10: 1449.
68. **Mwando E., Han Y., Angessa T T., Zhou G., Hill CB, Zhang X Q., et al., 2020.** Genome-wide association study of salinity tolerance during germination in barley (*Hordeum vulgare* L.). *Frontiers in Plant Science*.11:118
69. **Nedjah I., 2015.** Changements physiologiques chez des plantes (Blé dur *Triticum durum* Desf.) exposées à une pollution par un métal lourd (plomb).p3
70. **Norbova M., Vollmannova A., Lidikova J., 2021.** Phytohormones.lovak University of Agriculture in Nitra, Institute of Food Science, Department of Chemistry, Slovakia.242-246.
71. **Ondo EO., 2014.** Caractérisation d'une collection de variétés anciennes de blé pour leur réponse à la mycorhization et impact sur la qualité du grain. Thèse de doctorat.Université de Bourgogne.157p. p21
72. **Ouaja M., Bahri B., Sahbi F., Medini M., 2021.** SNP-based Genetic Structure of Tunisian Durum Wheat Landraces and Distribution of the Resistance to Septoria Tritici Blotch.p2
73. **Prabhakaran S., Abinaya M., Byoung R.J., 2019.** Different Antioxidant Defense Systems in Halophytes and Glycophytes to Overcome Salinity Stress. *sabkha ecosystems*.p336

74. **Rifna E.J., Ratish Ramanan K., Mahendran R., 2019.** Emerging technology applications for improving seed germination. Trends in Food Science & Technology. p95
75. **Rojas-Tapias D., Moreno-Galvan A., Pardo-Diaz S., Obando M., Rivera D. et Bonilla R., 2012.** Effect of inoculation with plant growth-promoting bacteria (PGPB) on amelioration of saline stress in maize (*Zea mays*). Appl. Soil Ecol. 61: 264-272.
76. **Rui G., Long Z., Kaijan Z., Huiying L., Nadeem B., and Chunwu Y., 2021.** Comparative Genomics and Transcriptomics of the Extreme Halophyte *Puccinellia tenuiflora* Provides Insights into Salinity Tolerance Differentiation between Halophytes and Glycophytes. p2
77. **Salehi-Lisar S.Y., Bakhshayeshan A.H., 2016.** Drought Stress in Plants: Causes, Consequences, and Tolerance. Springer International Publishing Switzerland. 1 (1): 1-16.
78. **Sampath K.I., Ramgopal R.S., et Vardhini B.V., 2015.** Role of Phytohormones during Salt Stress Tolerance in Plants. Current Trends in Biotechnology and Pharmacy. Vol. 9. n°=4.pp. 334-343.
79. **Schuhwerk, D., Nakhforoosh, A., Kutschka, S., Bodner G. and Grausgruber H. 2011.** Field screening of durum wheat (*Triticum durum Desf.*) for drought tolerance. Tagung der Vereinigung der Pflanzenzüchter und Saatgutkaufleute Österreichs, 61: 147–154.
80. **Shah T., Khan A.Z., Numan M., Ahmed W., Zahoor M., Ullah M., and Jalal A., 2017.** Nutrient uptake and yield of wheat varieties as influenced by foliar potassium under drought condition. Cercetari Agronomice in Moldova, 50(2): 5-20.
81. **Shumsul H., Aqil A., et Nasser A., 2013.** Salicylique acid plant Growth and development, p105.
82. **Soltner D., 2007.** Les bases de la production végétale tome III, la plante. Ed collection sciences et techniques agricole Pais, 304 p
83. **Sosa S., et Altinier G., 2005.** Extracts and constituents of *Lavandula multifida* with topical anti-inflammatory activity. Phytomedicine 12(4): 271-277.
84. **Souguir M., Fraj H., et Hannachi C., 2013.** Effect of NaCl priming on seed germination of tunisian fenugreek (*Trigonella foenum-graecum L.*) under salinity conditions, Journal of Stress Physiology & biochemistry 9 (2), 136p
85. **Surget A., et Barron C., 2005.** Histologie du grain de blé. Industrie des céréales, 3-7.

86. **Tania S S., Rhaman M S., Rauf F., Rahaman M., Kabir M H., Md. Hoque A., Murata Y., 2022.** Alleviation of Salt-Inhibited Germination and Seedling Growth of Kidney Bean by Seed Priming and Exogenous Application of Salicylic Acid (SA) and Hydrogen Peroxide (H₂O₂). *Seeds I*, 87–98.
87. **Vlshwakarma K., Upadhyay N., Kumar N., Yadav G., Singh J., Mishra R.K., Kumar V., Verma R., Upadhyay R.G., Pandey M., & Sharma S., 2017.** Abscisic acid signaling and abiotic stress tolerance in plants: a review on current knowledge and future prospects. *Frontiers in Plant Science*, 8, 161.
88. **Vob U., Bishopp A., Farcot E., and Bennett M.J., 2014.** Modelling hormonal response and development. *Trends in Plant Science*, 19(5), 311–319.
89. **Wahid A., Perveena M., Gelania S., Basra SMA., 2007.** Pretreatment of seed with H₂O₂ improves salt tolerance of wheat seedlings by alleviation of oxidative damage and expression of stress proteins. *Journal of Plant Physiology*. 2007;164:283-294
90. **Zaman-allah M., Sifi B., et El Aouni M.H., 2009.** Paramètres agronomiques liés à la tolérance au sel chez le haricot (*Phaseolus vulgaris L.*). *BASE*
91. **Zhang Y., and Li X., 2019.** Salicylic acid: biosynthesis, perception, and contributions to plant immunity. *Current Opinion in Plant Biology*, 50, 29–36.
92. **Ziat N.H., Brinis A., Ayadi S., Amara H., et Brinis L., 2022.** Evaluation of salinity tolerance by leaf synthesis of natural osmoprotectants in durum (*Triticum durum Desf.*) at a juvenile stage. p2991.
93. **Zörb C., Geilfus C M., Dietz KJ., 2019.** Salinity and crop yield. *Plant Biology* 21:31-38

Annexes



Annexes

Annexe A : La précocité de germination

Nacl					Moyenne	Ecart-type	
0 meq	A,S absent	HYDRO absent	PISTA absent	24h	11,6667	2,88675	
				48h	70,0000	5,00000	
			présent	absent	24h	21,6667	2,88675
					48h	36,6667	7,63763
	présent	absent	absent	24h	5,0000	5,00000	
				48h	38,3333	7,63763	
				24h	8,3333	2,88675	
				48h	36,6667	2,88675	
150meq	absent	absent	absent	24h	3,3333	5,77350	
				48h	23,3333	10,40833	
			présent	absent	24h	10,0000	5,00000
					48h	28,3333	2,88675
	présent	absent	absent	24h	5,0000	5,00000	
				48h	31,6667	10,40833	
				24h	5,0000	0,00000	
				48h	25,0000	5,00000	
250meq	absent	absent	absent	24h	0,0000	0,00000	
				48h	0,0000	0,00000	
			présent	absent	24h	10,0000	0,00000
					48h	26,6667	2,88675
	présent	absent	absent	24h	0,0000	0,00000	
				48h	10,0000	0,00000	
				24h	0,0000	0,00000	
				48h	23,3333	7,63763	

Annexe B : La longueur de radicule.

Nacl				Moyenne	Ecart-type
0 meq	A,S absent	HYDR absent	PISTA absent	53,3333	3,81881
			présent	40,2500	,75000
	présent	absent	absent	45,0000	1,39194
			absent	51,0000	1,88746
150meq	absent	absent	absent	18,2500	1,14564
			présent	31,6667	1,66458
	présent	absent	absent	27,3333	2,02073
			absent	24,2500	5,62917
250meq	absent	absent	absent	0,0000	0,00000
			présent	27,3333	1,46487
	présent	absent	absent	21,9167	2,24072
			absent	19,2500	3,12250

Annexes

Annexe C : Taux finale de germination.

Nacl				Moyenne	Ecart-type
0 meq	A,S absent	HYDR absent	PISTA absent	90,0000	5,00000
			présent	81,6667	2,88675
	présent	présent	absent	66,6667	5,77350
		absent	absent	71,6667	5,77350
150meq	absent	absent	absent	41,6667	2,88675
			présent	70,0000	8,66025
	présent	présent	absent	53,3333	2,88675
		absent	absent	53,3333	2,88675
250meq	absent	absent	absent	0,0000	0,00000
			présent	65,0000	5,00000
	présent	présent	absent	43,3333	2,88675
		absent	absent	50,0000	5,00000

Annexe D : Dosage des sucres Solubles.

Nacl				Moyenne	Ecart-type
0 meq	A,S absent	HYDR absent	PISTA absent	2,3241	,24368
			présent	2,2405	,09046
	présent	présent	absent	2,3158	,06638
		absent	absent	2,3241	,05223
150meq	absent	absent	absent	2,9848	,12628
			présent	3,2357	,06314
	présent	présent	absent	3,1270	,03833
		absent	absent	3,0685	,02509
250meq	absent	absent	absent	3,9633	,20280
			présent	4,9418	,10140
	présent	présent	absent	4,4150	,18998
		absent	absent	4,3093	,09551

Annexes

Annexe E : Dosage des polyphénols.

acide gallique	0,5 mg	0,25 mg	0,15 mg	0,1 mg	Hydrolat	Pistachier
1	1,063	0,665	0,391	0,322	0,018	3
2	1,168	0,562	0,406	0,122	0,018	3
3	2,133	1,03	0,415	0,277	0,018	3

Annexe F : Dosage des Flavonoïdes.

Quercétine	0,5 mg	0,25 mg	0,15 mg	0,1 mg	Hydrolat	Pistachier
1	0,215	0,173	0,119	0,075	0,144	3
2	0,374	0,208	0,149	0,065	0,154	3
3	0,064	0,052	0,025	0,017	0,146	3