

الجمهورية الديمقراطية الشعبية الديمقراطية

Algérienne Démocratique et Populaire

République

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de L'Enseignement Supérieur et de la Recherche
Scientifique

جامعة 8 ماي 1945

Université 8 Mai 1945 Guelma

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et de
L'univers

Département D'Écologie et Génie de l'Environnement



Mémoire En Vue de l'Obtention du Diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Agronomiques

Spécialité : Phytopharmacie et Protection des
Végétaux

Thème :

**Evaluation de quelque paramètres de résistance aux
conditions environnementales chez les céréales locales**

(l'orge)

Présenté par :

Saidi yasser

Membres du jury :

Président: BAALI S.

(M.A.A)Université de Guelma

Encadrant: BENBELKACEM S

(M.A.A)Université de Guelma

Examinatrice : CHAHAT N

(M.C.B)Université de Guelma

Année Universitaire : 2021/2022

Remerciements

*J'exprime ma profonde gratitude et toute ma reconnaissance envers ma encadrante **benbelkacme sofia**, pour sa patience, ses avis, son soutien et sa confiance, dont j'ai bénéficiés à tous leurs égards.*

*C'est avec beaucoup de reconnaissance que j'adresse mes sincères remerciements à Monsieur **BAALI S** d'avoir accepté de présider le jury de thèse.*

*Mes remerciements vont aussi à Madame **CHAHAT N** en acceptant d'être examinateurs et membres du jury.*

Ce travail n'est pas uniquement le mien, un grand nombre de personnes ont contribué à son aboutissement. Je tiens à remercier d'une manière très spéciale, Mes remerciements vont aussi à mes amis et collègues, haroun . baha

Mokran, pour l'ambiance conviviale et les bons moments passés en leur compagnie, à toute la promotion de 2022.

Enfin, j'adresse une pensée particulière à mes proches et membres de ma famille, qui m'ont toujours soutenu et encouragé tout au long de mes études. Je remercie particulièrement ceux qui ont donné un sens à mon existence, à ceux qui m'ont soutenu durant tout mon parcours : A vous mes très chers parents à qui je ne saurais jamais exprimer toute ma reconnaissance, qu'ils trouvent ici l'accomplissement de leurs vœux et l'expression de ma profonde gratitude, ainsi que le témoignage de mon affection et tendresse.

DEDICACE

A mes parents si compréhensifs et si patients pour qui, le cycle de mes études a sûrement bien longtemps fait un très lourd sacrifice : à toi ma chère maman **BOUKHAROUBA HADJIRA** et à toi mon chère papa **SEBTI** en témoignages de mon amour, reconnaissance et ma profonde affection.

Je dédie également ce mémoire à mon très chère frère **ABDERRAHMEN** et aussi ma chère sœur **SOUHA**.

A mes grands-parents **BOUDJMAA** et **OUM SAAD**

A mes tantes et oncles, à mes cousins et cousines.

A toute la famille **SAIDI**

A toutes mes amis **HAROUN .WELID .BAHA.....)**

A toute la **promotion 2022**

A tous mes Professeurs

A tous ceux que j'ai connu et je n'ai pas pu citer.



Sommaire

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

المخلص

Résumé

Abstract

Introduction

Chapitre I : Présentation de l'espèce étudiée

1 .Historique de l'orge.....	18
2 .Importance de l'orge.....	18
2.1 .En Algérie.....	18
2.2. La production mondiale de l'orge.....	20
3. Description de la plante.....	21
4.Croissance et développement de la plante.....	23
4.1 Période végétative.....	23
4.2 Période reproductrice ou la « montée ».....	24
4.3 Période de maturation.....	24

Chapitre II : Généralité sur les paramètres de résistance

1. Les exigences de l'orge.....	28
1.1.Définition de la salinité.....	28
2.1. stress hydrique.....	29
2.2stress thermique.....	29...
4. 4.La croissance et le développement des plantes sous stress salin.....	31...

Chapitre III : Matériel et méthodes

1 .Objectif de l'étude.....	33
2. Présentation du site de l'essai.....	34
3. Matériel végétal.....	35
3.1. Semences de l'orge.....	35
4. Origine et caractéristiques des variétés.....	35
5. Solution salées de NaCl.....	35
6. Dispositif expérimental.....	35
6.1. L'essai de germination.....	35

6.2. L'essai de croissance.....	36
7. Caractéristique de substrat.....	37
8. Paramètres étudiés	37
8.1. Paramètre relatifs à la germination des graines	37
8.1.1. Essai en boites de pétri	38
8.2. Paramètre relatifs à la croissance et le développement.....	38

Chapitre IV : Résultats et Discussion

1. Essai de germination dans les boites de pétri	39
1.1. Pourcentage de germination des graines.....	39
1.2. Longueur de la radicule	40
2. Essai de croissance et de développement des plantes dans les pots	42
2.2. Surface foliaire	44
2.4. La longueur de la racine principale.....	46
2.5. La teneur en Chlorophylle	48
2.6. La teneur en sucre	50
Conclusion	52

Références bibliographiques

Annexe

Liste des abréviations

C°: Degré Celsius **Chl a**:

Chlorophylle a **Chl b**: Chlorophylle

b

Chla+b: Chlorophylle a+ b

Cm: Centimètre

FAO: Food and Agriculture Organization

SF: La surface foliaire

%: Pourcentage

g: gramme

PH: Potentiel Hydrogène

Na+: Sodium **Ca²⁺**: Calcium

Mg²⁺: Magnésium **N**: Azote

P: Phosphore

KO: Oxyde de Potassium **NaCl** : chlorure

de sodium

L : Litre

M : Mètre

S.A.U : la Surface Agricole Utile

CO₂ : Dioxyde de Carbone

mM : milli Mole

Liste des tableaux

N°	Titre	Page
01	Production des céréales et d'orge en Algérie de 1900 à 2016	19
02	Production mondiale d'orge en millions de tonne de 2011 à 2016	20

Liste des figures

N°	Titre	Page
01	Épis d'orges à deux et à six rangs	22
02	: Inflorescence, fleur et pièces florales d'orge (<i>Hordeum vulgare</i>)	22
03	cycle d'orge d'hiver	25
04	cycle d'orge de printemps	25
05	Schématisation des deux phases de développement des plantes tolérantes et sensible sous stress salin	31
06	Pourcentage de germination % des graines d'orge pour les variétés	26
07	Pourcentage de germination % des graines d'orge pour concentrations	42
08	la surface foliaire cm ² pour les variétés	46
09	la surface foliaire cm ² pour les concentrations	46
10	teneur des sucres solubles pour les concentrations	47
11	Teneur des sucre solubles pour les variété	47



Résumés

Résumé

Le but de cette étude est de comparer le comportement de deux cultivars d'orge (*Hordeum vulgare*) qui poussent en Algérie saida et fouara cultivés dans des conditions de stress salin au cours des premiers stades de développement, le stade de germination et le stade de plantule, par l'utilisation de quatre concentrations de chlorure de sodium, (4,5 -6,75 -9 -12,5 g/L) et témoin sur diverses caractéristiques morphologiques et physiologiques. Nos résultats ont montré que le sel a un effet sur la germination et la croissance des plantes, la surface des feuilles, ainsi que la quantité des sucres solubles, et la chlorophylle pour les plantes stressées par rapport au témoin. Ces effets augmentent avec l'augmentation du stress. Possible de mettre en lumière le mécanisme responsable de la résistance des deux cultivars d'orge stressés.

Mots clés :

Orge - stress salin - chlorure de sodium

Abstract

The aim of this study is to compare the behavior of two barley cultivars (*Hordeum vulgare*) growing in Algeria (saida and fouara) grown under salt stress conditions during the early stages of development, the germination stage and the seedling, by the use of four concentrations of sodium chloride, (4.5 -6.75 -9 -12.5 g/L) and control on various morphological and physiological characteristics. Our results showed that salt has an effect on plant germination and growth, leaf area, as well as the amount of soluble sugars, and chlorophyll for stressed plants compared to the control. These effects increase with increasing stress. Possible to shed light on the mechanism responsible for the resistance of the two stressed barley cultivars.

key words

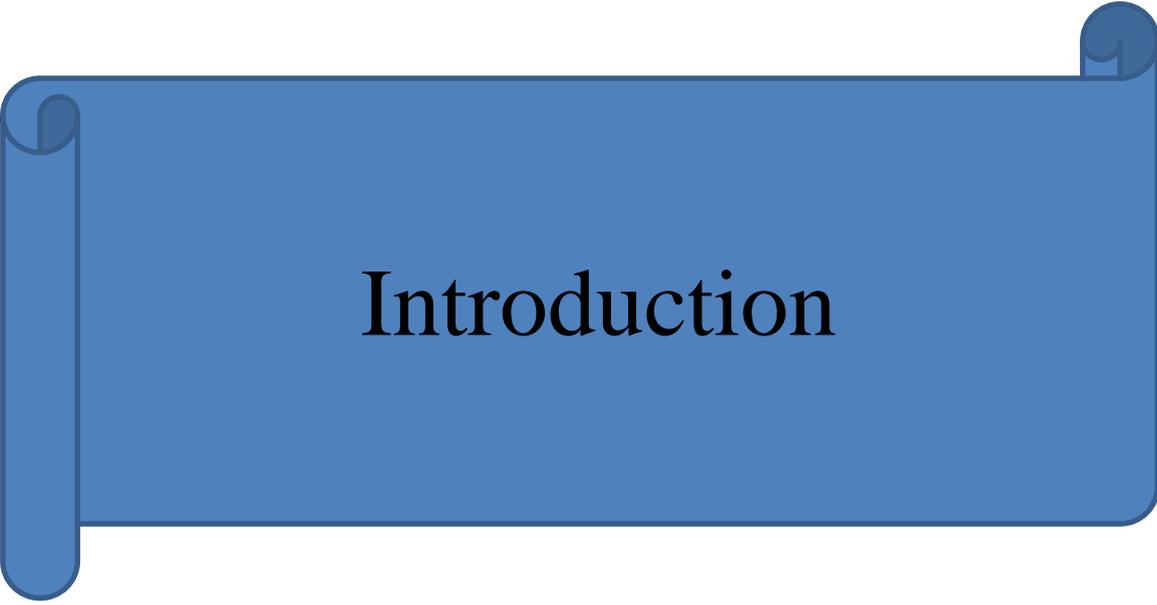
Barley - salt stress - sodium chloride

المخلص

الهدف من هذه الدراسة هو مقارنة سلوك صنفين من الشعير (*Hordeum vulgare*) ينموان في الجزائر سعيدة والفوارة المزروعة تحت ظروف الإجهاد الملحي خلال المراحل الأولى من التطور ومرحلة الإنبات والشتلات ، وذلك باستخدام أربعة تراكيز من كلوريد الصوديوم (4.5- 6.75- 9- 12.5 جم / لتر) والتحكم في الخصائص المورفولوجية والفسولوجية المختلفة. أظهرت نتائجنا أن الملح له تأثير على إنبات النبات ونموه ، ومساحة الأوراق ، وكذلك على كمية السكريات الذائبة ، والكلوروفيل للنباتات المجهددة مقارنة بمجموعة التحكم. تزداد هذه التأثيرات مع زيادة التوتر. يمكن إلقاء الضوء على الآلية المسؤولة عن مقاومة صنفَي الشعير المجهد.

الكلمات المفتاحية

الشعير – الاجهاد الملحي – كلوريد الصوديوم



Introduction

I. Introduction :

Sur le plan agronomique, la sécurité alimentaire est actuellement menacée, où un des stress les plus redoutables pour les plantes est celui induit par la salinité des sols et celles des eaux d'irrigations. D'une manière générale, dans les zones arides et semi arides, on assiste d'une part à une dégradation quasi-totale de la fertilité des terres cultivées et d'autre part à un déficit hydrique chronique. En milieu salé (déserts, marais salé, côtes,...etc), les plantes peuvent affronter de fortes concentrations en salure, avec généralement la prépondérance de Chlorure de sodium (NaCl). Celles capables de prospérer dans de telles conditions sont rares, et le nombre d'espèces ayant levé les barrières imposées par la salinité est faible (tomate, orge, coton, betterave, salsola...etc.). Néanmoins, dans un monde où assurer une production agricole satisfaisante et durable est un objectif majeur souhaité, mais il est de plus en plus difficile à atteindre, la recherche des solutions en vue d'affronter les obstacles s'avère indispensable. Parmi les céréales, l'orge (*Hordeum vulgare L.*) est la première céréale alimentaire domestiquée à travers le monde (King 2004), c'est l'une des rares espèces cultivées avec succès dans les zones semi-arides, où les précipitations varient considérablement d'une année à l'autre.

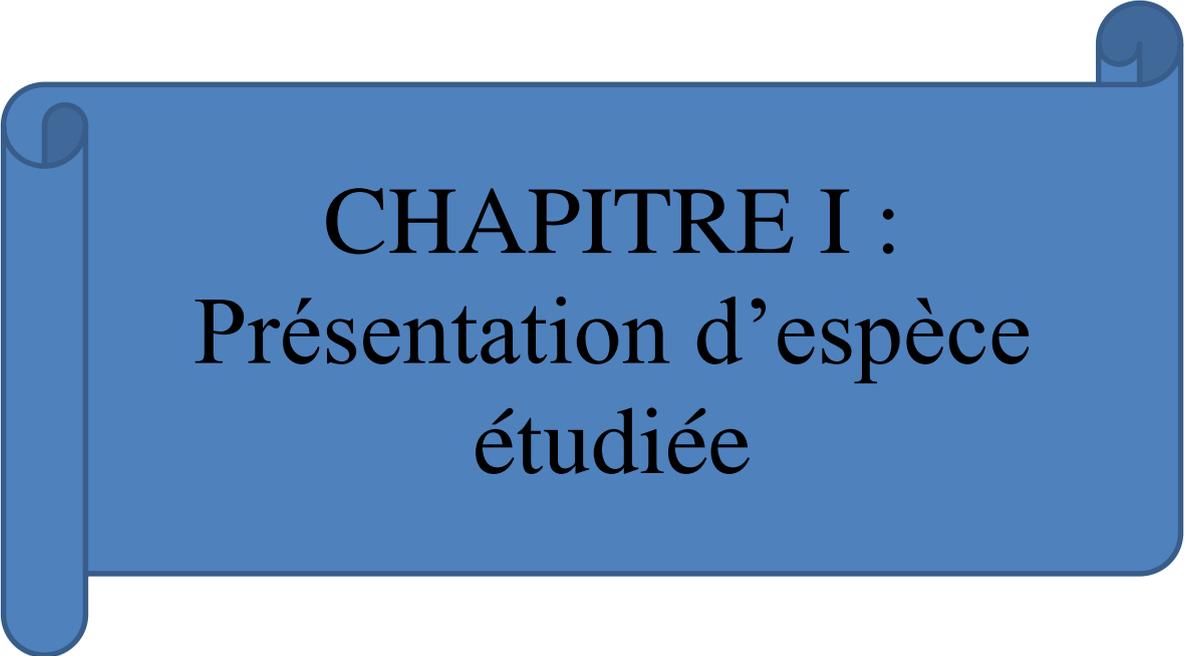
À l'échelle mondiale, le grain d'orge est très important aujourd'hui, et occupe la quatrième place en termes de quantité produite et de superficie cultivée dans le monde après le blé, le riz et le maïs. En 2018/ 2019, la récolte mondiale annuelle d'orge était d'environ **140.602** milliers de tonnes sur une superficie d'environ **47.009.175 ha**

Les variétés d'orge cultivées en Algérie sont des variétés locales et des variétés introduites. Les variétés locales sont résistantes aux conditions climatiques et édaphiques, mais elles sont sensibles aux maladies. Alors que, les variétés introduites sont résistantes aux maladies et donnent de hauts rendements, mais elles ne sont pas adaptées aux conditions sédapho-climatiques du pays

Le présent travail est une étude comportementale de quelques paramètres morphologiques, physiologique et biochimique sous différentes doses de salinité, à l'état de germination et de croissance, chez deux variétés de l'orge, à fin d'évaluer leur tolérance vis-à-vis de cette contrainte

L'étude est illustrée en trois parties principales

- L'introduction
- Partie revue bibliographique : ou on évoque l'importance des céréales et de l'orge, puis on explique les différents mécanismes de résistances de l'orge aux conditions de l'environnement.
- Partie matériel et méthode : où les différentes expérimentations sont expliquées
- Et enfin partie résultats et discussion : où les résultats sont exposés et discutés pour en fin ressortir la conclusion



CHAPITRE I :

Présentation d'espèce étudiée

I. Historique de l'orge

L'orge est parmi les céréales les plus anciennement cultivées, ces traces ont été localisés de prime abord au Proche-Orient (**Botineau, 2010**) dans la région nommée croissant fertile (l'Irak et l'Iran d'aujourd'hui) (**Brink et Belay, 2006**), sur l'ouest de la Jordanie, le Liban, la Syrie, la Turquie, l'Irak et les montagnes Zagros dans l'ouest de l'Iran (**Bothmer et al., 2003**) Selon, **Reddy et al. (2004)** :

Règne : Plantae

Division : Magnoliophyta

Classe : Liliopsida

Sous Classe : Commelinidae

Ordre : Poales

Famille : Poaceae

Sous famille : Hordeoideae

Tribu : Hordeae

Sous Tribu : Hordeinae

Genre : Hordeum

Espèce : Hordeum vulgare L.

2. Importance de l'orge

2.1. En Algérie

En Algérie, les cultures céréalières sont très importantes du point de vue agronomique et socio-économique. En effet, les céréales occupent la plus grande superficie agricole cultivée et présentent le premier aliment de base de la population.

Sur les 8 millions d'hectares de superficie agricole utile les céréales occupent annuellement en moyenne près de 6,2 millions d'hectares, dont 2,6 en jachère, soit 81,58% de la SAU. Malgré l'importance des superficies, les rendements de cette culture restent faibles et fluctuants par rapport aux potentialités de cette culture. Ils varient entre 13,2 q/ha en 2003 et 15,2 q/ha en 2006 (rendement le plus élevé durant cette décennie) (**Tifouri, 2019**).

Tableau 1 : Production des céréales et d'orge en Algérie de 1900 à 2016 (ITGC, 2002 et FAO, 2017)

Années	Production 10 ⁶ qx			Superficie 10 ⁶ ha	Rendement qx/ ha
	Total	Orge	%	Orge	Orge
1901-1910	19,2	9,2	47,9	1,4	6,6
1920	18,2	7,9	43,4	1,3	6,1
1930	16,8	7	41,7	1,1	6,4
1940	17,8	6,9	38,8	1,2	5,7
1950	17,8	5,6	31,5	1	5,6
1960	14,8	7,8	52,7	1,3	6
1970	21,3	4,42	20,8	0,7	5,88
1980	18,3	4,96	27,1	0,8	6,00
1990	18,8	7,20	38,3	1,0	7,02
2000	16,2	7,80	48,1	0,8	8,76
2010	34,9	10,98	31,5	0,8	13,43
2011	37,3	12,58	33,7	0,9	14,76
2012	51,4	15,92	31,0	1,0	15,45
2013	49,1	14,99	30,5	0,9	16,69
2014	34,6	9,39	27,2	0,8	11,86
2015	34,3	10,31	30,0	0,8	12,84
2016	34,8	9,20	26,4	0,7	13,02
Moyenne	26,80	8,95	35,33	0,97	9,54

2.2 La production mondiale de l'orge

De la période (1961-2014), soit 55 ans de campagne agricole la production moyenne annuelle a été estimée à quelque 746 432,89 tonnes. Soit une augmentation substantielle de 1961 à 2014 qui s'élève à 343 %. 2009 a été la campagne la plus productive (2 203 359 tonnes), en revanche la campagne 1966 accuse la plus faible production (129 770 tonnes)

Tableau 2 : Production mondiale d'orge en millions de tonne de 2011 à 2016 (FAO, 2017).

Pays	2011 (Mt)	2012 (Mt)	2013 (Mt)	2014 (Mt)	2015 (Mt)	2016 (Mt)
Fédération de Russie	16,9	14,0	15,4	20,4	17,5	18,0
Allemagne	8,7	10,4	10,3	11,6	11,6	10,7
Canada	7,9	8,0	10,2	7,1	8,2	8,7
France	8,8	11,3	10,3	11,7	13,1	10,3
Ukraine	9,1	6,9	7,6	9,0	8,3	9,4
Turquie	7,6	7,1	7,9	6,3	8,0	6,7
Australie	8,0	8,2	7,5	9,2	8,6	9,0
Autre	65,2	66,3	74,2	69,1	72,8	68,4
Production totale	132,2	132,2	143,4	144,5	148,3	141,3

3. Description de la plante

L'orge appartient à l'un des groupes des végétaux les plus importants du monde, le Triticeae, qui est une tribu dans la famille des Poaceae (Ulrich, 2010). Le genre *Hordeum* comporte 34 espèces (une seule d'entre elles est cultivée pour son grain), les variétés restantes sont généralement diploïdes à $2n = 14$ chromosomes, mais il existe des espèces sauvages tétra ou hexaploïdes. La section *Vulgare* comprend les trois espèces *H. vulgare*, *H. bulbosum* et *H. murinum*. L'*Hordeum vulgare* se divise en 2 sous espèces : *H. vulgare* sub sp. vulgare, qui rassemble toutes les orges cultivées et *H. vulgare* sub sp. spontaneum. Le parent sauvage de l'orge est *Hordeum spontaneum* ($2n = 14$). Il pousse à l'état

spontanée dans la région de la Méditerranée orientale, Turkménie et Afghanistan

Grillot (1959), classe les orges selon le degré de fertilité des épillets et la compacité de l'épi en deux groupes :

- **Le groupe des orges à six rangs** : Dont les épillets médians et latéraux sont fertiles et qui se subdivise selon le degré de compacité de l'épi.
- **Le groupe des orges à deux rangs** : Les épillets latéraux sont très rudimentaires et stériles, seul l'épillet central va se développer en grain.



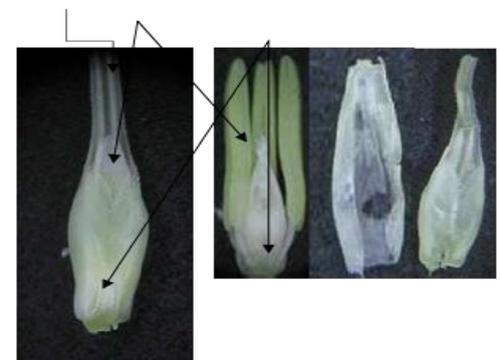
Figure 1 : Épis d'orges à deux et à six rangs. (Esteves, 2014).



Arête portée par la glumelle supérieure (Barbe)

Epillet
Rachis
Inflorescence entière
(épi)

Anthère ovaire



Glumelle inférieure

glumelle

Figure 2 : Inflorescence, fleur et pièces florales d'orge (*Hordeum vulgare*) (Jacquard, 2007)

4. Croissance et développement de la plante

la période reproductrice est caractérisée par la transformation du méristème apical qui va passer successivement par plusieurs stades.

4.1 Période végétative : Celle-ci comprend elle-même trois phases :

A. La phase semis-levée Le zéro de germination du blé tendre (*Triticum aestivum L.*) et de l'orge (*Hordeum vulgare L.*) est de 0°C (Clément, 1981) La germination se traduit par la sortie des racines séminales de la coléorhize et, à l'opposé, par la croissance d'une préfeuille, la coléoptile. Celui-ci sert de manchon protecteur et perforateur du sol pour la première feuille qui sera fonctionnelle et percera le sommet de la coléoptile peu après l'apparition de ce dernier au niveau du sol (Moule, 1971). Les principaux facteurs édaphiques qui interviennent dans la réalisation de cette phase sont, la chaleur, l'aération et l'humidité

B. La phase levée-début tallage Dès que la première feuille a percé l'extrémité de la coléoptile, celui-ci s'arrête de croître et peu à peu se dessèche (Moule, 1971). La première feuille fonctionnelle s'allonge, puis la deuxième, jusqu'à la quatrième toutes en position alterne. Celles-ci, imbriquées les unes dans les autres, partant toutes d'une zone située au proche de la surface du sol appelée plateau de tallage, constituée par l'empilement d'un certain nombre d'entre-nœuds et reliées à la semence par le rhizome (Clément, 1981). Pendant toute cette phase, la vitesse de croissance des feuilles dépend essentiellement de la température. D'autre part, sur le plan nutritif, la plantule dépend uniquement de son système primaire de racines et de ses réserves (Moule, 1971).

C. La phase début tallage-début montée. ; Le tallage est caractérisé par l'entrée en croissance de bourgeons différenciés à l'aisselle de chacune des premières feuilles : il s'agit donc d'un simple processus de ramification. La première talle (t1) apparaît généralement à l'aisselle de la première feuille lorsque la plante est au stade « 4 feuilles » (Moule, 1971). Le nombre de talles émises par plante est fonction de l'espèce (l'orge talle beaucoup plus que le blé tendre), de la variété, du climat, de l'alimentation de la plante en azote, de la profondeur de semis (Soltner, 1990). Le facteur nutritionnel peut modifier la vitesse du tallage herbacé, la durée du tallage et le nombre de talles (Austin et Jones, 1975). La fin du tallage représente la fin de la période végétative, elle marque le début de la phase reproductrice, conditionnée par la photopériode et la vernalisation qui autorisent l'élongation des entre-nœuds (Gate, 1995).

4.2 Période reproductrice ou la « montée » Elle s'étend de la montaison à la fécondation

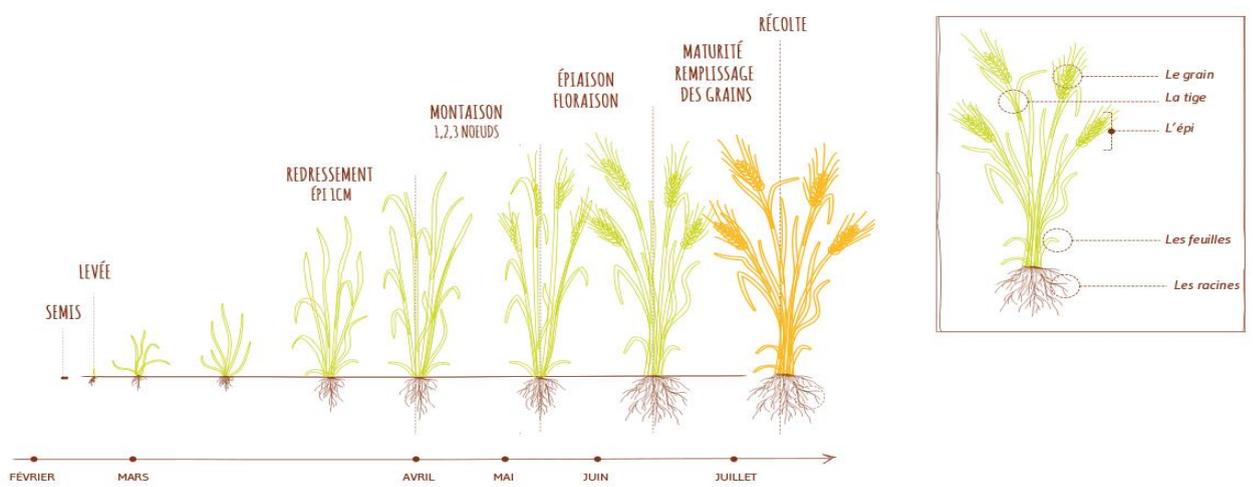
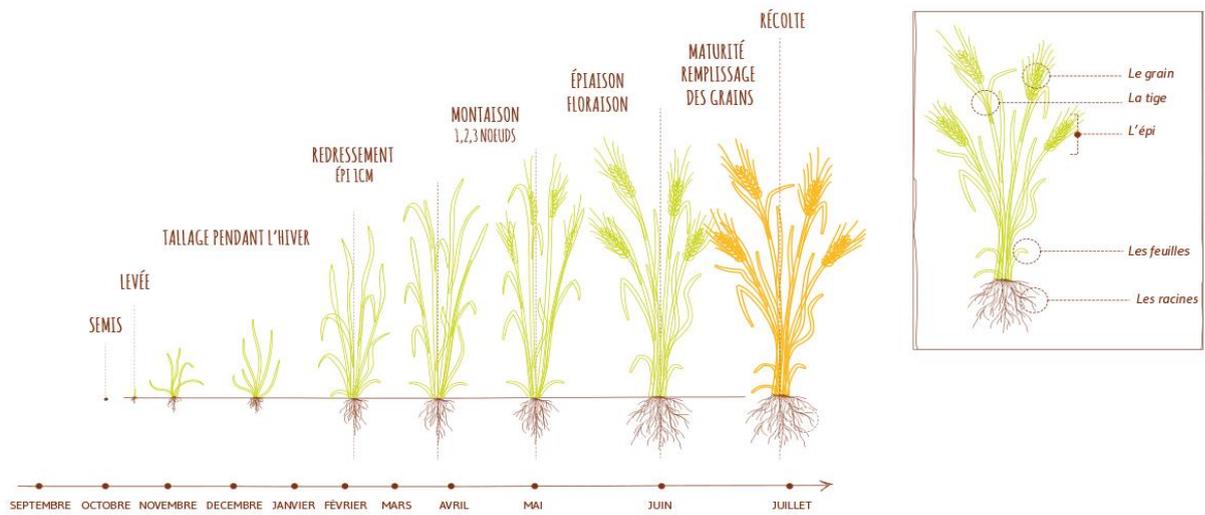
A. Phase de la montaison- gonflement ; Un certain nombre de talles herbacées vont évoluer vers des tiges couronnées d'épis, tandis que d'autres commencent à régresser. La croissance entaille et en matière sèche est alors active. Cette phase se termine au moment de la différenciation des stigmates. La durée de cette phase est de 29 à 30 jours (*Clément et Prat, 1970*).

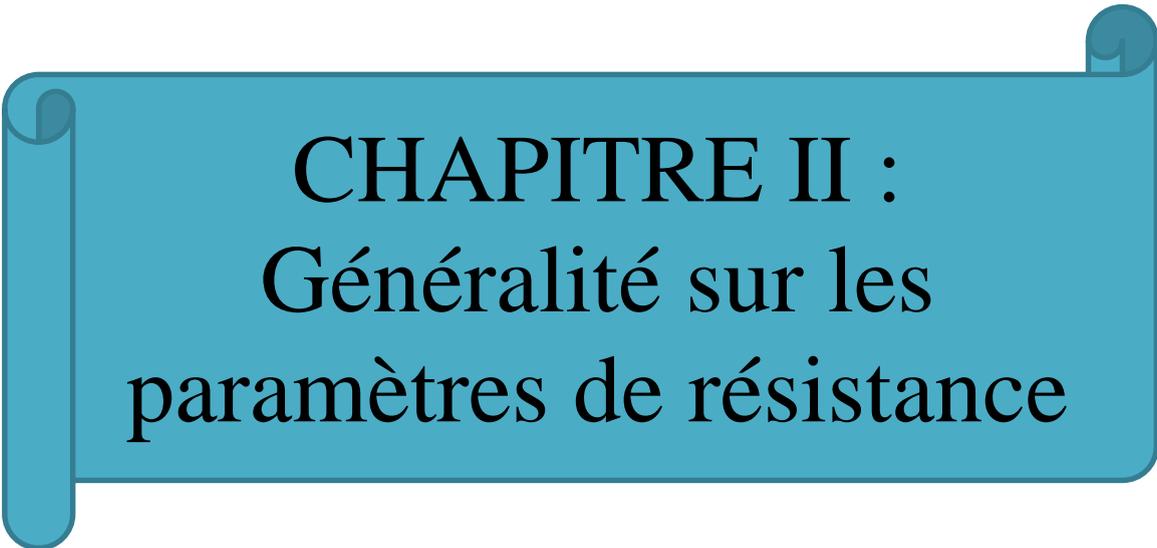
B. Phase de l'épiaison ; Cette phase correspond à l'élaboration d'une grande quantité de la matière sèche, à l'organisation détaillée des épillets et à la fécondation. La durée de cette phase est d'environ 32 jours. Cette phase est suivie par le grossissement du grain qui devient mou et le dessèchement de presque toutes les feuilles. Sa durée est de 16 à 17 jours (*Clément et Prat, 1970*).

C. Phase épiaison – floraison Elle est marquée par la méiose pollinique et l'éclatement de la gaine avec l'émergence de l'épi. C'est au cours de cette phase que s'achève la formation des organes floraux (l'anthèse) et s'effectue la fécondation. Cette phase est atteinte quand 50 % des épis sont à moitié sortis de la gaine de la dernière feuille (*Gate, 1995*).

4.3 Période de maturation

La phase de maturation succède au stade pâteux (45 % d'humidité). Elle correspond à la phase au cours de laquelle le grain va perdre progressivement son humidité en passant par divers stades (*Gate, 1995*). Elle est caractérisée par l'élaboration des substances de réserve (amidon, protéines) et par la migration de celles-ci dans l'albumen du grain (*Mazoyer, 2002*). L'orge est prête à être récoltée lorsque le taux d'humidité du grain atteint 35-40%, la récolte se fait à la main à l'aide d'une faucille, ou à la moissonneuse batteuse (*Brink et Belay, 2006*).





CHAPITRE II : Généralité sur les paramètres de résistance

1. Les exigences de l'orge

1.1. Définition de la salinité ; La salinité est une contrainte majeure qui affecte la croissance et le développement des plantes (*BOUAOUINA et al., 2000*). La réponse immédiate du stress salin est la réduction de la vitesse de l'expansion de la surface foliaire ce qui conduit à l'arrêt de l'expansion si la concentration du sel augmente. Le stress salin résulte aussi dans la diminution de la biomasse sèche et fraîche des feuilles, tiges et racines (*CHARTZOULAKIS et KLAPAKI, 2000*). De même le sel diminue la croissance de l'appareil végétatif par la réduction du nombre des feuilles, réduit la surface foliaire (*BEN KHALED et al., 2007*)

1.2. stress hydrique

L'agriculture est confrontée à de nombreux défis, qui se sont intensifiés ces dernières années en raison de la lenteur, enregistrée dans l'augmentation des rendements des cultures, causée par des stress biotiques et abiotiques comme toutes les cultures. La culture des céréales et de l'orge est confrontée à de fortes contraintes abiotiques, en particulier Manque d'eau et températures extrêmes. Ces restrictions sont quasi permanentes et Cela provoque des changements significatifs en termes de degré d'expression et d'intensité rendement atteint. La rareté de l'eau est l'un des facteurs abiotiques les plus nocifs qui Pertes de production agricole dans de nombreuses régions méditerranéennes et méditerranéennes monde. La rareté de l'eau est une contrainte de longue date dans les sols semi-arides Réserves d'eau, affectant la production agricole dans de nombreux pays climatiques Méditerranéen. Le risque de pénurie d'eau est et deviendra plus fréquent, Le changement climatique dû à l'effet de serre persistera dans le futur (*Witcombe et al., 2009*). Le stress hydrique provoque une série de changements morphologiques, Physiologie Physiologique, Biochimique et Moléculaire des Plantes (*Osakabe et al., 2014*).

Définir la pénurie d'eau comme Les plantes montrent une croissance et un rendement réduits après l'alimentation Pas assez d'eau (*Tuberosa, 2012*) a défini le terme «sécheresse» comme une condition dans laquelle la quantité d'eau disponible grâce aux précipitations et / ou à l'irrigation est insuffisante pour répondre aux besoins de transpiration de la culture. La réponse des plantes à la sécheresse dépend du génotype, de la durée et de la gravité du déficit hydrique et du stade de développement

1.3 stress thermique

Les températures extrêmes constituent un deuxième facteur limitant non moins important que Pénurie d'eau. Zones où l'orge est cultivée en fréquence Température élevée en fin de cycle, liée au manque d'eau. froid de l'hiver et Le gel au début du printemps est également l'un des

facteurs limitant pour que la plupart des variétés d'orge adoptées soient plus ou moins sensibles (Le seuil mis en cause dans le cas du stress des hautes températures est variable en fonction du stade végétatif de la plante et de l'interaction avec le stress hydrique. Les températures extrêmes constituent un deuxième facteur limitant non moins important que Pénurie d'eau. Zones où l'orge est cultivée en fréquence Température élevée en fin de cycle, liée au manque d'eau. froid de l'hiver et Le gel au début du printemps est également l'un des facteurs limitant pour que la plupart des variétés d'orge adoptées soient plus ou moins sensibles Une diminution du rendement en grains a été observée en fin de semis, qui était associée à une réduction du nombre d'épis et du poids moyen des grains en raison des effets des températures élevées en fin de cycle. Ils ont également noté que les effets néfastes du stress thermique étaient obtenus en accélérant le développement et en réduisant la taille des organes. ingrédients des plantes. Il en résulte un impact négatif sur la productivité globale de l'usine. La température augmente plus tard dans le cycle de développement de la plante, Surtout après la floraison, une contrainte à l'augmentation des rendements dans la région semi-aride. Cet effet se manifeste par une sénescence accélérée des feuilles et l'arrêt de la croissance des grains La température optimale pour le développement et le remplissage du grain des céréales d'hiver varie de 12 à 15°C Une diminution de 3 à 5% du poids du grain pour chaque degré centigrade d'augmentation de la température à partir de la base des 15°C, est notée. Lorsque la température chute fortement, des cristaux de glace se forment dans les espaces intercellulaires déshydratant les cellules dont l'eau migre vers ces espaces.. observent une chute de la fertilité des épis des semis précoces qui est liée aux effets des basses températures au cours du stade gonflement.(*Gate* ,1995) mentionne que les températures minimales inférieures à -4°C, de la période stade épi-1cm stade 2 nœuds, affectent le nombre de grains par épi. mentionnent qu'en régions méditerranéennes semi-arides, les gelées printanières touchent surtout les variétés précoces au stade début monté, détruisant l'épi du brin maître. Les dégâts sur racines se manifestent particulièrement sur la croissance du rhizome

2. La croissance et le développement des plantes sous stress salin

Découvrez les différents mécanismes qui conduisent à ces tolérances au sel espèces, il faut savoir si leur croissance est affectée par l'osmose saline dans le sol, ou\ et ses effets toxiques sur les plantes. Analyse des réponses des plantes Stress salin, indiquant que la réduction de la croissance se produit en deux étapes : Réponse rapide à l'augmentation de la pression osmotique externe. La réaction est plus lente en raison de l'accumulation de Na^+ dans les feuilles. à l'intérieur La première étape de pénétration, (commence immédiatement après l'augmentation concentration en sel au niveau seuil de la solution du sol), le taux de croissance est réduit d'une manière significative (*Munns, 1993*).

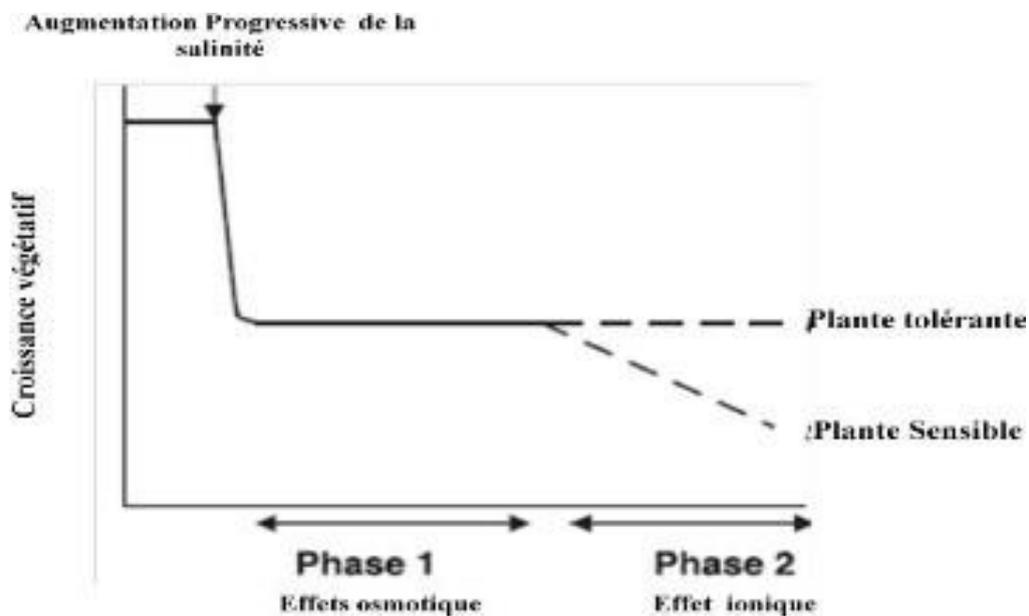
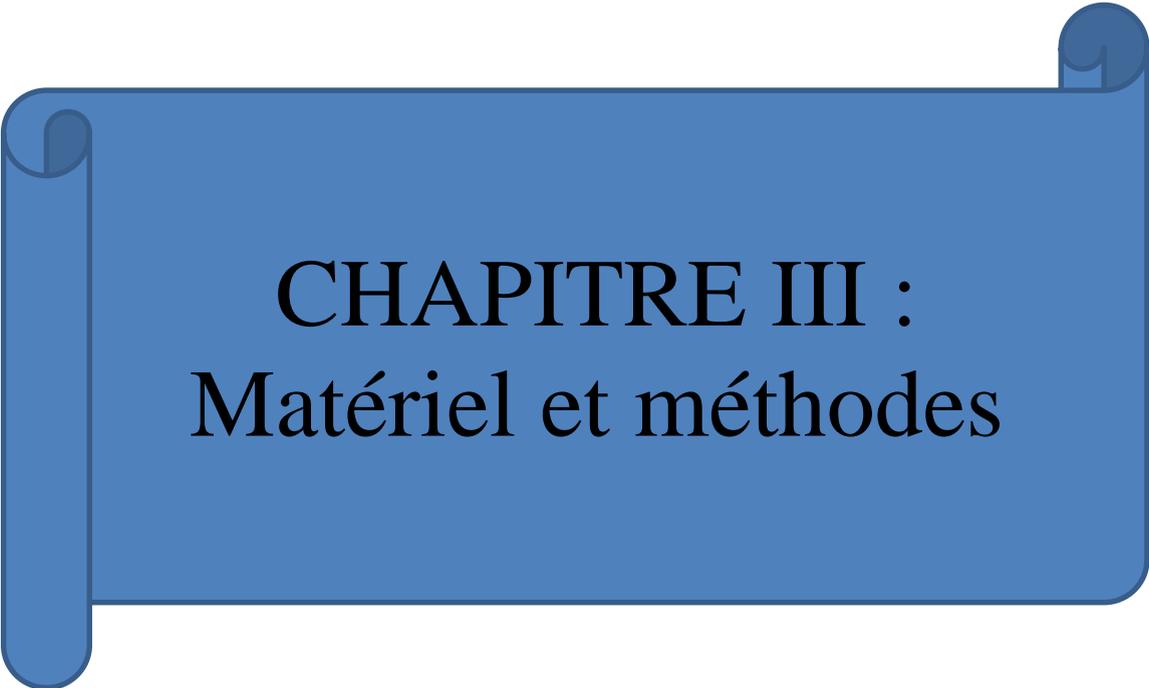


Figure 5: Schématisation des deux phases de développement des plantes tolérantes et sensible sous stress salin (Munns, 2002)



CHAPITRE III :
Matériel et méthodes

1. L'objectif de l'essai

Le travail actuel vise à suivre le comportement de deux variétés de l'orge sous différentes concentrations de NaCl afin d'évaluer leur tolérance au stress salin sur la base de l'estimation de plusieurs paramètres morphologiques. Dans cette vision, nous avons appliqué des doses accrues de NaCl à ces deux variétés (C1 :4.5).(C2 :6.75).(C3 :9).(C4 :12.25 g/l), et un traitement témoin qui n'a pas reçu de NaCl.

2. Présentation du site de l'essai

Le test a été réalisé en conditions semi-contrôlées (dans un laboratoire et une serre plastique) au niveau de la Faculté de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de l'Espace de l'Université de Guelma le 8 mai 1945.

3. Matériel végétal

L'essai a été porté sur deux variétés de l'orge (Saida 183) (Fouara 97). Les semences utilisées pour évaluer l'impact des différents traitements de NaCl sur la germination et les paramètres biométriques (hauteur des plantes, longueur de la racine principale, nombre des feuilles, surface foliaire) et physiologiques (teneur en chlorophylle total et dosage du sucre).

4. Origine et caractéristiques des variétés

Les variétés utilisées ont été obtenus de la station régionale de la protection de la protection des végétaux d'ettaref.

Variété : saida 183

Obteneur : ITGC khroub

Demendeur : ITGC

Origine : algérié

Années d'inscription : 1995

Pedigree : selection généalogique

Caractéristique agronomique : rendement : élevé

Caractéristique technologique : PMG : élevé

Teneur en protéines : 14.85%

Résistance aux maladies : oïdium feuille : moyennement sensible

Oïdium epi : résistante

Helminthosporiose : sensible

variété : el fouara 97

obteneur : ITGC SETIF

demendeur : ITGC

origine : algérié

années d'inscription : 1997

pedigree : sélection généalogique

cractéristiques agronomiques : rendement élevé

caractéristiques technologiques : PMG élevé

teneur en protiénes 14.5 %

résistance aux maladies : oïdium feuille : résistante

oïdium epi : résistante

helminthosporiose : résistante

5. Solution salées de NaCl

Les graines de l'orge ont été traitées par des concentrations en croissance de NaCl : le témoin [0] g/l, [4.5] g/l, [6,75] g/l, [9] g/l. et [12.25] g/l

6. Dispositif expérimental

Notre travail a été constitué deux parties, la première partie est réservée à l'essai de germination, et la seconde partie est consacrée à l'étude de la croissance.

6.1. L'essai de germination

L'essai de germination a été réalisé comme suit : les graines de deux variété d'orge (Saida 183) (Fouara 97) ont été mises à germer sur du coton imbibé de 100 ml de solution jour par jour dans des boites de Pétri, Chaque boite de Pétri contient 12 graines. Le dispositif expérimental contient trois répétitions ; chaque répétition comprend 5 traitements : [0. 4.5. 6.75. 9. 12.25g/l de NaCl]. La germination des semences observée chaque jour pendant une semaine, on considère que la germination a lieu lorsque la radicule atteint 1cm.



Figure 07 : L'essai de germination des graines de l'orge dans les boites de pétri. (Saidi yasser2022)

6.2. L'essai de croissance

Des expériences de croissance ont été menées dans des pots de taille petite et des serres en plastique pour évaluer le plus précisément possible l'effet de doses croissantes de stress salin sur les variétés de l'orge utilisées dans cette expérience. Chaque pot est rempli de tourbe, un substrat commercial adapté à la culture des céréales, fourni par le laboratoire universitaire.

Le semis a été réalisé à raison de 12 graines par pot et pour chaque concentration. Chaque traitement contient 8 répétitions le nombre total 40

Pendant la période de pression, les pots témoins ont été irrigués avec de l'eau distillée uniquement. D'autre part, les pots sous pression irrigués avec une solution saline (C1 :4.5 g/l).(C2 :6.75g/l).(C3 :9g/l).(C4 :12.25g/l)



Figure 08 : L'essai de croissance de l'orge dur dans les pots. (saidi yasser2022)

Caractéristique de substrat

Nom : Substrat basique fines alvéoles

Substrat culturel : Des mélanges spéciaux spécifiques au client sont remplis.

Pour les spécifications des produits et les déclarations de marchandises, voir les documents d'accompagnement papiers.

Volume : 80 litres (DIN EN 12580) au moment de la fabrication

PH : Dépendant du produit (CaCl)

Salinité : Dépend g/litre (KCl)

Matières premières : Selon la mise en bouteille mélange spécial. Pour les spécifications et les déclarations des produits, voir les documents d'expédition.

(Voir annexe)

Ingrédients mineurs :

Azote (N)* mg/l (CaCl)

Phosphate (PO) *mg/l (CAL)

Oxyde de Potassium

(KO)*mg/(CAL) (CAL)

7. Paramètres étudiés

7.1. Paramètre relatifs à la germination des graines

7.1.1. Essai en boîtes de pétri

Deux paramètres :

- Vitesse de germination

7.2. Paramètre relatifs à la croissance et le développement

Quatre paramètres :

- 1 - La surface foliaire SF (cm²)
- 2- Dosage pigments de chlorophylliens

3- Dosage des sucres solubles

8. Dosage des pigments chlorophylliens

Les teneurs moyennes en chlorophylle a et b sont déterminées par la méthode de L'extraction de la chlorophylle est réalisée par broyage de 0,5 g de matière fraîche de la feuille de chaque échantillon qui est additionné de carbonate de calcium et d'acétone (20ml à 80%). La solution obtenue est filtrée à l'abri de la lumière pour éviter l'oxydation de la chlorophylle. On procède ensuite aux mesures spectrophotométriques à deux longueurs d'onde ($\lambda_1=645$ et $\lambda_2=663$ nm). le calcul de la qualité de la chlorophylle est obtenu par la formule suivante :

Chl a: $12,7 (\text{DO } 663) - 2,69 (\text{DO } 645)$.

Chl b: $22,9 (\text{DO } 645) - 4,86 (\text{DO } 663)$.

Chl a + Chl b: $8,02 (\text{DO } 663) + 20,20 (\text{DO } 645)$



mortier



La balance



Papier a filtre



spectrophothomètre

Portocole de chlorophylle saidi yasser2022

9. Dosage des sucres soluble:

Les sucres soluble totaux (saccharose, glucose, fructose, leurs dérivés méthyles et les polysaccharides) sont dosé par la méthode au phénol de Elle consiste à prendre 100 mg de matière fraiche, placées dans des tubes à essais, on ajoute 3ml d'éthanol à 80% pour faire l'extraction des sucres. On laisse à température ambiante pendant 48h à l'obscurité. Au moment du dosage les tubes sont placés dans l'étuve à 80°C pour faire évaporer l'alcool. Dans chaque tube on ajoute 20ml d'eau distillée à l'extrait. C'est la solution à analyser. Dans des tubes à essais propres, on met 2ml de la solution à analyser, on ajoute 1ml de phénol à 5% (le phénol est dilué dans de l'eau distillée), on ajoute 5ml d'acide sulfurique concentré 96%. 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 10min et on les place au bain-marie 10-20 min 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'onde de 485nm.



L'étuve



Bain de mari

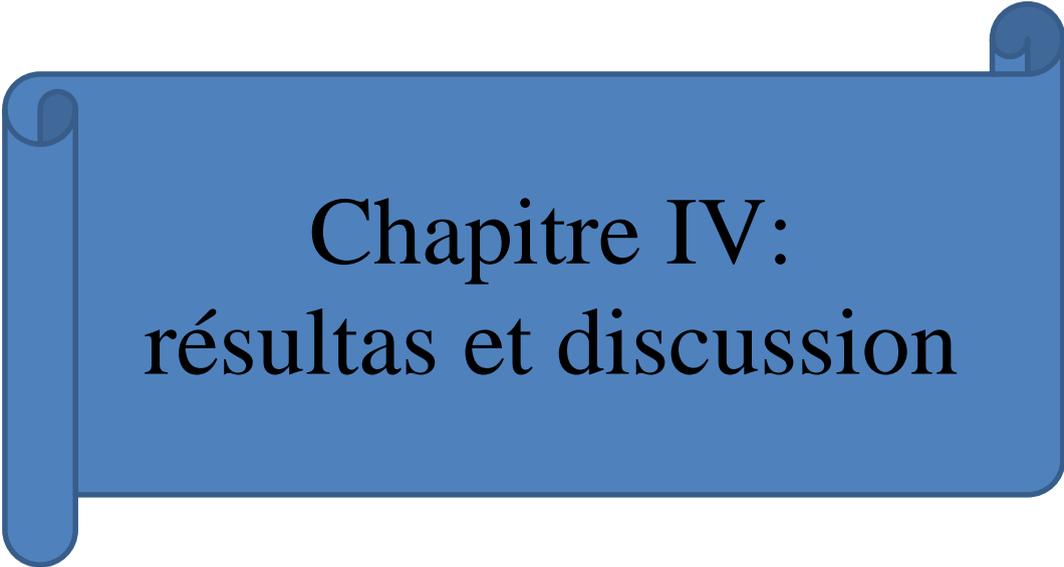


Les tubes a essai



spectrophotomètre

Prctocole des sucres solubles photo saidi yasser 2022



Chapitre IV: résultats et discussion

1. Essai de germination dans les boîtes de pétri

1.1. Pourcentage de germination des graines

La **Figure 6** affiche la variation du pourcentage de germination des graines de l'orge des deux Variétés étudiées en fonction de doses croissantes de NaCl. Ces résultats montrent que la germination des graines de l'orge est très affectée par le stress salin, une diminution du taux de germination a été notée pour l'ensemble des boîtes traitées par les différentes concentrations de NaCl, et ce pour les deux variétés étudiées

Les taux du pourcentage de germination de la variété de SAIDA sont plus élevés que ceux de la variété de FOUARA. Donc la variété de FOUARA est la plus sensible au sel.

La germination et les premiers stades de croissance sont cruciaux pour l'établissement des espèces se développant dans des environnements salins. Ce stade germinatif est souvent limité par la salinité du sol et se montre plus sensible par rapport aux autres stades de développement (*Ouhaddach, 2016*). Une salinité élevée entraîne une inhibition de la germination des semences par osmose ou partotoxicité spécifique). Les effets osmotiques se traduisent par l'inaptitude des graines à absorber des quantités suffisantes en eau pour les ramener à leur seuil critique d'hydratation. Ce qui se trouve être nécessaire au déclenchement du processus de germination (*Maas et Poss, 1989*)

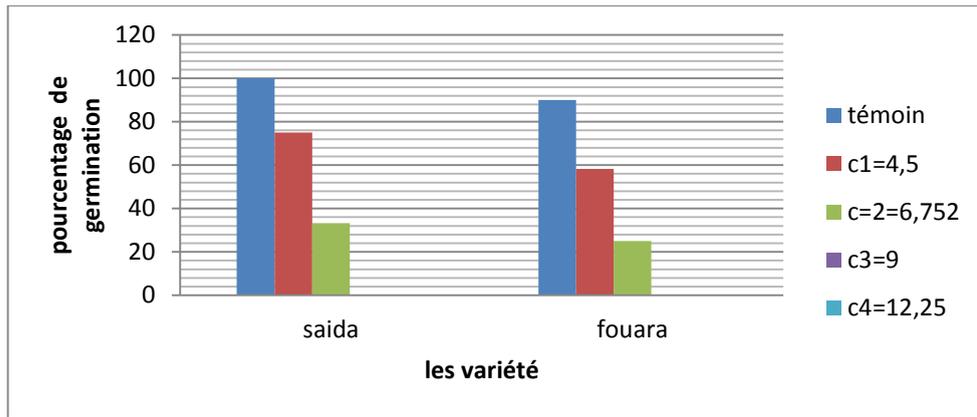


Figure 6: Pourcentage de germination (%) des graines d'orge pour les variétés

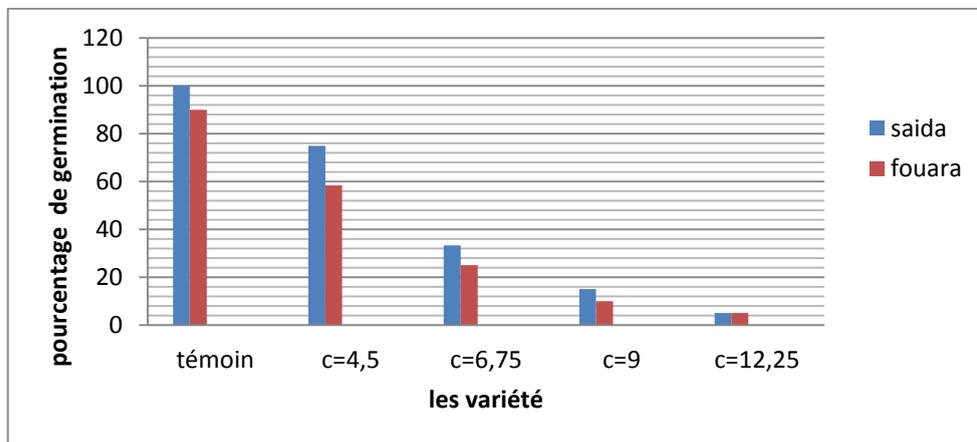


Figure 7 : Pourcentage de germination (%) des graines d'orge pour concentrations

. Essai de croissance et de développement des plantes dans les pots : 2.2. Surface foliaire

Selon les résultats obtenus (Figure 9 -8) l'augmentation de la concentration en NaCl a engendré une diminution de la surface foliaire pour toutes les variétés, mais la variété de fouara est le plus affecter par la salinité plus que saida

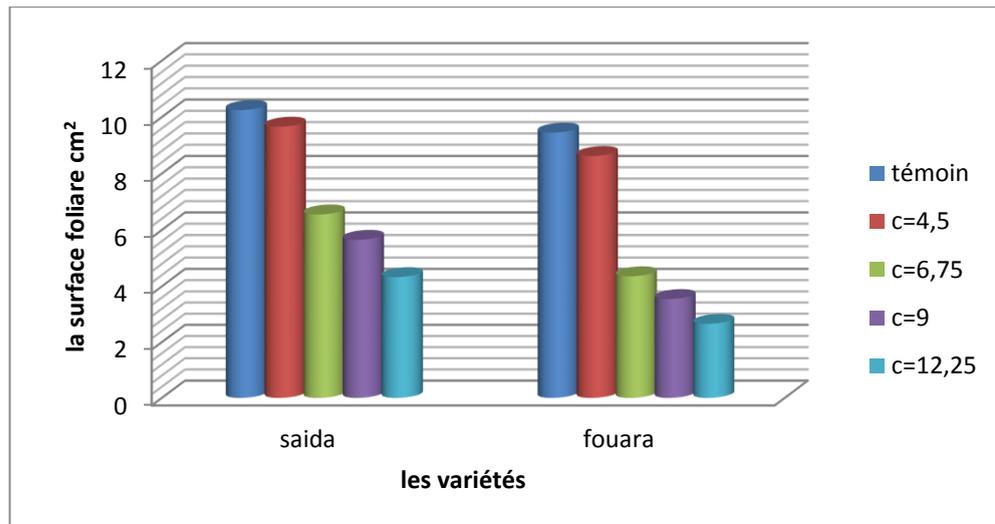


Figure 8: la surface foliaire cm² pour les variétés

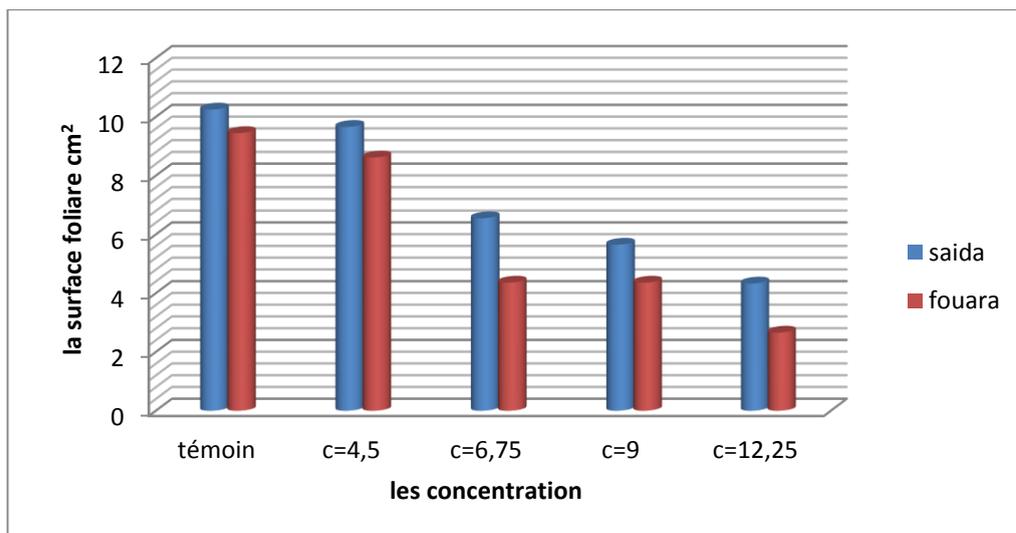


Figure 9 :la surface foliaire cm² pour les concentration

Le stress hydrique cause des modifications au niveau de la morphologie des végétaux en limitant sérieusement la croissance de la plante (Moulineau, 1993). Un déficit hydrique précoce L'influence du déficit hydrique est souvent rapportée en terme de hauteur des plantes, du nombre de tiges, de l'indice de surface foliaire, de la matière sèche des parties aériennes et

racinaires ainsi que du rendement en grains (*Brahimi, 2017*).

1.3 La teneur en Chlorophylle.

Les nombres (10) (11) indiquent l'évolution de la teneur totale en chlorophylle des feuilles) Il existe une relation étroite entre le taux de chlorophylle et la concentration de chlorure de sodium appliquée. L'analyse des résultats obtenus a montré que le taux le plus élevé enregistré était parmi les variétés de fouara, le témoin était de presque 50, on observe qu'à une concentration de 12,25 g/l il y a une réduction de presque 15 de saïda, pour le fouara on note 40

D'une façon générale nous avons constaté, que la teneur en chlorophylle totale diminue avec l'augmentation de l'intensité du stress conformément à ce qui a été rapporté par (*Walker et al, (1984)*), Cependant, la diminution de la teneur en chlorophylle totale en fonction de l'intensité de stress est variable selon l'accession

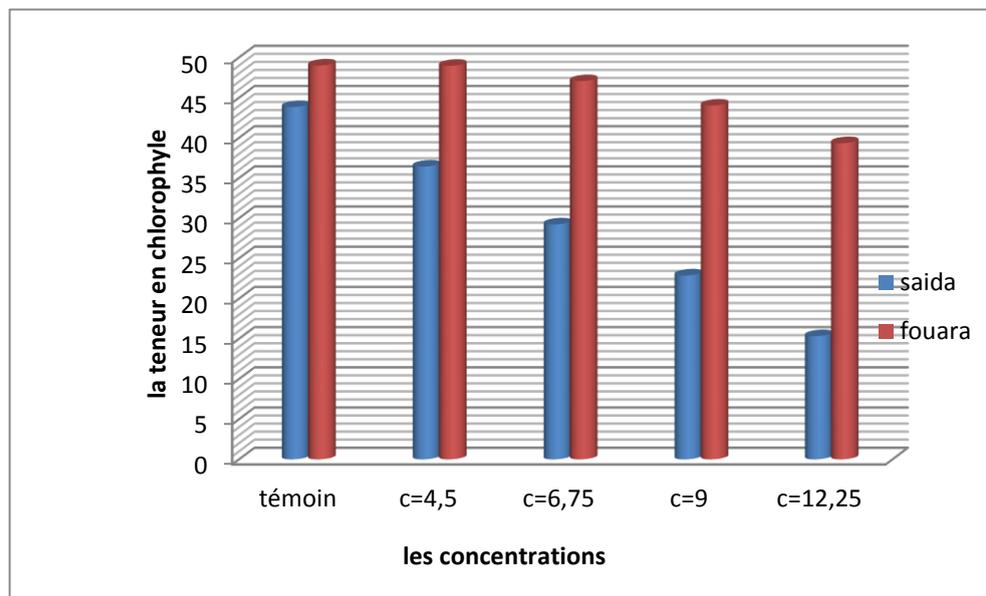


Figure 10 :la teneur en chlorophylle pour les concentrations

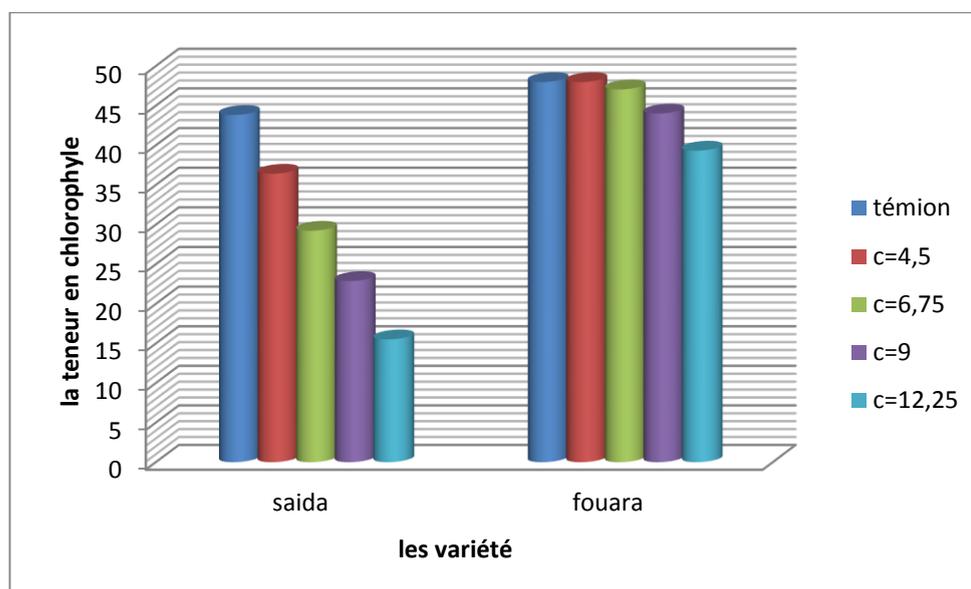


Figure 11: la teneur en chlorophyle pour les variétés

1.4 Teneur en sucre soluble

Les doses de sucres totaux extraites des feuilles des deux cultivars étudiés ont montré que la quantité de sucres accumulés fluctuait avec la concentration. Après une période de stress, les valeurs de concentration rapportées ($c=4,5$, $c=9$, $c=12,25$) étaient plus élevées par rapport au groupe témoin, seule la concentration $c=6,75$ était la plus faible parmi les variétés *saida*. Le stress salin à la concentration $c = 4,5$ était plus prononcé, avec des valeurs enregistrées $c = 6,75$ et $c = 9$, soit $c = 12,25$, l'accumulation de sucre dans les tissus foliaires était plus réduite que le témoin chez le cultivar *fouara*.

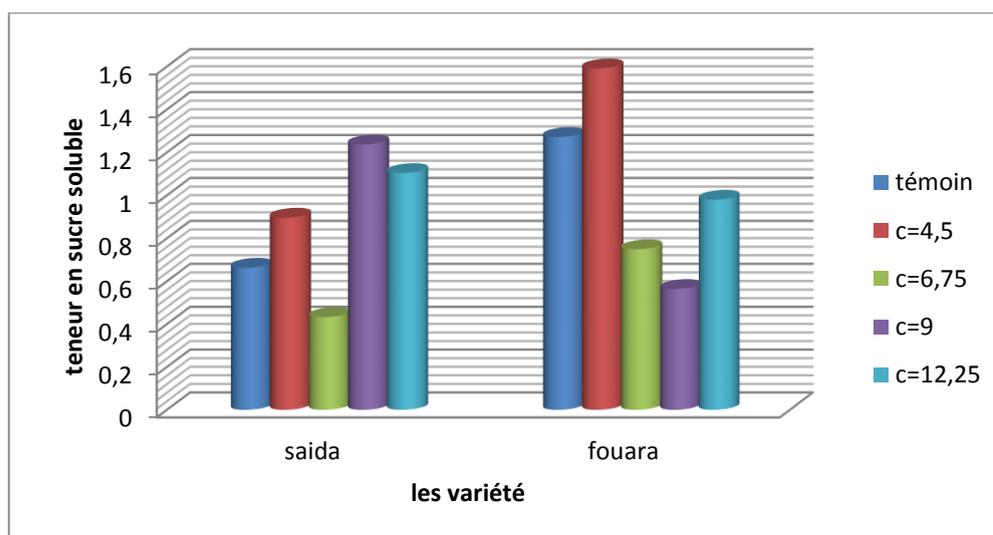


Figure 12: teneur des sucre soluble les variétés

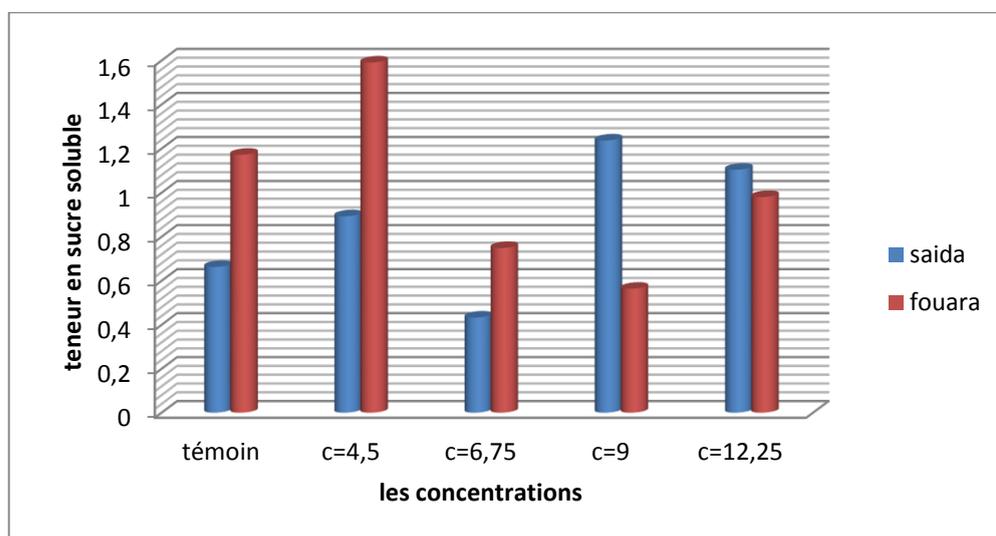
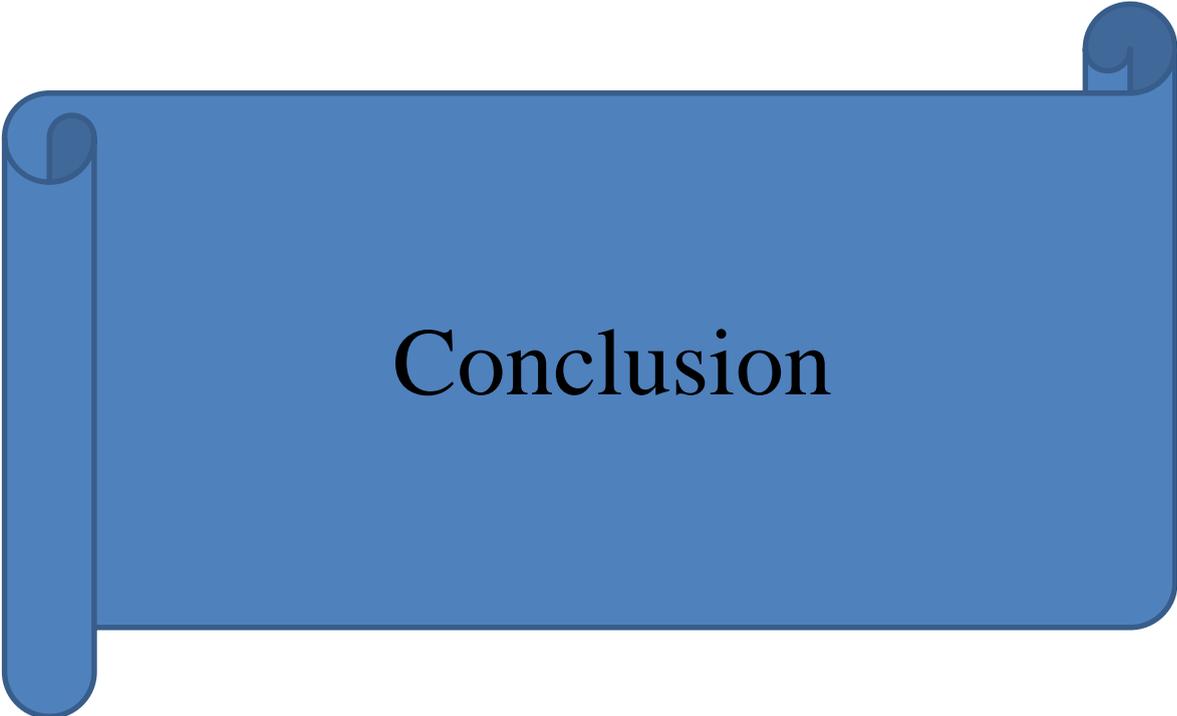


Figure 13: teneur des sucre soluble pour les concentrations

L'accumulation des sucres solubles est un moyen adopté par les plantes en cas de stress, afin de résister aux contraintes du milieu (*Benderradji et al.,2013*). Cela permet de constituer une garantie pour le maintien d'une intégrité cellulaire élevée



Conclusion

Conclusion

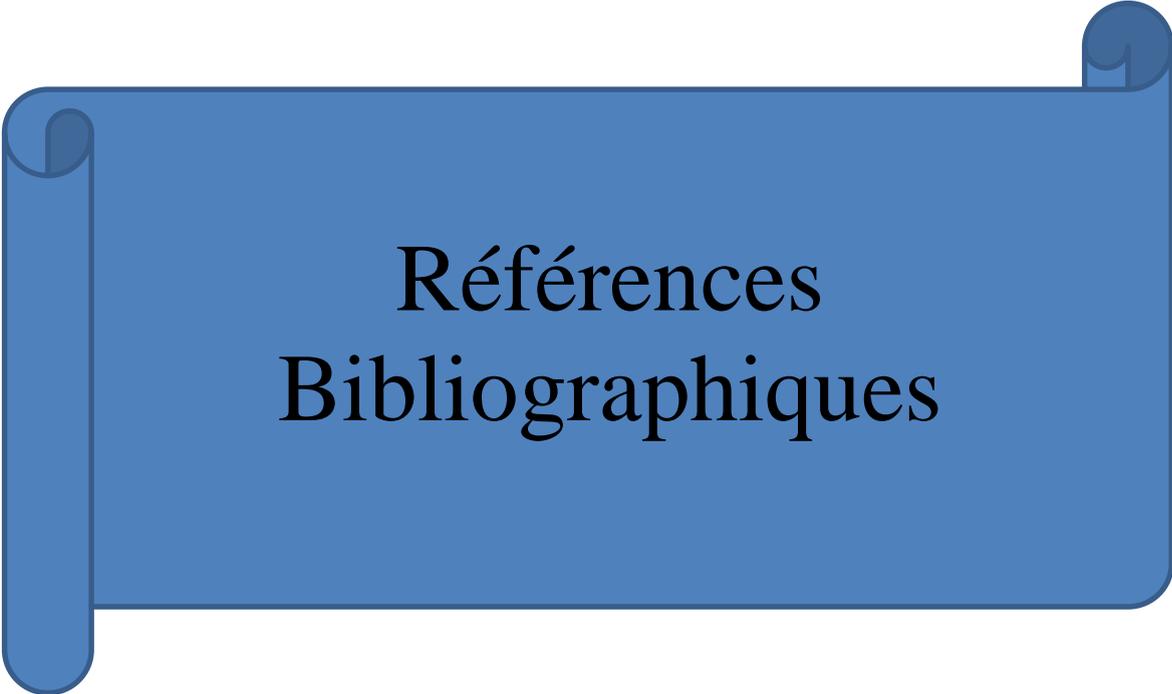
Les stress abiotiques affectent le développement et le bon fonctionnement des plantes. Ces dernières disposent toutes du même mécanisme d'adaptation leur permettant de supporter ces contraintes environnementales.

Dans le cadre de ce travail nous avons eu comme objectif d'évaluer et de comparer le comportement de deux variétés d'orges Saïda et fouara soumises à différentes concentrations de Na Cl (C1 :4.5g/l).(C2 :6.75g/l).(C3 :9g/l).(C4 :12.25g/l) et de ceci en se basant, tout d'abord, sur des paramètres de germinations, puis sur des paramètres physiologiques et biochimiques relevés au stade tallage.

L'étude de la réponse au stress salin chez les deux variétés testées révèle que la contrainte affecte l'ensemble des paramètres mesurés. Selon l'analyse des variables étudiées, Saïda semble être capable de tolérer des concentrations de Na Cl de 9 à 12.25 g/l; avec un taux de germination finale de 81.25 % et de 68.75 %. Ainsi qu'une tolérance plus élevée que fouara. Cette concentration peut constituer une limite de tolérance. des concentrations élevées de sel (Na Cl)

L'étude physiologique et biochimique montre que, les traitements appliqués ont provoqué une réduction de la teneur en chlorophylle accompagnées d'une hausse de la teneur en sucres solubles à des taux variables entre traitements,

En conclusion, l'étude a montré que les deux variétés étudiées ont utilisé des stratégies de tolérance assez similaires mais la différence existe entre les deux en faveur de la variété Saïda.



Références Bibliographiques

1. **Austin R. B., Jones H. G., 1975.** The physiology of wheat (Annual Report), Ed. Plant breeds inst. Cambridge inst., England, 327-355 p.
2. **Botineau M., 2010.** Botanique systématique et appliquée des plantes à fleurs, Ed. TEC. Paris. P : 224-227.
3. **Brink M., Belay G., 2006.** Ressources végétales de l'Afrique tropicale vol. : 1. Céréales et légumes secs. Ed. PROTA. Pays-Bas. P : 92-93-94-95-96.
4. **Bothmer R., Belay T., Knupffer H. et Sato K., 2003.** Diversity in barley (*Hordeum vulgare*), Ed. Elsevier, Amsterdam. P: 4-10-13-179-190.
5. **BOUAOUINA S., ZID E., HAJJI M., 2000** Tolérance a la salinité, transports ionique et fluorescence chlorophyllienne chez le blé dur (*Triticum turgidum* L). CIHEAM - Options Méditerranéennes. PP 239-243
6. **BEN KHALED L., OUARRAQI E. M., EZZEDINE ZID., 2007.** Impact du NaCl sur la croissance et la nutrition de la variété de blé dur Massa cultivée en milieu hydroponique. Acta Botanica Gallica. PP 101-116.
7. **Brahimi, H.A. (2017).** Variations phénotypiques pour la tolérance aux stress salin et hydrique chez le blé tendre (*Triticum aestivum* L.). Mémoire de Master en Biotechnologie Génomique Végétale. Université Mohames Boudiaf - M'Sila. 11-18p
8. **Benderradji, L. (2013).** Sélection in vitro pour la tolérance aux stress salin et thermique chez le blé tendre (*Triticum aestivum* L.). Thèse de Doctorat. Université des Frères Mentouri Constantine. 20-29-32-33-41-67p
9. **Clément G., 1981.** Dictionnaire Larousse Agricole, Ed. Librairie Larousse, paris, 1207 p.
10. **Clément G. et Prats J., 1971.** Les céréales. Ed. Baillière et Co., Paris, 51 p
11. **CHARTZOULAKIS K., KLAPAKI., 2000.** Reponse of tow greenhouse pepper hybrids to NaCl salinity during different growth stages. Scientia Horticulture, 86. PP 247-260.
12. **Esteves, P., Clermont, I., Marchand, S., and Belzile, F., 2014.** Improving the efficiency of isolated microspore culture in six-row spring barley: II-exploring novel growth regulators
13. **Jacquard C.,** Embryogenèse pollinique chez l'orge (*Hordeum vulgare* L.): Importance du prétraitement. Thèse Doctorale. Université des Sciences exactes et naturelles de Reims. Champagne-Ardenne. France. 210 pages.
14. **Gate P., 1995.** Ecophysiologie du blé, Ed. I. T. C. F. Technique et Documentation, Lavoisier, Paris, 419 p.
15. **Grillot., 1959.** La classification des orges cultivées. Au. Am. Plantes, 4. P : 446-486.

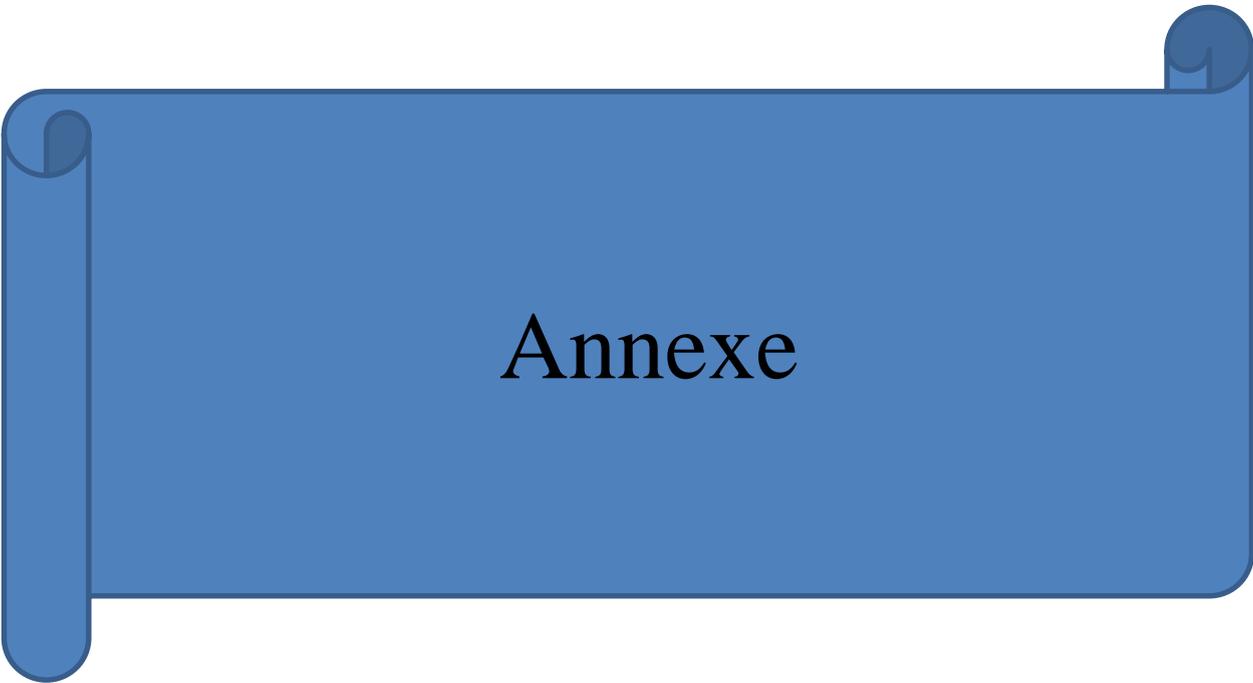
- 16.King J (2004)** Le monde fabuleux des plantes. Pourquoi la terre est verte ? Ed. Belin pour la science.287p
- 17.Maas E.V. et Poss, J.A. (1989):** Salt sensitivity of wheat at various growth stages. Irrigation Science, 10:29–40.
- 18.Mazoyer M., 2002.** Larousse agricole, 4eme édition, Ed. Larousse, Paris, 110-349 p
- 19.Munns, R. (1993).** Physiological processes limiting plant growth in saline soils: some dogmas and hypotheses. Plant, Cell & Environment, 16(1), 15-24
- 20.(Munns, 2002).** Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. Journal of experimental botany, 57(5), 1025-1043
- 21.Moule C., 1971.** Phytotechnie spéciale Tome 2 : Céréales, Ed. la maison rustique, Paris, 14-15-16-17-18 p
- 22. Moulineau, C. (1993).** Variation sous contraintes hydrique de la teneur en acides aminés libres foliaires du mil. Centre d'étude de Cadarache 13108 Saint Paul les Durance Cedex :234-244 p
- 23.Osakabe, Y., Osakabe, K., Shinozaki, K., Tran, L.S .2014.** Response of plants to water stress. Front Plant Sci 5:86
- 24.Ouhaddach, M., ElYacoubi, H., Douaik, A., Hmouni, D., & Rochdi, A. (2016).** Réponse à la salinité de quelques paramètres physiologiques et biochimiques du Blé (*Triticum aestivum*L.) au stade montaison
- 25. Reddy S. M., Madhusundna Rao. M., Reddy A. S., Reddy M. M. et Charry S. J., 2004.** University Botany- III: (Plant Taxonomy, Plant Embryology, Plant Physiology) vol. 3. Ed. new age international limited publishers. New Delhi. P: 18-38-135-137.
- 26.Soltner D., 1990.** Les grandes productions végétales. Céréales, plantes sarclées, prairies, Ed. Sciences et Technique Agricoles. Lavoisier, Paris, 419 p
- 27Tuberosa, R. 2012.** Phenotyping for drought tolerance of crops in the genomics era. Frontiers in Physiology 3:347.
- 28.Tifouri M., 2019.** La vision d'avenir pour l'alimentation et l'industrie agroalimentaire en Algérie. In la 17ème édition du Salon international de l'agroalimentaire "Djazagro". 07.02.2019. Alger
- 29.Ullrich S., 2010.** Barley: Production, Improvement and Uses, Ed. Willey-Blackwell, U.

S. A. P: 2-3-12-15-17-253-411.

30.VIVESCIA 2022<https://www.vivescia.com> >

31.Witcombe, J. R., Hollington, P.A., Howarth, C.J., Reader, S., Steel, K. A. 2009. Breeding for abiotic stresses for sustainable agriculture. *Phil. Trans. R. Soc. B.*, **363**: 703-716.

32.(Walker R. R., Sedgley M., Blesing M. A., Dauglas T. J., 1984)- Anatomy, ultrastructure and assimilate concentrations of roots of citrus genotypes in ability for salt exclusion. *Journal of Experimental Botany*. 35(159):1481- Zid E., Grignon C., 1986 - Effets comparés de NaCl, KCL et Na₂SO₄ sur la croissance st la nutrition minérale de jeunes Citrus auriantinum L. *Acta Ecol. Plant.* 7 : 425-434.



Annexe

Annexe 01: Le pourcentage de germination (%) pour les différentes variétés de l'orge soumises aux différentes concentrations de NaCl (g/l)

	témoin	C=4.5	C=6.75	C=9	C=12.25
Said	100	75	33.33	0	0
fouara	90	58.33	25	0	0

Annexe 02: longueur de la racine (cm) des variétés de l'orge soumises aux différentes concentrations du NaCl (g/l)

	témoin	C=4.5	C=6.75	C=9	C=12.25
saida	18	7	5	1.5	0
fouara	18	12	6	2.5	0

Annexe 03 : La teneur en chlorophylle pour les différentes concentrations

	témoin	C=4.5	C=6.75	C=9	C=12.25
saida	43.83	36.42	29.23	22.88	15.53
fouara	47.99	47.50	47.05	44.01	39.33

Annexe 04: La teneur en sucre pour les différentes concentrations

	témoin	C=4.5	C=6.75	C=9	C=12.75
saida	0.663	0.896	0.433	1.237	1.104
fouara	1.272	1.591	0.749	0.564	0.980

Annexe 05: La teneur en Chlorophylle pour les différentes variétés

	Saida	fouara
témoin	43.83	47.99
C=4.5	36.42	47.50
c=6.75	29.23	47.05
C=9	22.88	44.01
C=12.25	15.53	39.33

Annexe 06: La teneur en sucre pour les différentes variétés

	saida	fouara
témoin	0.663	1.272
C=4.5	0.896	1.591
C=6.75	0.433	0.794
C=9	1.237	0.564
C=12.25	1.104	0.980

Annexe 07: Longueur de la racine (cm) des variétés du l'orge soumises aux différentes concentrations du NaCl (g/l)

	saida	fouara
témoin	18	18
C=4.5	7	12
C=6.75	5	6
C=9	1.5	2.5
C=12.25	0	0

Annexe 11: Le pourcentage de germination (%) pour les différentes variétés du blé dur soumises aux différentes concentrations de NaCl (g/l)

	saida	fouara
témoin	100	90
C=4.5	75	58.33
C=6.75	33.33	25
C=9	0	0
C=12.25	0	0

Annexe 12: La surface foliaire (cm²) est également affectée par le stress salin

	saida	fouara
témoin	10.25	9.54
C=4.5	9.66	8.62
C=6.75	6.55	4.36
C=9	5.65	4.30
C=12.25	4.33	2.66



Caractéristique du substrat

