

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Ibn Khaldoun–Tiaret
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département de Biologie



Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master académique

Domaine: Sciences de la Nature et de la Vie

Filière: Sciences Biologiques

Spécialité: Génétique moléculaire et amélioration des plantes

Présentées par:

BOUCHEKIFA Amel

MAHBOUB Sarra

SEDDIK Lamia

Thème

**Effet d'huile d'armoise blanche sur la germination de
blé dur (*Triticum durum Desf*) sous stress salin**

Soutenu publiquement le Juin 2025

Jury:

Présidente M^{me} LAHOUAL Habiba

Examinatrice: M^{me} REGAGBA Zineb

Encadrante : M^{me} ZERROUKI Mimouna

Grade

Professeur

M CB

MCB

Année universitaire 2024-2025



Remerciements

Nous remercions Dieu Tout-Puissant qui nous a accordé la patience, la force et la persévérance nécessaires pour mener à bien ce travail académique.

Nous exprimons notre profonde gratitude à notre encadrante, Madame ZERROUKI Mimouna, pour ses précieux conseils, son accompagnement constant et son soutien tout au long de ce projet.

Nous adressons également nos sincères remerciements aux membres du jury, en particulier Madame LAHOUEL Habiba, en tant que présidente du jury, et Madame Regagna Zineb, en tant qu'examinatrice, pour le temps qu'elles ont consacré à l'évaluation de notre travail et pour leurs remarques pertinentes qui ont enrichi notre recherche.

Nous tenons aussi à exprimer toute notre reconnaissance à Monsieur HADEF Omar, l'oncle de notre collègue Sarah, pour son aide précieuse et son soutien généreux, qui ont grandement facilité certaines étapes de notre travail.

Enfin, nous remercions chaleureusement toutes les personnes qui nous ont soutenues, de près ou de loin, tout au long de ce parcours académique.



Dédicace

À mon père Lakhder, pour sa présence constante et son soutien tout au long de ce parcours.

À ma mère ABBAS Abdia, pour son affection et ses prières qui m'ont accompagnée jusqu'ici.

À ma grand-mère Oum El Kheir, dont les invocations m'ont toujours portée dans les moments difficiles.

À mes frères et sœurs : Habib, Manel, Khaled, Mohamed et Israa, merci pour votre présence et vos encouragements.

À mes chères amies :

Noura Zhou, pour son soutien fidèle,
Allal Alia, amie d'enfance toujours proche malgré les années,
et Daid Souhila, pour son amitié sincère.

À ma tante, à mes oncles et tantes,
à tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à ce chemin par un mot, un geste ou une pensée bienveillante.

Je vous dédie ce travail avec reconnaissance..

Lamia



Dédicace

Je dédie ce projet :

À mon cher père, Saad,
Qui n'a jamais cessé de m'encourager, de me soutenir dans les moments difficiles, et de croire en moi pour atteindre mes objectifs.

À ma chère mère, Ghania,
Dont l'amour, les prières et les sacrifices silencieux ont illuminé mon chemin tout au long de mes études.

À mes frères, Abdenour et Mustapha,
Pour leur affection, leur présence rassurante et leur soutien constant.

À ma chère sœur, Makhtaria,
Pour ses paroles douces, son attention et son soutien moral inestimable.

À mon oncle, HADEF Omar,
Pour ses conseils précieux et sa présence bienveillante à chaque étape de mon parcours.

À mes chères collègues et amies, Lamia et Amel,
Pour leur entraide, leur amitié et leur soutien précieux pendant ce travail.

À toutes mes amies fidèles,
Pour leur soutien indéfectible et leur patience infinie.

À toute ma famille,
Merci d'avoir été là, chacun à sa manière.

Sarra





Dédicace

À mon père bien-aimé,
Pour ses sacrifices silencieux et son amour discret, depuis mon enfance jusqu'à
aujourd'hui. Que Dieu te protège et te récompense pour tout ce que tu as donné sans rien
attendre en retour.

À ma mère douce et lumineuse,
Ton amour, tes prières et la chaleur de ton cœur ont toujours été mon refuge dans la
tourmente. Tu es la source de ma force. Que Dieu te garde précieusement.

À mes frères et sœur, Abdelstar, Mohamed et Nassira,
Merci pour votre amour sincère et votre soutien constant dans les moments les plus
difficiles.

À ma grande famille,
À mes oncles et tantes de la famille BOUCHEKIFA, et à mes oncles et tantes maternels
de la famille BELMISSOUM, merci pour votre affection, votre fierté et votre présence
réconfortante dans ma vie.

À mes chers amis,
Des bancs de l'école aux amphithéâtres de l'université, et tout particulièrement à ceux
qui m'ont accompagnée dans cette aventure scientifique : vous avez transformé la fatigue
en souvenirs inoubliables. Merci du fond du cœur.

Amel

Résumé :

Dans le contexte de l'augmentation continue de la salinité des sols, notamment dans les régions semi-arides algériennes, le blé dur (*Triticum durum Desf.*) fait face à des contraintes majeures qui compromettent sa productivité, en particulier aux stades de la germination et de la croissance initiale. La présente étude vise à évaluer la tolérance au stress salin de trois génotypes de blé dur : *Oued El Bared*, *Siméto* et *Vitron*, ainsi qu'à examiner l'effet potentiel de l'extrait huileux d'*Artemisia herba-alba* (armoise blanche) en tant que biostimulant naturel permettant d'atténuer les effets du sel.

L'expérimentation a été réalisée dans des conditions contrôlées en utilisant quatre concentrations de NaCl (0, 50, 100 et 150 mM), avec et sans ajout de l'huile essentielle. Plusieurs paramètres ont été évalués, notamment des indicateurs morphologiques (longueur des feuilles et des tiges), physiologiques (teneur relative en eau, teneur totale en chlorophylle) et biochimiques (teneurs en proline et en sucres solubles totaux), afin d'estimer la capacité de tolérance des génotypes testés. Une deuxième série de tests a été consacrée à l'étude de l'effet de l'huile essentielle sur le taux et la cinétique de germination en conditions salines.

Les résultats ont montré une baisse marquée de la croissance, de la teneur en eau et du taux de chlorophylle avec l'augmentation de la salinité. En revanche, une accumulation significative de proline et de sucres solubles a été observée, témoignant d'une réponse adaptative des génotypes. Le génotype *Oued El Bared* s'est distingué par une meilleure stabilité hydrique, atteignant une teneur relative en eau de 70,2 % à 100 mM de NaCl, tandis que *Siméto* a affiché des taux de germination élevés malgré le stress. L'application de l'huile d'armoise a permis une nette amélioration du taux de germination, notamment chez *Vitron*, passant de 52 % (témoin salin) à 71 % (avec huile) à 100 mM de NaCl, en plus d'une accélération de la cinétique de germination.

Ces résultats suggèrent que l'huile essentielle d'*Artemisia herba-alba* représente une alternative naturelle et technologique prometteuse pour renforcer la tolérance au sel chez certaines variétés de blé dur, tout en soulignant la nécessité d'approfondir les recherches sur ses mécanismes d'action en conditions agricoles réelles.

Les mots clés : Blé dur, Stress salin, Huile d'Artemisia , Paramètres physiologiques, Paramètres biochimiques, Germination, Tolérance.

الملخص:

في سياق التزايد المستمر في ظاهرة ملوحة التربة، خاصة في المناطق شبه القاحلة الجزائرية، يواجه القمح القاسي (*Triticum durum Desf.*) تحديات كبيرة تهدد إنتاجيته، لاسيما خلال مراحل الإنبات والنمو الأولي. تهدف هذه الدراسة إلى تقييم درجة تحمل ثلاثة طرز وراثية من القمح القاسي، وهي Oued El Bared، *Sémito* و *Vitron*، للإجهاد الملحي، بالإضافة إلى دراسة التأثير المحتمل للمستخلص الزيتي لنبته (*Artemisia herba-alba* الشيح الأبيض) باعتباره محفزًا حيويًا طبيعيًا للتخفيف من آثار الملوحة.

نُفذت التجربة تحت ظروف مضبوطة، باستخدام أربع تراكيز من (0 NaCl، 50، 100، و 150 ملي مكافئ/ملي مول)، مع وبدون إضافة الزيت الأساسي. تم تقييم مؤشرات مورفولوجية (طول الأوراق والساق)، فسيولوجية (النسبة النسبية لمحتوى الماء، نسبة الكلوروفيل الكلي)، وبيوكيميائية (محتوى البرولين والسكريات الذائبة الكلية) لتحديد قدرة الطرز الوراثية على تحمل الملوحة. كما حُصص جزء من الدراسة لتقييم تأثير الزيت العطري على معدل الإنبات ووتيرته تحت ظروف الإجهاد الملحي.

أظهرت النتائج أن زيادة الملوحة أدت إلى انخفاض في النمو، النسبة المئوية، ومستوى الكلوروفيل، بينما سُجّل تراكم واضح لكل من البرولين والسكريات الذائبة، ما يعكس استجابة تكيفية لدى الأصناف. تميّز صنف *Oued El Bared* باستقرار مائي جيد، حيث سُجّل محتوى مائي نسبي بلغ 70.2% عند تركيز 100 ملي مكافئ، فيما سجل *Simeto* نسب إنبات مرتفعة رغم الإجهاد. وقد أدى استعمال زيت *Artemisia herba-alba* إلى تحسين واضح في نسب الإنبات، خاصة عند صنف *Vitron*، حيث ارتفعت من 52% إلى 71% عند تركيز 100 ملي مكافئ، مع تسريع وتيرة الإنبات مقارنة بالشاهد.

تشير هذه النتائج إلى أن الزيت العطري لنبته *Artemisia herba-alba* يُمكن أن يُمثل خيارًا طبيعيًا وتكنولوجيًا واعدًا لتحسين قدرة تحمل الملوحة لدى بعض أصناف القمح القاسي، مما يستدعي مزيدًا من البحث لتوضيح آليات تأثيره في ظروف الزراعة الحقلية. الكلمات المفتاحية: القمح الصلب، الإجهاد الملحي، زيت الشيح، المعايير الفسيولوجية، المعايير البيوكيميائية، الإنبات، التحمل.

Abstract :

In the context of the ongoing increase in soil salinity, particularly in semi-arid regions of Algeria, durum wheat (*Triticum durum Desf.*) faces major challenges that significantly threaten its productivity, especially during germination and early growth stages. This study aims to evaluate the salinity tolerance of three genotypes of durum wheat: *Oued El Bared*, *Sémito*, and *Vitron*, as well as to investigate the potential effect of the essential oil extract of *Artemisia herba-alba* (white wormwood) as a natural biostimulant to mitigate salt stress.

The experiment was conducted under controlled conditions using four concentrations of NaCl (0, 50, 100, and 150 mM), both with and without the addition of the essential oil. Several parameters were assessed, including morphological indicators (leaf and stem length), physiological parameters (relative water content, total chlorophyll), and biochemical markers (proline and total soluble sugars) to estimate the genotypes' tolerance capacity. A second part of the study focused on evaluating the effect of the essential oil on germination rate and kinetics under saline conditions.

The results revealed a noticeable decline in growth, water content, and chlorophyll levels with increasing salinity. However, a significant accumulation of proline and soluble sugars was observed, indicating an adaptive response by the genotypes. *Oued El Bared* stood out with better water stability, recording a relative water content of 70.2% at 100 mM NaCl, while *Sémito* exhibited high germination rates despite the stress. The application of *Artemisia herba-alba* oil significantly improved germination, particularly in *Vitron*, where the rate increased from 52% (saline control) to 71% (with oil) at 100 mM NaCl, alongside an accelerated germination process.

These findings suggest that the essential oil of *Artemisia herba-alba* could serve as a promising natural and technological alternative to enhance salt tolerance in certain durum wheat varieties. Further research is required to better understand its mechanisms of action under real agricultural conditions.

Keywords: Durum wheat, Salt stress, *Artemisia* oil, Physiological parameters, Biochemical parameters, Germination, Tolerance.

Table des matières

Remerciements.....	
Dédicace.....	
Résumé :.....	
Introduction.....	

Partie bibliographique

Chapitre I :

Blé dur

1. Généralités	5
1.2. Origine	5
1.3. Classification botanique.....	6
1.4. Description de blé dur.....	6
1.5. Importance économique du blé dur.....	7
1.5.1. Dans le monde.....	7
1.5.2. En Algérie	8
1.6. Cycle de développement du blé dur.....	8
1.6.1. La phase végétative.....	8
1.6.2. La phase reproductive	9

Chapitre II :

Le stress salin

1. Définition de la salinité.....	12
2. Types de salinité	Erreur ! Signet non défini.
2.1 La salinité primaire	12
2.2. La salinité secondaire.....	12
3. Effet de la salinité sur la plante.....	12
3.1. Effet de la salinité sur la germination	13
3.1.1. Effet osmotique.....	13
3.1.2. Effet toxique.....	13
3.2. Effet de la salinité sur la morphologie de la plante.....	13
3.2.1. Effet de la salinité sur l'architecture de la plante.....	13

Table des matières

3.2.2. Effet de la salinité sur la partie aérienne	14
3.2.3. Effet de la salinité la partie racinaire	14
3.3. Effet de la salinité sur la physiologie de la plante:	14
3.3.1. Effet de la salinité sur les échanges gazeux et la photosynthèse	15
3.3.2.Effet sur de la salinité sur physiologie de la reproduction.....	15
3.3.3. Effet sur de la salinité sur le rendement agronomique.....	15
4. Mécanismes de la tolérance des plantes à la salinité	16
4.1. Exclusion des ions.....	16
4.2. Compartimentation	16
3.3. Ajustement osmotique	17
4.4.4. Régulation de la croissance.....	17
4.5. Le contrôle membranaire	17

Chapitre III : L'armoise blanche

I. Armoise blanche	20
1. Généralité	20
2.Origine de la plante	20
3. Classification d'artimisia helba arba	20
4. Caractère botanique de la plante	21
5. Caractère Biogéographique de plante	21
6. Caractère écologie de la plante	22
7. Composition chimique de la plante.....	22
II. Huile essentielle d'armoise blanche.....	23
1. Généralité	23
2. Intérêts et utilisations de l'armoise blanche 2.1. Utilisation industrielle.....	23
3. Composition chimique	23

Table des matières

Partie expérimentale

Chapitre IV: Matériels et méthodes

Matériels et méthodes	26
I. L'essai 1	26
1. Objectif de l'essai 1	26
2. Matériel végétal utilisé.....	26
3. Conditions de l'expérimentation.....	27
3.1. Localisation de l'essai.....	27
3.2. Mise en germination et traitement salin (Témoin).....	27
.....	28
4. Paramètres mesurés.....	29
4.1. Paramètres physiologiques.....	29
4.1.1. Teneur relative en eau	29
4.1.2. Chlorophylle	30
4.2. Paramètres morphologiques.....	31
4.2.1. Longueur des feuilles(LF).....	31
4.2.2. Longueur des racines	32
4.3. Paramètres biochimiques	32
4.3.1. Dosage des sucres soluble.....	32
4.3.2. Dosage de proline	33
II. Essai 02	34
1. L'objectif de l'essai 2.....	34
2. Caractéristiques de la région de récolte	34
2.1. Caractère climatique de la région	35
3. Expérimentation au Laboratoire	35
3.1. Extraction d'huile d'armoise blanche.....	35
3.1.1. Hydrodistillation et décantation	35
3.2. Paramètre mesuré.....	36
3.2.1. Le rendement d'huile d'armoise	36
3.3. L'application d'huile d'armoise sur les grains de blé dur.....	37
3.3.1. Préparation de la solution d'huile essentielle à 0,5 ppm.....	37

Table des matières

3.3.2. Traitement des graines à l'huile essentielle et mise en germination sous stress salin	37
3.4. Les paramètres étudiés	37
Les paramètres étudiés au cours de ce travail sont :	37
3.4.1. Taux de germination final	37
3.4.2. Cinétique de germination	38

Partie expérimentale

Chapitre V: Résultats et discussion

I. L'essai 01	40
1. Paramètres physiologiques	40
1.1. Teneur relative en eau	40
1.2. Chlorophylle a	42
1.3. Chlorophylle b	43
1.4. Chlorophylle totale	44
2. Paramètres morphologiques	44
2.1. Longueur des feuilles	44
2.2. Longueur des racines :	46
3. Paramètres biochimiques	47
3.1. Taux des sucres	47
3.2. Teneur en proline	48
L'Essai N° 02	50
1. Rendement d'huile d'armoise blanche	50
2. Taux de germination	51
2. Cinétique de germination	53
Discussion :	57
Conclusion	65
Références bibliographiques	66
Annexes	79

Liste des figures

N° de tableau	Le titre	N° du Page
01	Classification botanique de blé dur	6
02	Nom et origine et caractéristiques du matériel végétal utilisé dans l'expérimentation	26
03	Différentes concentration des solutions saline	27
04	Composition chimique de milieu de culture Knop.	28
05	Effet du génotype, de traitement stress salin et de leurs interactions sur le Taux de germination mesurés chez les 3 génotypes.	40
06	Résultats moyenne de la teneur relative en eau chez les génotypes testés et sous les quarts traitements salins appliqués (0, 50, 100, 150mM).	41
07	Résultats moyenne de chlorophylle chez les génotypes testés et sous les quarte traitements salin appliqués (0, 50, 100, 150mM).	42
08	Effet du génotype, de traitement stress salin et de leurs interactions sur le paramètre morphologiques mesurés chez les 3 génotypes.	44
9	Résultats moyenne des paramètres morphologiques chez les génotypes testés et sous les quarte traitements salin appliqués (0, 50, 100, 150mM).	46
10	Effet du génotype, de traitement stress salin et de leurs interactions sur le paramètre biochimiques mesurés chez les 3 génotypes.	47
11	Résultats moyenne des paramètres biochimiques chez les génotypes testés et sous les quarte traitements salin appliqués (0, 50, 100, 150mM).	48
12	Rendement d'huile essentielle d' <i>Artemisia</i> Herba Alba	50
13	Effet du génotype, de traitement stress salin et de leurs interactions sur le Taux de germination mesurés chez les 3 génotypes.	51

Liste des figures

N° de figure	Le titre	N° du Page
01	Cycle de développement de blé sur	10
02	Répartition géographique d' <i>Artemisia herba –alba</i> en Algérie	21
03	les trois variétés de blé dur	27
04	Dispositif experimental	28
05	Dispositif expérimental	29
06	a) Pesée de l'échantillon foliaire sur balance électronique (pf), b) l'échantillon foliaire après séchage (ps).	30
07	Incubation foliaire dans l'eau distillée (24 h à 4 °C), (pr).	30
08	Préparation de l'extrait de chlorophylle par broyage manuel des feuilles.	31
09	Mesure de la croissance initiale (feuilles) après germination.	31
10	Mesure de la croissance initiale (racines) après germination.	32
11	Tubes dans lesquels le mélange après ébullition d'un bain-marie pendant 30 minutes.	33
12	Répartition géographique d' <i>artimisia herba alba</i> en Algérie	34
13	Dispositif d'hydrodistillation.	35
14	a) décantation d'huile, b) L'huile obtenu.	36
15	Résultats moyenne du taux final de germination en absence d'huile sous différentes concentrations de sel (0, 50, 100 et 150 mM) chez trois génotypes de blé dur	52
16	Résultats moyenne du taux moyen final de germination en présence d'huile sous différentes concentrations de sel (0, 50, 100 et 150 mM) chez trois génotypes de blé dur	53

Liste des figures

17	Effets de différentes concentrations de NaCl sur la cinétique de germination de la variété <i>Oued El Bared</i> en absence d'huile	54
18	Effets de différentes concentrations de NaCl sur la cinétique de germination de la variété <i>Oued El Bared</i> en présence d'huile	54
19	Effets de différentes concentrations de NaCl sur la cinétique de germination de la variété <i>Siméto</i> en absence d'huile	55
20	Effets de différentes concentrations de NaCl sur la cinétique de germination de la variété <i>siméto</i> en présence d'huile	55
21	Effets de différentes concentrations de NaCl sur la cinétique de germination de la variété de blé dur <i>vitron</i> en absence d'huile	56
22	Effets de différentes concentrations de NaCl sur la cinétique de germination de la variété de blé dur <i>vitron</i> en présence d'huile	56

Liste des abbreviations

Cl :	Chlore
Na :	Sodium
K :	Potassium
TRE :	Teneur en eau relative
RWC :	Relative Water Content
meq/mmol :	Milliéquivalents par milli mole
mM :	Millimole
Fe :	Fer
Mn :	Manganèse
Mo :	Molybdène
Cu :	Cuivre
Zn :	Zinc
B :	Bore
Ppm :	Parties par million
Pf :	Poids frais
Ps :	Poids sec
Pr :	Poids réhydratation
MF :	Matière fraîche
Pf :	Poids frais
PM :	Poids moléculaire.
PSF :	Le poids spécifique foliaire.
PS :	Poids sec.
PT :	Poids de la pleine turgescence.
TRE :	Teneur relative en ea
AFNOR :	Association Française de Normalisation
DMSO :	Diméthylsulfoxyde

Introduction

Introduction

Les céréales occupent une place centrale dans les systèmes agricoles mondiaux en raison de leur contribution essentielle à la sécurité alimentaire. Parmi elle, le blé dur (*Triticum durum* Desf.) joue un rôle stratégique, fournissant plus de 20 % des besoins caloriques et protéiques de la population mondiale. Cependant, la durabilité de sa production est menacée par divers stress abiotiques, au premier rang desquels figure la salinité, qui altère la croissance, la germination et le rendement des cultures (Slama et al., 2005 ; Khan et al., 2023).

À l'échelle mondiale, plus de 954 millions d'hectares de terres agricoles sont affectés par ce phénomène. L'Algérie n'est pas épargnée, avec environ 3,2 millions d'hectares touchés (Hamdy, 1999). Cette salinisation est favorisée par des conditions climatiques arides à semi-arides, caractérisées par une faible pluviométrie et une forte évaporation, entraînant une accumulation progressive des sels dans le sol (Hayek et al., 2004).

Parmi les différentes phases du développement végétal, la germination est particulièrement vulnérable à ce stress, car l'excès de sels perturbe l'équilibre hydrique et ionique des graines, compromettant leur viabilité et la vigueur des jeunes plantules. À l'échelle physiologique, la salinité réduit la croissance, provoque un déséquilibre osmotique, ferme les stomates et diminue la photosynthèse. Sur le plan biochimique, elle induit la production d'espèces réactives de l'oxygène (ROS), responsables de dommages aux membranes, aux protéines et à l'ADN. En réponse, les plantes activent des mécanismes de défense, notamment l'expression de gènes codant pour des enzymes antioxydantes et des transporteurs ioniques impliqués dans la régulation du sodium intracellulaire (Khan et al., 2023). Dans ce contexte, le recours à des variétés tolérantes reste une stratégie de premier ordre pour sécuriser la production.

En parallèle, des approches alternatives basées sur l'utilisation de biostimulants naturels suscitent un intérêt croissant. Les huiles essentielles, en raison de leur richesse en composés bioactifs tels que les flavonoïdes, les phénols et les terpènes, se révèlent prometteuses pour renforcer la tolérance des plantes aux contraintes abiotiques. Ces molécules favorisent l'équilibre osmotique, limitent les dommages oxydatifs et stimulent les systèmes antioxydants endogènes (Ben Abdallah et al., 2024). À titre d'exemple, l'huile essentielle de romarin (*Rosmarinus officinalis*) a démontré son efficacité sur le blé dur, en réduisant les fuites d'électrolytes et l'accumulation de malondialdéhyde, tout en augmentant l'activité enzymatique antioxydante.

Dans cette dynamique, l'*Artemisia herba-alba* ou armoise blanche, plante typique des régions arides d'Afrique du Nord, attire l'attention. Elle est connue pour ses propriétés pharmacologiques

Introduction

liées à sa composition en monoterpènes, flavonoïdes et sesquiterpènes (**Baba Aissa, 2000 ; Ben Hsouna et al., 2021**). Des recherches récentes ont mis en évidence que ses extraits, notamment l'huile essentielle, améliorent la germination et la croissance sous stress salin, en réduisant les effets des ROS, en protégeant les membranes cellulaires et en stimulant les défenses antioxydantes (**Dhouib et al., 2023 ; Kharoubi et al., 2022**).

Le choix de cette étude s'inscrit dans un contexte agro-environnemental préoccupant, marqué par l'extension de la salinisation des sols et la récurrence des sécheresses dans les zones semi-arides d'Algérie. Ces conditions menacent la culture du blé dur, élément clé de la sécurité alimentaire nationale. Dès lors, l'évaluation de solutions naturelles, accessibles et respectueuses de l'environnement, comme l'huile essentielle d'*Artemisia herba-alba*, apparaît comme une voie prometteuse pour atténuer les effets du stress salin.

Dans ce cadre, l'objectif de ce travail est double :

- Évaluer la réponse de trois variétés de blé dur au stress salin à travers des paramètres physiologiques (teneur en eau, chlorophylle), morphologiques (longueur des racines et des feuilles) et biochimiques (proline, sucres) afin d'identifier la variété la plus tolérante.
- Étudier l'impact de l'huile d'armoise sur le taux de germination de ces variétés en conditions salines, en vue de déterminer son potentiel dans l'atténuation des effets néfastes de la salinité.

Pour atteindre ces objectifs, le travail s'articule autour de trois parties principales:

Une revue bibliographique sur le blé dur, le stress salin, et l'armoise blanche;

Une étude expérimentale décrivant le matériel, les méthodes, les résultats obtenus et leur interprétation ;

Enfin, une conclusion générale synthétisant les résultats et perspectives de l'étude.

Partie

bibliographique

Chapitre I :

Blé dur

1. Généralités

Les céréales fournissent environ 45 % de l'énergie consommée par l'homme et ont joué un rôle central dans l'essor des grandes civilisations (**Clerget, 2011**). Elles se répartissent en trois grands groupes : le premier, issu du Croissant fertile, inclut le blé, l'orge, le seigle et l'avoine ; le second est dominé par le maïs, originaire d'Amérique centrale ; et le troisième comprend le riz, pilier alimentaire de l'Asie du Sud-Est. Le blé, plante herbacée annuelle et monocotylédone du genre *Triticum* (famille des Poacées), existe sous plusieurs espèces, dont deux dominent la production mondiale : le blé tendre (*Triticum aestivum*), qui représente plus de 90 %, et le blé dur (*Triticum durum* Desf.), qui en constitue environ 5 % (**Anne-Laure, 2007 ; Gooding, 2009**). Ce dernier est principalement destiné à la consommation humaine et est cultivé traditionnellement dans le bassin méditerranéen, en particulier au Moyen-Orient et en Afrique du Nord, reconnus comme centres d'origine et de diversification de cette espèce (**Vavilov, 1951**). En Algérie, le blé dur occupe une place stratégique avec près de 1.200.000 hectares cultivés, grâce à sa capacité d'adaptation aux conditions climatiques arides et chaudes (**Jean Blottière, 1930**)

1.2. Origine

Le blé dur est originaire du Croissant Fertile, plus précisément en Mésopotamie, où il a été cultivé pour la première fois il y a environ 8000 ans, marquant ainsi le début de l'agriculture néolithique (**Feillet, 2000**).

Selon les recherches, le blé dur descend du *Triticum turgidum* ssp. dicoccoïdes (forme sauvage), qui a évolué en *Triticum turgidum* ssp. dicoccum, avant de donner naissance à la forme cultivée *Triticum durum* que nous connaissons aujourd'hui (**Feillet, 2000 ; Henry et De Buyser, 2001**).

Le blé dur (*Triticum durum*) est l'une des plus anciennes céréales cultivées par l'homme. Il s'agit d'une espèce tétraploïde ($2n = 4x = 28$, AABB) qui est apparue suite à une hybridation naturelle entre *Triticum urartu* (génomme AA) et une espèce apparentée, *Aegilops speltoides* (génomme BB), suivie d'un doublement chromosomique (**Huang et al., 2002**).

1.3. Classification botanique

Le blé, appartenant au genre *Triticum*, est une plante annuelle classée parmi les Monocotylédones, dans l'ordre des Poales, la famille des Poacées et la tribu des Triticées (Feillet, 2000).

Tableau 01 : Classification botanique de blé dur

Embranchement	Angiospermes
Sous embranchement	Spermaphytes
Classe	Monocotylédones
Ordre	Glumiflorales
Super ordre	Commélinoflorales
Famille	Graminae et/ou Poaceae
Tribu	Triticeae
Sous Tribu	Triticinae
Genre et espèce	<i>Triticum durum</i> Desf

Ce type de classification a permis de guider les travaux de recherche vers l'identification de gènes présentant un intérêt agronomique pour la sélection, notamment en ce qui concerne la tolérance au froid, l'époque de maturité, ainsi que la taille et la texture vitreuses des grains (Monneveux et al., 1989).

1.4. Description de blé dur

Le blé dur (*Triticum turgidum ssp. durum*) est une espèce annuelle appartenant à la famille des Poaceae. Il se caractérise par une taille moyenne et une morphologie herbacée typique des graminées (Bozzini, 1988, in Loucif, 2015). Ses feuilles, insérées de manière alternée le long de la tige, présentent une ligule bien développée, une gaine enveloppante et des nervures parallèles convergeant vers un sommet pointu (Clément & Prats, 1970).

Sa tige, généralement creuse, se redresse verticalement et se divise en plusieurs entrenœuds.

Au niveau souterrain, la plante développe deux systèmes racinaires : un premier, de type séminal, qui entre en activité dès la germination, et un second, composé de racines adventives qui prennent le relais au fur et à mesure du développement (**Benlaribi et al., 1990**).

-La reproduction est assurée par un épi terminal, formé de deux rangées opposées d'épillets disposés le long de l'axe floral. Chaque épillet renferme typiquement trois fleurs, protégées à la base par deux glumes, tandis que chaque fleur, sans pétales, est enveloppée de deux glumelles (**Sadouki & Boutouchent, 2018**).

- Le fruit du blé dur, appelé caryopse, est un fruit sec non déhiscent qui renferme une seule graine intimement soudée à son enveloppe. Sur le plan anatomique, ce fruit est constitué de trois principales parties : le péricarpe externe, l'endosperme riche en amidon, et le germe, centre de l'embryon (**Feillet, 2000 ; Clerget, 2011**).

1.5. Importance économique du blé dur

1.5.1. Dans le monde

Le blé constitue, avec le riz et le maïs, l'un des produits alimentaires les plus consommés à l'échelle mondiale. Il joue un rôle essentiel dans l'alimentation humaine et animale, notamment dans les régions telles que l'Europe, l'Amérique du Nord, le Moyen-Orient et l'Asie de l'Est, bien que dans certaines cultures, le riz demeure préféré (**Mehaoua, 2014–2015**).

Sur le plan nutritionnel, le blé représente une source importante de protéines et de pigments, assurant une partie significative des apports nutritionnels pour près d'un tiers de la population mondiale. D'un point de vue historique, il est rapporté que les ouvriers ayant bâti les pyramides d'Égypte consommaient principalement du blé dur accompagné de légumes comme nourriture de base. (**Mehaoua, 2014–2015**).

D'après les données du Conseil international des céréales (CIC), la consommation mondiale de blé dur a atteint environ 36 millions de tonnes en 2010 (**Lounis Khodja, 2017**). À l'échelle régionale, la zone méditerranéenne se distingue comme le principal foyer de consommation de blé dur, absorbant 62 % de la consommation mondiale. Elle est également identifiée comme la plus grande zone importatrice de cette céréale. (**Lounis Khodja, 2017 ; Bekkari, 2022**).

1.5.2. En Algérie

La céréaliculture représente l'activité agricole dominante, en particulier dans les zones arides et semi-arides du pays, où elle occupe plus de 90 % des terres cultivées, soit environ 6 millions d'hectares.

Parmi les céréales, le blé dur constitue la culture principale. Entre 2000 et 2010, il occupait annuellement plus de 1,3 million d'hectares, ce qui représente environ 65 % de la surface céréalière totale (**MADR, 2011**). Les principales régions de production sont Sidi Bel Abbès, Tiaret, Sétif et Constantine.

Malgré cette importance, la production nationale de blé dur demeure insuffisante, ne couvrant que 20 à 25 % des besoins de consommation. Le reste est compensé par les importations (**Anonyme, 2008**). Cette faible productivité s'explique par plusieurs contraintes : abiotiques (notamment la faiblesse et l'irrégularité des précipitations), biotiques (présence d'adventices), ainsi que humaines, liées aux pratiques culturales inadaptées (**Chellali, 2007**).

1.6. Cycle de développement du blé dur

Le blé est une plante majoritairement autogame, chez laquelle la fécondation a lieu à l'intérieur des glumelles, avant même l'émission des étamines vers l'extérieur (**Boufenar et al., 2006**).

D'après **Feillet (2000)**, le développement du blé peut être divisé en deux grandes étapes : une phase végétative et une phase reproductive.

1.6.1. La phase végétative

Commence avec la germination, processus qui débute par l'imbibition de la graine, entraînant l'activation enzymatique et la mobilisation des réserves nutritives au profit de l'embryon. La racine perce les téguments, suivie par l'émergence du coléoptile qui protège la première feuille (**Boufenar et al, 2006**).

La levée est définie par le nombre de feuilles visibles sur la jeune plante, chaque feuille correspondant à un stade précis (**Giban et al., 2003**).

Le tallage débute généralement dès l'apparition de la quatrième feuille. La première talle primaire (ou maître-brin) émerge de l'aisselle de la première feuille, suivie par les talles secondaires issues des feuilles suivantes (**Hamadache, 2013**).

Cette période se termine avec le dernier stade de tallage, moment charnière qui annonce le début de la phase reproductive, sous l'influence de la photopériode et de la vernalisation qui stimulent l'allongement des entrenœuds (**Soltner, 2005**).

1.6.2. La phase reproductive

Comprend plusieurs étapes : la montaison, l'épiaison, la floraison, puis la maturation (**Feillet, 2000**).

La montaison marque l'allongement des entrenœuds et la différenciation florale (**Soltner, 2005**).

Lors de l'épiaison, l'épi sort progressivement de la gaine foliaire supérieure, et on considère cette phase atteinte lorsque l'épillet terminal dépasse la dernière feuille (**Giban et al., 2003**).

La floraison se manifeste par l'extériorisation des étamines hors des épillets ; elle prend fin une fois que toutes les étamines sont visibles (**Giban et al., 2003**). Durant cette période, la plante commence à changer de couleur, virant du vert au jaune, puis au doré ou bronze (**Soltner, 2005**).

Enfin, la maturation suit le stade pâteux du grain, qui contient alors environ 45 % d'eau. Le grain perd progressivement de l'humidité, passant par plusieurs phases. Une phase de plateau hydrique précède la déshydratation terminale (**Giban et al., 2003**). Par la suite, le grain devient rayable à l'ongle (environ 20 % d'humidité), puis cassant sous la dent lorsque l'humidité atteint 15 à 16 % (**Giban et al., 2003**).

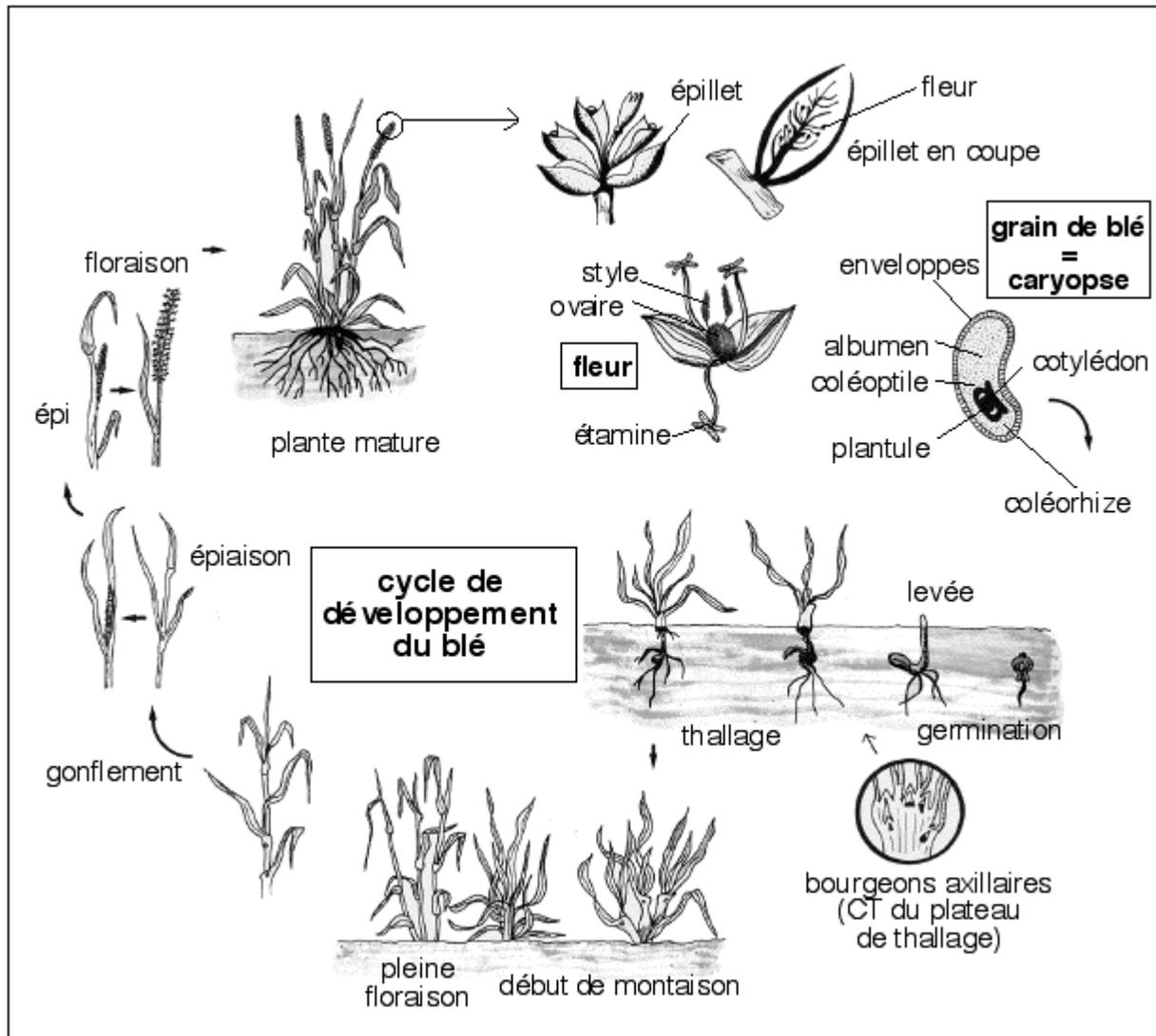


Figure 01 : Cycle de développement de blé sur (Soltner. D, 2005)

Chapitre II :

Le stress salin

1. Définition de la salinité

La salinisation constitue un facteur majeur de la dégradation des sols, menaçant, à court terme, une proportion significative des terres agricoles à l'échelle mondiale (Souguir M., 2013). Elle se manifeste par une accumulation excessive de sels solubles dans la couche superficielle du sol, entraînant une diminution de sa fertilité. D'après Mermoud (2006), la salinisation se définit également comme un processus d'accumulation de sels solubles à la surface du sol et dans la zone racinaire, à des concentrations suffisamment élevées pour altérer les propriétés agronomiques du sol.

2. Types de salinité

La salinité peut être classée en deux catégories principales : la salinité primaire et la salinité secondaire.

2.1 La salinité primaire

La salinité primaire résulte d'un processus naturel lent d'accumulation des sels dans le sol, provoqué par la dégradation des roches riches en sels et le dépôt éolien d'aérosols salins provenant des mers et des océans.

2.2. La salinité secondaire

La salinité secondaire, quant à elle, est d'origine anthropique. Elle découle principalement des activités humaines, en particulier l'irrigation avec des eaux chargées en sels, ce qui favorise leur accumulation dans le sol (Munns et al., 2006).

3. Effet de la salinité sur la plante

La salinité représente l'un des principaux facteurs abiotiques limitant la productivité agricole à l'échelle mondiale (Hillel, 2000). Chez la majorité des espèces cultivées, le stress salin induit une inhibition notable de la croissance et du développement (Munns et al., 1983). Cette contrainte entraîne des altérations profondes au niveau morphologique, physiologique, biochimique et moléculaire, compromettant ainsi le bon fonctionnement des processus vitaux de la plante et réduisant son rendement global (Ashraf & Harris, 2004).

3.1. Effet de la salinité sur la germination

La germination est influencée à la fois par les caractéristiques génétiques des plantes et par les conditions environnementales, notamment la disponibilité en eau dans le sol et la présence de sels (Ndour et Danthu, 2000). De nombreuses études ont démontré que la salinité exerce un effet négatif sur le taux de germination, la croissance biologique ainsi que sur le rendement en grains (M'barek et al., 2001). Cependant, l'intensité de cet effet varie selon le degré de stress salin et la variété végétale. Cela peut s'expliquer soit par une réduction de la quantité d'eau disponible et de la vitesse à laquelle elle est absorbée par la graine, soit par une augmentation de la pression osmotique de l'eau d'imbibition, qui devient trop élevée pour permettre le déclenchement de la germination (Katembe et al., 1998).

La salinité affecte la germination des plantes, qu'elles soient halophytes ou glycophytes. Selon l'espèce, l'effet inhibiteur peut être de nature osmotique ou toxique :

3.1.1. Effet osmotique

La salinité limite l'absorption de l'eau, ainsi que la mobilisation et le transport des réserves vers l'embryon. Il existe cependant un seuil critique d'hydratation que l'embryon doit atteindre pour initier les processus de germination.

3.1.2. Effet toxique

Les effets toxiques résultent de l'accumulation de sels au niveau cellulaire, ce qui perturbe l'activité enzymatique impliquée dans la germination, empêche la levée de dormance de l'embryon et réduit ainsi la capacité germinative des graines (Rejili et al., 2006).

3.2. Effet de la salinité sur la morphologie de la plante

Le stress salin induit plusieurs modifications morphologiques chez les plantes. Trois principaux types d'altérations morphologiques peuvent être observés sous l'effet de la salinité.

3.2.1. Effet de la salinité sur l'architecture de la plante

Même à des niveaux modérés, le stress osmotique lié à la salinité peut provoquer des modifications notables dans l'architecture de la plante, sans pour autant que des symptômes visibles n'apparaissent

immédiatement. Chez certaines dicotylédones telles que le pois ou la vigne, on observe une réduction significative du nombre de ramifications et d'organes constitutifs de la tige (phytomères). De façon similaire, chez les graminées, le nombre de talles diminue en réponse au stress salin, ce qui affecte directement le potentiel de croissance et de rendement de la plante.

3.2.2. Effet de la salinité sur la partie aérienne

Selon **Munns et Rawson (1999)** ainsi que **Maas et Poss (1989)**, la salinité provoque une inhibition marquée de la croissance végétative, caractérisée notamment par une diminution de la hauteur de la plante, du nombre de talles et de feuilles. Cette réduction est principalement liée à une perturbation des processus de division et d'élongation cellulaire. Le stress salin affecte davantage les pousses que les racines, en raison de leur plus grande sensibilité aux ions toxiques. Par ailleurs, la salinité peut accélérer la transition vers la maturité, entraînant un cycle de développement raccourci, souvent au détriment de la biomasse accumulée.

3.2.3. Effet de la salinité sur la partie racinaire

La croissance racinaire est particulièrement affectée par le stress salin. D'après **Läuchli et Epstein (1990)** ainsi que **Bayuelo et al. (2002)**, la salinité induit une augmentation du rapport entre la biomasse racinaire et aérienne (PR/PA), ce qui semble corrélé à une meilleure **tolérance au sel**. En conditions salines, les plantes maintiennent une croissance racinaire relativement active, probablement dans le but d'optimiser l'exploration du sol à la recherche d'eau. **Kafkafi (1991)**

Suggère que, sous contrainte saline, une partie importante de l'énergie issue de la photosynthèse est mobilisée pour maintenir un bon statut hydrique et favoriser la croissance des racines.

Ce phénomène s'accompagne souvent d'un ralentissement, voire d'un arrêt de la croissance foliaire, régulé par des signaux hormonaux (**Munns, 2002**). Cette réallocation des ressources vers le système racinaire constitue une stratégie adaptative essentielle face au stress osmotique, car l'augmentation du rapport masse racinaire / masse foliaire permet de maximiser l'absorption d'eau tout en réduisant les pertes par évapotranspiration (**Munns, 2002**).

3.3. Effet de la salinité sur la physiologie de la plante:

La salinité affecte la physiologie de la plante en perturbant les échanges gazeux, la photosynthèse et le processus reproductif.

3.3.1. Effet de la salinité sur les échanges gazeux et la photosynthèse

La salinité altère significativement le fonctionnement physiologique des feuilles, notamment le processus de photosynthèse, qui constitue l'un des principaux facteurs responsables de la baisse de la productivité végétale (**Alem et al., 2002**). Selon **Munns (2008)**, cette réduction de l'activité photosynthétique est principalement due à la diminution du potentiel hydrique foliaire, entraînant la fermeture des stomates (**Price & Hendry, 1991 ; Allen, 1995**).

La baisse de la concentration en CO_2 au niveau des chloroplastes affecte directement sa fixation et entraîne une diminution de la régénération du ribulose-1,5-bisphosphate (RuBP), molécule essentielle à la phase de carboxylation de la photosynthèse.

3.3.2. Effet sur de la salinité sur physiologie de la reproduction

La salinité affecte négativement les organes reproducteurs des plantes en réduisant leur taux de croissance (**Hu et al., 2005**). Ces auteurs ont observé, chez deux cultivars d'orge, une diminution significative du nombre de grains de pollen, variant de 24 à 37 %, sous l'effet du stress salin. De plus, selon **Munns et Rawson (1999)**, l'accumulation de sels dans les tissus méristématiques pendant les stades précoces de l'organogenèse peut provoquer des effets irréversibles sur la fertilité, notamment par l'induction de l'avortement ovarien.

3.3.3. Effet sur de la salinité sur le rendement agronomique

Les composantes du rendement, telles que le nombre de talles, d'épis, d'épillets par épi et le poids des grains, sont formées progressivement au cours du développement de la plante. **Munns et Rawson (1999)** ont démontré que l'ensemble de ces paramètres est fortement affecté par la salinité, et que l'intensité de cette réduction est proportionnelle au niveau du stress.

Lorsque le stress salin survient durant les stades critiques, comme l'épiaison ou la formation des épis, il entraîne une baisse du nombre d'épillets et de grains formés. En outre, la salinité perturbe le processus de remobilisation des réserves au moment du remplissage des grains, ce qui affecte négativement le poids de l'épi et celui de 1000 grains. Globalement, le stress salin réduit la productivité en limitant le développement des structures reproductrices et la formation efficace des grains.

4. Mécanismes de la tolérance des plantes à la salinité

4.1. Exclusion des ions

D'après **Sentenac et Berthomieu (2003)**, les plantes disposent de mécanismes permettant de limiter l'accumulation de sels, notamment le sodium (Na^+) et le chlorure (Cl^-), dans les feuilles. Une première barrière physique est située au niveau de l'endoderme, la couche interne des cellules racinaires, qui freine la remontée des ions. Toutefois, cette barrière peut être contournée, notamment au niveau des zones où émergent les racines latérales.

Outre cette barrière, d'autres processus biologiques interviennent pour restreindre le transport des sels vers les parties aériennes, bien que les gènes impliqués dans ces mécanismes restent encore mal identifiés. Il a été montré que la capacité d'une plante à exclure efficacement le sodium et/ou le chlorure de ses tiges est fortement corrélée à sa tolérance au sel.

Le maintien d'une faible concentration de Na^+ dans les feuilles peut résulter soit d'un mécanisme d'exclusion racinaire, entraînant son accumulation dans les racines, soit d'une redistribution efficace via le phloème. Par ailleurs, des observations physiologiques suggèrent l'existence d'un mécanisme actif d'export du sodium cytoplasmique vers l'apoplasme ou vers la vacuole, contribuant ainsi à la protection des enzymes cytoplasmiques dans les organes aériens (**Greenway et Munns, 1980**).

4.2. Compartimentation

Chez les plantes, l'exclusion totale du sodium (Na^+) des tissus est difficilement réalisable. L'une des stratégies de tolérance les plus répandues face au stress salin est la compartimentation des ions en excès, notamment Na^+ et Cl^- , dans des compartiments cellulaires spécifiques. Cette accumulation contrôlée s'effectue principalement dans les vacuoles (**Niu et al., 1995**), et parfois à l'échelle de l'organisme entier, dans les organes plus âgés ou moins sensibles au sel (**Cheeseman, 1988 ; Munns, 1993**).

Le transport de ces ions à travers les membranes nécessite un mécanisme actif, dépendant de l'énergie, impliquant des transporteurs spécifiques situés sur les membranes cellulaires. Une fois stocké dans la vacuole, le sodium excédentaire participe à l'ajustement osmotique tout en préservant les fonctions métaboliques normales de la cellule (**Levitt, 1980 ; Yeo, 1983, 1998**).

3.3. Ajustement osmotique

L'ajustement osmotique constitue l'un des principaux mécanismes physiologiques permettant aux plantes de faire face aux conditions de stress salin (El Midaoui et al., 2007). Il repose sur l'accumulation de solutés compatibles, tels que certains ions (K^+ , Na^+ , Cl^-) et composés organiques (sucres solubles comme le fructose, le glucose, le tréhalose, le raffinose, les fructanes ; acides aminés comme la proline, la glycine bêtaïne, la β -alaninebêtaïne ou la prolinebêtaïne). Ces molécules contribuent à la diminution du potentiel osmotique, ce qui permet le maintien de la turgescence cellulaire.

Cette réponse adaptative a été observée chez de nombreuses espèces végétales exposées à la salinité, avec des variations significatives selon l'espèce, le stade de développement et l'intensité du stress. L'accumulation de ces solutés, notamment la proline et les sucres solubles, est nettement plus marquée chez les plantes soumises au stress salin comparées aux témoins. Ce processus joue un rôle essentiel dans le maintien des fonctions physiologiques vitales telles que la photosynthèse, la transpiration ou encore la croissance, et intervient à différents stades du développement végétal.

4.4.4. Régulation de la croissance

Ils ont été démontré que les réponses physiologiques à divers stress tels que la sécheresse ou la salinité, ont des caractéristiques similaires. Ils provoquent toute une augmentation de la concentration en ABA dans la partie aérienne ou une réduction de concentrations en cytokinine (Itai, 1999). D'après (Zhu 2001), la réduction de la croissance est une capacité adaptative nécessaire à la survie d'une plante exposée à un stress abiotique. En effet ce retard de développement permet à la plante d'accumuler de l'énergie et des ressources pour limiter les effets du stress avant que le déséquilibre entre l'intérieur et l'extérieur de l'organisme n'augmente jusqu'à un seuil où les dommages sont irréversibles. Pour illustrer cette tendance, dans la nature, la croissance est inversement corrélée à la résistance au stress salin d'une espèce ou variété (Zhu, 2001). En plus du contrôle de la croissance par les signaux hormonaux, la réduction de la croissance résulte de la dépense de ressources dans les stratégies d'adaptation reformulation simple et scientifique

4.5. Le contrôle membranaire

L'adaptation des plantes au stress salin implique également des ajustements au niveau des membranes cellulaires, notamment la membrane plasmique et le tonoplaste. Parmi ces ajustements, la modification de la quantité et de la nature des aquaporines (protéines transmembranaires) joue un rôle

important dans la régulation de la conductivité hydrique, influençant ainsi les mouvements d'eau au sein de la plante (Yeo, 1998).

Concernant le transport ionique, la résistance à la salinité repose à la fois sur des aspects qualitatifs et quantitatifs. Sur le plan qualitatif, la sélectivité des ions à l'entrée de la cellule dépend de transporteurs membranaires spécifiques, tels que les antiports Na^+/H^+ . Ces protéines permettent un transport actif ou facilité, avec une forte spécificité pour certains solutés. Toutefois, une compétition peut exister entre ions partageant le même transporteur, comme le sodium (Na^+) et le potassium (K^+).

Quantitativement, la perméabilité des membranes au Na^+ ainsi que l'activité, la densité et la sensibilité des antiports Na^+/H^+ peuvent s'adapter progressivement en réponse à un stress sodique prolongé (Niu et al., 1995 ; Terman et Skerrett, 1999).

Chapitre III :

L'armoise blanche

I. Armoise blanche

1. Généralité

La plante *Artemisia herba alba* est une plante médicinale steppique. Elle suscite un grand intérêt en raison de ses propriétés médicinales exceptionnelles, étant riche en huiles essentielles, flavonoïdes et composés terpéniques. Cette richesse chimique en fait un sujet d'étude dans divers domaines tels que la médecine, la pharmacie, l'économie, ainsi que son rôle important dans les stratégies de conservation de l'environnement (Maghni et All, 2017).

2. Origine de la plante

Artemisia herba-alba Asso, communément appelée armoise blanche ou "Chih" en arabe, est une plante vivace xérophyte appartenant à la famille des Asteraceae. Elle est originaire des zones arides et semi-arides du bassin méditerranéen, notamment en Afrique du Nord (*Algérie, Maroc, Tunisie, Libye*), au Moyen-Orient (*Palestine, Jordanie, Syrie, Égypte*), ainsi que dans certaines régions méridionales de l'Europe, comme l'Espagne. Cette espèce s'adapte particulièrement aux sols pauvres, calcaires et bien drainés, caractéristiques des milieux steppiques et désertiques (Quézel & Santa, 1963). Le genre *Artemisia* auquel elle appartient regroupe environ 500 espèces, et a longtemps attiré l'attention des chercheurs pour la richesse de ses composés bioactifs. Les études photochimiques ont démontré que ce genre est particulièrement riche en sesquiterpènes, monoterpènes, flavonoïdes et coumarines, des composés connus pour leurs nombreuses propriétés biologiques (Massai, 2011). L'espèce *Artemisia herba-alba* elle-même fait l'objet de nombreux travaux en raison de ses applications médicinales et pharmacologiques potentielles (Medjeldi Saida, 2024)

3. Classification d'*artimisia Helba Arba*

Règne : Plantae

Embranchement: Spermaphytes (Phanérogames) ou « plantes à graines »

Sous- embranchement: Angiospermes (Plantes à fleurs)

Classe: Dicotyledones (Magnoliopsida)

Sous- classe: Asteridae

Ordre: Asterales

Famille: Astéracées ou composée

Tribu: Anthemideae

Sous- tribu: Artemisiinae

Genre: *Artemisia*

Espèce: *Artemisia herba alba* Asso [Guignard, 1998].

4. Caractère botanique de la plante

L'Artemisia herba-alba est une plante herbacée vivace pouvant atteindre une hauteur de 30 à 50 cm. Elle se caractérise par des tiges ligneuses et ramifiées, ainsi qu'une souche épaisse. Ses feuilles, de petite taille, sont sessiles, couvertes de poils fins et présentent une couleur argentée. Les fleurs sont regroupées en grappes. Chaque capitule est très petit (environ 3 mm de long et 1,5 mm de large) et de forme ovoïde. L'involucre est formé de bractées imbriquées, dont les externes sont orbiculaires et pubescentes. Le réceptacle floral est nu et porte de 2 à 5 fleurs hermaphrodites, de couleur jaunâtre à brunâtre, dans chaque capitule (Pottier, 1981).

5. Caractère Biogéographique de plante

La plante d'Artemisia pousse dans les zones arides du sud et de l'ouest de l'Europe, du bassin méditerranéen, du Moyen-Orient, de l'Asie de l'Ouest, et se trouve également dans les steppes de l'Afrique du Nord (Fenardji et al., 1974). Les steppes dominées par l'Armoise blanche (Artemisia herba-alba) sont considérées comme parmi les meilleurs parcours pastoraux steppiques des hautes plaines d'Algérie (Lahmar-Zemiti et Aidoud, 2016).

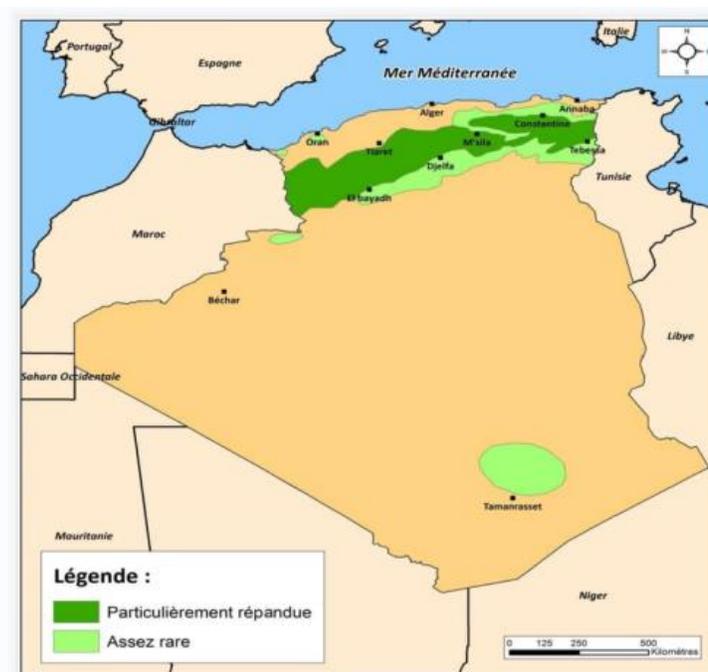


Figure 02 : Répartition géographique d'Artemisia herba-alba en Algérie

6. Caractère écologie de la plante

A. herba-alba est une plante tolérante au froid qui pousse dans des environnements froids et écologiquement stables, tant sur la péninsule ibérique qu'en Afrique du Nord. Elle s'est adaptée à ces conditions climatiques en s'étendant dans des zones soumises à des températures basses pendant certaines périodes de l'année .(Bougoutaia et al., 2021)

7. Composition chimique de la plante

L'armoise blanche présente une valeur énergétique de 0,45 UF par kilogramme de matière sèche, avec un équilibre intéressant entre le calcium (0,5%) et le phosphore (0,07%). Elle est également riche en cellulose, représentant 26,73%. Il est à noter que la composition biochimique d'une plante dépend directement de la qualité du sol. Une grande variabilité dans la teneur en éléments minéraux de l'armoise blanche a été observée dans différentes stations de la région de Saïda (Bouزيد.,2016).

II. Huile essentielle d'armoise blanche

1. Généralité

En général, les huiles essentielles de l'armoise blanche ont été étudiées dans plusieurs pays tels que le Maroc, l'Espagne, la Tunisie et l'Algérie. Les huiles essentielles sont des mélanges naturels très complexes qui peuvent contenir plusieurs composés à des concentrations différentes. Elles sont caractérisées par 2 à 3 composants principaux à des concentrations assez élevées (20 – 70%). (Bouzidi, 2016).

2. Intérêts et utilisations de l'armoise blanche

2.1. Utilisation industrielle

Les huiles essentielles extraites de l'armoise blanche ont montré une efficacité notable contre différentes souches bactériennes et fongiques testées. Bien que toutes les échantillons d'huiles essentielles provenant des différentes périodes de récolte aient montré une activité contre les micro-organismes. Ce résultat met en évidence le potentiel de l'armoise blanche dans les industries nécessitant des substances antibactériennes et antifongiques, telles que l'industrie pharmaceutique, cosmétique, ainsi que dans la fabrication de conservateurs naturels. Cette étude ouvre de nouvelles perspectives pour l'exploitation de l'armoise blanche dans divers secteurs industriels, contribuant. (Ghanmi, 2010).

2.2. Utilisation Médecine traditionnelle

Le genre *Artemisia* (famille des Astéracées) a été largement utilisé dans la médecine traditionnelle par de nombreuses cultures depuis l'Antiquité, notamment dans la médecine européenne, nord-africaine et la médecine traditionnelle arabe. De nombreuses études ont révélé diverses activités thérapeutiques de l'armoise blanche (Ah).(moufid et eddouks, 2012).

3. Composition chimique

Les huiles essentielles de l'*Artemisia* (Aha) varient selon les régions, chaque zone ayant des composés caractéristiques. Par exemple, les huiles marocaines sont principalement dominées par l' α -Thujone, tandis que les huiles iraniennes contiennent principalement du β -Thujone et du Camphor. Les huiles algériennes se distinguent par des taux élevés de Camphor, 1,8-Cineole et Chrysanthenone. Des études ont également été menées sur la composition chimique d'*Artemisia* dans diverses régions algériennes telles que Tiaret, Boussaâda et Djelfa. (Medjeldi, 2024).

Partie expérimentale

Chapitre IV :

Matériels et méthode

Matériels et méthodes

I. L'essai 1

1. Objectif de l'essai 1

Évaluer la réponse de trois variétés de blé dur (*Triticum durum Desf*) au stress salin à travers l'analyse de paramètres physiologiques (ex: teneur en eau, teneur en chlorophylle), morphologiques (ex: longueur des racines et des feuilles) et biochimiques (ex: teneur en proline, en sucres), en vue d'identifier la variété la plus performante en conditions salines.

2. Matériel végétal utilisé

Le matériel végétal utilisé est constitué de trois géotypes de blé dur (*Triticum durum Desf*) d'origines géographiques distinctes et différentes par leur réponse au traitement salin. Ils comprennent un géotype locale (*Oued El Bared*), un deuxième géotype issue de l'Italie (*Siméto*) et le troisième un géotype issu de l'Espagne (*Vitron*).

Tableau 02 : Nom et origine et caractéristiques du matériel végétal utilisé dans l'expérimentation

Géotype	Nom	Origine	Caractéristiques
1	<i>Oued El Bared</i>	Algérienne	Cycle végétatif précoce, fort tallage, tolérance au froid et à la sécheresse, épi blanc à barbes noires à maturité, forme pyramidale, bonne résistance aux maladies.
2	<i>Siméto</i>	Italienne	Cycle semi-précoce, fort tallage, compacité moyenne de l'épi, couleur blanche, hauteur 90–100 cm, bonne résistance aux maladies, tolérante au froid, sensible à la sécheresse
3	<i>vitron</i>	Espagne	<i>Vitron</i> : Cycle demi-précoce, tallage moyen, hauteur moyenne à haute, paille moelleuse, grains allongés, bien adapté aux zones arides et semi-arides



Figure 03 : les trois variétés de blé dur

3. Conditions de l'expérimentation

3.1. Localisation de l'essai

L'expérimentation a été menée dans laboratoire de physiologie végétale au niveau de la Faculté des Sciences de la nature et de la vie de l'université de Tiaret.

3.2. Mise en germination et traitement salin (Témoin)

Les graines de trois variétés de blé dur ont été désinfectées par trempage dans une solution d'eau de Javel à 5 % pendant 5 minutes, puis soigneusement rincées cinq fois avec de l'eau distillée stérile. 20 ont ensuite été placées dans chaque boîte de Pétri contenant du papier filtre. Les boîtes ont été réparties selon quatre traitements : un témoin (0 mM de NaCl) et trois niveaux de salinité croissante (50, 100 et 150 mM de NaCl). Pour chaque traitement, les trois génotypes ont été testés avec trois répétitions chacun.

Tableau 03: Différentes concentration des solutions saline

La concentration en mM)	0	50	100	150
NaCl en (g /l)	0	2,925	5,84	8,77

Les solutions salines et la solution nutritive de Knop (Tableau03) ont été renouvelées toutes les 48 heures afin de maintenir des conditions expérimentales constantes.

Les boîtes de Pétri ont été incubées dans une chambre de culture à température ambiante (environ 25 ± 2 °C), sous un régime photopériodique de 16 heures de lumière et 8 heures d'obscurité, pendant 8 jours pour permettre la germination des graines.

Tableau04 : Composition chimique de milieu de culture Knop. (Kadi, 2012)

Elément chimique	Nomenclature	Concentration (g/l)
Nitrate de calcium	(NO ₃) ₂ Ca	1
Nitrate de potassium	KNO ₃	0.25
Sulfate de magnésium	SO ₄ Mg	0.25
Dihydrogenophosphate monopotassique	PO ₄ H ₂ K	0.25
Sulfate ferrique	Fe SO ₄	0.5
Eau distillées	H ₂ O	1000 ml

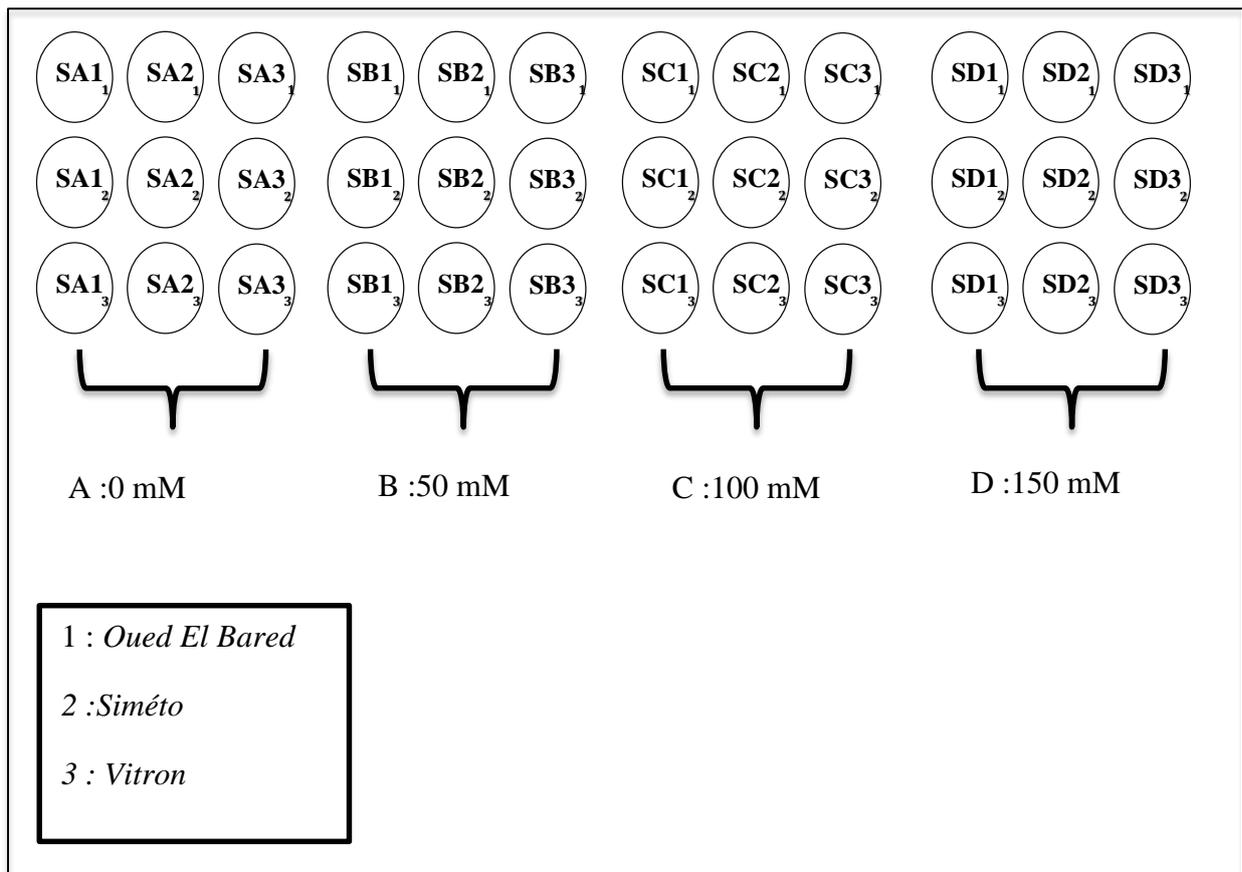


Figure 04 : Dispositif expérimental



Figure 05 : Dispositif expérimental (photo réel)

4.Paramètres mesurés

4.1. Paramètres physiologiques

4.1.1. Teneur relative en eau

L'état hydrique des plantes est évalué par des mesures de la teneur relative en eau (TRE).

La teneur relative en eau est mesurée sur la dernière feuille bien développée selon la méthode de **Barrs et Weatherley (1961)**. Les valeurs de la (TRE) sont déterminées à partir de la formule :

$$\text{TRE} = (\text{Pf} - \text{Ps}) / (\text{Pr} - \text{Ps}) \times 100$$

Où **Pf** représente le poids frais (limbe de la feuille excisé à sa base et immédiatement pesé), **Pr** est le poids de réhydratation (feuille coupée et placée dans un tube à essai contenant de l'eau distillée, Pendant 24 heures à 4°C), **Ps** est le poids sec déterminé après passage de l'échantillon dans une étuve à 80°C pendant 48 heures.

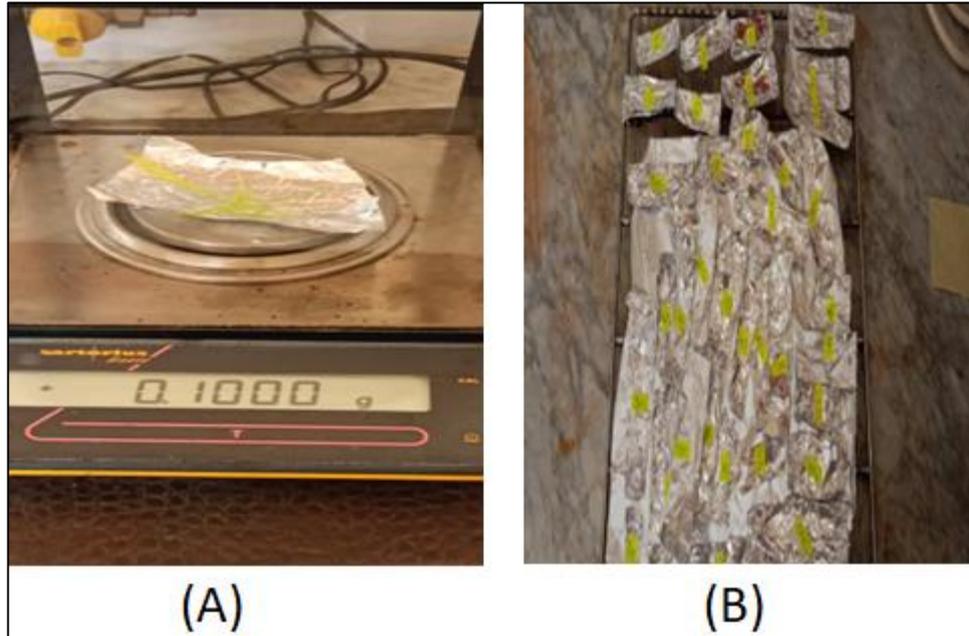


Figure 06 : a) Pesée de l'échantillon foliaire sur balance électronique (pf), b) l'échantillon foliaire après séchage (ps).



Figure 07 : Incubation foliaire dans l'eau distillée (24 h à 4 °C), (pr).

4.1.2. Chlorophylle

Le dosage des pigments chlorophylliens (chlorophylle a, b et totale) dans les feuilles de blé a été réalisé selon la méthode spectrophotométrique décrite par **Arnon (1949)**, basée sur les travaux de **MacKinney (1941)**.

0, 5 g de feuilles fraîches ont été broyées dans un mortier avec 10 mL d'acétone à 80 %, Le broyat a ensuite été filtré à l'aide d'un papier filtre. Le filtrat obtenu a été conservé à l'abri de la lumière afin d'éviter l'oxydation des pigments. L'absorbance de l'extrait a été mesurée à l'aide

d'un spectrophotomètre aux longueurs d'onde de 663 nm et 645 nm. Les concentrations en chlorophylles a et b ont été calculées à l'aide des équations basées sur la loi de **Beer-Lambert** et exprimées en mg/g de matière fraîche.

$$\text{Chla} = 12,7 \times A_{663} - 2,63 \times A_{645} \quad \text{en mg.L-1}$$

$$\text{Chlb} = 22,9 \times A_{645} - 4,68 \times A_{663} \quad \text{en mg.L-1}$$



Figure 08 : Préparation de l'extrait de chlorophylle par broyage manuel des feuilles.

4.2. Paramètres morphologiques

4.2.1. Longueur des feuilles(LF)

On mesure un échantillon de 3 feuilles /répétition de chaque génotype



Figure 09 : Mesure de la croissance initiale (feuilles) après germination.

4.2.2. Longueur des racines

La longueur maximale des racines correspond à celle de la racine la plus longue. Elle a été mesurée à l'aide d'une règle millimétrée.

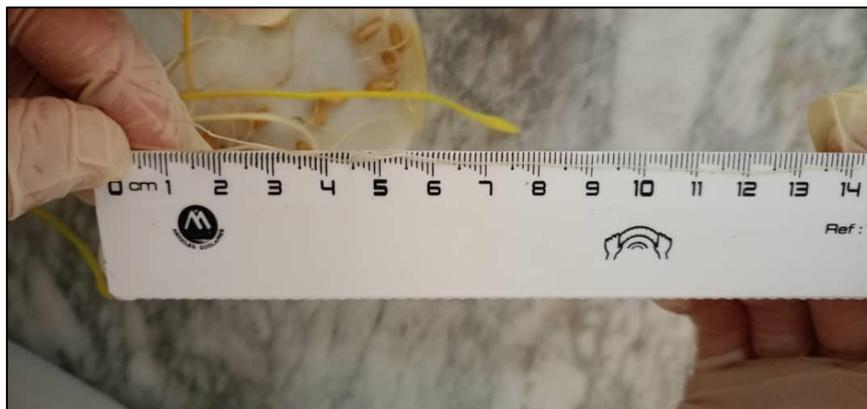


Figure 10 : Mesure de la croissance initiale (racines) après germination.

4.3. Paramètres biochimiques

4.3.1. Dosage des sucres soluble

Les sucres sont dosés par la méthode de **Schiels et Burnett (1960)**, Ces sucres sont extraits après macération dans un solvant capable de les solubiliser et de bloquer l'activité enzymatique apte à la dégrader.

Au niveau des feuilles

Le matériel végétal prélevé (100mg) (tiers médian de la feuille), est laissé 48 h dans 3 ml d'éthanol à 80 %. L'extrait obtenu est dilué 10 fois avec l'éthanol à 80 %. De la solution obtenue, 2 ml sont prélevés, auxquels on ajoute 4 ml de réactif composé de 0.25 g d'anthrone pure additionnée à 125ml d'acide sulfurique (H₂SO₄). Le réactif est préparé 4 heures à l'avance. Le mélange extrait-réactif doit être maintenu dans de la glace fondante. Après agitation, les tubes sont placés au bain-marie à 92°C pendant 8 mn, puis refroidis pendant 30 mn à l'obscurité. L'absorbance est lue au spectromètre à une longueur d'onde de 585 nm.

Enfin des résultats des densités optiques sont rapportés sur un courbe étalon des sucres solubles exprimés en glucose selon l'équation suivante $y = 4,3918 x - 0,1946$. La concentration des sucres solubles est exprimée en mg/gMF.

4.3.2. Dosage de proline

La proline est dosée en utilisant la méthode de **Troll et Lindesly (1955)**, modifiée par **Monneveux et Nemmar (1986)**. La couleur rouge spécifique résultant de la réaction entre la proline et la ninhydrine dans un milieu acide est utilisée pour la quantification de cet acide aminé (la proline), l'intensité de la coloration est proportionnelle à la quantité de proline présente dans l'échantillon.

100 mg de matière végétale fraîche (feuilles et racines) est introduite dans des tubes à vis et est additionnée de 5 ml de méthanol à 40%, les tubes fermés pour éviter la volatilisation de l'alcool sont chauffés dans un bain marie à 85 °C pendant 60 min. Après refroidissement, 1ml de l'extrait est prélevé de chaque tube auquel est ajouté 1 ml d'acide acétique (CH₃COOH), 25 mg de ninhydrine et 1 ml d'un mélange contenant : 120 ml d'eau distillée, 300 ml d'acide acétique, 80 ml d'acide ortho-phosphorique (H₃PO₄ densité 1.7)

Les tubes sont portés à ébullition au bain marie pendant 30 min, pendant lesquelles la couleur de la solution vire progressivement au rouge. Après refroidissement, 5 ml de toluène y est ajouté et les tubes agités au vortex, deux phases se forment. La phase supérieure qui contient la proline est prélevée et déshydratée par l'adjonction de 5 mg de sulfate de sodium (Na₂SO₄ anhydre).

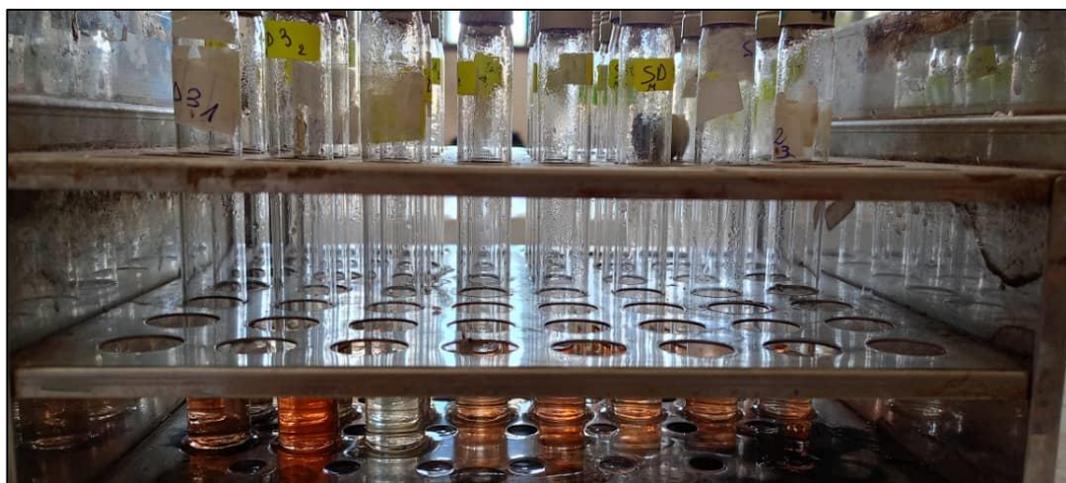


Figure 11: Tubes dans lesquels le mélange après ébullition d'un bain-marie pendant 30 minutes.

Les tubes sont maintenus au repos pendant 48 h, la densité optique des échantillons est déterminée par un spectrophotomètre à la longueur d'onde 528 nm. Le blanc est un mélange (acide acétique, eau distillée, acide ortho-phosphorique et ninhydrine)

La teneur en proline (**mg/g MF**) est calculé selon l'équation : $y = 5,3155 x - 0,0139$

II. Essai 02

1. L'objectif de l'essai 2

Analyser l'impact de l'huile d'Armoise sur le taux et la cinétique de germination des graines de trois variétés de blé dur (*Triticum durum Desf.*) exposées au stress salin, en vue d'évaluer son rôle potentiel dans l'atténuation des effets négatifs du sel sur la dynamique de la germination.

2. Caractéristiques de la région de récolte

La commune de Rosfa est située au sud-ouest de la wilaya de Tiaret, à environ du chef-lieu de la wilaya et à 28 km de la commune de Ain Kermes. Le climat de cette région joue un rôle déterminant dans l'écosystème steppique, caractérisé par des variations importantes en raison de sa position de transition entre le climat humide et subhumide au nord et le climat continental semi-aride et aride au sud. Les précipitations constituent un facteur climatique essentiel influençant la répartition du couvert végétal dans la région (AISSAT, KOUACHI.2019).



Figure 12 : Région de récolte d'armoïse blanche (Rosfa)

2.1. Caractère climatique de la région

Cette région, à vocation agro-pastorale, se caractérise par un climat méditerranéen à tendance continentale. Les précipitations annuelles y varient entre 250 et 500 mM. La température moyenne la plus élevée est enregistrée au mois d'août, atteignant environ 26 °C, tandis que la moyenne la plus basse est observée en janvier, avec environ 6 °C. La zone connaît également une longue période chaude et sèche qui s'étend de mai à octobre, représentant une part importante de l'année (boulkaboul.2003).

3. Expérimentation au Laboratoire

3.1. Extraction d'huile d'armoise blanche

3.1.1. Hydrodistillation et décantation

L'extraction des huiles essentielles à partir de la partie aérienne de *l'Artemisia herba-alba* a été réalisée au niveau du laboratoire de protection végétale de la faculté des sciences de la nature et de la vie de l'Université Ibn Khaldoun de Tiaret, en utilisant la technique d'hydrodistillation avec un appareil de type Clevenger.

Un échantillon de 50 g de matière végétale et 500 ml d'eau distillée ont été placés dans un ballon de 1000 ml, et le processus d'extraction a duré de 3 à 5 heures, pendant lesquelles la vapeur chargée d'huile essentielle monte vers le condenseur pour être condensée.



Figure 13 : Dispositif d'hydrodistillation

Ensuite, l'huile essentielle est séparée de l'hydrolat (eau aromatique) à l'aide d'une ampoule à décanter, en tenant compte de la différence de densité et de couleur. L'huile essentielle est ensuite collectée dans des tubes en verre hermétiquement fermés et conservée à une température de 4°C

afin de la protéger de l'air, de la lumière et des variations de température, qui sont des facteurs principaux de dégradation des huiles essentielles.



Figure 14 : a) décantation d'huile, b) L'huile obtenu.

3.2. Paramètre mesuré

3.2.1. Le rendement d'huile d'armoise

Selon la norme **AFNOR (1982, 1986)**, le rendement en huile essentielle correspond au rapport entre la masse d'huile essentielle obtenue et la masse du matériel végétal utilisé. Il s'exprime en pourcentage (%) et se calcule selon la formule suivante :

$$\mathbf{RHE\% = MHE / MS \times 100}$$

RHE% : rendement en huile essentielle (%),

MHE: masse en grammes de l'huile essentielle extraite,

MS : masse en grammes du matériel végétal sec utilisé.

3.3. L'application d'huile d'armoise sur les grains de blé dur

3.3.1. Préparation de la solution d'huile essentielle à 0,5 ppm

Une solution d'huile essentielle d'*Artemisia herba-alba* a été préparée à une concentration finale de 0,5 ppm (mg/L). Pour solubiliser l'huile dans le milieu aqueux, 0,5 % de DMSO a été utilisé comme solvant. Dans un premier temps, 0,5 mg d'huile essentielle ont été dissous dans 5 ml de DMSO sous agitation continue jusqu'à obtention d'une solution homogène. La solution obtenue a ensuite été complétée par l'ajout de 995 ml d'eau distillée, avec agitation adéquate, afin d'assurer une dispersion uniforme de l'huile dans le milieu. Cette dilution finale permet d'obtenir une solution à 0,5 mg/L, dans laquelle le DMSO joue le rôle de solvant auxiliaire pour faciliter la dispersion de l'huile essentielle dans l'eau. (Ben Abdallah et al., 2024)

3.3.2. Traitement des graines à l'huile essentielle et mise en germination sous stress salin

Les graines de blé des trois variétés (*Oued El Bared*, *Simeto* et *Vitron*) ont été traitées en les faisant tremper pendant 12 heures dans une solution d'huile essentielle d'*Artemisia herba-alba* à 0,5 ppm, préparée à l'aide de DMSO. Après traitement, les graines ont été rincées trois fois avec de l'eau distillée stérile pour éliminer les résidus éventuels, puis laissées à sécher à température ambiante pendant 48 heures. Les graines du lot témoin ont suivi le même protocole, à l'exception du traitement à l'huile, étant trempées uniquement dans de l'eau distillée.

Après la phase de séchage, les graines ont été disposées dans des boîtes de Pétri, à raison de 10 graines par boîte. Pour chaque concentration en NaCl, trois répétitions ont été réalisées pour chacune des variétés étudiées.

Le papier filtre contenu dans chaque boîte a été imbibé d'un mélange composé de la solution nutritive de Knop et de chlorure de sodium (NaCl), préparé à quatre concentrations : 0 mM (témoin), 50 mM, 100 mM et 150 mM. Ce mélange a été appliqué en quantité suffisante pour assurer une humidité uniforme et constante.

3.4. Les paramètres étudiés

Les paramètres étudiés au cours de ce travail sont :

3.4.1. 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 entre le nombre de graines germées et le nombre total de graines mises en germination.

Le taux de germination est déterminé à partir du nombre total des graines mises en germination (NT) et du nombre de graines germées (NI), selon **AHOTON (2009)**. En effet, il est calculé par la formule suivante :

$$\mathbf{TG = (NI / NT) \times 100 \quad \text{où :}$$

NI est le nombre de graines germées.

NT le nombre total des graines mises en germination

3.4.2. Cinétique de germination

Afin de mieux comprendre la signification physiologique du comportement germinatif des variétés étudiées, le nombre de graines germées a été compté quotidiennement jusqu'à 120 heures après le début de l'expérience.

Chapitre v :

Résultats et discussion

I. L'essai 01

1. Paramètres physiologiques

1.1. Teneur relative en eau

L'analyse des résultats dégagés (Tableau 04), démontre que l'expression teneur relative en eau est sous une influence significative des traitements salins. La nature des génotypes testés et ainsi leur interaction n'exerce aucune variation sur l'élaboration de cette variable ($p > 0,05$). En effet, l'application du traitement salin s'accompagne d'une importante diminution de la teneur relative en eau ($r = -0,21$) chez l'ensemble des génotypes testés.

Tableau 05: Effet du génotype, de traitement stress salin et de leurs interactions sur le paramètre physiologiques mesurés chez les 3 génotypes.

Paramètre	Effet du génotype	Effet traitement	Génotype*traitement
	Test F	Test F	Test F
RWC	0,5836 ^{ns}	3,1092*	1,2576 ^{ns}
Chlor a	0,0915 ^{ns}	7,7117***	1,1355 ^{ns}
Chlor b	1,5533 ^{ns}	11,5847***	0,6447 ^{ns}
Chlor total	1,403 ^{ns}	16,603***	1,531 ^{ns}

- Les différents effets sont exprimés statistiquement par le test F.

** : Effet significatif au seuil de 1% ; *** : effet significatif au seuil de 0.1% ; * effet significatif au seuil de 5% ; NS : effet non significatif ;

, * = seuil de signification à 1 et 0.1 % respectivement

Au niveau du lot témoin (0 mM), les valeurs de la TRE (**Table0**) s'échelonnent entre 86,26%, valeur inscrite par *Oued El Bared* et 89,94 % observée chez *Siméto*. L'application du traitement salin provoque une diminution, au niveau du lot 50 mM, ces diminutions restent variables chez les génotypes testés, ou *Siméto* enregistre un taux de diminution important estimé à 45,19%, à l'opposé les génotypes *Vitron* et *Oued El Bared* inscrivent une diminution moins importante avec un taux respectivement de 8,88% et 6,34%

Au niveau du lot (100 mM) les diminutions de la TRE s'avèrent la plus marquantes où le taux de diminution a été estimé à 33,18%. on note que le génotype *Oued El Bared* se

distingue parmi la collection en inscrivant la plus faible de diminution (12,79%) et à l'opposé, le génotype *Vitron* s'avère le plus affecté à ce niveau traitement en inscrivant la plus haute valeur avec 51,55%.

Au niveau du lot (150 mM), les diminutions de la TRE la plus importantes est inscrits par le génotype *Oued El Bared* à une valeur de 18,46%, à l'opposé le génotype *Vitron* marque la faible diminution de 3,97%.

Tableau 06 : Résultats moyenne de la teneur relative en eau chez les génotypes testés et sous les quarts traitements salins appliqués (0, 50, 100, 150 mM).

Génotype	Traitement salin	RWC(%)	RWC Std. Errs
<i>Oued El Bared</i>	0mM	86,26	6,18
	50 Mm	80,80	2,12
	100 mM	75,23	11,29
	150 mM	70,34	18,93
<i>Siméto</i>	0 mM	89,95	6,30
	50 mM	49,30	21,46
	100 mM	58,28	11,48
	150 mM	78,17	7,18
<i>Vitron</i>	0 mM	87,17	4,30
	50 mM	79,43	6,99
	100 mM	42,24	21,14
	150 mM	83,71	5,61

1.2. Chlorophylle a

Le tableau (07) révèle que le traitement appliqué exerce une influence hautement significative sur la teneur en chlorophylle a. En revanche, ni le facteur génotype ni l'interaction génotype × traitement n'ont présenté d'effet significatif sur ce paramètre. L'induction du stress salin a entraîné une diminution marquée de la teneur en chlorophylle a, avec un coefficient de corrélation de $r = -0,24$, observé de manière constante chez l'ensemble des génotypes étudiés.

Tableau 07 : Résultats moyenne de chlorophylle chez les génotypes testés et sous les quatre traitements salin appliqués (0, 50, 100, 150mM).

Génotype	Traitement salin	Chlor a (mg/g MF)	Chlor a Std. Errs	Chlor b (mg/g MF)	Chlor b Std. Errs	Chlor total (mg/g MF)	Chlor total Std. Errs
<i>Oued El Bared</i>	0 mM	0,47	0,05	0,43	0,02	0,90	0,03
	50 mM	0,35	0,06	0,34	0,07	0,69	0,11
	100 mM	0,34		0,17		0,51	
	150 mM	0,43	0,08	0,16	0,00	0,59	0,08
<i>Siméto</i>	0 mM	0,58	0,03	0,44	0,02	1,02	0,02
	50 mM	0,22	0,05	0,36	0,16	0,58	0,16
	100 mM	0,44	0,08	0,33	0,09	0,78	0,01
	150 mM	0,42	0,13	0,25		0,67	0,13
<i>Vitron</i>	0 mM	0,57	0,08	0,46	0,06	1,02	0,06
	50 mM	0,34		0,36		0,70	
	100 mM	0,32		0,22		0,54	
	150 mM	0,42	0,08	0,10		0,53	0,08

Au niveau du lot témoin (0 mM), les résultats moyens de la teneur en chlorophylle a (Tableau 07) s'échelonnent entre $0,58 \pm 0,03$ mg/g MF, valeur enregistrée par le génotype *Siméto*, et $0,47 \pm 0,05$ mg/g MF, observée chez la variété *Oued El Bared*

Dans le lot traité à 50 mM, la diminution de la teneur en chlorophylle a s'avère plus élevée chez le génotype *Siméto*, avec une régression de 62 %. Sous le même traitement salin, le génotype *Oued El Bared* enregistre la plus faible diminution, avec une baisse de 25,53 %.

Au niveau du lot 100 mM, la plus forte diminution de la teneur en chlorophylle a est observée chez le génotype *Vitron*, avec une valeur de 43,85 %, tandis que le génotype *Siméto* présente la plus faible régression, à hauteur de 24,13 %.

Enfin, dans **le lot 150 mM**, les diminutions de la teneur en chlorophylle a sont moins importantes comparées aux traitements à 50 et 100 mM, avec un maximum enregistré par le génotype *Siméto* (27,58 %) et un minimum chez *Oued El Bared*, à 24,13 %.

1.3. Chlorophylle b

Le tableau (07) met en évidence un effet hautement significatif du traitement appliqué sur la teneur en chlorophylle b. En revanche, aucun effet significatif n'a été observé pour le génotype ni pour l'interaction génotype × traitement. Le stress salin a conduit à une baisse notable de la teneur en chlorophylle b, avec un coefficient de corrélation de $r = -0,72$ observé de manière uniforme chez tous les génotypes.

Au niveau du lot témoin (mM), les résultats moyens de la teneur en chlorophylle b (Tableau07) s'échelonnant entre $0,46 \pm 0,06$ mg/g MF, valeur enregistrée par le génotype *vitron*, et $0,43 \pm 0,02$ mg/g MF on observée chez la variété *Oued El Bared*

Dans le lot traité à 50 mM, le génotype *Vitron* a présenté la diminution la plus marquée de la teneur en chlorophylle b, avec une régression estimée à 21,73 %. En revanche, le génotype *Siméto* a enregistré la plus faible réduction, ne dépassant pas 18,18 %.

Au niveau du lot à 100 mM, la teneur en chlorophylle b poursuit sa diminution. La plus forte baisse est enregistrée chez le génotype *Oued El Bared*, avec une régression de 60,46 %, tandis que le génotype *Siméto* affiche la plus faible diminution, limitée à 25 %

Dans le lot à 150 mM, la diminution de la teneur en chlorophylle b s'avère la plus prononcée, avec un taux global de régression estimé à 61,41 %. Le génotype *Vitron* enregistre la baisse la plus importante, atteignant 78,26 %, tandis que le génotype *Siméto* présente la diminution la plus faible, limitée à 43,18 %.

1.4. Chlorophylle totale

Les résultats du tableau (07) indiquent que le traitement appliqué influence de manière significative la teneur en chlorophylle totale, tandis que le génotype et son interaction avec le traitement demeurent sans effet significatif. La chlorophylle totale diminue sous l'effet du stress salin, avec une corrélation ($r = -0,65$) observée chez tous les génotypes.

Au niveau du lot témoin (0 mM), les teneurs moyennes en chlorophylle totale (Tableau 0) varient entre $1,02 \pm 0,06$ mg/g MF pour le génotype *Vitron*, $1,02 \pm 0,02$ mg/g MF pour la variété *Siméto*, et $0,90 \pm 0,33$ mg/g MF enregistrée chez la variété *Oued El Bared*

Au niveau du lot à 50 mM, des variations de diminution sont observées selon les génotypes. Le génotype *Siméto* affiche une réduction importante estimée à 43,14 %, tandis que *Oued El Bared* présente une diminution moins marquée avec un taux de 23,33 %

Au niveau du lot 100 mM, la plus forte diminution de la teneur en chlorophylle a est observée chez le génotype *Vitron*, avec une valeur de 47,08 %, tandis que le génotype *Siméto* présente la plus faible régression, à hauteur de 23,53 %.

Dans le traitement à 150 mM, des diminutions de la teneur en chlorophylle a ont été enregistrées, mais elles se sont révélées moins prononcées par rapport aux traitements à 50 et 100 mM. Le génotype *Vitron* a présenté la plus forte réduction avec 48,04 %, tandis que la plus faible a été observée chez le génotype *Siméto* avec 34,31 %, suivi de près par *Oued El Bared* avec 34,44 %.

2. Paramètres morphologiques

2.1. Longueur des feuilles

L'expression de la longueur des feuilles (Tableau 07) est significativement influencée par la nature des génotypes, et de manière encore plus marquée par le traitement appliqué, indépendamment de leur interaction. L'application du stress salin entraîne une diminution de la longueur des feuilles, avec un coefficient de corrélation de $r = -0,61$, observée chez l'ensemble des génotypes testés.

Tableau 08 : Effet du génotype, de traitement stress salin et de leurs interactions sur le paramètre morphologiques mesures chez les 3 génotypes.

Paramètre	Effet du génotype	Effet traitement	Génotype*traitement
-----------	-------------------	------------------	---------------------

	Test F	Test F	Test F
Longueur feuilles	5,771**	10,724***	1,757 ^{ns}
Longueur racines	0,8088 ^{ns}	7,9454***	1,1438 ^{ns}

Au niveau du lot témoin (0 mM), les longueurs moyennes des feuilles (Tableau 08) varient entre $14,42 \pm 0,97$ cm, enregistrée chez le génotype *Oued El Bared*, et $11,57 \pm 0,37$ cm, observée chez le génotype *Siméto*.

Au niveau du lot à 50 mM, la réduction de la longueur des feuilles varie d'une faible diminution de 4,78 % chez le génotype *Vitron* à une baisse plus marquée de 20,22 % observée chez le génotype *Siméto*.

Au niveau du lot 100 mM, la diminution de la longueur des feuilles varie d'une diminution faible de 19,12 % chez le génotype *Vitron* à la plus forte diminution de 32,38 % observée chez *Oued El Bared*

Au niveau du lot à 150 mM, la diminution de la longueur des feuilles se révèle généralement plus marquée que dans les autres traitements, avec une baisse variant de 16,07 % chez le génotype *Siméto* à 32,38 % chez *Oued El Bared*, qui enregistre la plus forte réduction.

Tableau 09 : Résultats moyenne des paramètres morphologiques chez les géotypes testés et sous les quatre traitements salin appliqués (0, 50, 100, 150mM).

Géotype	Traitement salin	L feuille (cm)	LF Std. Errs	L racine(c)	LR Std. Errs
<i>Oued El bared</i>	0 mM	14,42	0,97	11,60	2,03
	50 mM	13,63	0,33	6,60	0,74
	100 mM	9,75	1,13	8,27	0,43
	150 mM	9,77	1,14	8,27	0,43
<i>Siméto</i>	0 mM	11,57	0,37	12,40	1,80
	50 mM	9,23	0,64	8,30	0,87
	100 mM	9,34	0,65	7,13	0,96
	150 mM	9,71	0,49	7,93	0,45
<i>Vitron</i>	0 mM	12,13	0,49	9,00	0,72
	50 Mm	11,55	0,37	7,83	0,52
	100 mM	9,81	0,88	7,33	0,97
	150 mM	9,03	1,42	8,07	0,58

2.2. Longueur des racines :

Les résultats du tableau (09) indiquent que le traitement appliqué influence de manière hautement significative la longueur des racines, tandis que le géotype et son interaction avec le traitement demeurent sans effet significatif. La longueur des racines diminue sous l'effet du stress salin, avec une corrélation ($r = -0,45$) observée chez tous les géotypes.

Au niveau du lot témoin (0 mM), la longueur des racines varie entre $12,40 \pm 1,80$ cm chez le géotype *Siméto*, qui enregistre la valeur la plus élevée, et $9,00 \pm 0,72$ cm chez le géotype *Vitron*, qui présente la valeur la plus faible. L'application du traitement salin entraîne une réduction de la longueur des racines : **au lot 50 mM**, cette diminution varie de 13 % chez *Vitron*, représentant la plus faible baisse, à 43,10 % chez *Oued El Bared*, qui affiche la réduction la plus marquée.

Au niveau du lot 100 mM, la diminution de la longueur des racines varie d'une diminution faible de 18,55 % chez le génotype *Vitron* à la plus forte régression de 42,5 % observée chez *Siméto*.

Au niveau du lot à 150 mM, la diminution de la longueur des racines se poursuit chez L'ensemble des génotypes, avec une baisse modérée de 11,52 % chez le génotype *Vitron* et une réduction plus prononcée de 36,04 % observée chez *Siméto*.

3. Paramètres biochimiques

3.1. Taux des sucres

Selon les données du tableau (10), le traitement appliqué exerce un effet hautement significatif sur le taux de sucre, tandis que ni le facteur génotype ni son interaction avec le traitement ne montrent d'effet significatif. Une augmentation du taux de sucre est observée sous l'effet du stress salin, avec une corrélation positive modérée ($r = 0,36$) chez l'ensemble des génotypes testés.

Tableau 10 : Effet du génotype, de traitement stress salin et de leurs interactions sur le paramètre biochimiques mesurés chez les 3 génotypes.

Paramètre	Effet du génotype	Effet traitement	Génotype*traitement
	Test F	Test F	Test F
Taux de sucres	3,2588 ^{ns}	3,4042 [*]	1,2713 ^{ns}
Taux de proline	15,702 ^{***}	63,499 ^{***}	5,496 ^{**}

Au niveau du lot témoin (0 mM), les teneurs moyennes en sucres (Tableau 11) varient de 18,96 ± 2,72 mg/g MF chez le génotype *Siméto* à 28,09 ± 2,69 mg/g MF chez *Oued El Bared*. Sous l'effet du **traitement à 50 mM**, une augmentation de l'accumulation des sucres simples est observée, plus marquée chez *Oued El Bared*, avec une hausse de 24,13 %, représentant la plus forte augmentation. Le génotype *Siméto* présente une augmentation modérée de 15,34 %, tandis que *Vitron* n'affiche qu'une hausse quasi négligeable de 0,26 %.

À la concentration de 100 mM, le génotype *Siméto* affiche la plus forte augmentation du taux d'accumulation des sucres simples avec une valeur de 67,98 %, suivi par *Vitron* avec 47,96 %. En revanche, *Oued El Bared* enregistre une augmentation nettement plus faible, estimée à 12,49%.

À la concentration de 150 mM, c'est le géotype *Vitron* qui présente la valeur la plus élevée, atteignant 52,90 %. *Siméto* suit avec une augmentation modérée de 32,48 %, tandis que *Oued El Bared* montre une accumulation relativement faible, estimée à 10 %.

Tableau 11 : Résultats moyenne des paramètres biochimiques chez les géotypes testés et sous les quatre traitements salin appliqués (0, 50, 100, 150 mM).

Géotype	Traitement salin	Sucres totaux (mg/g MF)	ST Std. Errs	Taux de proline (mg/g MF)	TP Std. Errs
<i>Oued El Bared</i>	0 mM	28,09	2,69	0,11	0,03
	50 mM	34,87	7,39	1,60	0,02
	100 mM	31,60	5,46	1,90	0,05
	150 mM	29,90	1,77	1,80	0,14
<i>siméto</i>	0 mM	18,96	2,72	0,15	0,10
	50 mM	21,87	2,91	1,90	0,17
	100 mM	31,85	4,51	2,00	0,03
	150 mM	25,12	3,18	1,89	0,13
<i>Vitron</i>	0 mM	23,06	1,84	1,43	0,01
	50 mM	23,12	0,83	1,91	0,20
	100 mM	34,12	1,09	1,90	0,28
	150 mM	35,26	4,82	2,42	0,25

3.2. Teneur en proline

Les données extraites du tableau (11) concernant l'estimation de la teneur en proline indiquent que cette caractéristique est significativement influencée par le traitement appliqué, la nature génotypique ainsi que par l'interaction entre ces deux facteurs

($p < 0,05$). Une augmentation du taux de proline a été observée dans tous les cas, traduisant une sensibilité marquée au stress salin et aux différences génotypiques. Cette réponse est

soutenue par une corrélation positive ($r = 0,71$), soulignant la relation entre l'intensité du stress salin et l'accumulation de proline chez l'ensemble des géotypes testés.

Au niveau du lot témoin (0 mM), les teneurs moyennes en proline (Tableau 11) varient entre **0,11 ± 0,03 mg/g MS** chez le géotype *Oued El Bared*, représentant la valeur la plus faible, et **0,15 ± 0,10 mg/g MS** chez *Siméto*, tandis que *Vitron* enregistre la valeur la plus élevée avec **1,43 ± 0,01 mg/g MS**. Ces résultats reflètent une variation notable de l'accumulation de proline entre les géotypes en conditions normales.

L'application du stress salin entraîne une augmentation significative de la teneur en proline. Au **niveau du lot à 50 mM**, cette augmentation reste variable selon les géotypes : *Oued El Bared* et *Siméto* présentent les hausses les plus importantes, estimées respectivement à **13,54 %** et **11,66 %**, tandis que *Vitron* enregistre une augmentation nettement plus modérée, de l'ordre de **33,56%**.

À la concentration de 100 mM, l'accumulation de proline se poursuit avec un taux global de progression de **9,6449 %**. Le géotype *Oued El Bared* montre une accumulation particulièrement marquée, atteignant **16,27 %** par rapport au témoin.

Enfin, **au lot 150 mM**, *Vitron* présente une fois de plus la progression la plus faible (**69,23 %**), alors que *Siméto* et *Oued El Bared* affichent les plus fortes hausses, estimées respectivement à **11,60 %** et **15,36 %**.

L'Essai N° 02

1. Rendement d'huile d'armoise blanche

Tableau 12 : Rendement d'huile essentielle d'*Artemisia* Herba Alba

	<i>Artemisia</i> Herba Alba		
	Masse de la matière végétale (g)	Masse d'huile essentielle ml/g	Rendement
Extraction (01)	500	0.835	0.28
Extraction (02)	500	0.869	0.217
Extraction (03)	500	0.869	0.209
Extraction (04)	500	0.869	0.35
Extraction (05)	500	0.810	0.33
Extraction (06)	500	0.810	0.32
Somme	200	5.091	1.706
Moyenne	/	/	0.27%

Le rendement en huile essentielle d'*Artemisia* herba-alba, plante médicinale steppique, présente une grande variabilité selon plusieurs facteurs, notamment l'origine géographique, le stade phénologique, la nature du sol et les conditions climatiques. Plusieurs études ont rapporté des rendements oscillant entre 0,75 % et 2 %. Par exemple, Boutekedjir et al. (2003) ont trouvé un rendement de 1,2 % chez des plantes récoltées à M'sila (Algérie), tandis que Benjilali et al. (1986) ont observé des rendements allant de 0,75 à 1,5 % au Maroc, avec un pic au stade de floraison. De même, Mouhajir et al. (2001) ont signalé un rendement de 1,6 % dans la région de Tafilalet, influencé par le stress hydrique. En Algérie, Touati et al. (2016) ont rapporté des rendements allant de 0,8 à 1,3 %, selon la saison et la région.

Dans notre étude, le rendement obtenu était de 0,27 %, ce qui est relativement faible par rapport aux valeurs rapportées dans la littérature. Cette faible valeur pourrait s'expliquer par des facteurs liés à l'état physiologique de la plante, aux conditions de culture, à la période de récolte ou encore à l'efficacité du procédé d'extraction utilisé. Ces données indiquent que le rendement peut être optimisé en sélectionnant les conditions idéales de récolte et d'extraction, ce qui est fondamental pour une utilisation biostimulante efficace des huiles essentielles dans le contexte agricole.

2. Taux de germination

L'expression du taux de germination dans le lot de semences trempées dans l'huile (Tableau 0) est significativement influencée à la fois par le génotype et par l'interaction génotype*traitement, indépendamment du traitement salin appliqué. En revanche, dans le lot témoin, le taux de germination est significativement affecté par l'effet du génotype et celui du traitement, sans influence significative de leur interaction. L'application du stress salin entraîne une forte réduction du taux de germination dans le lot témoin (coefficient de corrélation $r = -0,38$), tandis qu'elle provoque une diminution beaucoup plus faible dans le lot de semences traitées à l'huile ($r = -0,03$), et ce, chez l'ensemble des génotypes testés.

Tableau 13 : Effet du génotype, de traitement stress salin et de leurs interactions sur le Taux de germination mesurés chez les 3 génotypes.

Paramètre	Effet du génotype	Effet traitement	Génotype*traitement
	Test F	Test F	Test F
TGL	9,04**	2,46 ns	2,73*
TGS	6,55**	5,70**	1,76 ns

En absence de traitement à l'huile, les résultats révèlent une variabilité du taux de germination final (TGFS%) en fonction des génotypes et des niveaux de salinité. Le génotype *Siméto* se distingue par des taux de germination élevés dans l'ensemble des traitements, atteignant environ 93 % à 50 mM et se maintenant au-dessus de 85 % aussi bien dans le témoin que sous 100 mM.

À 50 mM, les trois génotypes conservent globalement des taux de germination élevés et stables (>85 %), traduisant une bonne tolérance au stress salin à ce niveau. Sous 150 mM, les performances restent globalement stables, avec peu de variation entre les génotypes. Les génotypes *Oued El Bared* et *Vitron* présentent des performances globalement similaires (6%) de réduction de taux de germination, se démarquant par leur bonne stabilité face au stress salin. Bien que ces génotypes montrent une légère baisse des taux de germination, *Siméto* enregistre la plus forte réduction avec une chute de 15,38 %, suggérant une sensibilité accrue au stress salin à ce niveau.

Toutefois, dans l'ensemble des traitements, *Siméto* présente également le plus faible taux de diminution moyenne (2,17 %), ce qui pourrait indiquer une meilleure stabilité de la germination face à la salinité.

Ces résultats confirment que la tolérance au sel varie selon les génotypes, et que les niveaux de salinité influencent de manière significative le comportement germinatif.

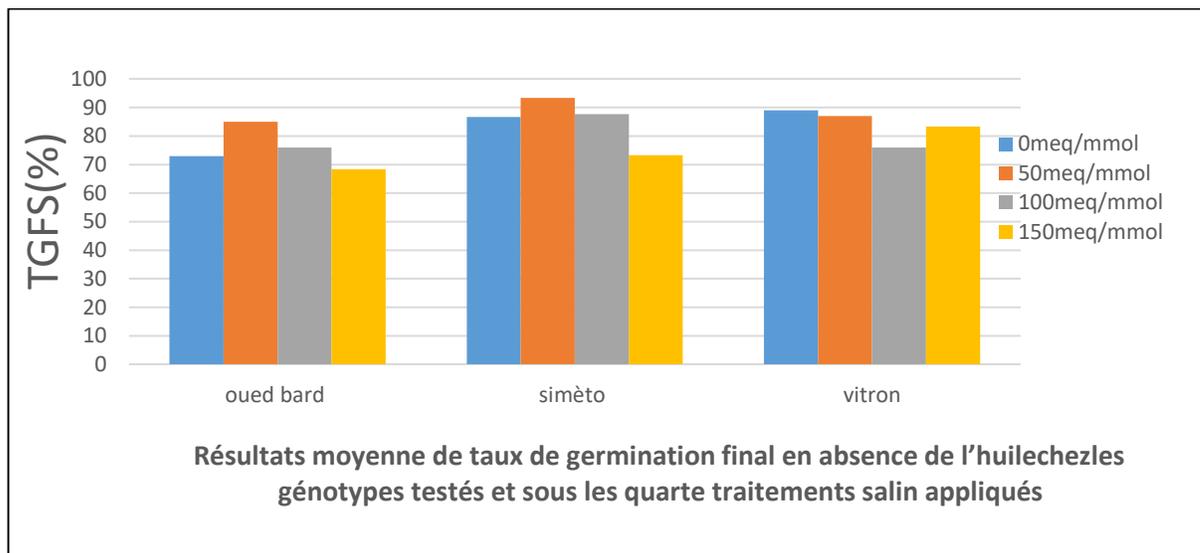


Figure 15 : Résultats moyenne du taux final de germination en absence d'huile sous différentes concentrations de sel (0, 50, 100 et 150 mM) chez trois génotypes de blé dur.

En présence d'huile, les résultats révèlent une amélioration globale du taux de germination final chez les trois génotypes étudiés, même en conditions de salinité croissante. Au niveau du traitement témoin (0 mM), les taux de germination varient, allant d'un maximum de 96,66 % chez *Simèto* à un minimum de 76,33 % chez *Vitron*.

Sous le traitement à 50 mM, les trois génotypes maintiennent des taux de germination élevés, supérieurs à 90 %, avec une amélioration allant jusqu'à 3,75 % par rapport au témoin. Cela suggère un effet protecteur potentiel de l'huile contre le stress salin.

À 100 mM, l'effet bénéfique de l'huile est particulièrement marqué chez le génotype *Vitron*, avec une augmentation du taux de germination de 15,72 %.

À 150 mM, l'amélioration se poursuit chez *Oued El Bared* et *Vitron*, avec des hausses respectives de 9,41 % et 2,62 %. Seul *Simèto* enregistre une diminution du taux de germination par rapport au témoin, indiquant une réponse plus sensible à ce niveau de salinité, malgré la présence de l'huile. Dans l'ensemble, ces résultats suggèrent que l'application de l'huile atténue les effets négatifs du stress salin et améliore la tolérance à la salinité chez les génotypes testés.

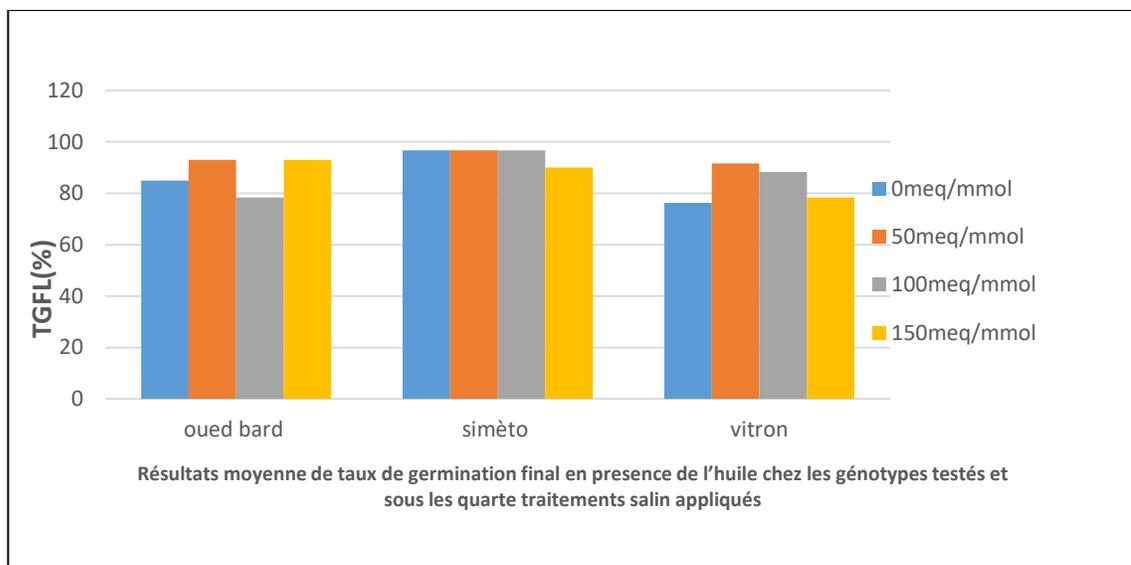


Figure 16 : Résultats moyenne du taux moyen final de germination en présence d'huile sous différentes concentrations de sel (0, 50, 100 et 150 mM) chez trois génotypes de blé dur

2. Cinétique de germination

Effet du stress salin sur la cinétique de germination de la variété *Oued El Bared* (avec et sans huile)

En absence d'huile, la germination de *Oued El Bared* a débuté lentement, avec une nette accélération après 48 heures. Le traitement à 50 mM de NaCl a induit la meilleure germination, dépassant même le témoin (0 mM) à partir de 72 heures, suggérant une stimulation légère à faible salinité. Toutefois, les concentrations élevées (100 et 150 mM) ont fortement réduit le taux de germination, avec un effet plus prononcé à partir de 72 heures. Le traitement à 150 mM a montré la plus faible germination, indiquant une sensibilité marquée au stress salin.

En présence d'huile d'armoise, la réponse de *Oued El Bared* a considérablement changé. Une amélioration globale de la germination a été observée, en particulier à des salinités élevées. À partir de 96 heures, le traitement à 150 mM a donné les meilleurs résultats, dépassant toutes les autres concentrations, suivi de près par le traitement à 100 mM. Le témoin a montré une germination modérée, tandis que le traitement à 50 mM est resté relativement stable mais moins performant. Ces observations suggèrent un effet protecteur de l'huile contre les effets inhibiteurs du NaCl à fortes concentrations.

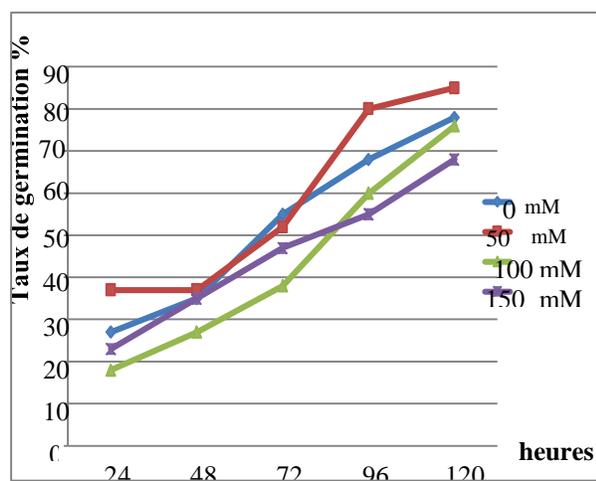


Figure 17 : Effets de différentes concentrations de NaCl sur la cinétique de germination de la variété *Oued El Bared* en absence d'huile

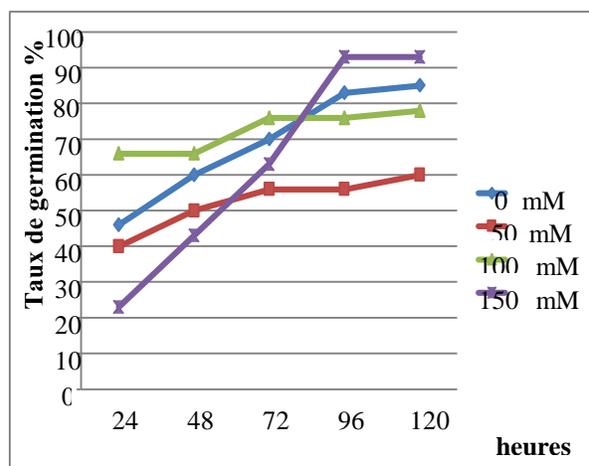


Figure 18 : Effets de différentes concentrations de NaCl sur la cinétique de germination de la variété *Oued El Bared* en présence d'huile

Effet du stress salin sur la cinétique de germination de la variété *Simèto* (avec et sans huile)

Sans huile, la germination de *Simèto* a progressé de manière régulière entre 24 et 96 heures. Les faibles concentrations (0 et 50 mM) ont permis d'atteindre les meilleurs taux de germination, avec un maximum enregistré à 120 heures pour le traitement à 50 mM, suivi du témoin. À l'inverse, les concentrations élevées (100 et 150 mM) ont entraîné un ralentissement significatif de la germination, confirmant la sensibilité de cette variété à la salinité.

En présence d'huile, *Simèto* a montré une amélioration notable de son comportement germinatif. Dès 24 heures, des différences sont perceptibles selon les concentrations en NaCl, mais la germination s'accélère nettement entre 48 et 72 heures. À partir de 96 heures, une stabilisation des taux est observée. Les concentrations élevées, notamment 150 mM, entraînent une légère inhibition par rapport aux faibles concentrations, mais les effets sont atténués par l'huile, qui semble limiter les effets négatifs du sel sur la germination.

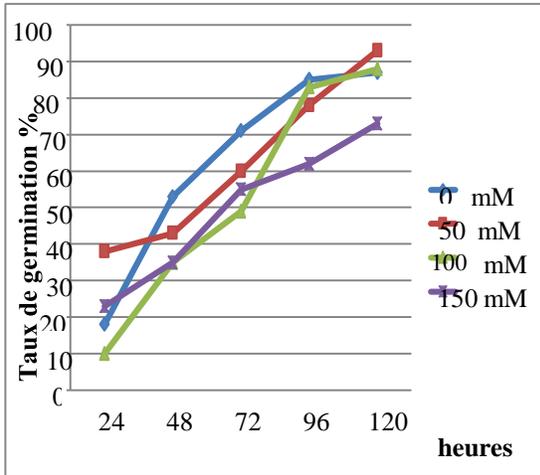


Figure 19 : Effets de différentes concentrations de NaCl sur la cinétique de germination de la variété *Siméto* en absence d’huile

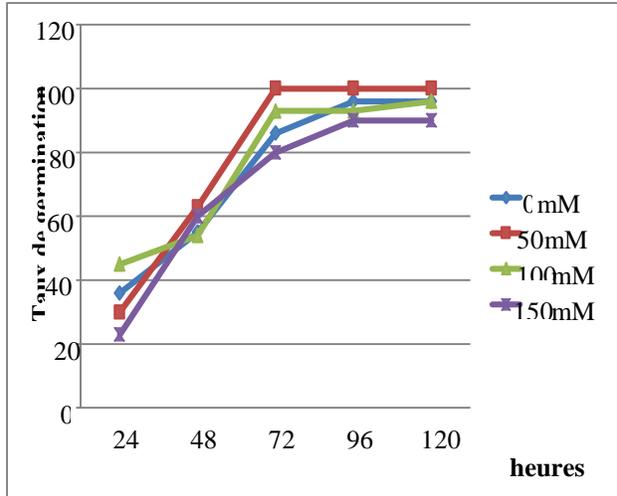


Figure 20 : Effets de différentes concentrations de NaCl sur la cinétique de germination de la variété *siméto* en présence d’huile

En absence d'huile, *Vitron* a présenté une bonne tolérance à la salinité. À 0 mM, la germination était rapide dès les premières 48 heures. Aux concentrations de 50 et 100 mM, le taux de germination est resté élevé, bien qu'on note un léger ralentissement initial. Pour le traitement à 150 mM, un retard marqué est observé durant les premières 48 heures, mais les graines parviennent progressivement à des taux proches de celui du témoin à 120 heures. Ces résultats traduisent une capacité d'adaptation de *Vitron* au stress salin, même à des niveaux relativement élevés.

Avec l'huile, la réponse de *Vitron* s'est montrée très stable. La majorité des graines ont germé efficacement entre 24 et 72 heures, quelle que soit la concentration en NaCl. Les courbes de germination sont restées proches, révélant une faible variation entre les traitements. À 120 heures, tous les traitements affichent des taux élevés, ce qui indique une forte tolérance de la variété *Vitron* et un effet positif de l'huile qui semble maintenir la vigueur germinative sous stress salin.

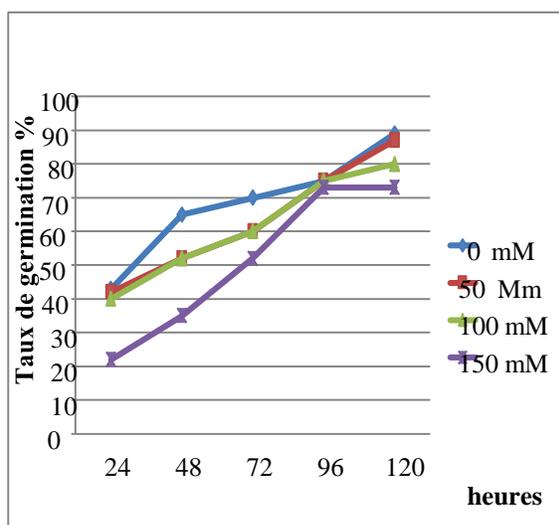


Figure 21 : Effets de différentes concentrations de NaCl sur la cinétique de germination de la variété de blé dur *vitron* en absence d'huile

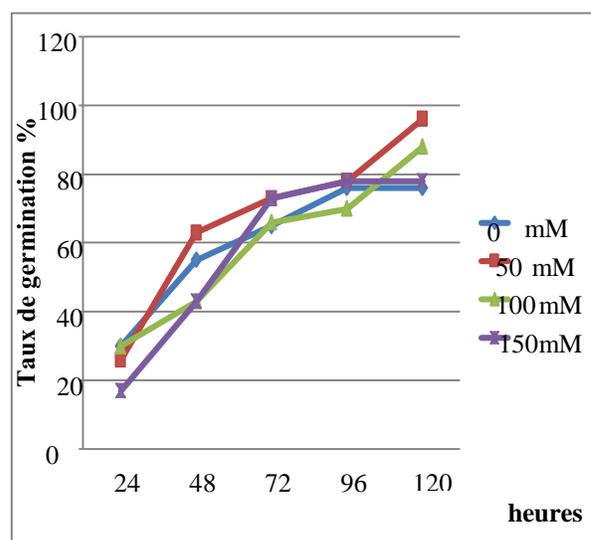


Figure 22 : Effets de différentes concentrations de NaCl sur la cinétique de germination de la variété de blé dur *vitron* en présence d'huile

Discussion :

L'étude a montré que l'augmentation de la concentration en sels a entraîné une réduction progressive et notable de la teneur relative en eau (TRE), reflétant ainsi l'effet négatif du stress salin sur la capacité des plantes à retenir l'eau. Cette réduction a été particulièrement marquée aux concentrations élevées, notamment à 100 et 150 mM. Ces résultats sont en accord avec ceux rapportés par **Schonfeld et al. (1988)**, qui ont indiqué que la teneur relative en eau des feuilles constitue un indicateur fiable de l'état hydrique des tissus végétaux, en raison de sa relation directe avec le volume cellulaire et l'équilibre entre l'eau et la transpiration. De manière générale, une relation inverse a été observée entre le niveau de salinité et la TRE, puisque l'augmentation de la concentration saline s'est accompagnée d'une réduction du contenu en eau chez les plantes étudiées. Cette corrélation négative a été confirmée par le coefficient de corrélation obtenu ($r = -0,21$), indiquant une relation inverse faible entre l'intensité de la salinité et la réduction de la TRE. **Munns (2002)** a également souligné que la salinité réduit la capacité des plantes à absorber l'eau, ce qui contribue à la réduction de la turgescence cellulaire. Par ailleurs, **Tabaei-Aghdai et al. (2000)** ainsi que **Farooq et Azam (2006)** ont montré que cette réduction du contenu en eau cellulaire est liée à une augmentation de la perméabilité de la membrane cellulaire, accentuant ainsi la perte d'eau sous contrainte saline. Ces résultats rejoignent également ceux de **Belkhodja et Bidai (2004)**, qui ont démontré que le stress salin provoque une baisse de la TRE en induisant un stress osmotique important dû à la diminution de l'eau disponible dans la rhizosphère, limitant ainsi l'absorption hydrique par les racines. Dans le même sens, une étude récente d'**Elhakem et al. (2020)**, publiée dans *International Journal of Agronomy*, a montré que l'augmentation de la salinité entraîne une baisse significative de la TRE chez toutes les variétés testées, en raison d'un effet osmotique qui réduit l'absorption d'eau et nuit à la croissance et au rendement des plantes.

Les résultats ont montré que le stress salin entraîne une diminution significative des teneurs en chlorophylle a, b et en chlorophylle totale, avec l'augmentation de la concentration en sels. Cette baisse reflète l'effet du stress sur l'équilibre physiologique de la plante, en perturbant la biosynthèse des pigments photosynthétiques ou en accélérant leur dégradation, notamment sous l'effet du stress oxydatif. La relation négative observée entre la salinité et la teneur en chlorophylle, en particulier la chlorophylle b, souligne la sensibilité de l'appareil photosynthétique à l'augmentation de la salinité,

comme en témoignent les coefficients de corrélation négatifs suivants : $r = -0,24$ pour la chlorophylle a, $r = -0,72$ pour la chlorophylle b, et $r = -0,65$ pour la chlorophylle totale.

Ces observations sont en accord avec les résultats de Kaddour et Gouari (2015), qui ont constaté une réduction marquée des teneurs en chlorophylle chez le blé dur soumis à des concentrations croissantes de NaCl, traduisant une désorganisation de la structure interne des chloroplastes. Boutlelis (2015) a également rapporté que le stress salin diminue significativement l'accumulation de chlorophylle, bien que l'application de BAP ait permis d'atténuer cet effet. De même, Chamekh (2013) a noté une chute importante du contenu en chlorophylle chez les génotypes sensibles, en lien avec la sévérité du stress.

Par ailleurs, les travaux de Shao et al. (2005) et Qiao et al. (2010) expliquent cette diminution par la réduction de l'ouverture stomatique, ce qui limite la perte d'eau par transpiration et empêche l'entrée du CO₂, élément essentiel à la photosynthèse, affectant ainsi l'efficacité physiologique de la plante. Chandrasekar et al. (2000) attribuent cette baisse à une diminution des protéines membranaires des thylakoïdes, qui jouent un rôle central dans la structure et le fonctionnement des chloroplastes. Cette interprétation est également soutenue par Quartacci et al. (1995), qui ont mis en évidence une réduction du nombre de photosystèmes dans les cellules thylakoïdiennes, ce qui compromet l'efficacité du processus photosynthétique.

Selon Tambussi et al. (2007), la baisse des chlorophylles dans les parties supérieures de la plante, notamment les feuilles et les épis, perturbe la phase de remplissage des grains et réduit significativement le rendement final. Enfin, les études de Zhang et al. (2021), El-Beltagi et al. (2022) et Hussain et al. (2023) confirment que la diminution de la chlorophylle altère la redistribution des réserves stockées dans la tige vers les différentes parties de la plante, compromettant ainsi sa croissance et son développement.

Concernant les paramètres morphologiques, l'étude a montré que la longueur des feuilles et des racines diminue de manière significative sous l'effet du stress salin. Cette réduction est principalement liée à la perturbation de l'absorption d'eau et à l'augmentation de la toxicité ionique causées par la salinité, ce qui entrave la croissance cellulaire et le développement des tissus végétaux. En effet, sous l'effet du stress salin, une diminution progressive de la longueur des racines a été observée chez tous les génotypes, avec une intensité croissante de cette réduction en fonction de la concentration en sel.

Globalement, plus la concentration saline augmente, plus la croissance morphologique des feuilles et des racines est affectée négativement.

Nos résultats, montrant une réduction progressive de la longueur des racines et des feuilles sous l'effet du stress salin, sont en accord avec ceux de Hussein et al. (2023). Dans leur étude sur le blé dur, une diminution marquée de ces paramètres morphologiques a été observée à des concentrations croissantes de NaCl (5000–7000 ppm). Cette tendance, similaire à celle notée chez nos génotypes, s'explique par une limitation de l'absorption hydrique et une accumulation ionique toxique. Toutefois, leur étude a également mis en évidence que certains génotypes, tels que Ismailia line, conservent une meilleure croissance sous stress, ce qui souligne l'importance de la variabilité génétique dans la tolérance à la salinité (Hussein et al., 2023).

Dans notre étude, nous avons observé une réduction progressive de la longueur des racines sous l'effet du stress salin, avec des pourcentages de diminution variant selon les concentrations appliquées (50, 100 et 150 mM). Ces résultats sont en accord avec ceux rapportés par Fu et al. (2023), qui ont mis en évidence une baisse significative de la longueur, de la surface et du volume racinaire chez différentes variétés de blé d'hiver soumises au NaCl, avec des diminutions allant de 30 à 47 % par rapport au témoin (Fu et al., 2023).

Dans cette étude, nous avons observé une réduction significative de la longueur des racines (RL) chez les deux types de blé (printanier et d'hiver) soumis au stress salin, notamment aux concentrations de NaCl de 100 et 200 mM en conditions de germination. Ces résultats concordent avec ceux rapportés par Saddiq et al. (2021), qui ont montré une diminution notable de la longueur des racines et des taux de croissance relatifs sous les mêmes niveaux de stress salin (Saddiq et al., 2021)

Enfin, Badraoui et Meziani (2019) ont constaté chez différentes variétés de blé dur que l'augmentation de la salinité engendre une réduction de la longueur des racines et des feuilles, due à la perturbation de l'absorption d'eau et des nutriments, ainsi qu'à la toxicité ionique (Badraoui & Meziani, 2019).

L'accumulation des glucides, notamment des sucres solubles, constitue l'une des réponses physiologiques les plus fréquentes des plantes soumises au stress salin. Ces composés jouent un rôle essentiel dans le maintien de l'équilibre osmotique intracellulaire, la protection des structures cellulaires contre les dommages, ainsi que dans le soutien des processus métaboliques nécessaires à la survie de la plante en conditions de stress (Munns , 2008). Dans notre recherche, l'irrigation avec de l'eau salée, comportant des concentrations plus élevées de NaCl (50, 100 et 150 mM), Les résultats de cette étude révèlent une variation marquée entre les trois génotypes étudiés (*Siméto*, *Vitron*, *Oued El Bared*) dans leur capacité à accumuler des sucres solubles en réponse au stress salin. En général, l'augmentation de la concentration saline a entraîné une élévation du contenu en sucres solubles chez tous les génotypes, mais l'ampleur de cette augmentation différait selon le génotype et le niveau de salinité.

Cette accumulation constitue l'un des principaux mécanismes physiologiques mis en œuvre par les plantes pour faire face au stress osmotique, les sucres jouant un rôle dans la régulation de la pression osmotique intracellulaire, le maintien de l'équilibre hydrique, ainsi que dans la protection des protéines et des membranes contre les dommages causés par la perte d'eau (Munns , 2008)

De manière générale, ces résultats confirment que l'accumulation de sucres solubles constitue un indicateur fiable de la tolérance au stress salin. La capacité des génotypes à augmenter cette accumulation est positivement corrélée à leur niveau de tolérance au sel. Les différences observées entre les génotypes montrent que l'adaptation au stress ne dépend pas uniquement de la quantité de sucres accumulés, mais aussi du moment où ces mécanismes sont activés, ainsi que de l'efficacité de la plante à maintenir son activité métabolique sous stress (Lepengue , 2012).

De plus, les sucres solubles jouent un rôle similaire en tant qu'osmoprotecteurs, participant à l'ajustement osmotique et à la protection des membranes contre la déshydratation induite par le stress salin (Benderradji et al., 2016 ; Chiahi et Louhichi, 2020).

Ces mécanismes expliquent la variation observée dans l'accumulation de proline entre les génotypes, reflétant des capacités différentes d'adaptation au stress salin.

Les résultats montrent une augmentation significative de la teneur en proline chez les différents génotypes soumis au stress salin, ce qui illustre une réponse physiologique importante à ce type de

stress. Cette accumulation s'explique par le rôle fondamental de la proline en tant que composé osmorégulateur. Elle participe à la régulation du pH cytoplasmique et au maintien de la pression entre le cytosol et la vacuole, aidant ainsi à préserver l'équilibre cellulaire face au stress (**Dadach et al., 2015**).

L'accumulation de la proline, ainsi que d'autres osmolytes, contribue à abaisser le potentiel osmotique des cellules, ce qui permet de maintenir le potentiel de turgescence indispensable au bon fonctionnement des cellules végétales sous conditions défavorables (**Ashraf , 2020**). Ce mécanisme d'osmorégulation protège également les membranes cellulaires et les enzymes, particulièrement dans les organes jeunes qui sont plus vulnérables au stress (**Siddiqui , 2021**)

Ainsi, la forte augmentation de la proline chez *Oued El Bared* et **Siméto** traduit une mobilisation efficace de ces mécanismes de défense, tandis que l'augmentation plus modérée chez *Vitron* pourrait indiquer une stratégie différente ou une tolérance moindre au stress.

Le taux de germination est considéré comme un indicateur fondamental pour évaluer la capacité des graines à s'adapter aux conditions environnementales difficiles, telles que le stress salin. Nos résultats ont révélé que toutes les variétés testées ont été affectées par l'augmentation de la concentration en NaCl, mais de manière différente selon le génotype. La variété *Vitron*, suivie de *Oued El Bared*, a montré une meilleure tolérance au stress salin, en maintenant une capacité germinative relativement stable même à des concentrations salines élevées, contrairement à la variété *Siméto* qui s'est avérée plus sensible. Ce comportement différentiel confirme que la tolérance au stress salin chez le blé dépend fortement du patrimoine génétique, comme l'ont indiqué **Khan et Ungar (2001)**, qui ont observé que certaines variétés maintenant une bonne germination sous salinité sont celles qui développent des mécanismes efficaces de régulation osmotique, notamment par l'accumulation d'osmorégulateurs comme la proline et la bêtaïne glycine (**Khan & Ungar, 2001**). Le taux de germination est considéré comme un indicateur fondamental pour évaluer la capacité des graines à s'adapter aux conditions environnementales difficiles, telles que le stress salin. Nos résultats ont révélé que toutes les variétés testées ont été affectées par l'augmentation de la concentration en NaCl, mais de manière différente selon le génotype, La variété *Vitron*, suivie de *Oued El Bared*, a montré une meilleure tolérance au stress salin, en maintenant une capacité germinative relativement stable même à des concentrations salines élevées, contrairement à la variété *Siméto* qui s'est avérée plus sensible. Ce comportement différentiel confirme que la tolérance au stress salin chez le blé

dépend fortement du patrimoine génétique, comme l'ont indiqué **Khan et Ungar (2001)**, qui ont observé que certaines variétés maintenant une bonne germination sous salinité sont celles qui développent des mécanismes efficaces de régulation osmotique, notamment par l'accumulation d'osmorégulateurs comme la proline et la bétaine glycine.

D'un point de vue physiologique, l'inhibition de la germination peut être expliquée par deux mécanismes principaux : premièrement, un effet osmotique qui réduit l'absorption d'eau par les graines ; deuxièmement, un effet toxique dû à l'accumulation des ions Na^+ et Cl^- qui perturbent l'intégrité des membranes cellulaires et inhibent l'activité des enzymes nécessaires à l'activation du métabolisme embryonnaire. Ces mécanismes ont été largement documentés par **Munns et Tester (2008)**, qui ont démontré que le stress salin provoque un déséquilibre ionique entraînant des dommages cellulaires directs au niveau des tissus responsables de la germination. Dans ce contexte, l'analyse de corrélation entre la concentration en NaCl et le taux final de germination a montré que le coefficient de corrélation était négatif en absence d'huile ($r=-0.52$), indiquant une diminution notable du taux de germination avec l'augmentation de la salinité. En revanche, cette relation s'est nettement améliorée en présence de l'huile ($r = -0.14$), ce qui suggère un rôle atténuant de l'huile vis-à-vis de l'effet du stress salin. Une étude récente publiée dans **Protoplasma (2024)** par **Ben Saad et al. (2024)** appuie cette observation : l'utilisation de l'huile essentielle romarin (*Rosmarinus officinalis*, RoEO) à 5 ppm a significativement amélioré la germination du blé dur sous 150 mmol/L de NaCl , avec une augmentation de la longueur des racines, de la masse fraîche, de la surface foliaire et de l'efficacité photosynthétique, tout en réduisant l'accumulation de ROS et les dommages membranaires, soulignant le rôle de cette huile comme régulateur biologique.

L'étude de la cinétique de germination a permis de mieux comprendre l'effet dynamique du stress salin sur le déroulement temporel de la germination chez les trois génotypes de blé dur. En absence d'huile, un allongement marqué de la phase de dormance a été observé, notamment à des concentrations élevées de NaCl . Cela se traduit par un démarrage plus lent de la germination, accompagné d'un ralentissement de l'absorption d'eau et d'un retard dans l'activation des enzymes clés telles que l' α -amylase. Ces observations sont en accord avec les résultats de **Bewley et al. (2013)**, qui ont souligné que la germination dépend fortement du potentiel hydrique du milieu et de la disponibilité des enzymes hydrolytiques nécessaires à la mobilisation des réserves nutritives.

En présence de l'extrait huileux d'*Artemisia herba-alba*, un changement clair de la cinétique a été observé. Chez la variété *Vitron*, la germination a commencé plus rapidement et a atteint ses

valeurs maximales en un temps plus court, même sous un stress salin élevé. Le raccourcissement de la phase de dormance et l'accélération de la phase linéaire indiquent que l'huile agit comme un catalyseur métabolique, favorisant l'activation rapide des voies physiologiques impliquées dans la germination. Ce comportement peut être expliqué par le rôle des antioxydants présents dans l'huile, qui limitent l'oxydation des membranes et protègent les protéines et les enzymes impliquées dans la croissance embryonnaire. Selon **Gechev et al. (2013)**, le traitement des graines avec des biostimulants d'origine végétale peut améliorer leur tolérance aux stress abiotiques en renforçant les systèmes de défense antioxydants et en stabilisant les structures cellulaires dès les premières heures après l'imbibition.

Par ailleurs, **Abdelghani et al. (2021)** ont indiqué que l'amélioration de la cinétique de germination en conditions salines pourrait être due à la réduction de la toxicité ionique par la modulation de l'expression des gènes liés au stress, mécanisme induit par l'extrait végétal. Ce mécanisme peut expliquer l'effet accélérateur observé chez les génotypes *Vitron* et Oued El Bard, qui ont montré une progression rapide de la germination même à des concentrations élevées de NaCl.

L'étude de la cinétique de germination a permis de mieux comprendre l'effet dynamique du stress salin sur le déroulement temporel de la germination chez les trois génotypes de blé dur. En absence d'huile, un allongement marqué de la phase de dormance a été observé, notamment à des concentrations élevées de NaCl. Cela se traduit par un démarrage plus lent de la germination, accompagné d'un ralentissement de l'absorption d'eau et d'un retard dans l'activation des enzymes clés telles que l' α -amylase. Ces observations sont en accord avec les résultats de **Bewley et al. (2013)**, qui ont souligné que la germination dépend fortement du potentiel hydrique du milieu et de la disponibilité des enzymes hydrolytiques nécessaires à la mobilisation des réserves nutritives.

En présence de l'extrait huileux d'*Artemisia herba-alba*, un changement clair de la cinétique a été observé. Chez la variété *Vitron*, la germination a commencé plus rapidement et a atteint ses valeurs maximales en un temps plus court, même sous un stress salin élevé. Le raccourcissement de la phase de dormance et l'accélération de la phase linéaire indiquent que l'huile agit comme un catalyseur métabolique, favorisant l'activation rapide des voies physiologiques impliquées dans la germination. Ce comportement peut être expliqué par le rôle des antioxydants présents dans l'huile, qui limitent l'oxydation des membranes et protègent les protéines et les enzymes impliquées dans la croissance embryonnaire. Selon **Gechev et al. (2013)**, le traitement des graines avec des biostimulants d'origine

végétale peut améliorer leur tolérance aux stress abiotiques en renforçant les systèmes de défense antioxydants et en stabilisant les structures cellulaires dès les premières heures après l'imbibition.

Par ailleurs, **Abdelghani et al. (2021)** ont indiqué que l'amélioration de la cinétique de germination en conditions salines pourrait être due à la réduction de la toxicité ionique par la modulation de l'expression des gènes liés au stress, mécanisme induit par l'extrait végétal. Ce mécanisme peut expliquer l'effet accélérateur observé chez les génotypes *Vitron* et Oued El Bard, qui ont montré une progression rapide de la germination même à des concentrations élevées de NaCl.

Ainsi, la cinétique de germination constitue un indicateur sensible permettant de détecter non seulement la tolérance au stress salin, mais aussi l'efficacité des traitements biostimulants. Par conséquent, l'utilisation de l'huile *d'Artemisia herba-alba* pourrait représenter une stratégie efficace pour maintenir une dynamique germinative adéquate en milieux salins, notamment chez les génotypes les plus réactifs. Nos résultats sont corroborés par ceux de **Giorgi et al. (2024)**, qui ont montré que le traitement des graines de *Phaseolus acutifolius* avec l'huile essentielle de *Lippia alba* améliore significativement la germination sous stress salin. L'huile a permis de limiter les effets négatifs du sel en favorisant l'absorption hydrique et en protégeant le système racinaire. De même, **Hussain et al. (2019)** ont montré que le traitement des graines avec certaines huiles essentielles peut limiter l'accumulation de ROS, stabiliser les membranes cellulaires et maintenir un environnement favorable à la germination. Selon **Bailly (2019)**, la germination est étroitement régulée par les niveaux de ROS. Les huiles essentielles, en réduisant ces niveaux, facilitent la germination. **Day (2016)** a démontré l'effet stimulant de l'huile de carthame sur la germination de plusieurs espèces, bien que sans stress salin. L'étude de **Ben-Jabeur et al. (2022)** a révélé que l'enrobage avec une huile de *Thymus* améliore la croissance en conditions hydriques difficiles par régulation de l'ABA. Enfin, une étude publiée dans **PeerJ (2023)** a montré que les huiles de romarin, sauge et lavande ont également amélioré la germination et la croissance du blé en salinité, bien que l'efficacité varie selon le type d'huile et la concentration utilisée.

Conclusion

Conclusion

Cette étude a mis en évidence les effets négatifs du stress salin sur le blé dur, affectant significativement plusieurs paramètres morphologiques (longueur des racines et des feuilles), physiologiques (teneur relative en eau, teneur en chlorophylle a, b et totale), et biochimiques (accumulation de proline et de sucres solubles). L'augmentation de la concentration en NaCl a entraîné une diminution marquée de la germination et de la croissance, traduisant un déséquilibre hydrique, une perturbation de l'activité photosynthétique et des fonctions métaboliques de la plante. Le génotype *Siméto* s'est révélé le plus sensible à la salinité, tandis que *Vitron* et *Oued El bared* ont montré une meilleure tolérance, soulignant ainsi l'importance de la diversité génétique dans la réponse au stress salin.

L'utilisation de l'extrait huileux d'*Artemisia herba-alba* a permis d'atténuer ces effets néfastes, en améliorant le taux de germination, en réduisant la durée de dormance, et en stimulant la production de composés de protection osmotique tels que la proline et les sucres solubles, contribuant ainsi à une meilleure régulation osmotique et à la protection de l'intégrité cellulaire.

Une amélioration notable du taux et de la cinétique de germination a été observée en présence de l'huile, en particulier chez le génotype *Vitron*, avec une augmentation de 15,72 % à 100 mM et 2,62 % à 150 mM, ainsi qu'une vitesse de germination stable entre 24 et 72 heures, atteignant des taux élevés après 120 heures. Le génotype *Oued El Bared* a également enregistré une amélioration de 9,41 % à 150 mM, tandis que l'effet de l'huile est resté limité chez *Siméto*, malgré une légère accélération de la germination au début, ce qui confirme une variabilité de réponse selon les génotypes et les concentrations salines.

Cet extrait naturel a ainsi montré une réelle efficacité pour renforcer la résistance des plantes aux conditions environnementales difficiles, ce qui en fait un biostimulant prometteur.

L'intérêt de ces résultats ne se limite pas à l'aspect expérimental, mais ouvre également des perspectives intéressantes pour les programmes de sélection variétale et la mise en œuvre de pratiques agricoles durables. L'association de génotypes tolérants à la salinité avec des composés naturels à effet protecteur constitue une stratégie efficace face à l'aggravation de la salinisation des sols et aux changements climatiques, contribuant ainsi au maintien de la productivité du blé dur et à la promotion d'une agriculture résiliente aux stress abiotiques.

Conclusion

Cette étude constitue une première étape vers l'exploitation des extraits naturels comme biostimulants pour améliorer la tolérance des plantes aux stress environnementaux, tout en ouvrant la voie à des applications agricoles durables. Dans cette optique, nous aspirons à poursuivre les recherches en approfondissant l'analyse aux stades de développement avancés et en étudiant de manière détaillée l'effet de l'huile sur les indicateurs de croissance morphologiques, physiologiques et biochimiques, afin de développer des stratégies efficaces pour améliorer la production du blé en conditions de salinité croissante.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

Référence Bibliographiques :

(A)

- **Abdelghani, K., Benmahdi, H., & Bouterfas, K. (2021).** Influence des extraits végétaux sur la germination du blé dur (*Triticum durum* Desf.) sous stress salin. *Revue des Bioressources*, 11(2), 45–54.
- **Adel J et Bader J., 2002:** Studies of some traits related to salinity tolerance in bread wheat(*Triticumaestivum*L.). Proceeding of the International Symposium on optimum resourcesutilization in salt-affected Ecosystems in arid and semi-arid regions, Cairo, Egypt, p.102
- **AFNOR, 2000 :** Huiles essentielles. Ed. PARA Graphic. Tome1 – Echantillonnage et méthode d'analyse 471 P. Tome 2 – Volume 1 Monographie relative aux huiles essentielles 323 P. Tome 2 – Volume 2 Monographie relative aux huiles essentielles 663 P.
- **Aidaoui, A., Benmahammed, A., Chabane, S., & Bouzerzour, H. (2013).** Effets de la salinité sur la croissance des jeunes plants de blé dur (*Triticum durum* Desf.). *Journal of Science and Technology*, 17(1), 52–59.
- **Alem C et Atalay A, Lars J, Niels L, Robert K, Gunnar K, 2002 :** Adaptations hydrique et photosynthétique du blé dur et du blé tendre au stress salin. *C. R. Biologies*, Vol. 325:pp1097-1109.
- **Allen R.D., 1995:** Dissection of oxidative stress tolerance using transgenic plants. *Plant Physiol.* pp 1049-1054.
- and Environment pp239-250.
- **Anonyme.,(2008).**L'Algérie couvère seulement 25% de ses besoins en céréales.<http://www.liberte-algerie.com/edit.php?id=102098&titre>
- **Ashraf M et Harris., 2004:** Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants.*Plant Sci.*, 166: 3-6
- **Ashraf, M. (2020).** Role of proline and glycine betaine in improving plant abiotic stress tolerance. *Journal of Plant Nutrition*, 43(4), 507–523.
<https://doi.org/10.1080/01904167.2019.1659323>
- **Ayad, N., Benaraba, R., Hemida, H., & Abdellah, F. (2022).** Biological activities of phenolic extracts from *Artemisia herba-alba* Asso grown in western Algeria. *European Journal of Biological Research*, 12(1), 46-61.

Références bibliographiques

(B)

- **Baba Aissa, F. (2000).** Les plantes médicinales en Algérie. Librairie Moderne, Alger.
- **Badraoui, H., & Meziani, R. (2019).** Effet du stress salin sur la germination et la croissance de quelques variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.). *Revue des Bioressources*, 9(2), 76–84.
- **Badraoui, M., & Meziani, M. (2019).** Effet du stress salin sur la croissance et le développement du blé dur. *Journal Algérien des Régions Arides*, 16(1), 22–31.
- **Bailly, C. (2019).** The signalling role of ROS in the regulation of seed germination and dormancy. *Biochemical journal*, 476(20), 3019-3032.
- **Bayuelo J et al., 2002:** Salinity tolerance of *Phaseolus* species during germination and early seedling growth. *Crop Sci.*, pp2184-2192.
- **Bekkari, S. (2022).** Étude sur la filière céréalière méditerranéenne. *Revue Maghrébine des Sciences Agronomiques*.
- **BEIkhodja M. et Bidai Y., 2004.** Réponse des graines d’*Atriplexhalimus* L. à la salinité au stade de la germination. *Sécheresse*, 15 (4): 331-335.
- **Belkhodja, M., & Bidai, Y. (2004).** La réponse des graines d’*Atriplex halimus* L. à la salinité au stade de la germination. *Science et changements planétaires/Sécheresse*, 15(4), 331-335.
- **Ben Abdallah, F., Neffati, M., & Chograni, H. (2024).** Rosemary essential oil improves the salt tolerance of durum wheat by enhancing antioxidant defense system. *Protoplasma*. <https://doi.org/10.1007/s00709-024-01965-8>
- **Ben Hsouna, A., Ben Halima, N., & Bouaziz, M. (2021).** Chemical composition and biological activities of essential oil and various extracts of *Artemisia herba-alba*. *Industrial Crops and Products*, 167, 113497.
- **Ben Saad, R., Bouzidi, H., & Boughalleb, F. (2024).** *Rosmarinus officinalis* essential oil alleviates salinity-induced oxidative damage during durum wheat (*Triticum durum*) germination. *Protoplasma*, 261(1), 17–29. <https://doi.org/10.1007/s00709-024-01823-0>
- **Benderradji, L., Brini, F., Kellou, K., Djekoun, A., Masmoudi, K., & Bouzerzour, H. (2016).** Benderradji, L., Brini, F., Kellou, K., Djekoun, A., Masmoudi, K., & Bouzerzour, H. (2016). Physiological and biochemical responses of durum wheat (*Triticum durum*) genotypes to salt stress. *Acta Physiologiae Plantarum*, 38(2), 1–11. <https://doi.org/10.1007/s11738-015-2043-2>
- **Ben-Jabeur et al. (2024).** Seed priming with *Rosmarinus officinalis* essential oil enhances

Références bibliographiques

salt stress tolerance in durum wheat (*Triticum turgidum* L. subsp. durum). Protoplasma.

- **Benlaribi M., Monneveux M., et Grignac P., 1990-** Étude des caractères d'enracinement et de leur rôle dans l'adaptation au déficit hydrique chez le blé dur (*Triticum durum* Desf). Agronomie, Vol .10, n°4, 305-322: 306-307 p.

- **Bewley, J. D., Bradford, K., Hilhorst, H. W. M., & Nonogaki, H. (2013).** Seeds: Physiology of Development, Germination and Dormancy (3rd ed.). Springer.

- **Boufenar-Zaghouane F. & Zaghouane O. (2006).** Guide des principales variétés de céréales à paille en Algérie (blé dur, blé tendre, orge et avoine). ITGC,154.

- **Bougoutaia, Y., Garnatje, T., Valles, J., Kaid-Harche, M., Ouhammou, A., Dahia, M., ... & Vitales, D. (2021).** Phylogeographical and cytogeographical history of *Artemisia herba-alba* (Asteraceae) in the Iberian Peninsula and North Africa: Mirrored intricate patterns on both sides of the Mediterranean Sea. Botanical Journal of the Linnean Society, 195(4), 588–605.

- **Boutlelis, T. (2015).** Effet du stress salin et du benzylaminopurine (BAP) sur la croissance et le contenu en pigments photosynthétiques de jeunes plants de blé (*Triticum durum*). Mémoire de Master, Université Abou Bekr Belkaïd - Tlemcen, Algérie.

- **Bouزيد, S. (2009).** Effet du stress salin sur la croissance de la tomate (*Solanum lycopersicum* L.). Mémoire de Master, Université de Batna.

- **Bouزيد, N. (2016).** Etude des activités biologiques de l'huile essentielle de l'armoise blanche «*Artemisia herba alba* Asso».

- **Bozzini A. 1988.** Origin, distribution and production of durum wheat in the world .

(C)

- **Chamekh, R. (2013).** Effet du stress salin sur la croissance et la photosynthèse de différents génotypes de blé. Thèse de Doctorat, Université de Tunis El Manar, Tunisie.

- **Chandrasekar, V., K. Sairam, R., & Srivastava, G. C. (2000).** Physiological and biochemical responses of hexaploid and tetraploid wheat to drought stress. Journal of Agronomy and Crop Science, 185(4), 219-227.

- **Chandrasekar, V., Sairam, R. K., & Srivastava, G. C. (2000).** Physiological and biochemical responses of hexaploid and tetraploid wheat to drought stress. Journal of Agronomy and Crop Science, 185(4), 219–227. <https://doi.org/10.1046/j.1439-037x.2000.00420.x>

- **Chartzoulakis, Klapaki 2000 :** NAGREF, Subtropical Plants and Olive Tree Institute,

Références bibliographiques

73100 Chania, Crete, Greece.

- **Chellali B., (2007).** Marché mondial des céréales: L'Algérie assure sa sécurité alimentaire. <http://www.lemaghreb.dz.com/admin/folder01/une.pdf>
- **Chiahi, A., & Brinis, L. (2020).** Effet du stress salin sur la biomasse et la teneur en chlorophylle chez le blé dur. *Bulletin des Sciences Biologiques*, 12(1), 33–42.
- **Chiahi, A., & Louhichi, A. (2020).** Réponse physiologique et biochimique de quelques variétés de blé dur à la salinité. *Revue des BioRessources*, 10(2), 25–34.
- **Clément, G., & Prats, J. (1970).** Les céréales (2^e éd.). Collection d'enseignement agricole. 351 p.
- **Clerget Y. (2011)** Biodiversité des céréales : Origine et évolution. Montbéliard
- **Cremlen, D., Keller, A., & Hahn, M. (2014).** Salt stress tolerance in plants: Physiological mechanisms and role of deep rooting systems. *Plant Stress Physiology Journal*, 22(3), 155–168.

(D)

- **Day, S. (2016).** Impact des huiles essentielles obtenues à partir de tiges et de racines de carthame sur la germination et la croissance des plantules de blé, d'orge, de tournesol et de pois chiche. *Revue turque d'agriculture et de sciences et technologies alimentaires*, 4 (8), 706–711. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v4i8.706-711.772>
- **Dhouib, A., Gharsallah, H., & Smaoui, A. (2023).** Antioxidant potential of Artemisia herba-alba extracts and their effect on salt-stressed plants. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 33, 100478.
- **Djahra, A. B., Benmakhlouf, Z., Benkherara, S., Benkaddour, M., & Bordjiba, O. (2015).** Effet du stress salin sur la teneur en eau et certains osmolytes chez le blé dur triticum durum var kebir pulvérisé par une phytohormone synthétisée: benzyl-amino-purine (bap). *Algerian Journal of Arid Environment "AJAE"*, 5(2), 71-81.
- **Djerba, A. B., Benmakhlouf, Z., Benkherara, S., Benkaddour, M., & Bordjiba, O. (2015).** Effet du stress salin sur la teneur en eau et certains osmolytes chez le blé dur triticum durum var kebir pulvérisé par une phytohormone synthétisée: benzyl-amino-purine (bap). *Algerian Journal of Arid Environment "AJAE"*, 5(2), 71-81.

Références bibliographiques

(E)

- **El Midaoui M., 1999:** Response of sunflower (*Helianthus annuus* L.) to nitrogen and potassium deficiency. *Helia*. Vol. 22, n°30, pp. 139-148
- **El-Beltagi, H. S., Ahmad, I., Basit, A., Abd El-Lateef, H. M., Yasir, M., Tanveer Shah, S., ... & Zohaib Ikram, M. (2022).** Effect of azospirillum and azotobacter species on the performance of cherry tomato under different salinity levels. *Gesunde Pflanzen*, 74(2), 487-499.
- **El-Beltagi, H. S., Ahmad, I., Basit, A., Abd El-Lateef, H. M., Yasir, M., Tanveer Shah, S., ... & Zohaib Ikram, M. (2022).** Effect of azospirillum and azotobacter species on the performance of cherry tomato under different salinity levels. *Gesunde Pflanzen*, 74(2), 487-499.
- **Elhakem, A.H. (2020).** Growth, water relations, and photosynthetic activity are associated with evaluating salinity stress tolerance of wheat cultivars. *International Journal of Agronomy*.

(F)

- **Fabriani G. et C. Lintas. (eds)**Durum Chemistry and Technology. AACCC (Minnesota), ÉtatsUnis : 1-16.
- **Farooq, S., & Azam, F. (2006).** The use of cell membrane stability (CMS) technique to screen for salt tolerant wheat varieties. *Journal of Plant Physiology*, 163, 629-637.
- **Feillet. 2000.** Le grain de blé : composition et utilisation. INRA. Paris.
- **Feillet. P. (2000)** Le grain de blé. (eds)Composition et utilisation INRA. Paris: p 312
- **Fenardji, F., Klur, M., Furlon, C., & Ferrando, R. (1974).** Contribution à l'étude de l'armoïse blanche (*Artemisia herba-alba* L.). *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux*, 27(2), 203–206. <https://doi.org/10.19182/remvt.7966>
- **Ferrara, G., Mazzeo, A., & Matarrese, A. M. (2011).** Response of olive trees to salt stress: Growth and osmotic adjustment. *Acta Horticulturae*, 888, 125–130. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2011.888.14>
- **Fillatre, Y. (2011).** Produits phytosanitaires: Développement d'une méthode d'analyse multi-résidus dans les huiles essentielles par couplage de la chromatographie liquide avec la spectrométrie de masse en mode tandem [Doctoral dissertation, Université d'Angers].
- **Fu, Y., Li, P., Mounkaila Hamani, AK, Wan, S., Gao, Y., et Wang, X. (2023).** Effets d'un stress unique et combiné de sécheresse et de salinité sur les caractéristiques morphologiques et la conductivité hydraulique racinaire de différentes variétés de blé d'hiver.

Références bibliographiques

Plants , 12 (14), 2694. <https://doi.org/10.3390/plants12142694>

(G)

- **Gechev, T. S., Van Breusegem, F., Stone, J. M., Denev, I., & Laloi, C. (2013).** Reactive oxygen species as signals that modulate plant stress responses and programmed cell death. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Molecular Cell Research*, 1833(11), 3201–3219. <https://doi.org/10.1016/j.bbamcr.2013.01.017>
- **Ghanmi, M., Satrani, B., Aafi, A., Isamili, M. R., Houti, H., El Monfalouti, H., ... & Charrouf, Z. (2010).** Effet de la date de récolte sur le rendement, la composition chimique et la bioactivité des huiles essentielles de l'armoise blanche (*Artemisia herba-alba*) de la région de Guercif (Maroc oriental). *Phytothérapie*, 8(5), 295–301
- **Giban M., Minier B. & Malvosi R. (2003).** Stades du blé, éd ITCF, Paris, 68p.
- **Gooding MJ. 2009.** The wheat crop. In: *Wheat chemistry and technology*, Khan K, Shewry PR, eds. St. Paul, MN: AACC International, 19-38
- **Greenway, H. et Munns, R. (1980):** Mechanism of salt tolerance in non halophytes. *Annu. Rev. Plant Physiol.*, 31 : 149-190
- **Guignard, J. L. (1998).** Abrégés botanique (11e éd., pp. 49–205). Éditions Masson.

(H)

- **Hamadache A. (2013).** Eléments de phytotechnie générale-Grandes Cultures-Tome1 : le blé, 11-49.
- **Hamdy A., 1999.-** Saline irrigation and management for a sustainable use. In: *Advanced Short Course on Saline Irrigation Proceeding*, Agadir: 152-227.
- **Hassan, M. J., Shao, G., & Zhang, G. (2005).** Influence of Cadmium Toxicity on Growth and Antioxidant Enzyme Activity in Rice Cultivars with Different Grain Cadmium Accumulation. *Journal of Plant Nutrition*, 28(7), 1259–1270. <https://doi.org/10.1081/PLN-200063298>
- **Henry Y. et De Buyser J. (2001)** L'origine des blés. In : Belin. Pour la science. (eds) De la graine à la plante. Ed. Belin, Paris : 69-72
- **Hillel D., 2000:** Salinity Management for Sustainable Irrigation. The World Bank, Washington, D.C
- **Hu Y et Tung, Liu 2005:** Salinity and the growth of non-halophytic grass leaves: the role of mineral nutrient distribution. *Plant Biol.* pp973- 985.
- **Huang, S., Sirikhachornkit, A., Su, X., Faris, J., Gill, B., Haselkorn, R. et Gornicki, P. (2002).** Genes Encoding Plastid Acetyl - CoA Carboxylase and 3 - Phosphoglycerate Kinase

Références bibliographiques

of the Triticum / Aegilops Complex and the Evolutionary History of Polyploid Wheat. PNAS Vol. 99, N° 12, p. 8133 - 8138.

- **Hussain, S., Sharma, M., Jarg, T., Aav, R., & Bhat, R. (2023).** Natural pigments (anthocyanins and chlorophyll) and antioxidants profiling of European red and green gooseberry (*Ribes uva-crispa* L.) extracted using green techniques (UAE-citric acid-mediated extraction). *Current Research in Food Science*, 7, 100629.

- **Hussein, M. M., El-Sayed, E. A., & Gomaa, A. M. (2023).** Salt stress effects on morphological traits and yield of durum wheat (*Triticum durum* Desf.) genotypes. *Agricultural Water Management*, 276, 107589. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2022.107589>

(I)

- **Itai C., 1999:** Role of phytohormones in plant responses to stresses.

(J)

- **Jean Blotière, M. (1930).** Les productions Algériennes dans : Cahier du centenaire de L'Algérie IX. Ed : Publication du comité nationale métropolitain du centenaire de l'Algérie.

- **Journal of New Sciences. (2014).** Effet de la salinité sur la croissance du piment de Cayenne (*Capsicum frutescens*). *Journal of New Sciences*, 11(4), 1124–1130.

(K)

- **Kaddour, R., & Gouari, I. (2015).** Effet du stress salin sur la teneur en chlorophylle et la croissance de trois variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.). *Revue Agriculture*, 9(1), 33–40.

- **Kafkai U., 1991:** Root growth under stress. *Plant roots: the hidden half*. New York, USA: Marcel Dekker, pp375-391

- **Karmous C., 2007 :** Contribution à l'étude des mécanismes de tolérance à la salinité au stade juvénile chez le blé dur (*Triticum durum* Desf.) : aspects physiologique, biochimique et moléculaire. Thèse de doctorat en agronomie et science de la production végétale. INAT, Tunis: 211p.

- **Karou M., Haffid R., Smith D.N., Samir K., 1998 .** Roots and shoot growth water use and water use efficiency of spring durum wheat under early – season drought. *Agronomie*, 18: 182-186.

- **Khan, M. A., & Ungar, I. A. (2001).** Alleviation of salinity stress and the response to temperature in two seed morphs of *Halopyrum mucronatum* (Poaceae). *Seed Science and Technology*, 29, 157–162.

Références bibliographiques

• **Khan, M. K., Pandey, A., Hamurcu, M., Gupta, O. P., & Gezgin, S. (Eds.). (2023).** Abiotic Stresses in Wheat: Unfolding the Challenges (p. 167). Academic Press. <https://books.google.dz/books?id=eck6EAAAQBAJ>

• **Kharoubi, O., Mezni, M., & Chebouti, R. (2022).** Effets de l'extrait de plantes médicinales sur la germination du blé dur soumis à un stress salin. *Revue des Bioressources*, 12(1), 14–23.

(L)

• **L., Tang, W., Gao, D., Zhao, R., An, L., Li, M., ... & Song, D. (2022).** UAV-based chlorophyll content estimation by evaluating vegetation index responses under different crop coverages. *Computers and electronics in agriculture*, 196, 106775.

• **Lachaal, M. (1998).** Utilisation de la longueur racinaire comme indicateur de tolérance au sel chez les plantes. *Physiologie Végétale Appliquée*, 6(2), 101–108.

• **Lahmar-Zemiti, B., & Aidoud, A. (2016).** Suivi à long-terme dans la steppe d'Armoise blanche (*Artemisia herba-alba* Asso.) du Sud-Oranais (Algérie) : Facteurs et indicateurs de changements. *Revue d'Ecologie (Terre et Vie)*, 71(2), 168–177

• **Lauchli et Esptein; 1990:** Saline culture of crops: à genetic approach, *Science* (2310) 399-404.

• **Lepengue, A. N. (2012).** Effets du stress salin sur les paramètres biochimiques et physiologiques de quelques espèces végétales. Thèse de doctorat, Université de Libreville.

• **Levigneron, A., Lopez, F., Cornel, D., & Bouchereau, A. (1995).** Salt stress effects on growth and ion accumulation in wheat seedlings. *Plant Physiology and Biochemistry*, 33(2), 199–207.

• **Levitt J., 1980:** Responses of Plants to Environmental Stresses: Water, Radiation, Salt, and other stresses, Academic Press, New York, pp. 365-488

• **Lounis Khodja, F. (2017).** L'économie du blé dur en Algérie et en Méditerranée. Publication universitaire, Alger.

(M)

• **M'barek ., 2001.** Effet du stress salin sur la germination, la croissance et la production en grains de quelques variétés maghrébines de blé. *Inst Nati de Reche Agro de Tunisie. Sécheresse* Volume 12, Numéro 3, 167-74.

• **Maas E. V et Poss J.A., 1989:** Salt sensitivity of wheat at different growth stages. *Irrig. Sci.* pp29-40.

• **MADR (Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural). (2011).** Rapport

Références bibliographiques

annuel sur la situation de l'agriculture en Algérie. Alger, Algérie.

- **Maghni, B., Adda, A., & Merah, O. (2017).** Evaluating morphological variability of *Artemisia herba-alba* Asso from Western Algeria. *Journal of Fundamental and Applied Sciences*, 9(1), 509-527.
- **Mehaoua, N. (2014-2015).** Mémoire de fin d'études, Université de Tiaret, Algérie.
- **Mermoud A. (2006).** Cours de physique du sol : Maîtrise de la salinité des sols. Ecole polytechnique fédérale de Lausanne, 23 p
- **Messai, L. (2011).** Étude phytochimique d'une plante médicinale de l'Est algérien (*Artemisia herba-alba*) [Doctoral dissertation, Université de Constantine].
- **Monneveux P., 1989.** Quelles stratégies pour l'amélioration génétique de la tolérance au déficit hydrique des céréales d'hiver. Journées Scientifiques de l'AUPELF : " Amélioration des plantes pour l'adaptation au milieu aride". Tunis, 4 -9 Décembre.
- **Moule C.,(1971).** Céréales 2.phytotechnie spéciale. Ed. La maison rustique, paris, 236p.
- **Munns R et Husain S, Rita Rivelli A, Richard A, Lindsay P, Evans S, Daniel P,1983** : Halotolerante ukaryotes. In *Physiological Plant Ecology. III. Responses to the Chemical and Biological Environment. Encycl. Plant Physiol., pp. 59-135 New Series, Vol. 12C.* Springer, Berlin.
- **Munns R et James R, Läuchli A, 2006:** Approaches to increasing the salt tolerance of wheatand other cereals. *Journal of Experimental.*
- **Munns R et Rawson H.M., 1999:** Effect of salinity on salt accumulation and reproductive development in the apical meristem of wheat and barley. *Aust. J. Plant Physiol.* pp459-464.
- **Munns R., 2002:** Comparative physiology of salt and water stress; *Plant, Cell*
- **Munns R., 2008:** Sodium excluding genes from durum wheat and sea barleygrass improves sodium exclusion of bread wheat. 2nd International Salinity Forum Salinity, water and society-global issues, local action
- **Munns R., et Tester M., 2008** - Mechanisms of salinity tolerance. *Ann. Rev. Plant Biol*, 59,651-681: 655 p.
- **Munns, R. (2002).** Comparative physiology of salt and water stress. *Plant. Cell and Environment*, 25, 239-250.

(N)

- **Niu Orcuttd.M. et Nilsene.T., 2000:** *Physiology of plants under stress.* John Wiley & Sons Inc., New York, NY, USA.

Références bibliographiques

(P)

- **Pottier, G. (1981).** *Artemisia herba-alba*. In Flore de la Tunisie: angiospermes – dicotylédones – gamopétales (p. 1012).
- **Price A.H. et Hendry G.A.F., 1991:** Iron-catalysed oxygen radical formation and its possible contribution to drought damage in nine native grasses and three cereals. *Plant Cell Environ.* 14:477-484.

(Q)

- **Qiao, L., Tang, W., Gao, D., Zhao, R., An, L., Li, M., ... & Song, D. (2022).** UAV-based chlorophyll content estimation by evaluating vegetation index responses under different crop coverages. *Computers and electronics in agriculture*, 196, 106775. Qiao,
- **Qiao, W., Fan, L. M., & Wang, Y. (2010).** The role of nitric oxide in plant responses to salt stress. *Plant Signaling & Behavior*, 5(4), 393–395. <https://doi.org/10.4161/psb.5.4.11181>
- **Quartacci, M. F., Pinzino, C., Sgherri, C. L. M., & Navari-Izzo, F. (1995).** Growth in the presence of NaCl produces changes in the lipid composition and fluidity of plasma membrane from wheat roots. *Physiologia Plantarum*, 95(3), 476–480. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1995.tb00861.x>

(R)

- **Rejili M., Vadel M A., Neffat P. M., 2006.** Comportements germinatifs de deux populations . Katembe WJ, Ungar IA, Mitchell JP., 1998. Effect of salinity on germination and early seedling growth of two *Atriplex* species (Chenopodiaceae). *Ann. Bot.* (1998) 167-75.[11] Mayer AM, Poljakoff-Mayber A.
- **ResearchGate. (n.d.).** Répartition géographique d'*Artemisia herba-alba* en Algérie [Figure I7]. https://www.researchgate.net/figure/Figure-I7-Repartition-geographique-dArtemisia-herba-alba-en-Algerie-7_fig4_362365220

(S)

- **Sadouki M., et Boutouchent Y., 2018 -** Etude de la variabilité morpho-physiologique du blé dur (*Triticum durum* Desf) dans les conditions climatique du Haut Chélif. Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du Diplôme de Master en science biologique, Université Djillali Bounaama de Khemis-Miliana, 10 – 22 p.
- **Saida, M., Rym, E., Sélim, J., Nadia, F., Amel, D., Amina, A., & Olfa, T. (2024).**

Références bibliographiques

Algerian Artemisia herba-alba (Asso): Extract and Essential Oils Investigation. Natural Product Communications, 19(9), 1934578X241282821.

- **Schonfeld, M.A., R.C. Johnson, B.F. Carver and W. Morhinweg. 1988.** Water relations in winter wheat as drought resistance indicators: Crop Sci., 28: 526-531.

- **Sentenac H et Berthomieu P., 2003 :** Découverte d'un nouveau mécanisme de

- **Shao, H. B., Chu, L. Y., Jaleel, C. A., & Zhao, C. X. (2005).** Water-deficit stress-induced anatomical changes in higher plants. Comptes Rendus Biologies, 331(3),215–225.

<https://doi.org/10.1016/j.crvi.2005.01.009>

- **Siddiqui, M. H. (2021).** Proline accumulation and its protective roles in plants under salt stress: A review. Plant Signaling & Behavior, 16(2), 1856757.

<https://doi.org/10.1080/15592324.2020.1856757>

- **Soltner D. (2005).** Les grandes productions végétales .Ed. Collection sciences et techniques agricoles, 472p

(T)

- **Tabaei-Aghdaei, S., Harrison, P., & Pearee, R.S. (2000).** Expression of dehydration-stress related genes in crown of wheat grass species having contrasting acclimation to salt, cold and drought. Plant, Cell and Environment, 23, 561-571.

- **Tambussi, E. A., Bort, J., & Araus, J. L. (2007).** Water use efficiency in C3 cereals under Mediterranean conditions: a review of physiological aspects. Annals of Applied Biology, 150(3), 307-321.

(V)

- **Vavilov, N. I., 1951:** The origin, variation, immunity and breeding

(Y)

- **Yeo A., 1998:** Molecular biology of salt tolerance in the context of whole plant physiology. Journal of Experimental Botany.pp915-92

(Z)

- **Zhang, L., Han, W., Niu, Y., Chávez, J. L., Shao, G., & Zhang, H. (2021).** Evaluating the sensitivity of water stressed maize chlorophyll and structure based on UAV derived vegetation indices. Computers and Electronics in Agriculture, 185, 106174.

- **Zhu J.K., 2001:** Plant salt tolerance. Trends in Plant Sci.pp 66-71

Annexes

Annexes

Annexe N°: 01 Tableau 13: Corrélations

Variable	Génotype	Traitement salin	RWC	Chlorophylle a	Chlorophylle b	Chlorophylle totale	Longueur feuille	Longueur racines	Sucres totaux	Taux de proline	TG L	TGS
Génotype	1,00	0,00	-0,09	0,04	0,03	0,05	-0,25	-0,12	-0,12	0,32	-0,17	0,36
Traitement salin	0,00	1,00	-0,21	-0,24	-0,72	-0,65	-0,61	-0,45	0,39	0,71	-0,03	-0,38
RWC	-0,09	-0,21	1,00	0,35	0,12	0,30	0,24	0,05	-0,08	-0,40	-0,34	-0,08
Chlorophylle a	0,04	-0,24	0,35	1,00	0,14	0,73	0,19	0,36	0,01	-0,48	-0,13	-0,01
Chlorophylle b	0,03	-0,72	0,12	0,14	1,00	0,78	0,41	0,24	-0,38	-0,52	0,13	0,22
Chlorophylle totale	0,05	-0,65	0,30	0,73	0,78	1,00	0,40	0,40	-0,26	-0,67	0,01	0,15
Longueur feuille	-0,25	-0,61	0,24	0,19	0,41	0,40	1,00	0,41	-0,19	-0,50	-0,03	-0,01
Longueur racines	-0,12	-0,45	0,05	0,36	0,24	0,40	0,41	1,00	-0,37	-0,59	0,03	0,01
Sucres totaux	-0,12	0,39	-0,08	0,01	-0,38	-0,26	-0,19	-0,37	1,00	0,25	-0,29	-0,30
Taux de proline	0,32	0,71	-0,40	-0,48	-0,52	-0,67	-0,50	-0,59	0,25	1,00	-0,03	0,04

Annexes

Annexe N°: 02 Appareillage

<p>Agitateur vortex</p>	 A photograph showing a person's hands in a white lab coat using a red vortex mixer. The mixer is a compact, rectangular device with a black control panel and a red base. The person is holding a small vial or container over the mixer's rotating head.
<p>Etuve</p>	 A photograph of a white laboratory oven. The oven door is open, revealing the interior which contains several metal shelves and a heating element at the bottom. The oven has a digital display and control knobs on the top panel.
<p>Bain marrin</p>	 A photograph of a stainless steel water bath. The lid is open, showing the interior tank. The front panel features a digital display showing '37.0' and '37.0', along with a control knob and several indicator lights.

Annexes

Spéctrophotomètre

