

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة 8 ماي 1945 قالمة
Université 8 Mai 1945 Guelma
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Sciences de la terre et de l'Univers



Mémoire En Vue de l'Obtention du Diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences agronomique

Spécialité: Phytopharmacie et protection des végétaux

Département : Ecologie et Génie de l'environnement

Thème

Etude de quelques aspects physiologiques et biochimiques de deux variétés d'orge (*Hordeum vulgare* L) locale sous stress salin

Présenté par :
- ANSLI Nadia

Devant le jury composé de :

Président :	Mme. LAOUAR .H	M.C.B	Université 8 Mai 1945 Guelma
Examineur :	Mme. HADDIDI. I	M.C.B	Université 8 Mai 1945 Guelma
Encadrant :	Melle. BENBELKACEM.S	M.A.A	Université 8 Mai 1945 Guelma

Juin2025

Remerciements

J'exprime ma profonde gratitude à mon encadrante, Mme BENBELKACEM. S, pour ses efforts, ses orientations précieuses et son accompagnement tout au long de la réalisation de ce projet.

Je tiens également à remercier Mme LAOUAR H, enseignante à l'Université 08 Mai 1945 de Guelma, d'avoir bien voulu présider le jury de ce travail, Mes sincères remerciements vont également à Mme HADDIDI I, enseignante à l'Université 08 Mai 1945 de Guelma, et qui examinera ce travail

Je n'oublie pas de remercier tous les enseignants qui m'ont encadré au cours de cette année, pour les connaissances transmises et leur dévouement envers ma réussite.

Enfin, j'adresse mes remerciements les plus chaleureux à toutes les personnes qui m'ont soutenues et aidé, de près ou de loin, tout au long de l'élaboration de ce mémoire.



Dédicace

*Avant tout, je dois remercier dieu le tout puissant qui m'a donné
l'envie et la force pour mener à terme ce travail*

*Avec un énorme plaisir, un cœur ouvert et une immense joie, je dédie
le fruit de ce modeste travail :*

*A Mon père Messaoud et ma mère Rabiha aucune dédicace ne saurait
exprimer mon respect, mon amour et ma considération pour les
sacrifices que vous avez consentie pour mon instruction et mon bien
être. Je vous remercie pour tout le soutien et l'amour que vous me
portez depuis mon enfance et j'espère que votre bénédiction
m'accompagnera toujours.*

*A Mon grand-père et ma Grand-Mère, qui sont comme mes deuxième
parents, dont les prières ont toujours encouragé à progresser et à
poursuivre ma route vers la réussite. Le mot (merci) ne suffit pas, mais
ma joie aujourd'hui réside dans votre gratitude. Que dieu prolonge
votre vie et vous protège pour moi.*

*A mes frères Badr Eddine, Oussama, Abed Allah et mes sœurs Rima,
Amina et gâtés par leurs tantes Ghaith et Sidra.*

*J'offre les plus grandes salutations à toute ma famille pour leur soutien
tout au long de mon parcours universitaire*

A mes enseignants et professeurs tout au long de mes études

*A tous les membres de ma promotion. Sans oublier tous ceux qui m'ont
connue pré ou loin.*

NADIA

Résumé

L'objectif de ce travail est d'étudier l'effet de la salinité sur quelques paramètres reliés à l'adaptation de deux variétés locales d'orge (*Hordeum vulgare L*) Fouara et Saïda. Pour mettre en évidence l'effet nocif du sel, nous avons étudié : le taux de germination, la longueur de la tigelle, longueur des racines, dosage de la chlorophylle (a) et (b) et de la chlorophylle (a+b), la proline, les sucres solubles à différents traitement salins (25,50 et 75mM) en plus du témoin (eau distillée ,0Mm de NaCl). A partir des résultats obtenus, nous avons remarqué que les réactions des variétés varient selon les paramètres étudiés et selon la concentration en Na Cl. D'autre part cette étudiés à révéler que la variété Saïda a une meilleure adaptation aux stress salin par rapport à la variété Fouara.

Mots clés : Tolérance à la salinité. Orge, chlorophylle, proline, sucres solubles, taux de germination.

Abstract

The aim of this work is to study and compare the effect of salinity on some parameters related to the adaptation of two local barely varieties (*Hordeum Vulgar L*) Fourra and Saida. to highlight the harmful effect of salt, we studied: germination rate, stem length, chlorophyll (a) and (b), chlorophyll (a+b), proline, and soluble sugars to different saline treatments (25,50and 75mM) in addition to the control (distilled water 0 mM NaCl). From the results obtained, we according to the Na Cl concentration used. Furthermore, this study revealed that the Saida variety has a better adaptation to salinity stress compared to the Fourra variety.

Keywords: salinity tolerance, barely, chlorophyll, proline, soluble sugars, germination rate.

ملخص

يهدف هذا العمل إلى دراسة ومقارنة تأثير الملوحة على بعض المعايير المتعلقة بتكيف صنفين محليين من الشعير (*Hordeum vulgare L*) الفوارة وسعيدة. ولتسليط الضوء على التأثير الضار للملح. درسنا: معدل الإنبات، طول الساق، طول الجذر الرئيسي، الكلوروفيل (أ) و (ب)، والكلوروفيل (أ + ب)، البرولين، والسكريات الذائبة، لمعاملات ملحية مختلفة (25، 50، و75 mM) بالإضافة إلى الشاهد (ماء مقطر 0 mM كلوريد الصوديوم). ومن النتائج التي تم الحصول عليها، لاحظنا أن تفاعلات الصنفين تختلف وفقاً للمعايير المدروسة ووفقاً لتركيز كلوريد الصوديوم. علاوة على ذلك، كشفت هذه الدراسة أن صنف سعيدة لديه تكيف أفضل مع الإجهاد الملحي مقارنةً بصنف الفوارة.

الكلمات المفتاحية: تحمل الملوحة، الشعير، الكلوروفيل، البرولين، السكريات الذائبة، معدل الإنبات.

Liste des figures

Figure 1: Production céréale dans le monde. FAO, (2024-2025).	2
Figure 2: Production nationale de ceréaless entre 2019 et 2021.	4
Figure 3: Laboratoire 07 de la faculté (FSNVSTU) (Photo personnelle)	8
Figure 4: Serre de la faculté (FSNVSTU) (Photo personnelle).....	8
Figure 5: Les deux variétés de semences étudiées (Photo personnelle).....	9
Figure 6: les boites pétries préparée. (Photo personnelle.)	10
Figure 7: La germination sous stress salin (Photo personnelle).....	100
Figure 8: Préparation des pots (Photo personnelle).....	111
Figure 9: Tourbe utilisé	111
Figure 10: Détermination de la capacité au champ (Photo personnelle).....	122
Figure 11: préparation de Na Cl. (photo personnelle).....	133
Figure 12: dispositif expérimental de notre travail	133
Figure 13: La hauteur de la tige d'orge. (photo personnelle).....	144
Figure 14: La longueur des racines d'orge.....	144
Figure 15: Dosage des pigments chlorophylliens de deux variétés . (photo personnelle) ...	155
Figure 16: dosage de la proline de deux variétés. (photo personnelle)	166
Figure 17 : Dosage Des Sucre Solubles. (photo personnelle)	177
Figure 18: Résultats du test de germination des deux variétés étudiées. (Photo personnelle)	19
Figure 19: Pourcentage de germination (%) pour les deux variétés étudiées sous les différentes concentrations de Na Cl (m M)	200
Figure 20: Longueur de la racine principale chez les variétés testées.(photo personelle) ...	211
Figure 21: longueur de partie aérienne.....	233
Figure 22: La chlorophylle (a) des deux variétés testées sous stress salin	244
Figure23: La chlorophylle (b) des deux variétés étudiées sous stress salin D'après le graphe représentatif, on peut voir que les teneurs de la chlorophylle b suivent la même trajectoire que pour la chlorophylle a.	255
Figure 24: La teneur en chlorophylle (a+b) des deux variétés sous stress	26
Figure 25: les différentes concentration de la teneur en proline sous l'effet de na cl chez deux variétés d'orge	27
Figure26 : Les différentes concentrations des sucres solubles sous l'effet de NaCl chez les deux variétés d'orge.....	29

Liste des tableaux

Tableau 1: Les caractéristiques des les deux variétés de <i>Hordeum cultivars</i> :.....	9
---	---

Liste des abréviations

% : pourcentage.

°C : Degré.

cm: centimètre.

cm²: centimètre carré.

FAO: food and agriculture organization

G: gramme.

Ht: hauteur de tige.

Kcal : kilocalorie

L : litre.

LR : longueur de racine.

ml: millilitre.

mm : millimètre.

mM : Milli-molaire

NaCl: chlorure de sodium.

Nm : Nanomètre.

Pf : Poids frais

Mf : matière fraîche

Table des matières

Remerciements	
Dédicace	
Résumé	
Abstract	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Introduction Générale.....	12
<i>Chapitre 01: Matériel et Méthodes</i>	
1- Le but de l'étude	8
2- Site expérimental	8
3- Matériel végétale.....	9
4- Les caractéristiques des deux variétés étudiées	9
5- Méthodologie de travail	10
5.1- Test de Germination des graines sous stress salin	10
5.2- Test de croissance	11
5.2.1- Préparation des pots	11
5.2.2- Les caractéristiques de la tourbe:	11
5.2.3- Les conditions expérimentales :	12
5.2.4- L'arrosage :	12
5.2.5- La culture des grains :	12
5.3. • Dispositif expérimental :	13
5.3.1 - -L'application du stress salin au niveau des pots :	13
6- Paramètres étudiés :	13
6.1- Le taux de germination des graines (%) :	13
6.3 - Longueur des racines LR (cm):.....	14

6.4 - Dosage des pigments chlorophylliens :.....	15
7. Dosage de la proline :.....	15
8. Dosage des sucres solubles totaux :	16

Chapitre 02: Résultats et Discussion.

1- Résultats du test de germination pour les deux variétés étudiées :.....	19
2-Effet de la salinité sur le taux de germination final (GF%):	20
3-Effet de la salinité sur la croissance :.....	21
3- 1. Longueur de la racine principale :	21
3-2. Longueur des parties aériennes :.....	22
4. Effets de la salinité sur les pigments chlorophylliens :	23
5. Effets de la salinité sur la synthèse de la proline :.....	27
6. Effets de la salinité sur l'accumulation du sucre soluble :	29
Conclusion Générale	32
Références bibliographies	34

Introduction Générale

Introduction

L'agriculture est un instrument puissant pour entraîner la croissance, surmonter la pauvreté et renforcer la sécurité alimentaire, (Mondiale, 2008).

Les céréales constituent 45% de l'apport énergétique dans l'alimentation humaine, il existe trois groupes céréales majeures qui correspondent à 75% de la consommation céréalière mondiale. Un premier grand groupe est formé par le blé, l'orge, le seigle, et l'avoine. Il émerge dans le triangle fertile, berceaux des civilisations occidentales, qui est leur point de départ au moyen orient. Un deuxième grand groupe est formé par le maïs. Il est originaire d'Amérique centrale, il est à la base des civilisations amérindiennes. Le maïs a été importé en Europe par les explorateurs du Nouveau-Monde à la fin du XVe siècle, le dernier grand groupe est le riz, c'est une plante originaire des régions chaudes et humides de l'Asie du Sud-est. Sa domestication s'est faite de façon synchrone avec la domestication du blé plus à l'ouest, (Clerget, 2011),

Les céréales et leurs dérivées constituent l'alimentation de base dans beaucoup de pays en développement, particulièrement dans les pays maghrébins. La filière céréalière constitue une des principales filières de la production agricole en Algérie (Boudjabi, 2017).

En Algérie, les produits céréaliers occupent une place stratégique dans le système alimentaire et dans l'économie nationale (Djermoun, 2009).

La production céréalière en générale dépend encore des facteurs agro-climatiques d'une part, et d'autre part des facteurs techniques. Les pratiques culturales sont un élément déterminant pour la production, il inclue la rotation, l'implantation, les date et dose de semis, la fertilisation et conduite de la culture, l'interculturel et mesures agronomiques, qui sont un facteur de maintien du rendement en limitant la baisse et la densité du semis (Profer T, 2023). Les nutriments présents (la fertilisation) et la pluviométrie (timing et la durée) vont fixer les limites du nombre de talles fertiles, de la période de floraison nombre total de grains. Où l'application de N, particulièrement en combinaison avec P, stimule le tallage. Le tallage détermine aussi la surface foliaire et la consommation en eau de la plante ;(Winkel et Do, 1992 ; Winkel *et al.*, 1997) et (Dutordoir, 2006).

Selon le conseil international des céréales (CIC), la production mondiale de céréales (hors riz) de la campagne 2023-2024 est estimée à 2306 millions de tonnes (MT), en hausse de 1,7 % par rapport à la campagne précédente. Les échanges mondiaux de blé, d'orge et de maïs

se sont intensifiés, dans un contexte de net reflux des prix mondiaux. À ce stade, la production mondiale de céréales (hors riz) de la campagne 2024-2025 serait en légère hausse à 2315mt. (CIC, octobre 2024)

En 2028 la production totale des céréales dans le reste du monde était 2 à 3 fois plus élevée qu'en 1990, le rythme de cette hausse diminuant toutefois beaucoup moins que dans les pays développés d'une décennie à l'autre. Ainsi, les hausses ont atteint de 30 % entre 1990 et 2000, 25 % entre 2000 et 2010, et 26 % entre 2010 et 2018 (en huit ans), et elle serait de 16% entre 2018 et 2028, sans distinction notable entre les quatre types d'utilisation, (Jodoin, 2019).



Figure 1: Production céréale dans le monde. FAO, (2024-2025).

En Algérie la filière céréalière constitue une des principales filières de la production agricole, la production des céréales, jachère comprise, occupe environ 80% de la superficie agricole, (Djermoun, 2009)

Les régions principales de concentration des céréales en Algérie, selon les facteurs des précipitations pluviométriques :

- Une région à haut potentiel de production dans le nord de l'Atlas Tellien (Mitidja, Kabylie, vallée du Seybouse, vallée de la Soummam...) qui couvre 0,4 million d'ha de la SAU, avec une pluviométrie qui dépasse les 500 mm/an.
- Une région à moyenne potentialité vers l'ouest du pays, caractérisée par un climat semi-aride et une pluviosité entre 400 et 500 mm/an (massif de Médéa, coteaux de Tlemcen, vallée de Chéelif,..).

-Une région à basses potentialités située dans les Hauts plateaux allant du l'est vers l'ouest (massif des Aurès, plaines d'Annaba, Constantine,...) avec une moyenne de précipitations de moins de 350 mm/an (Chehat, 2005). & (Chaban & Boussard, 2020).

En Algérie, « la production céréalière totale en 2021 est estimée à 3.5 millions de tonnes, ce qui est inférieur à la moyenne quinquennale et environ 38 pour cent de moins que l'année précédente. (Algeria invest,2021).

L'orge (*Hordeum vulgare L.*) est l'une des espèces les plus anciennement cultivées (7000 ans avant J.C.). Elle occupe la 4ème place dans les céréales dans le monde après le blé, le riz et le maïs (Hanifi, 1999)

L'orge est un aliment important dans plusieurs régions du monde telles que l'Afrique du Nord, le proche Orient, l'Asie, etc. La consommation moyenne et annuelle par personne dans ces régions varie entre 2 à 36 kg (El-haramein et Grando, 2010). Il joue également un rôle primordial non seulement en alimentation humaine, mais également comme aliment de bétail en période hivernale lorsque le déficit fourrager est grand et le prix du fourrage est élevé. L'orge offre l'avantage de pouvoir être menée en double exploitation: première récolte en vert (pâturage ou fauche) suivie d'une récolte en grain (Khaldoun,1989).

L'importance agronomique de l'orge est due à sa grande faculté d'adaptation climatique et édaphique. C'est une espèce qui peut être cultivée dans des zones semi-arides où elle peut remplacer avantageusement le blé et donner de meilleurs rendements.

En Algérie, la production et les rendements de cette culture sont fortement liés aux conditions climatiques. (Hanifi, 1999). L'augmentation des rendements de l'orge peut se faire par des techniques culturales appropriées (travail du sol, fertilisation et traitements phytosanitaires), mais aussi par la recherche de nouvelles variétés très performantes et adaptés aux différents milieux de culture. (ITGC-Algérie,2023).

Les caractères morphologiques et anatomiques sont à la base de la distinction des différentes espèces du genre *Hordeum* et peuvent être associés à la productivité agricole de nombreuses façons. Avec ses caractères morphologiques et physiologiques, l'orge se distingue très bien des autres espèces de céréales (Boufenar-Zaghouane, 2006). Par exemple, la longueur de la paille et de la résistance à la verse, les composantes du rendement, la réponse à diverses maladies, la photosynthèse, le temps et la quantité des besoins en eau, les engrais et les pesticides appliqués et les effets des stress environnementaux tels que la sécheresse, les

carences du sol et la toxicité sont tous liés en partie à l'anatomie végétale et la morphologie de la plante (Soltner, 2005).

La plante d'orge cultivée est constituée de racines, de tiges (chaume) cylindriques avec 5 à 7 noeuds, et de feuilles alternées. L'épi au sommet de la tige est constitué de fleurs disposées en épillets simples (portant chacun deux glumes et la fleur). Trois épillets sont attachés à chaque noeud sur un rachis en zigzag plat. Ils sont tous fertiles dans les cultivars à six rangs. Dans les cultivars à deux rangs, les deux épillets latéraux sont stériles. Comme dans les autres céréales, le grain est un caryopse (Gallais et Bannerot, 1992).

En Algérie la production céréalière reste toujours faible et particulièrement la production en orge qui est liée à de nombreuses contraintes biotiques et abiotique, ce qui fait qu'elle a connu des fluctuations importantes ces dernières années. Lors de la campagne agricole 2020/2021, la production de céréales d'hiver a atteint environ 27,6 millions de quintaux, lors de la campagne précédente 2019/2020, en raison principalement de facteurs climatiques défavorables et de difficultés techniques.(ONS- Production Agricole 2020/2021).

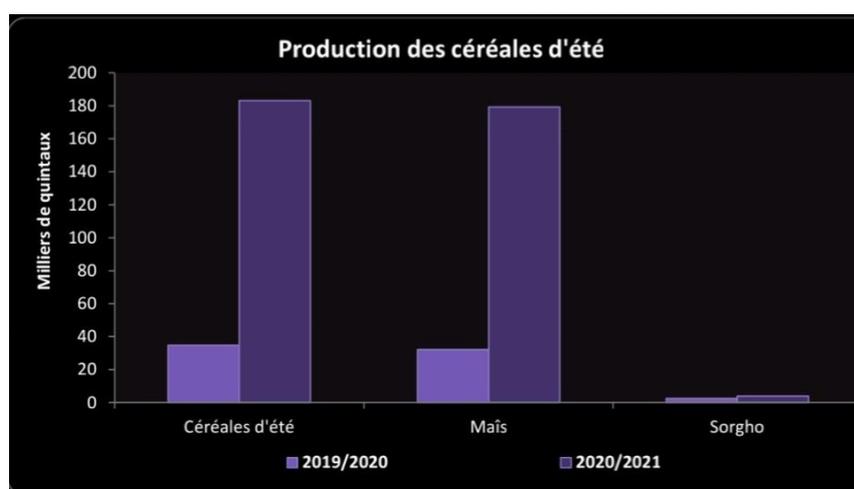


Figure 2: Production nationale de ceréaless entre 2019 et 2021.

La culture de l'orge est pratiquée essentiellement sur les hautes plaines, en Algérie, elle est concentrée dans les zones marginales des plaines intérieures et des hauts plateaux (semi-aride) jusqu'à la steppe.

Les zones semi-arides se caractérisent par des sols peu profonds et peu fertiles suite à l'absence de restitution de la matière organique, ainsi la remontée des eaux vers la surface à

cause de la forte demande climatique, ce qui crée des dalles de tufs à des profondeurs variables du profil, (Sollah et Amieur, 2023).

Les superficies qui lui sont consacrées varient d'une année à l'autre avec une moyenne, sur plus d'un siècle (1901-2005), de 1 million d'hectares, une production moyenne variant de 3 à 16 millions quintaux et une moyenne de rendement grain de 7 qx/ha. (FAOSTAT ,2023).

Parmi les pays du Maghreb, l'Algérie dont la production totale serait inférieure à 30 millions de quintaux, contre plus de 41 millions de quintaux en 2021/2022.(FAOSTAT ,2023).

La salinisation des sols constitue un processus important, notamment dans les zones arides et semi-arides (Saidi *et al.*, 2004), provoquant une dégradation des propriétés physiques, chimiques, et biologiques des sols. Les conséquences de cette dégradation est la diminution de la fertilité des sols qui entraîne une réduction des rendements des cultures, et parfois la disparition du couvert végétal naturel (Mihoubi et Ziabet, 2019).

La salinisation des eaux et des sols, est considérée comme un facteur limitant majeur de la production agricole dans plusieurs pays méditerranéens dont l'Algérie fait partie. Pour valoriser les zones salines et/ou les zones n'ayant que des ressources en eau saumâtre, il est impératif de sélectionner des variétés capables de se développer et de produire dans ces zones (Saidi *et al.*, 2004).

A l'inverse des halophytes naturellement tolérantes aux sels (NaCl étant en général majoritaire), la plupart des espèces d'intérêt agronomique sont rangées dans le groupe des glycophytes, dont la croissance est diminuée en présence de sel. La quantité de sel dans le sol que les plantes peuvent supporter varie avec les familles, les genres et les espèces, mais aussi les variétés considérées. Pour parvenir à définir des pratiques culturales permettant de surmonter un stress salin et pour créer des variétés tolérantes au sel, des études physiologiques, biochimiques, moléculaires et génétiques sont nécessaires (Levigneron *et al.*, 1995).

La salinité entraîne un déficit hydrique chez les plantes, dû au stress osmotique éventuellement couplé à des perturbations biochimiques induites par l'afflux d'ions sodium (Parida et Das, 2005). En effet, sous contrainte saline, un développement tardif favorise l'accumulation d'ions toxiques pouvant entraîner la mort des plantes avant la fin de leur cycle de développement (Maaouia-Houimli *et al.*, 2011). La tolérance au sel peut donc être évaluée par la précocité de la germination. La réponse au sel des espèces végétales dépend de plusieurs

variables, commençant par l'espèce même, de sa variété, aussi de la concentration en sel, des conditions de culture et du stade de développement de la plante (Alaoui et *al.*,2013).

Les impacts du sel sur le développement et le rendement des plantes sont nombreux. Chez plusieurs espèces végétales, les dégâts produits par le stress salin se manifestent communément par une séquence de changements morphologiques et physiologiques (Levigneron et *al.*, 1995).

Les fortes concentrations salines peuvent affecter les différents stades de développement de la plante (Patridge et Wilson, 1987). Elles entraînent un déséquilibre ionique et une toxicité chez les végétaux, ce qui peut affecter certains processus métaboliques vitaux. (Thamir et *al.*,1992)

Dans le but de comprendre l'impacte du sel, ce travail consiste à tester quelques paramètres physiologiques et morphologiques chez deux variétés locales d'orge (*Hordeum vulgare L.*), à savoir Fouara et Saïda, soumises à différentes concentrations de NaCl, à fin de pouvoir évaluer leur capacité d'adaptation et de tolérance au sel. On a testé et évaluer l'effet de la salinité sur la germination, la croissance morphologique et sur des paramètres physiologiques (la chlorophylle) et biochimiques (la proline et les sucres solubles).

Chapitre 01
Matériel et Méthodes

1- Le but de l'étude

Cette étude vise à évaluer l'impact du stress salin sur la germination et la croissance, ainsi que des paramètres physiologiques et biochimiques des variétés étudiées afin de déterminer leur capacité à supporter la salinité.

Cette étude a été effectuée sur deux variétés locales différentes d' *Hordeum* : la variété Fouara V1, et la variété Saida V2, qui ont été soumis à trois concentrations différentes de chlorure de sodium (NaCl) : [25mM], [50mM], [75mM], plus du témoin n'ayant pas reçu de NaCl.

2- Site expérimental

Le travail expérimental a été réalisé à l'Université 08 mai 1945 de Guelma au niveau du laboratoire pédagogique 07 et la serre de la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et de l'Univers (FSNVSTU), durant la période du début de mars jusqu'à fin d'avril 2025 (figure 3 et 4).



Figure 3: Laboratoire 07 de la faculté (FSNVSTU) (Photo personnelle)



Figure 4: Serre de la faculté (FSNVSTU) (Photo personnelle)

3- Matériel végétale

Deux variétés d'Orge locales ont été utilisées dans ce travail

- La variété (1) : Fouara (V1)

-Le variété (2) : Saïda (V2)



Figure 5: Les deux variétés de semences étudiées (Photo personnelle).

Les graines utilisées ont été obtenus de la CCLS de Guelma (Coopérative Des Céréales et Des Légumes Secs De Guelma)

Tableau 1: Les caractéristiques des deux variétés de *Hordeum cultivars* :

Variété	Pureté variétale	Taux de germination	Récolte (année)
Fouara	Environ 98%	85-95%	Eté 2022 (campagne 2022-23)
Saïda	Environ 98%	85-95%	Eté 2022 (campagne 2022-23)

4- Les caractéristiques des deux variétés étudiées

□ Classifications botaniques de l'Orge

Règne : *Plantae*.

Division : *Magnoliophyta* .

Classe: *Liliopsida* .

S/Classe: *Commelinidae* .

Ordre : *Poale* .

Famille : *Poaceae* (Ex : Graminée).

S/Famille : *Hordeoideae*

Tribu : *Hordeae* (Hordée)

S/ Tribu : *Hordeine* .

Genre : *Hordeum* .

Espèce : *Hordeum Vulgare L.* (Feillet,2000)

5- Méthodologie de travail

5.1- Test de Germination des graines sous stress salin

Le dispositif a été réalisé dans des boîtes de Petrie, pour les deux variétés étudiées. Une boîte pour chaque concentration de salinité appliquées par variété ce qui a fait un totale de 08 boîtes. Chacune des boîtes de Pétri contient 08 graines.

Les boîtes sont numérotées, identifiées, mélangées et distribuées de façon aléatoire de manière à obtenir les mêmes conditions. Ensuite, nous les avons arrosés le jour même avec l'eau distillée pour les boîtes témoins, et par l'eau salée à 3 concentrations différentes, comme mentionné précédemment (voir Figure 06)

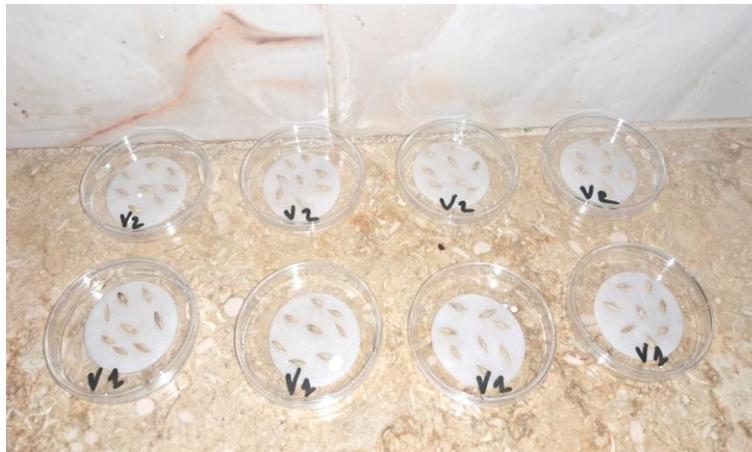


Figure 6: les boîtes pétries préparée. (Photo personnelle.)

L'objectif de cette expérience de germination est d'évaluer le potentiel de germination d'un lot de semences, ce qui peut servir à contrôler la qualité des lots de semences, mais aussi à évaluer la qualité germinative des semences en vue d'un semis.



Figure 7: La germination sous stress salin (Photo personnelle)

5.2- Test de croissance

5.2.1- Préparation des pots

Nous avons utilisé des pots en plastiques d'une capacité de 800g, d'un diamètre de 10cm et d'une hauteur de 15cm, les pots sont remplis de 480g de substrat de tourbe. Chaque variété est représentée par 16 pots (Figure08).



Figure 8: Préparation des pots (Photo personnelle)

5.2.2- Les caractéristiques de la tourbe

La tourbe utilisée est la tourbe Terracult qui a les caractéristiques suivantes (Figure09) :

- **Fabrication** : Germany.
- **PH** : 5.5 -6,5
- **Structure** : fine
- **Volume** ;280 L EN-Norm 1258



Figure 9: Tourbe utilisée.(1)

5.2.3- Les conditions expérimentales

L'expérience a été réalisée dans la serre de l'université de 08 mai 1945. Les graines ont été cultivées à une température de 26 °C jour avec la lumière naturelle.

5.2.4- L'arrosage

On a effectué l'irrigation avec de l'eau distillée, dont la capacité au champ a été calculée en fonction de la différence entre la quantité d'eau avant l'arrosage et la quantité d'eau récupérée après 24 heures de décantation (méthode utilisée en laboratoire) (Figure 10).



Figure 10: Détermination de la capacité au champ (Photo personnelle)

5.2.5- La culture des grains

1- 20 graines ont été uniformément espacées dans chaque pot. Chaque variété, a été soumise à 3 concentrations de traitement salin, En plus du témoin (eau distillée).

2- Les pots sont identifiés, mélangés et distribués de façon aléatoire de manière à obtenir les mêmes conditions.

3- Nous avons arrosé les pots pendant 10 jours, un jour sur deux, par 200ml d'eau distillée, en suivant leur croissance)

- **Les concentrations de NaCl** : Nous avons préparé trois concentrations différentes de chlorure de sodium NaCl : **T0=0mM, T1=25mM, T2= 50mM, T3= 75mM.**



Figure 11: préparation de NaCl. (Photo personnelle)

5.3. • Dispositif expérimental

Variété Fouara= v1

T0 v1	T1 v1	T 2 v1	T 3 v1
T 1 v1	T3 v1	T 0 v1	T 2 v1
T 3 v1	T 2 v1	T1 v1	T0 v1
T 2 v1	T 0 v1	T 3 v1	T 1 v1

Variété Saïda= v2

T 0 v2	T 1 v2	T 2 v2	T 3 v2
T 1 v2	T 3 v2	T 0 v2	T 2 v2
T 2 v2	T0 v2	T 3 v2	T 1 v2
T 3 v2	T 2 v2	T 1 v2	T 0 v2

Figure 12: dispositif expérimental de notre travail

5.3.1 - -L'application du stress salin au niveau des pots

Dix jours après la plantation des graines et leur arrosage avec de l'eau distillée, nous avons commencé à appliquer les solutions salines et l'observation de l'effet de la salinité sur leur croissance.

6- Paramètres étudiés

6.1- Le taux de germination des graines (%)

Le suivi des graines germées s'est fait durant 8 jours depuis le début de germination.

- Le taux final de germination (TG) est calculé

Taux de germination= Nombre de graine germées \times 100 / Nombre de graine semées

6.2 - Hauteur de la tige HT (cm)

Mesure de la hauteur des plantes à l'aide d'une règle graduée. Nous avons commencé à mesurer la hauteur des plantes 4 semaines après le début de l'irrigation à l'eau salée. Afin d'évaluer l'impact du stress sur la croissance des plantes stressées par rapport au témoin. (Figure13)



Figure 13: La hauteur de la tige d'orge. (Photo personnelle)

6.3 - Longueur des racines LR (cm)

Après le déterrement, on mesure la longueur des racines et on l'exprime en centimètres (Figure14).



Figure 14: La longueur des racines d'orge.

6.4 - Dosage des pigments chlorophylliens

La méthode de Rao et le blanc (1965) permet de calculer les concentrations moyennes de chlorophylle a, b et a+b. La chlorophylle est extraite en broyant 0,5g de matière fraîche provenant de chaque feuille, ainsi que du sable (pour faciliter le broyage), puis en ajoutant 20ml d'acétone. Il est nécessaire de filtrer la solution obtenue à l'abri de la lumière afin d'éviter l'oxydation de ce composé.

Les mesures spectrophotométriques (JENWA6300) sont ensuite effectuées à deux longueurs d'onde ($\lambda_1 = 645$ et $\lambda_2 = 665\text{nm}$).

La formule suivante est utilisée pour calculer la qualité de la chlorophylle (Figure15) :

*Chl a: $11,63(\text{DO}_{665}) - 2,39(\text{DO}_{649})$.

*Chl b: $20,11(\text{DO}_{649}) - 5,18(\text{DO}_{665})$.

*Chl a+b : $6,45(\text{DO}_{645}) + 17,72(\text{DO}_{649})$



Figure 15: Dosage des pigments chlorophylliens de deux variétés. (Photo personnelle)

7. Dosage de la proline

La proline est dosée selon la méthode de (Roll et Lendslay, 1955) modifiée par (Dreier et Goring, 1974). Elle consiste à :

1. Prendre 100 mg du matériel végétal, à laquelle ajouter 2ml de méthanol a40%, le tout est chauffé à 85 dans un bain marie pendant 60 mn.
2. Préparer ensuite la solution suivante : 120 ml d'eau distillée, ajouter 300ml d'acide acétique et 80ml d'acide ortho phosphorique (H_3PO_4 , $D=1.7$).

3. Après refroidissement (du mélange matière végétale méthanol), prélever 1ml auquel on ajoute : 1ml d'acide acétique (CH_3COOH) ; 25mg de Ninhydrine ($\text{C}_6\text{H}_6\text{O}_4$) et 1 ml de la solution préparée.
4. La solution obtenue est portée à ébullition pendant 30mn à 100c. La solution vire au rouge.
5. Après refroidissement, 5ml de toluène sont rajoutés à la solution qui est agitée. Deux phases se séparent : une phase supérieure de couleur rouge contenant la proline et une phase inférieure transparente sans proline. Après avoir éliminé la phase inférieure, la phase supérieure est récupérée est déshydratée par l'ajout d'une spatule de sulfate de sodium Na_2SO_4 anhydre (pour éliminer l'eau qu'elle contient).
6. Déterminer la densité optique (DO) à l'aide d'un spectrophotomètre à une longueur d'onde de 528nm. Il faut préparer la gamme étalon pour déterminer la teneur en proline de nos échantillons.

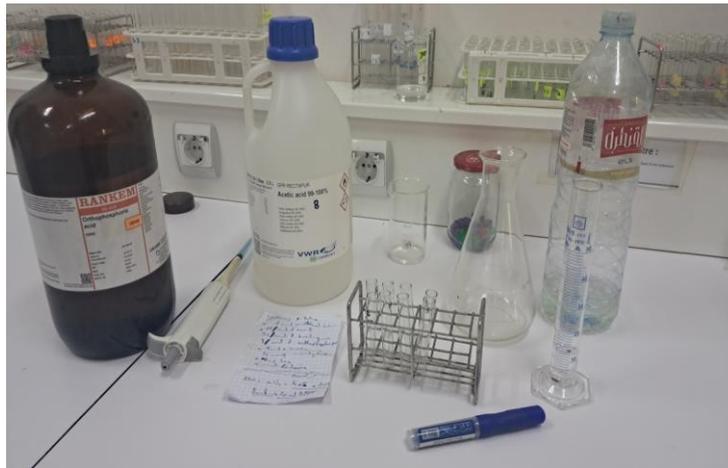


Figure 16: dosage de la proline de deux variétés. (Photo personnelle)

8. Dosage des sucres solubles totaux

Les sucres sont dosés par la méthode au phénol de DUBOIS et *al.* (1956). Elle consiste à prendre 100 mg de matière fraîche, placées dans des tubes à essais, on ajoute 3 ml d'éthanol à 80 pour faire l'extraction des sucres. On laisse à température ambiante pendant 48 h à l'obscurité. Au moment du dosage les tubes sont placés dans l'étuve à 80c pour faire évaporer l'alcool. Dans chaque tube on ajoute 20 ml d'eau distillée à l'extrait. C'est la solution à analyser. Dans des tubes à essais propres, on met 2 ml de la solution à analyser, on ajoute 1 ml de phénol à 5 (le phénol est dilué dans l'eau distillé) ; on ajoute rapidement 5 ml d'acide sulfurique concentré 96 tout en évitant de verser de l'acide contre les parois du tube. On obtient,

une solution jaune orange à la surface, on passe au vortex pour homogénéiser la couleur de la solution. On laisse les tubes pendant 10 mn et on les place au bain-marie pour 10 à 20 mn à une température de 30°C (la couleur de la réaction est stable pendant plusieurs heures.). Les mesures d'absorbances sont effectuées à une longueur d'ondes de 485 nm – la courbe d'étalonnage est réalisée selon l'équation suivante : $y = 3,868 x$.



Figure 17 : Dosage Des Sucre Solubles. (Photo personnelle)

Chapitre 02

Résultats et Discussion.

1- Résultats du test de germination pour les deux variétés étudiées

Dans le test de la germination effectuée, à part dans les boîtes du test témoins (T0) aucune germination n'a été observée pour les boîtes traitées (T1, T2 et T3) des deux variétés (Fouara, Saïda), (figure 18)



Figure 18: Résultats du test de germination des deux variétés étudiées. (Photo personnelle)

2-Effet de la salinité sur le taux de germination final (GF%)

Le taux de germination final est représenté dans la figure 19 :

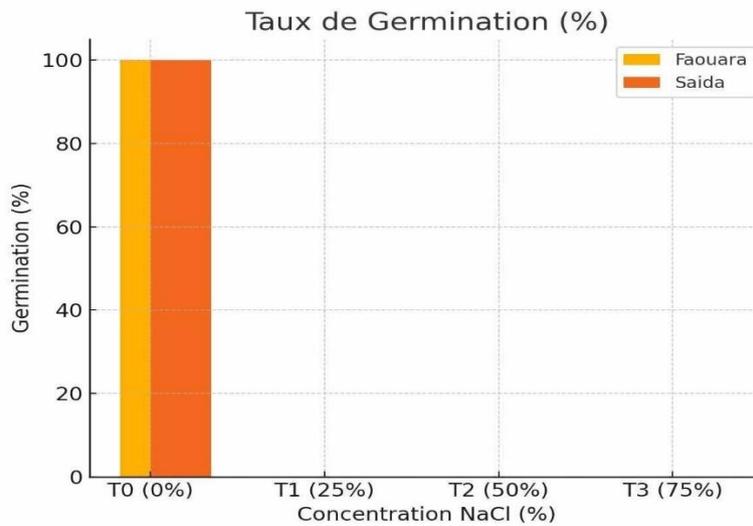


Figure 19: Pourcentage de germination (%) pour les deux variétés étudiées sous les différentes concentrations de NaCl (m M)

Selon la figure 19, on observe que le taux de germination est nul pour toutes les boîtes traitées au NaCl à part le témoin.

DISCUSSION :

Selon les résultats on observe l'absence de germination au niveau de toutes les concentrations saline appliquées, sur les deux variétés (**Fouara, et Saïda**).

Cette absence de réponse peut être expliquée par l'effet inhibiteur des concentrations salines appliquées. La salinité réduit la disponibilité de l'eau pour les graines (stress osmotique) et provoque une toxicité ionique, ce qui bloque ou ralentit fortement le processus de germination.

Ainsi, sous certaines concentrations, la germination est retardée ou complètement inhibée, rendant impossible le calcul du taux de germination. Ce résultat indique que les doses de sel utilisées dépassaient probablement le seuil de tolérance des graines. Par rapport au témoin où le taux est à 100%.

La salinité du sol peut influencer de manière importante la germination et la croissance des cultures. Quand le sol est trop salé, les graines peuvent être incapables d'absorber l'eau nécessaire à leur germination. En outre, une surabondance de sel peut altérer l'équilibre des nutriments indispensables à la croissance des plantes, ce qui peut provoquer un ralentissement

de la croissance, des carences nutritionnelles et même la mort des végétaux (Bartels et Sunkar 2005).

Plusieurs études ont montré que la plupart des plantes sont sensibles à la salinité durant leurs phases de germination et de levée, dont l'effet nocif du sel est de nature osmotique ou bien toxique (Maillard, 2001). Okçu et *al.*, en (2005) ont démontré que l'application des différents niveaux de Na Cl induit une réduction significative du taux de germination final chez les cultivars étudiés. Plusieurs recherches ont démontré que l'absorption du Na Cl par les graines provoque des effets toxiques sur la germination et par conséquent, empêche la croissance des racines. (Xue et *al.*, 2004 ; Martinez et *al.*, 2004).

3-Effet de la salinité sur la croissance

3- 1. Longueur de la racine principale

La figure 20 représente les résultats de la longueur des racines principales chez les deux variétés testées :

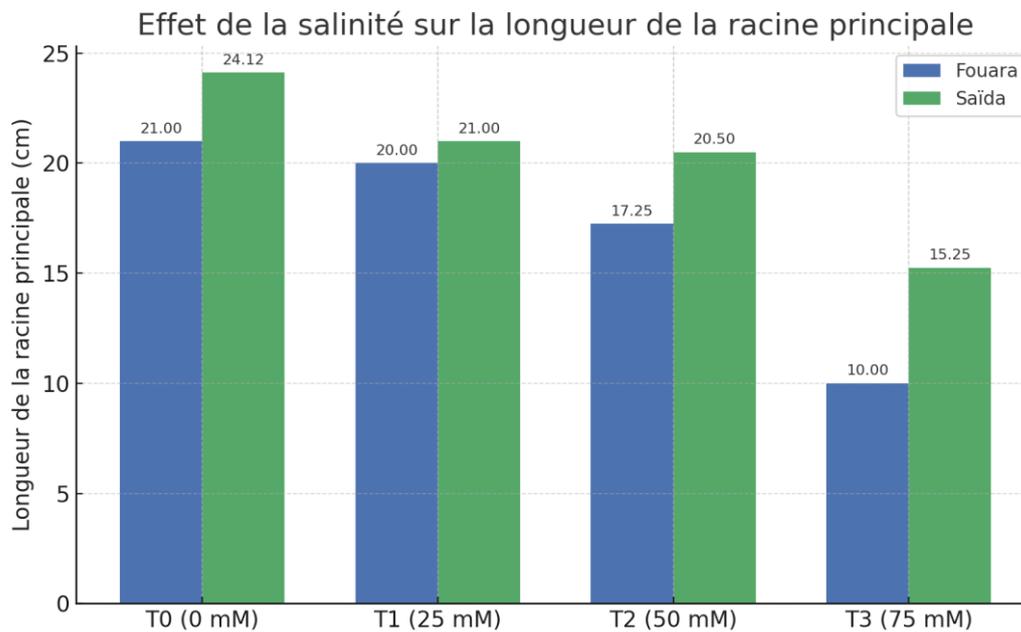


Figure 20: Longueur de la racine principale chez les variétés testées. (Photo personnelle)

Les résultats illustrés dans la figure 20 montrent que la longueur de la racine principale est influencée par le stress salin chez les deux variétés d'orge. Ces résultats montrent que la

longueur de la racine principale des plantes, diminue au fur et à mesure que la concentration du traitement augmente.

Les mesures enregistrées pour la racine principale de **Fouara** sont : au T0 (21.12cm), T1 (20cm), T2 (17.25cm) et pour T3 on a (10 cm).

Pour **Saïda** les mesures sont : au T0 on commence par (24 cm), T1 (21 cm), au T2 on a noté la longueur de (20.5 cm) et enfin pour le T3 la longueur est (15.02cm)

DISCUSSION :

Les résultats de l'étude de Bouldroua et Laouaouda. (2021), confirment que toutes les variétés d'orge réagissent au stress salin par la diminution de la longueur de la racine principale.

L'effet de la salinité sur la longueur de la racine principale a été prouvé par de nombreuses études, parmi lesquelles celle de Kadri et *al.* (2009), sur des variétés d'orge cultivés et qui montre que le stress salin cause une diminution des longueurs des racines chez les majorités des génotypes

D'autres auteurs tels que Benderradji et *al.* (2016), montrent que le stress salin a un effet négatif sur la croissance de la partie racinaire.

La salinité exerce un effet inhibiteur sur la croissance des racines en raison de plusieurs mécanismes physiologiques. D'une part, l'excès de sels dissous dans le sol provoque une réduction du potentiel hydrique, limitant l'absorption de l'eau par les cellules racinaires (stress osmotique). D'autre part, l'accumulation d'ions toxiques comme Na^+ et Cl^- perturbe l'équilibre ionique cellulaire, entraînant une toxicité ionique. Ces deux effets combinés affectent la division et l'élongation cellulaires, ralentissant considérablement la croissance racinaire. En outre, la salinité altère la production de phytohormones essentielles comme les auxines, qui régulent le développement des Racines. Parida et Das (2005)

3-2. Longueur des parties aériennes

Les résultats obtenus après la mesure des parties aériennes chez les deux variétés sont représentés dans le graphe de la figure 21

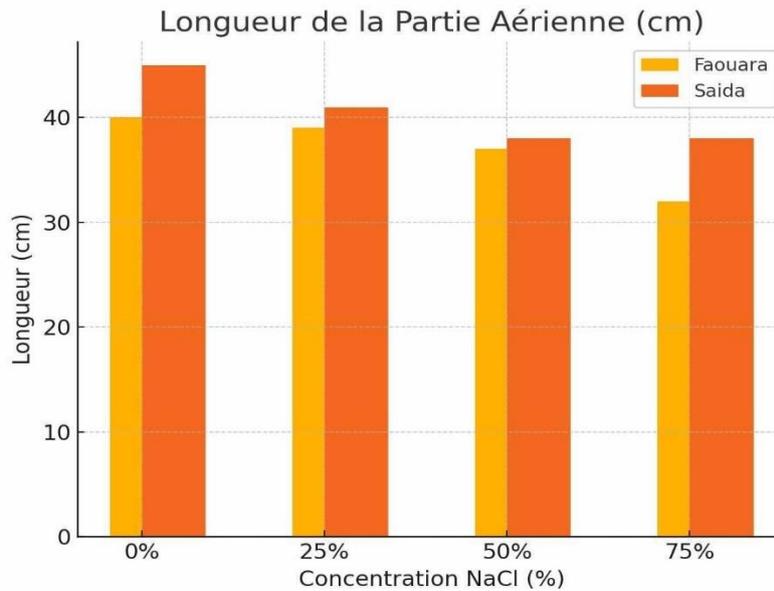


Figure 21: longueur des parties aérienne

***Variété (Faouara) V1 :**

Au T0, la moyenne des longueurs est 40cm, ce qui reflète une croissance optimale en conditions non stressants. Au T1 (25% de Na Cl), une légère diminution est observée (39cm), qui devient plus marquée au T2 (37cm), puis (32cm) au T3.

Cette décroissance progressive indique que la variété V1 est sensible au stress salin, montrant une inhibition nette de la croissance aérienne, possiblement due à une réduction de l'élongation cellulaire, à la toxicité ionique, ou à une déficience hydrique causée par le sel.

***Variété (Saïda) V2 :**

En condition témoin, la croissance est plus importante que chez V1 (45cm), à T1 et T2, la réduction est modérée (41cm puis 38cm respectivement). Notamment, au T3, la longueur reste stable à 38 cm, indiquant une bonne capacité d'adaptation au stress.

DISCUSSION :

Selon les résultats obtenus, il y'a une réduction de la longueur des racines entre les traitements du T0 à T3 pour les deux variétés. On observe que V2 parvient à stabiliser sa croissance entre T2 et T3 et maintient une croissance aérienne relativement stable, contrairement à V1 qui continue à décroître en une diminution linéaire sous stress.

L'effet de la salinité sur la croissance racinaire est marqué, avec une réduction progressive de la longueur des racines principales chez les deux variétés. Ce type de réponse est crucial pour identifier les génotypes les plus adaptés aux conditions salines (Parry *et al.*, 2005 ; Lebon *et al.*, 2006). Cette diminution est une réponse à la déshydratation et contribue à la conservation des ressources en eau. Ces résultats indiquent que la salinité affecte fortement la croissance aérienne des plantules d'orge, avec une sensibilité variable selon la variété. La variété Fouara montre une diminution plus marquée, tandis que Saïda présente une meilleure stabilité, notamment à 75% de NaCl. Toutefois, Saïda conserve une longueur racinaire légèrement supérieure à celle de Fouara à des niveaux élevés de NaCl. Des études (Ashraf, 2009 ; Chartzoulakis et Klapaki, 2000) ont démontré que la tolérance à la salinité chez les plantes est souvent liée à la capacité à maintenir la croissance sous stress, tels que (exclusion de Na^+ , l'accumulation d'osmoprotecteurs ...)

La croissance des parties aériennes et des racines principales chez les deux variétés d'orge est affectée par l'augmentation de la salinité. Les résultats confirment l'effet du stress salin, et mettent en évidence une tolérance plus marquée chez Saïda.

4. Effets de la salinité sur les pigments chlorophylliens

- Teneur de chlorophylle (a) (Chl a)

La figure 22 montre la teneur de chlorophylle (a) (Chl a) chez les deux variétés d'orge, Fouara et Saïda au stress salin :

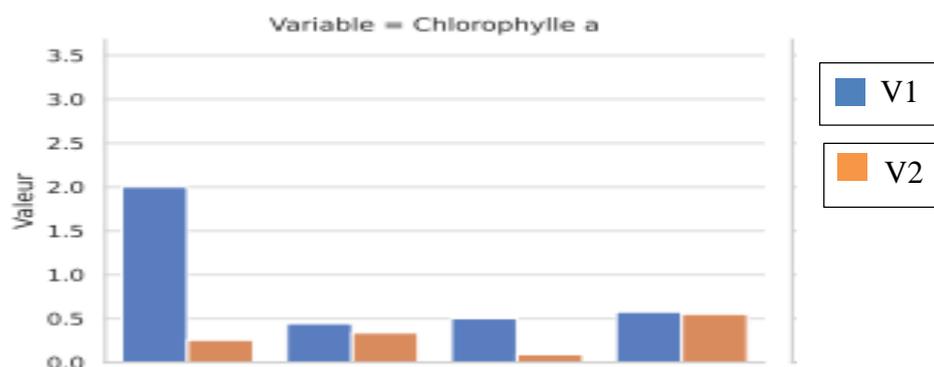


Figure 22 : La chlorophylle (a) chez les des deux variétés testées sous stress salin

D'après les résultats obtenus et représentés sur le graphe on peut voir les teneurs suivantes :

Au T0 (témoin) : V1 (21.315 $\mu\text{g/g}$) et V2 (2.578 $\mu\text{g/g}$) la variété V1 présente une teneur très élevée en chlorophylle a, témoignant d'une forte capacité photosynthétique en conditions optimales. V2 montre une faible teneur en comparaison avec V1.

Au T1 et T2 (25% et 50% de NaCl) : pour T1 V1(5.086 $\mu\text{g/g}$) et V2 (3.566 $\mu\text{g/g}$) puis au T2 V1(5.274 $\mu\text{g/g}$) et V2(0.355 $\mu\text{g/g}$) valeur stable pour V1, mais chute drastique pour V2 au T2, traduisant un stress intense et une altération des pigments chez cette dernière.

Au T3 (75%) : V1(5.339 $\mu\text{g/g}$) et V2 (6.100 $\mu\text{g/g}$) stabilisation de V1 . Fait remarquable V2 récupère fortement sa concentration en chl a, indiquant une réponse de tolérance tardive

- **Teneur en chlorophylle (b) (Chlb)**

La figure 23 montre la teneur de chlorophylle (b) des deux variétés testées

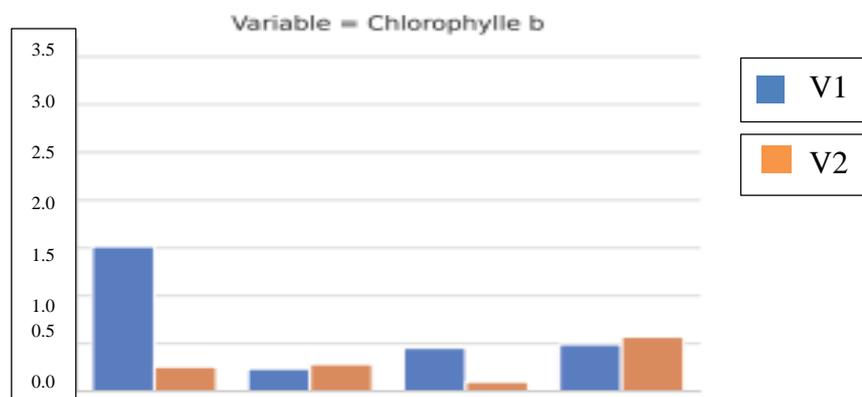


Figure 22: La chlorophylle (b) des deux variétés étudiées sous stress salin

D'après le graphe représentatif, on peut voir que les teneurs de la chlorophylle **b** suivent la même trajectoire que pour la chlorophylle a.

Au T0 (témoin) : V1 atteint une teneur de (25.315 $\mu\text{g/g}$), illustrant un bon équilibre dans la capture de la lumière. V2 reste relativement bas avec (4.637 $\mu\text{g/g}$)

Au T1 : V1 (3.253 $\mu\text{g/g}$) et V2 (5.018 $\mu\text{g/g}$) chute sévère chez V1. V2 reste stable, montrant un mécanisme d'adaptation

Au T2 : V1 (7.959 $\mu\text{g/g}$), V2 (6.705 $\mu\text{g/g}$)

Au T3 (75%) : V1 (8.746 $\mu\text{g/g}$) et V2 (8.991 $\mu\text{g/g}$) les deux variétés montrent des niveaux comparables et élevés, suggérant un renforcement de la photo protection à haute salinité

- **Teneur de chlorophylle total (chlorophylle (a+b))**

La figure 24 représente la teneur en chlorophylle total chez les deux variétés :

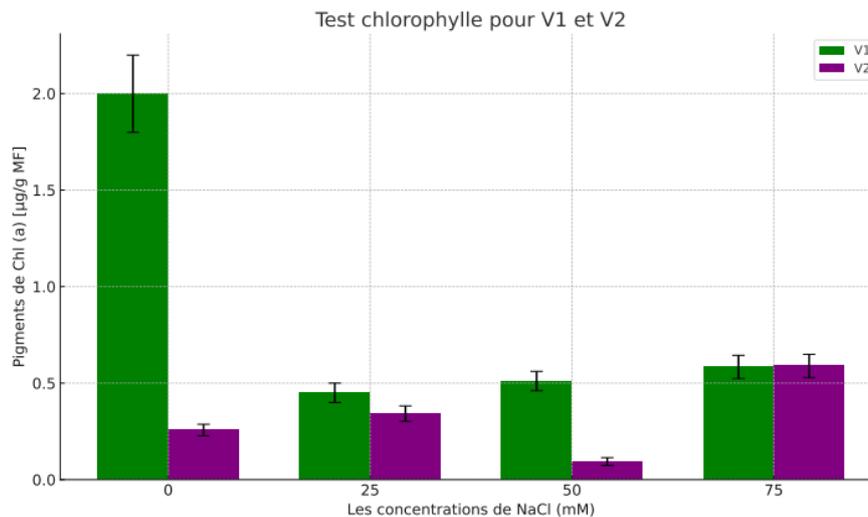


Figure 23: La teneur en chlorophylle (a+b) des deux variétés sous stress.

V1(Fouara) au T0 (46.615µg/g) ; T1 (8.336µg/g), T2 (13.229µg/g) et puis T3 (14.080µg/g).

V2 (Saïda) : au T0 (7.212µg/g), T1 (8.5 81µg/g), T2 (7.056µg/g), T3 (15.086µg/g). V2 dépasse V1 avec une forte teneur en chlorophylles totales, ce qui montre une adaptation tardive remarquable à la salinité.

DISCUSSION :

Selon les résultats obtenus on peut dire que la variété V1 est très sensible à la salinité, dès les faibles concentrations. En revanche, la variété V2 démontre des fluctuations dans ces quantités de chlorophylle enregistrées, en maintenant et même augmentant sa synthèse de chlorophylles malgré l'augmentation de la salinité, V2 apparaît ainsi comme un candidat plus adapté aux environnements salins ou semi- arides.

Les travaux de Warne et *al.* (1990), ont montré à cet égard que les signes de stress les plus évidents au niveau de la végétation arrosée par des eaux chargées en sel sont ceux d'une sécheresse physiologique se manifestant par un aspect général rabougri de la plante. Dans notre étude la chlorophylle est adaptée chez l'orge à V2 mieux que le V1 dans les concentrations forte en sel, cependant (Acila, 2003) a montré que la concentration saline provoque un effet néfaste

sur la production des feuilles, et diminue nettement la teneur en chlorophylles totale chez les deux variétés d'orge (*Hordeum Vulgare* L.) étudiées

Selon Erne Et Lannoye (1991), l'altération de l'état physiologique des plantes, causée par des conditions défavorables de l'environnement, se reflète rapidement au niveau des signaux lumineux et thermiques émis par les feuilles. Pour limiter les pertes en eau par évaporation et aussi l'augmentation de la résistance à l'entrée du CO₂ atmosphérique nécessaire à la photosynthèse, l'économie de l'eau se traduit par une turgescence relative moins affectée par le stress conduisant à une diminution de la chlorophylle (Slayter, 1974 In Mouellef , 2010). Lorsque la plante subit un stress, le niveau de chlorophylle diminue, affectant la coloration de la plante et ralentissant ses activités de croissance. Le taux de la chlorophylle total diminue corrélativement au temps dévolution de stress. (Hikosaka et al ., 2006).

En période de déficit hydrique les pigments chlorophylliens sont le plus touchés. Plusieurs travaux ont montré que le stress hydrique impose une diminution de la teneur en pigments chlorophylliens (a et b) chez l'orge, cela peut être due à la fermeture de stomates qui limite l'assimilation photosynthétique ou peut être le résultat de la dégradation de la chlorophylle (Fahmi et al., 2011).

5. Effets de la salinité sur la synthèse de la proline

La figure 25 montre la teneur de la proline enregistrée chez les deux variétés testées

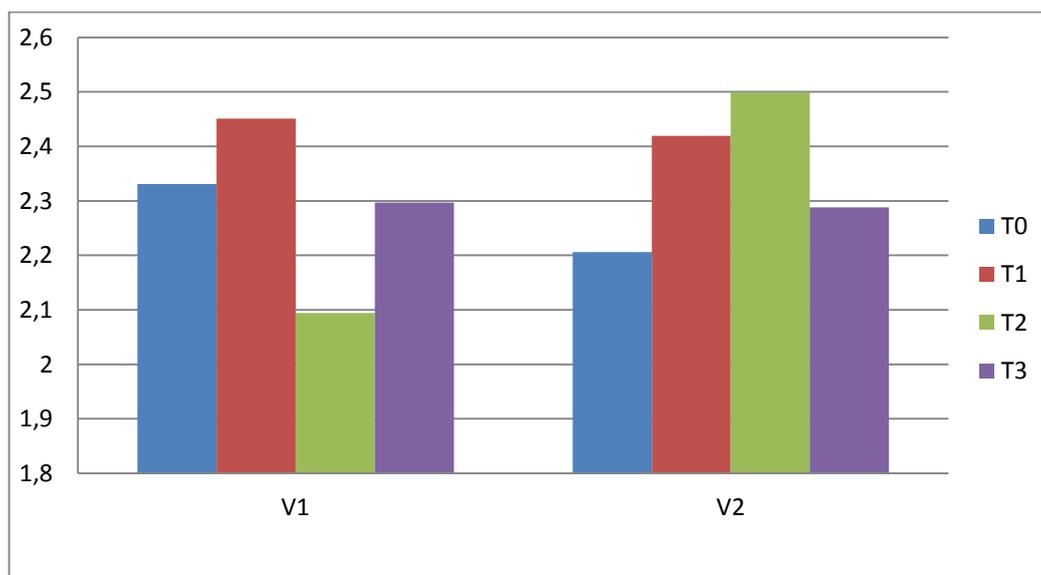


Figure 24: Les différentes concentrations de proline sous l'effet de NaCl chez les deux variétés d'orge.

Selon les résultats représentés dans le graphique de la figure 25, on peut observer

Chez V1 : T0 (2,30 µg/g), T1 ≈ (2,45 µg/g) valeur maximale observée. Au T2 une baisse marquée ≈ (2,10 µg/g). au un T3 rehaussement léger ≈ (2,30 µg/g).

Chez V2 : T0 ≈ (2,20 µg/g) Niveau de référence. Augmentation notable T1 ≈ (2,40 µg/g). Au T2 on enregistre la valeur la plus élevée ≈ (2,50 µg/g). Et enfin T3 ≈ (2,30 µg/g) légère diminution, mais reste au-dessus du niveau initial.

V2 montre donc une meilleure tolérance au stress salin par l'accumulation progressive de proline. L'étude comparative montre que la variété V2 répond au stress du sel grâce à une accumulation progressive de proline suggérant une activation efficace des mécanismes de défense. En revanche, V1 présente une réponse non stable, indiquant une sensibilité plus élevée à la salinité.

DISCUSSION :

Le stress salin induit à une accumulation significative de proline chez les variétés de l'orge étudiées, principalement au niveau foliaire, avec des mécanismes et implications variées selon les génotypes et l'intensité du stress.

La proline joue un rôle important dans l'ajustement osmotique et la protection cellulaire. C'est une molécule organique dominante qui agit comme médiateur de l'ajustement osmotique sous le stress hydrique, un stabilisateur de structures subcellulaires, un puits d'énergie. Elle participe aussi dans l'osmorégulation de la cellule et de la protection des protéines au cours de la déshydrations, et peut agir comme un régulateur enzymatique en conditions de stress (Rontain et *al.*, 2002) (Bougdad et Ben Kaddour, 2015). En effet, il a été démontré que la proline peut fonctionner comme une molécule chaperonne capable de protéger l'intégrité des protéines et d'améliorer l'activité de certaines enzymes (Rajeb et *al.*, 2012)

Il a même été rapporté que des activités d'enzymes anti oxydantes à savoir la CAT, SOD et POX, ont été significativement améliorées par l'ajout de proline exogène dans une culture en suspension de tabac en conditions de stress salin (Hoque et *al.*, 2007) ce qui affirme son rôle autant qu'un bon antioxydant chez les végétaux.

6. Effets de la salinité sur l'accumulation des sucres solubles

La figure 26 montre la teneur de sucre soluble des deux variétés testées.

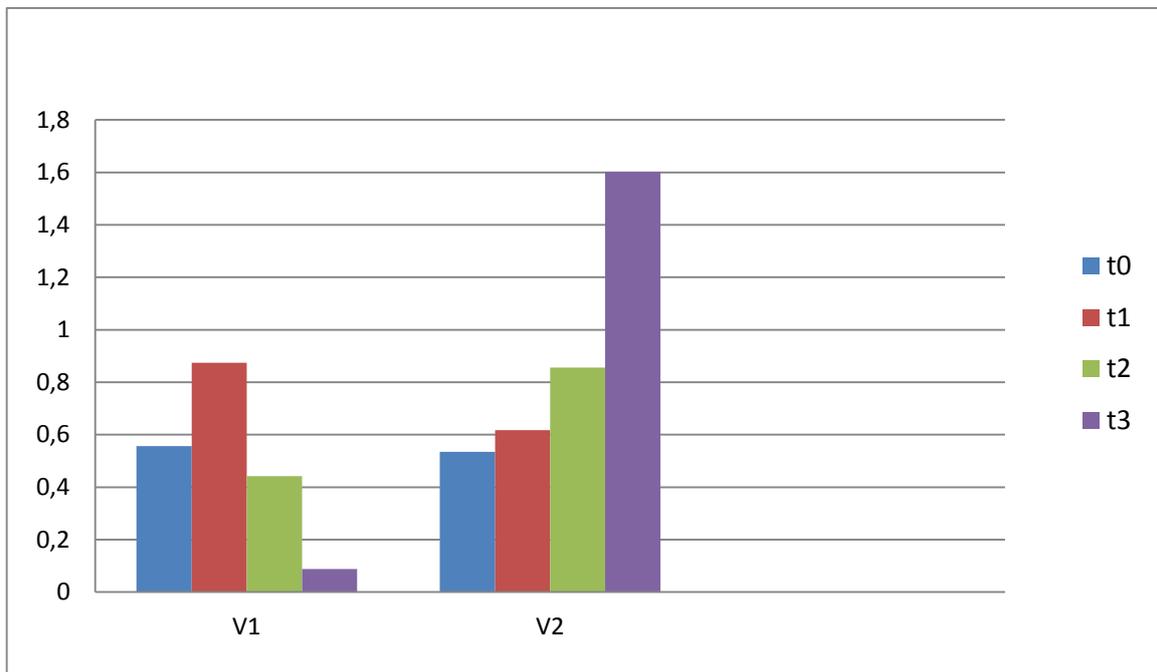


Figure26 : Les différentes concentrations des sucres solubles sous l'effet de NaCl chez les deux variétés d'orge.

Variété V1 :

T0 ≈ (0,55 µg/g) Niveau de base. Augmentation modérée au T1 ≈ (0,85 µg/g). Une diminution au T2 ≈ (0,45 µg/g) par rapport au T1. Et enfin une très faible accumulation au T3 ≈ (0,10 µg/g), effet toxique probable du sel.

Variété V2 :

T0 Référence initiale ≈ (0,55 µg/g). Une légère augmentation au T1 ≈ (0,65 µg/g), puis au T2 ≈ (0,90 µg/g). Et enfin au T3 ≈ (1,60 µg/g) la Valeur la plus élevée, réponse adaptative.

Cette accumulation reflète la capacité d'adaptation osmotique face au stress. Le dosage des sucres extraits à partir des feuilles des variétés étudiées, démontre qu'il y a une corrélation entre la quantité de sucres accumulés et la concentration saline chez la V2, cette variété subit une augmentation en sucre soluble en réponse au stress salin par rapport aux témoins. Alors que la V1 montre une fluctuation dans les quantités de sucres cumulés dans chaque traitement salin.

DISCUSSION :

La V1 semble affectée négativement par le stress salin, ce qui entraîne une diminution importante des sucres solubles. Cela peut indiquer un effondrement du métabolisme photosynthétique ou une dégradation des réserves, la V2 en revanche, accumule les sucres solubles au fur et à mesure que le stress augmente, traduisant une stratégie adaptative efficace : maintien de la turgescence, protection des protéines et enzymes, meilleure gestion du stress oxydatif.

Selon Ben Kaddour,(2014) les sucres solubles sont considérés comme bio indicateurs du degré de tolérance à la salinité chez plusieurs espèces. En effet, ils jouent un rôle essentiel dans la protection des membranes contre la déshydratation. De nombreuses études ont trouvé que le stress salin provoque une augmentation de la teneur en sucres solubles chez la plupart des plantes soumises à ce stress, tel que : le blé tendre, et la tomate. D'autres auteurs tels Benderradji et al.(2016) affirment que l'accumulation des sucres solubles est un moyen adopté par les plantes en cas de stress, afin de résister aux contraintes du milieu.

Nos résultats sont en parfait accord avec ces études pour la V2, qui traduisent la capacité de l'espèce à s'adapter à un stress salin en utilisant les sucres solubles comme moyen d'accommodation à la contrainte pour réajuster leur potentiel osmotique.

Conclusion Générale

Conclusion Générale

Parmi les contraintes affectant les qualités des variétés de l'orge étudiées, la salinité constitue un problème majeur.

Le stress est un ensemble de condition qui provoque des changements de processus physiologique résultant éventuellement en dégâts dommages, blessures, inhibition de croissance ou de développement des plantes. Les résultats obtenus montrent que la salinité affecte les paramètres examinés chez les variétés d'orge étudiée.

L'effet du NaCl peut être toxique. Nous avons essayé de contribuer à l'étude de son effet sur la germination et sur la croissance en longueur des plantules, ainsi que sur des paramètres physiologiques et biochimiques de deux variétés d'orge locale (Fouara V1, et Saida V2), soumises aux différentes concentrations de NaCl (0mM, 25mM, 50mM, 75mM,)

Les résultats obtenus ont montré une réponse négative au stress salin, pour les différents paramètres étudiés :

- Le stress salin influence la germination des graines chez les deux variétés, cette influence s'applique à toutes les concentrations de NaCl employées dans cette étude c'est-à-dire (25mM, 50 mM et 75 Mm de NaCl). Cette absence totale de germination suggère que les graines sont extrêmement sensibles au stress salin dès les premières étapes du développement, probablement en raison d'une perturbation, de l'inhibition enzymatique, ou d'un effet osmotique empêchant l'activation des processus physiologiques nécessaires à la germination. Ces résultats mettent en évidence l'importance de sélectionner des génotypes adaptés aux conditions salines, notamment au stade critique de la germination, pour les programmes d'amélioration des cultures en zones affectées par la salinisation

- Les résultats de l'analyse de la longueur de la racine principale ont démontré une disparité entre les concentrations chez les deux variétés, on a pu observer que la variété V2 résiste mieux au stress salin en affichant quelques stabilités des longueurs dans les traitements salins.

- L'analyse des paramètres de la partie aérienne des deux variétés d'orge étudiées a révélé une sensibilité variable face au stress salin. De manière générale, l'augmentation des concentrations en NaCl a entraîné une réduction significative de la longueur des tiges et du développement foliaire, traduisant l'effet inhibiteur de la salinité sur la croissance végétative.

Cette diminution résulte principalement de la limitation de l'absorption hydrique, du déséquilibre nutritionnel et de la perturbation du métabolisme cellulaire induits par l'accumulation de sels dans les tissus. Toutefois, certaines différences entre les variétés ont été observées, suggérant des capacités d'adaptation différentielles. Les résultats confirment que la V2 a une meilleure adaptabilité par la stabilité de ces parties aériennes lors de la croissance dans les traitements salins appliqués .

. • La salinité exerce un effet négatif sur la teneur en chlorophylle, avec une diminution marquée chez la variété V1, traduisant une dégradation de l'appareil photosynthétique. En revanche, la variété V2 a mieux maintenu ses pigments, indiquant une meilleure stabilité fonctionnelle.

• L'accumulation de la proline, un osmoprotecteur reconnu, a été significativement plus élevée chez V2, surtout aux fortes concentrations de sel, ce qui suggère une réponse adaptative efficace au stress osmotique.

• Concernant les sucres solubles, on a observé une augmentation progressive chez la variété V2 avec l'augmentation de la salinité, ce qui reflète un mécanisme d'ajustement osmotique actif, à l'inverse, de la variété V1 qui présente une diminution, suggérant une meilleure adaptabilité chez V2.

En conclusion, l'ensemble des résultats met en évidence que la variété V2 est plus tolérante au stress salin, grâce à sa capacité à maintenir les pigments chlorophylliens, à accumuler des osmolytes comme la proline et les sucres solubles, et à stabiliser ses fonctions physiologiques sous stress, la variété V1 ,en revanche , s'avère plus sensible, avec ses réponses biologiques limitées .

Ces résultats peuvent servir de base pour des programmes de sélection variétale ciblant la tolérance à la salinité chez les cultures céréalières, notamment dans les zones arides et semi-arides. Mais doivent être complétés par des analyses statistiques pour une meilleure appréciation des résultats

Références bibliographies

Références bibliographies

A

- Acila, R(2003).**Effets De La Salinité Sur La Germination De Quelques Variétés D'orge.
- Alaoui , A., El Mourid , M . ; & Karrou , M . (2013) .** Gestion de l'eau et de la salinité dans les systèmes de culture irriguée au Maghreb . ICRDA Maroc .
- Alaoui, S. B. (2005)-** Référentiel pour la conduite technique de la culture de blé dur. *Triticum durum*.p13.
- Algeria Invest. (2021).** *Rapport économique sur l'investissement agricole en Algérie*. Algeria Invest Publications.
- Anonyme, (2019).** Fertiliser correctement – récolter des céréales de,http://www.ks-minerals-and-agriculture.com/fr/fr/fertiliser/advisory_service/crops/cereals.html#anchor1 .
- Ashraf, M. (2009).** Biotechnological approach of improving plant salt tolerance using antioxidants as markers. *Biotechnology Advances*, 27(1), 84–93.

B

- Bartels, D., & Sunkar, R. (2005).** Drought and salt tolerance in plants. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 24(1), 23–58.
- Benderraji , H, Djebbar ,M.R, & Mamri ,A. (2016).** Etude De La Germination L'orge Sous Stress Salin. Livre Sience De Biologie 8(1),91-99.
- Boudjabi, S. (2017).** Réponses physiologiques et biochimiques de quelques variétés de blé dur sous contraintes hydriques à l'apport de boues résiduaires [Thèse de doctorat, Université de Batna 2].
- Boufenar, R., & Zaghouane, H. (2006).** *Évaluation de la salinité dans les sols de la région de Biskra*. Revue des Sciences Agronomiques, 5(2), 122–130.
- Boukhalfa- Deraoui, N., Hanifi- Mekliche, L., & Mekliche, A. (2021).** Response of Wheat to Foliar and Soil P Fertilization on Grain Yield and Phosphorus Use Efficiency in Southeastern Algeria. *Indian Journal of Agricultural Research*, 55(1), 99–104.
- Bouldroua, M., & Laouaouda, S. (2021).** Résultats d'études sur l'effet du stress salin chez l'orge. Mémoire de master

C

- Chaban, C., & Broussard, D. (2020).** *Les écosystèmes face au stress hydrique*. Éditions Environnement Durable.

Chabane, M., & Boussard, J.-M. (2012). La production céréalière en Algérie : Des réalités d'aujourd'hui aux perspectives stratégiques de demain (20 p.). INRAE – Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement.

Chartzoulakis, K., & Klapaki, G. (2000). Response of two greenhouse pepper hybrids to NaCl salinity during different growth stages. **Scientia Horticulturae**, 86(3), 247–260.

Chehat F. , (2005). Analyse macroéconomique des filières , la filière blés en Algérie . Projet PAMLIM « Perspectives agricoles et agroalimentaires Maghrébines Libéralisation et Mondialisation » Alger : 7-9 avril 2005.

Cheval, S. (2005). *Climat et dynamique végétale dans les zones semi-arides*. Revue de Géographie Climatique, 18(2), 45–60.

CIC (2024, octobre). *Bulletin de la production céréalière mondiale*. Conseil International des Céréales. <https://www.igc.int>.

Clerget, Y. (2011). Biodiversité des céréales Origine et évolution. Montbéliard. 17p. p 0 1.

Cokkizgin. A. (2012). Salinity Stress in Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Seed Germination Not Bot Horti Agrobo, 40 (1). P: 177-182.

D

Djermoun, A. (2009). La production céréalière en Algérie : les principales caractéristiques, Département d'Agronomie, Université de Hassiba Benbouali de Chlef .

Djermoun, A. (2009, juin). La production céréalière en Algérie : les principales caractéristiques. Revue Nature et Technologie, 1(2), 45–53.

Dreier, W., & Goring, H. (1974). *Sodium and chloride transport in barley roots under salt stress*. Plant Physiology, 54(4), 589–593.

Dutordoir, C. D. (2006). Impact de pratiques de gestion de la fertilité sur les rendements en mil dans le Fakara (Niger). Travail de fin d'études présenté en vue de l'obtention du grade de bio-ingénieur. p 57-58 .

Dutordoir, M. (2006). *Effets de la salinité sur le développement racinaire chez les graminées*. Revue de Biologie Végétale, 13(4), 215–230.

E

El-Haramein, H., & Grando, S. (2010). *Salinity tolerance in barley: breeding and field performance*. ICARDA Publications.

Ernez, M., & Lannoye, R. (1991). *Effets de la salinité sur le développement de l'orge en conditions contrôlées*. Revue de Botanique Appliquée, 108(2), 145–152.

F

FAO. (2008). *Situation mondiale de l'alimentation et de l'agriculture 2008*. Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture. <http://www.fao.org>
FAOSTAT.

Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO. (2023). Crop statistics.

G

Gallais, A., & Bannerot, H. (1992). Amélioration des espèces végétales cultivées : objectifs et critères de sélection (77 p.). Paris, France : INRA.

H

Hikosaka, K., Sudoh, S., & Hirose, T. (2006). Photosynthesis, growth and biomass allocation in two herbaceous species with different phenologies. *Fonctionnel Ecologie*, 20(2), 230–239.

Hnifi, C. (1999). *Influence de la salinité sur la croissance du blé tendre*. Thèse de Doctorat, Université de Sétif.

I

ITGC. (2023) : caractérisation des ressources naturelles par l'utilisation du SIG, Répartition des variétés de blés homologués et en production par zone agroécologique, cellule Sigg.

ITGC. (2023). *Bulletin technique sur les grandes cultures en Algérie*. Institut Technique des Grandes Cultures. <http://www.itgc.dz>

J

Jodoin, M. (2019, 22 août). L'utilisation des céréales de 1983 à 2028. J'en ai marre, et vous ? <https://jeanneemard.wordpress.com/2019/08/22/lutilisation-des-cereales-de-1983-a-2028/>

Jodoin, Y. (2019). *Stress abiotique et stratégies adaptatives des plantes*. Université Laval, Québec.

K

Kaddour MOUNIA, B. (2014). Modifications physiologiques chez des plantes de blé (*Triticum durum* Desf) exposées à un stress salin (Doctoral dissertation, Université Badji Mokhtar). p 43 /104 .

Kadri, A., Djekoun, A., & Aissat, S. (2009). *Réponse physiologique de l'orge à la contrainte saline*. Revue Agriculture et Développement, 26(1), 41–47.

Khaldoun, A. (1989). *Adaptation des céréales aux conditions arides en Algérie*. Revue Agronomique d'Algérie, 12(1), 33–42.

Kherbache, F., & Benider, L. (2021). *Effets de la salinité sur la production du blé dur en milieu semi-aride*. Revue Algérienne des Sciences Agronomiques, 9(2), 55–62.

L

Lerget, B. (2001). *Physiologie végétale en milieu contraignant*. Éditions Belin.

Levigneron, A, Lopez. F, Vansuyt. G, Berthomieu. P, Fourcroy, P et Casse-Delbart. F. (1995). Les plantes face au stress salin. Cahiers Agricultures, 4(4), P: 263–273.

Levigneron, A., Boucaud, J., Huault, C., & Larher, F. (1995). Proline accumulation and its implication in response of tomato plants to salt stress.

M

Maaouia- Houimli, S. I., Denden, M., Dridi- Mouhandes, B., & Mansour- Gueddes, S. B. (2011). Effet du stress salin sur la germination et le développement des plantules de *Vicia faba* L. Tropicultura, 29(1), 75–82.

Méhoubi. F et Zaibet. Y. (2019). Effet de salinité sur les propriétés mécaniques du sol (Limite d'Atterberg) « Sebkhett Melloulç ». Université Mouhamed El Bachir El Ibrahimi- B. B. A. Science Agronomique. P : 1.

Mihoubi, A., & Ziabet, X. (2019). Variations des caractéristiques du sol entre profils cultivés et témoins dans plusieurs régions algériennes .

Ministère de l'Agriculture de Canda, Ottawa (1975) . Céréales secondaires ; orge, seigle, avoine. Agriculture Canada. Publication 1410. p 7 .

Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural (MADR). (2020). Stratégie de développement des filières agricoles en Algérie – Filière céréalière et grandes cultures. Alger, Algérie.

Mondiale, B. (2008). Rapport sur le développement dans le monde 2008 : l'agriculture au service du développement, abrégé, page v.

O

Office National des Statistiques (ONS). (2021). La production agricole, campagne 2020/2021 (n° 990) [PDF]. Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural.

Okçu G, Kaya M.D. et Atak M. (2005). Effects of salt and drought stresses on germination and seedling growth of pea (*Pisum sativum* L.). Turk J. Agric For. 29. P: 237-242.

P

Parida, A. K., & Das, A. B. (2005). Salt tolerance and salinity effects on plants: A review. Ecotoxicology and Environmental Safety, 60, 324–329.

Patrick, W. (2004). <https://www.fitadium.com/conseils/cereales> .

Profer,T, (2023). (s.d.). L'influence des pratiques culturales sur les propriétés physiques, chimiques et biologiques des sols dans deux régions d'Algérie

S

Saidi, D., Le Bissonais, Y., Duval, O., Daoud, Y., & Halitim, A. (2004). Effet du sodium échangeable et de la concentration saline sur les propriétés physiques des sols de la plaine du Cheliff (Algérie). *Étude et gestion des sols*, 11(2), 137–148.

Sollah, T., & Amieur, B. (2023). The variability and changes of precipitation in arid and semi-arid zones of Algeria (Ghardaïa, Ouargla, Biskra and Laghouat) from 1969 to 2016 [Master's thesis, Université de Ghardaïa.

Soltner, D. (2005). Les bases de la production végétale. Tome I : Le sol et son amélioration (22e éd.). Angers, France : Sciences et Techniques Agricoles.

T

Tabet R et Ziabet A. (2022). Opportunités des Légumineuses pour une meilleure production des cultures. Université Frères Mentouri Constantine, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Département de biologie écologie et végétale, Science Biologie Spécialité : Biodiversité et Physiologie Végétale. 52p.

Temani et Khairi. (2009). Les légumineuses fourragées.

Thamir. S.A, Campbell. W.F, Rumbaugh. M.D. (1992). Response of Alfalfa cultivar to salinity during germination and post germination Growth Crop Sci.P:976-980 .

Tropicultura. 75p.

W

Warne. P, Guy. R.D, Rollins. L and Reid. D.M. (1990). The effect of sodium sulphate and sodium chloride on growth, morphology, photosynthesis and water use efficiency of *Chenopodium rubrum*. *Can. J. Bot.*, 68. P: 999-1006

Winkel, T., & Do, F. (1992). Water relations and osmotic adjustment in two Sahelian grasses. **Physiologia Plantarum**, 86(4), 645–652.

Winkel, T., Müller, S. & Ibanez, L. (1997). Effects of tillage practices on soil structure in Mediterranean cropping systems. *Journal of Mediterranean Agriculture*, 12(3), 145–158.

X

Xue Z. Zhi D. Xue G. Zhang H. Zhao Y. et Xia G. (2004). Enhanced salt tolerance of transgenic wheat (*Triticum aestivum* L.) expressing a vacuolar Na/H 1 antiporter gene with improved grain yields in saline soils in the field at a reduced level of leaf Na⁺. *Plant Sci.*, 167. P:849-859 .

Site web .

1. <https://agromi.ro/produs/kekkila-dsm-3-w-fina/>