

Projet de Fin d'Etudes

Licence Sciences & Techniques

Biotechnologie et Valorisation des Phyto-Ressources

Tolérance des variétés marocaines d'orge au stress salin

Présenté par : ARROUD Anissa

Encadré par :

- Mr. AMRANI JOUTEI Khalid
- Mr. LOUAHLIA Said

Soutenu le : 06/07/2021

Devant le jury composé de :

- Mr. AMRANI JOUTEI Khalid (FST-FES)
- Mr. LOUAHLIA Said (FP-TAZA)
- Mr. DERRAZ Khalid (FST-FES)

Année universitaire
2020/2021

DÉDICACE

Je dédie ce modeste travail

A ma chère mère,

A mon cher père,

*Qui n'ont jamais cessé, de formuler des prières à mon égard, de m'épauler pour
que je puisse atteindre mon objectif.*

Pour leur encouragement, leur soutien, et amour.

A mon frère,

A mes adorables sœurs,

*Pour leur soutien moral et leurs conseils précieux tout au long des années
d'études.*

A mes chers amis.

REMERCIEMENTS

Je remercie Dieu le tout puissant de nous avoir donné la santé et la volonté d'entamer et de terminer ce parcours.

Je tiens à présenter mes remerciements et mes gratitudes à tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin à l'accomplissement de ce rapport.

Un merci tout particulier à monsieur LOUAHLIA Saïd pour son aide précieuse, sa patience, sa rigueur et pour le temps qu'il nous a consacré.

Mon profond remerciement pour Monsieur EL AMRANI JOUËI Khaled pour avoir accepté d'examiner ce travail.

Je remercie aussi tous mes professeurs de la Filière BVPR, et surtout Mr. DERRAZ Khaled pour leur accompagnement, et leur encadrement durant toute cette année de formation.

Et un grand merci également à nos chers amis et nos collègues.

LISTE DES FIGURES

Figure n°1 : Vue générale de la serre de culture des plantes en conditions contrôlées

Figure n°2 : la germination des grains dans les boites de pétri

Figure n°3 : les boites de pétri dans l'incubateur

Figure n°4 : Dispositif expérimental des quatre variétés d'orge cultivées sous serre

Figure n°5 : Dispositif expérimental pour le dosage de la chlorophylle

Figure n°6 : Dispositif expérimental pour le dosage de la proline

Figure n°7 : Variation des taux moyens de germination chez les 4 variétés d'orge (*Hordeum vulgare*) soumises aux différentes concentrations salines.

Figure n°8 : Variation des vitesses moyennes de germination chez les 4 variétés d'orge (*Hordeum vulgare*) soumises aux différentes concentrations salines.

Figure n°9 : Effets des différentes concentrations salines sur la cinétique de germination des 04 variétés d'orge étudiées pendant 6 jours.

Figure n°10 : Variation des teneurs relatives en eau moyennes (TRE) chez les 4 variétés d'orge (*Hordeum vulgare*) soumises aux différentes concentrations salines

Figure n°11 : Variation des teneurs moyennes en chlorophylle total chez les 4 variétés d'orge (*Hordeum vulgare*) soumises aux différentes concentrations salines

Figure n°12 : Effet du NaCl sur le contenu en proline.

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Classification botanique de l'orge

LISTE DES ABREVIATION

Abréviation	signification
mM	Mili molaire
%	pourcentage
H	Heur
j	jour
NaCl	Chlorure de sodium
INRA	Institut national de la recherche agronomique.

RÉSUMÉ

Notre travail se propose d'étudier l'effet du stress salin au stade de germination sur le comportement physiologique de quatre variétés d'orge (Massine, laanaceur, Amira et Adrar).

L'étude a été réalisée dans un incubateur à 22°C. Les graines sont mises à germer dans des boîtes de pétri contenant des concentrations croissantes en NaCl (0mM, 200mM et 300mM).

L'étude nous a montré que le sel a un effet dépressif sur les paramètres physiologiques et biochimiques, Cependant cet effet varie en fonction de la variété et de l'intensité du stress.

Mots Clés : Hordeum vulgare, Stress salin, Germination, I

SOMMAIRE

INTRODUCTION GÉNÉRALE	3
CHAPITRE 1 : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE.....	5
I. Généralités sur l'orge :	6
1. Origine géographique et génétique :.....	6
2. Classification de l'orge :	6
3. Appareil végétatif :	7
3.1 système racinaire :	7
3.2 système aérien :	7
4. Appareil reproducteur :.....	8
4.1. grain :.....	8
4.2 Cycle de développement :.....	8
II. Stress salin :.....	8
1. Définition du stress :.....	8
2. Causes de la salinisation :	8
3. Conséquences d'un stress salin sur les plantes :	9
4. Effet du stress salin sur les plantes	9
4.1 Effet sur la germination :.....	9
4.2 Effet sur la croissance et le développement de la plante :.....	9
4.3 Effet sur la photosynthèse :.....	9
4.4 Effet sur le métabolisme de l'azote :.....	10
4.5 Effet sur les fonctions physiologiques :.....	10
4.6 Effet sur le rendement agronomique :	10
5. Tolérance des plantes a la contrainte saline :.....	10
6. Comportement de la plante en milieu salin :.....	10
6.1 Exclusion :	11
6.2 Inclusion :	11
CHAPITRE 2 : MATÉRIEL ET MÉTHODES	12
I- Objectif expérimental :	13
II- Conduite des expérimentations	13
1- Site d'essai :.....	13
2- Matériel végétal :.....	13
CHAPITRE 3 : RÉSULTATS ET INTERPRÉTATIONS.....	19

I-	Résultats :	20
1-	Test de germination :	20
a-	<i>Pourcentage de germination final (G) :</i>	20
b-	<i>Le coefficient de vitesse de germination :</i>	21
c-	<i>1.3. Cinétique de germination :</i>	21
2-	Paramètres physiologique et biochimique:	22
a-	<i>Teneur relative en eau :</i>	22
b-	<i>La teneur en chlorophylle totale</i>	23
c-	<i>2.3. La proline :</i>	23
II-	II. INTERPRETATION GENERALE :	24
1-	Test de germination :	24
2-	Paramètre biochimique :	24
	CONCLUSION GÉNÉRALE	26

INTRODUCTION GÉNÉRALE

La salinisation est le processus majeur de la dégradation des terres, elle est un problème écologique qui affecte un nombre croissant de région du globe (Rochy ,1999). Fréquemment associée à la contrainte hydrique, elle réduit les surfaces cultivables et menace l'équilibre alimentaire mondial (Derkaoui ,2011 in Brahimi, 2017).

Les zones arides et semi arides couvrent les parties des pays où la disponibilité des eaux, les salinités eaux et celle des sols sont parmi les principaux facteurs limitant la productivité végétale. Selon les estimations de la **FAO (2008)**, la salinité touche environ un milliard d'hectares dans le monde et elle est observée sur tous les continents. En effet, parmi les 200 millions d'hectares irrigués, 45 millions sont affectés par la salinité, cette dernière s'étend sur plus de 6% de la superficie totale de la planète (**Manchanda et Garg, 2008**), dont 3,8% sont situés en Afrique (**Eynard et al., 2006**). Chaque année, Les surfaces perdues à cause de la salinité des sols varient autour de 20 millions d'hectares dans le Monde (**Cheverry, 1995**).

La salinité élevée cause plusieurs types de stress à la plante comprenant un stress ionique entraînant l'altération de l'absorption des éléments nutritifs, spécialement des ions K^+ et Ca^{++} ainsi que l'accumulation des ions toxiques, particulièrement le Na^+ , un stress osmotique et un stress oxydatif. Tous ces facteurs réunis, causent des effets indésirables sur la croissance et le développement au niveau physiologique, biochimique et au niveau moléculaire (**Bray, 1997 ; Ingram and Bartels, 1996**).

A travers cette étude nous nous attacherons à suivre l'impact du stress salin sur la croissance des variétés d'orge (*Hordeum vulgare*) d'origine marocaine.

CHAPITRE 1 : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

I. Généralités sur l'orge :

La production d'orge se classe au niveau mondial en quatrième position avec 136 millions de tonnes en 2007, après le blé, le maïs et le riz (ANONYME, 2008). C'est une espèce adaptée aux systèmes de culture pratiqués en zones arides où elle constitue avec l'élevage ovin l'essentiel de l'activité agricole (HAKIMI, 1989 ; MENAD, 2009). Selon BELAID(1996), l'orge est une espèce très rustique et peut donc être cultivée dans les zones marginales à sols plus ou moins pauvres, là où le blé ne peut donner des résultats satisfaisants. D'autre part, cette espèce est assez intéressante compte tenu de sa tolérance au sel et à la sécheresse. La période idéale pour sa culture est entre la moitié de novembre jusqu'à la moitié de décembre. Souvent l'orge est souvent considérée comme une céréale secondaire alors qu'elle a des potentialités voisines de celle du blé (GATE et *al.*,1996 ; MOSSAB,2007). Cependant, l'importance et les différents usages de cette céréale lui confèrent une valeur stratégique dans l'alimentation animale comme plante fourragère et céréalière et lui permettent, en outre de jouer un rôle déterminant dans le comportement des marchés de l'ensemble des aliments du bétail (SEKKATE et LEGHZALE, 1999 ; MOSSAB, 2007). L'orge constitue un fourrage de « référence », 1 Kg de grain correspondant à une unité fourragère, contenant 75 g de matière azotées, ce qui en fait un aliment très apprécié, pouvant se conserver très longtemps et être transporté sur de longues distances (SOMEL, 1990 ; MOSSAB, 2007). Elle représente l'alternative là où les fourrages de substitution sont très peu représentés (OUDINA et BOUZERZOUR, 1993 ; MOSSAB, 2007).

L'orge contribue à l'augmentation de la concentration énergétique des rations que nécessaire au cheptel ayant une capacité de production accrue ou dont l'élevage est conduit d'une manière intensive (ARABA, 1999, MOSSAB, 2007). Elle participe d'une façon importante à l'alimentation du cheptel sous différentes formes : grain, chaume, paille, fourrage vert comparativement à son rôle dans l'alimentation humaine (BENMAHAMMAD, 1995 ; MOSSAB,2007).

1. Origine géographique et génétique :

L'orge cultivée (*Hordeum vulgare* .L) de constitution génomique diploïde, est issue des formes sauvages de *Hordeum spontaneum* L, que l'on trouve encore aujourd'hui au Proche Orient. *Hordeum vulgare* L semble avoir pris naissance dans le croissant fertile, son centre d'origine. Des traces de cette espèce cultivée ont été trouvées dans les vestiges des habitants de la haute Egypte (ZOHARY, 1973 et HARLAN, 1975 ;MOSSAB, 2007).

ont été trouvées dans les vestiges des habitants de la haute Egypte (ZOHARY, 1973 et HARLAN, 1975 ; MOSSAB, 2007).

2. Classification de l'orge :

Selon (BOTHMER et al., 1995 ; PRAT, 1960) l'orge cultivée appartient à la classification botanique suivante:

Tableau 2: Classification botanique de l'orge

Catégories taxonomiques	Taxons
Règne	Plantae
Embranchement	spermatophyta
Sous- embranchement	Magnoliophyta (Angiosperme)
Classe	Liliopsida (Monocotyledonae)
Sous-classe	Commelinidae
Ordre	Cyperales; Poales (Classification phylogénétique)
Famille	Poaceae (Gramineae)
Sous-famille	Pooideae
Tribu	Triticeae (Bothmer et al., 1995)
Genre	<i>Hordeum</i>
Espèce	<i>H.vulgare</i> L. 1753
Sous-Espèce	<i>Hordeum vulgare subsp. Hexastichum</i> L
Sous-Espèce	<i>Hordeum vulgare subsp. spontaneum</i>

3. Appareil végétatif :

Les graminées sont des plantes herbacées de petite taille, la plante se développe en produisant un certain nombre d'unités : les talles.

3.1. système racinaire :

Il est de type fasciculé, composé de deux systèmes qui se forment au cours de développement :

- ✓ Un système primaire ou séminal s'étalant de la germination à la ramification de la plantule « tallage ».
- ✓ Un système secondaire ou système de racines coronaires apparaît au moment où la plante se ramifie « tallage ».

3.2. système aérien :

3.2.1 La tige :

Sur la partie aérienne des céréales, on distingue une tige principale « *le maître brin* » et des tiges secondaires « *les talles* » qui naissent à la base de la plante (GONDE et JUSSIAUX, 1980, BOULAL et al., 2007 ; KELLIL, 2010). Quant aux entre-noeuds et selon BELAID (1996), ils sont creux chez les blés tendres, l'orge et l'avoine, et pleines chez les blés durs.

L'orge est caractérisée par un fort tallage supérieur à celui du blé et un chaume plus faible, susceptible à la verse par rapport que celui du blé (CAMILLE, 1980).

3.2.2 Les feuilles :

Ce sont à nervures parallèles et formées de deux parties : la partie inférieure entourant la jeune pousse ou la tige : c'est la *gaine*, la partie supérieure en forme de lame : c'est le *limbe* qui possède à sa base deux prolongements arqués glabre, embrassant plus ou moins complètement la tige ; les *oreillettes ou stipules*. A la soudure du limbe et de la gaine se trouve une membrane non vasculaire entourant, en partie, le chaume : la ligule qui est bien développée (BELAID, 1996 ; CAMILLE, 1980).

4. L'appareil reproducteur :

L'orge est autogame. Son inflorescence est un épi composé d'unités morphologiques de base : les *épilletts* « groupes de fleurs » enveloppées de leurs glumelles et incluses dans deux bractées ; les glumes (BELAID, 1996).

4.1. grain :

Le fruit des graminées est un caryopse où le grain est soudé aux parois de l'ovaire, c'est un fruit sec indéhiscent. Chez l'orge le grain est vêtu; le péricarpe du grain se soude aux glumelles (BELAID, 1996).

4.2. Cycle de développement :

Les graminées sont des espèces annuelles. Une série d'étapes, séparées par des stades repères, permettant de diviser en deux périodes la vie des céréales (SOLTNER, 2005, PRATS ET GRANDCOURT, 1971, HADRIA 2006 ; BELLEBCIR, 2008). Il s'agit :

- ✓ La période végétative : comportant la germination, la levée et le tallage.
- ✓ La période reproductive : comportant la montaison, l'épiaison, la floraison (qui se développent elle-même en deux stades : stade laiteux et stade pâteux) et la maturité complète.

II. Stress salin :

1. Définition du stress :

Le stress est un ensemble de conditions qui provoquent des changements des processus physiologiques résultant éventuellement en dégâts dommages, blessures, inhibition de la croissance ou du développement des plantes (MENACER, 2007 ; BRAHIMI ; 2011).

On distingue deux grandes catégories de stress (LAMKADEM et DEBBACH, 2014).

- Biotique : imposé par d'autres organismes vivants (des microorganismes, des insectes, des animaux herbivores...etc)
- Abiotique : provoqué par un défaut ou excès d'une composante de l'environnement physico-chimique de la plante comme la sécheresse, les températures extrêmes, la salinité (stress salin).

2. Causes de la salinisation :

- Parmi les facteurs principaux qui contribuent à la salinité croissante des sols et des eaux d'irrigation on peut citer les rares précipitations, l'évaporation élevée des eaux de surface, l'irrigation avec de l'eau saline, et les pratiques culturales. La salinisation secondaire, en particulier, aggrave le problème où une fois que les superficies

agricoles productives deviennent impropres à la culture due à la qualité inférieure de l'eau d'irrigation (ASHRAF ET FOOLAD, 2007). Le fort éclaircissement et les rares pluies dans les régions semi-arides et arides accentuent la salinisation des périmètres irrigués et les rendent impropres aux cultures (DENDEN et *al.*, 2005).

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

3. Conséquences d'un stress salin sur les plantes :

La salinité est l'un des facteurs limitant pour la croissance des plantes. L'effet de la salinité est l'arrêt de la croissance, le dépérissement des tissus sous forme de nécroses périphériques au niveau des feuilles, suivi par une perte de turgescence et une chute des feuilles et finalement par la mort de la plante. Les effets de la salinité varient suivant le stade du développement, la tolérance à celle-ci augmente depuis la germination jusqu'à la fructification (LEMEE, 1978).

4. Effet du stress salin sur les plantes

4.1 Effet sur la germination :

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

Le sel diminue la vitesse de la germination et réduit le pouvoir germinatif. Cet effet dépend de la nature de l'espèce, de l'intensité du stress salin et de sa durée d'application.

La réduction du pouvoir germinatif est due à l'augmentation de la pression osmotique de la solution du sol, qui ralentit l'imbibition et limite l'absorption de l'eau nécessaire au déclenchement des processus métaboliques impliqués dans la germination. La salinité perturbe également les systèmes enzymatiques impliqués dans les différentes fonctions physiologiques de la graine en germination (Hajlaoui et *al.*, 2007).

4.2 Effet sur la croissance et le développement de la plante :

La salinité a des effets néfastes sur le développement et la croissance, elle se manifestent par un retard dans le développement d'une manière générale la hauteur (Gillks, 1979), une diminution de la croissance de l'appareil végétatif qui caractérise par une faible ramification, le faible diamètre des organes, le nombre réduit des noeuds et les réductions du nombre de feuilles et de longueur de la tige et par conséquent l'augmentation du rapport racine/tige. Une baisse des poids de matières fraîche et sèche (Rush et *al.*, 1981), ainsi que la grosseur des fruites diminuent d'une façon considérable avec l'augmentation de la salinité (Gillks, 1979).

4.3 Effet sur la photosynthèse :

La réduction de la croissance et la photosynthèse de la plante sous l'effet de la salinité est due aux effets complexes d'interactions osmotiques, ioniques, et nutritionnelles, suggérant que la salinité affecte en premier lieu la croissance de la plante causant, suite aux phénomènes de « feed-back », une réduction de la capacité photosynthétique chez les plantes cultivées en milieu salin (BRAHIMI, 2017).

4.4 Effet sur le métabolisme de l'azote :

Pendant le stress salin, l'activité du nitrate réductase (NRA) diminue dans les feuilles de beaucoup de plantes et la première cause de cette réduction est un effet spécifique associé à la présence du sel dans le milieu externe. Cet effet des Chlorures (Cl⁻) semble être dû à la réduction de l'absorption des ions NO₃⁻. Par conséquent une concentration réduite du NO₃ dans les feuilles est observée, bien que l'effet direct du Cl⁻ sur l'activité de l'enzyme ne peut être écarté (FLORES et al, 2000). Chez le maïs (*Zea mays*) le taux des nitrates diminue dans les feuilles, mais augmente dans les racines sous l'effet du stress salin et la NRA des feuilles diminue (ABD EL BAKI et al., 2000 ; PARIDA ET DAS, 2005).

4.5 Effet sur les fonctions physiologiques :

Les plantes traitées par le sel sont confrontées au problème d'accumulation d'ions toxiques dans leurs tissus, ce qui a pour effet de limiter la croissance des plantes (Munns et al., 1995).

La première réponse à l'excès de sel chez les plantes sensibles est l'inhibition de la croissance foliaire, une réponse aux composantes osmotiques du stress salin à travers l'acide abscissique qui contrôle les stomates, l'assimilation du carbone photosynthétique se retrouve réduite à cause de l'effet du sel sur les composantes stomatiques et non stomatiques reliées aux cycles du CO₂ (Munns et Termaat, 1986).

La salinité diminue l'assimilation du CO₂ par des réductions de surface des feuilles (Munns et al., 2000), conductibilité des stomates (Parida et al., 2003), conductibilité mésophyllienne, efficacité des enzymes photosynthétiques (Reddy et al., 1992) et le bon fonctionnement de photosystèmes (Rontein et al., 2002). Le taux de la chlorophylle et des caroténoïdes des feuilles diminue en général sous les conditions de stress salin. Les feuilles les plus âgées commencent à développer une chlorose et finissent par tomber pendant une période prolongée de stress salin (Acevedo et al., 2000).

4.6 Effet sur le rendement agronomique :

Selon MUNNS et RAWSON (1999) tous les paramètres de rendement subissent une réduction sous l'influence de la salinité et que, plus la salinité est élevée plus le rendement est réduit.

Lorsque l'orge est soumis à un stress salin au cours de l'épiaison ou la différenciation de l'épi, le nombre d'épillets par épi et le nombre des grains sont réduits. Ainsi ils ont montré que la salinité a un effet néfaste sur la remobilisation des réserves au cours de la phase de remplissage des grains.

La salinité diminue le rendement plus souvent en réduisant le nombre de pointes portant les épillets, le poids de l'épi et le poids de 1000 graines (Munns et Rawson, 1999).

5. Tolérance des plantes à la contrainte saline :

La tolérance des plantes à la salinité est définie comme étant la capacité des cultures à résister aux effets excessifs des sels au niveau de la rhizosphère (HAMDOUD, 2012). En générale, la tolérance au sel n'est pas constante pour une même espèce ou variété. Elle peut changer en fonction de l'espèce, du génotype, l'âge, de l'état physiologique.

6. Comportement de la plante en milieu salin :

On peut définir deux groupes des végétaux selon la tolérance au sel : les halophytes et les glycophytes.

- Les halophytes supportent les concentrations en sels et la croissance est stimulée par la concentration entre 200 et 500 mMol.
- Les glycophytes représentent la majorité des espèces végétales dont leur croissance est ralentie dès que la concentration des milieux externes dépasse 100 mMol et devient létale à partir de 300 mMol.

Les halophytes et les glycophytes, peuvent développer plusieurs mécanismes pour assurer leur cycle de croissance et de développement. Certaines espèces utilisent le mécanisme d'exclusion des sels en excès, ou les compartimentent dans la vacuole. On peut distinguer deux comportements des plantes vis-à-vis du sel : les exclusions et les inclusions (Mahrouz, 2013).

6.1 Exclusion :

Chez les plantes, les échangeurs Na^+/H^+ contrôleraient soit l'exclusion des ions sodium des cellules racinaires, soit leur séquestration dans la vacuole. Ces deux mécanismes sont des problèmes déterminants majeurs de la tolérance des plantes au stress salin. Les racines sont dotées en interne de cellules qui constituent l'endoderme, qui empêche le sel de remonter jusqu'aux feuilles (Hamdoud, 2012).

6.2 Inclusion :

Dajic (2006), note que la prévention, pour éviter l'accumulation excessive des sels dans les tissus des plantes est réalisée par les mécanismes suivants :

- Contrôle de l'absorption de sel au niveau des racines et la régulation des ions Na^+ exportés aux tiges par leur accumulation dans le xylème, puis leur récupération du xylème avant d'atteindre les tiges.
 - La sélectivité Na^+/K^+ .
 - La recirculation des sels par l'intermédiaire du phloème.
 - La répartition de sels dans certaines parties des plantes.
 - La fuite d'ions et abscission des organes chargés de sels,
 - Le contrôle de la transpiration.

CHAPITRE 2 : MATÉRIEL ET MÉTHODES

I- Objectif expérimental :

Notre travail a pour objectif d'évaluer le développement de quatre variétés d'orge inscrites au catalogue officiel Marocain des variétés (MASSINE, LAANACER , AMIRA E et ADRAR) dans des conditions de stress salin sévère. Les différentes concentrations de Na Cl ajoutées au milieu déterminent le degré de stress appliqué à chaque variété dans nos conditions expérimentales. Les modifications physiologiques, biochimiques et morphologiques observées permettront d'évaluer la tolérance au sel afin sélectionner la (ou les) variété(s) les plus résistantes.

II- Conduite des expérimentations

1. Site d'essai :

Nos essais d'étude de l'impact du stress salin sur la croissance et le développement de l'orge ont été réalisés au sein de la serre du Laboratoire des Ressources Naturelles et Environnement à la Faculté Polydisciplinaire de Taza. (Figure 1)



Figure 1 : Vue générale de la serre de culture des plantes en conditions contrôlées.

2. Matériel végétal :

Notre matériel végétal est constitué de 4 variétés d'orge (*Hordeum vulgare*) marocaine créée et développée par l'Institut National de la Recherche Agronomique (INRA). Il s'agit des variétés Massine, laanaceur, amira et adrar.

Notre travail est constitué de deux parties : la première est réservée à l'essai de germination, et la seconde à l'étude de la croissance sous l'effet de NaCl.

a- Expérience 1 : Test de germination

Nous avons entrepris cet essai dans le but de déterminer l'influence de la salinité à différentes concentrations de chlorure de sodium sur le taux, la vitesse de la germination des graines et la production de biomasse des plantules.

❖ *Mise en culture :*

Le tri des graines a été effectué par observation visuelle pour s'assurer de l'absence de dommages et pouvoir utiliser des graines propres et saines.

Nous avons ensuite appliqué aux graines des 4 variétés une désinfection, consistant à tremper les graines dans de l'eau de javel (hypochlorite de sodium) à 10% pendant 5 minutes, puis un rinçage à l'eau distillée trois fois pour éliminer toutes les traces d'eau de Javel.

Les graines sont mises à germer, ensuite, dans des boîtes de Pétri à raison de 20 graines/boîte de Pétri avec 3 répétitions. Les boîtes de pétri ont été tapissées de 3 couches de papier filtre imbibé avec 10 ml d'eau distillée pour le Témoin et 10 ml de solutions de concentrations différentes de NaCl pour les traitements à 100 mM, 200 mM et 300 mM. Les boîtes ont été placées à l'obscurité dans un incubateur où la température était fixée à 22°C. Le nombre de graines germées par boîte a été enregistré chaque jour pendant une durée d'incubation de 6 jours



*Figure 2 : la germination des graines
l'incubateur.*



*Figure 3 : les boîtes pétries dans
dans les boîtes de pétri.*

❖ Paramètres étudiés :

✚ Pourcentage de germination final ou Capacité de Germination (CG) :

C'est le nombre total de graines germées à la fin de l'essai par rapport nombre de graines initiales utilisées exprimé en pourcentage

$$G\% = 100 (XT/N)$$

- XT est le nombre total de grains germées et N le nombre total des graines mises à germer.

F est le nombre de graines germées au jour x.

✚ Le coefficient de vitesse de germination (CVG) (Jones et Sanders,1987)

Il donne une indication de la rapidité de germination. Sa valeur augmente lorsque le nombre de graines germées augmente et que le temps nécessaire à la germination diminue

$$CVG : N_1 + N_2 + \dots + N_i / 100 * N_1 T_1 + \dots + N_i T_i;$$

D'où :

N: le nombre des grains germé chaque jour

T: le nombre de jours à partir du semis correspondant à N.

✚ Cinétique de germination :

Il s'agit de calculer chaque jour la vitesse de germination sous les différentes concentrations de salinité. Elle est exprimée par le nombre de graines germées à 24, 48, 72, 96, 120, 144, 168 et 192h après le début de l'expérience.

C'est un paramètre qui permet de mieux appréhender la signification écologique du comportement germinatif des variétés étudiées ainsi que l'ensemble des événements qui commencent par l'étape d'absorption de l'eau par la graine et se terminent par l'élongation. Insérez ici la formule de calcul de ce paramètre (Cinétique de germination).

b- Expérience 2 : Impact de la salinité sur la croissance de l'orge :

La culture hydroponique est une culture hors-sol, se base sur l'utilisation d'un substrat inerte comme le sable, la perlite ou la vermiculite. Elle peut aussi être réalisée sans utilisation de substrat pour maintenir et faire grandir les plantes en utilisant une solution aqueuse contenant les nutriments dont les plantes ont besoin pour leur croissance et leur développement. Après stérilisation à l'eau de javel, les graines de chaque variété ont été mise à germer pendant 7 jours dans des boîtes de pétri contenant 4 couches de papier filtre imbibés d'eau distillée. Les plantules ont été ensuite placées sur un filet de nylon de façon à ce que les racines trempent dans de la solution nutritive qui contient les éléments nutritifs (les oligoéléments et les macroéléments) nécessaires à la croissance des plantes d'orge à un pH et une conductivité électrique convenables (ANNEXE 1).

Cette expérience a été réalisée dans une serre de 20 à 25°C sous lumière naturelle. La culture des 4 variétés a été réalisée en 3 répétitions réparties sur 3 bassins de culture : un bassin Témoin contenant de la solution nutritive et 2 autres bassin qui ont contenu la solution nutritive additionnée de NaCl 200 mM et 300 mM (Figure 4). L'apport de chlorure de sodium

a été effectué au stade 3 feuilles des plantes et les plantes ont été récoltées après 10 jours de traitement.

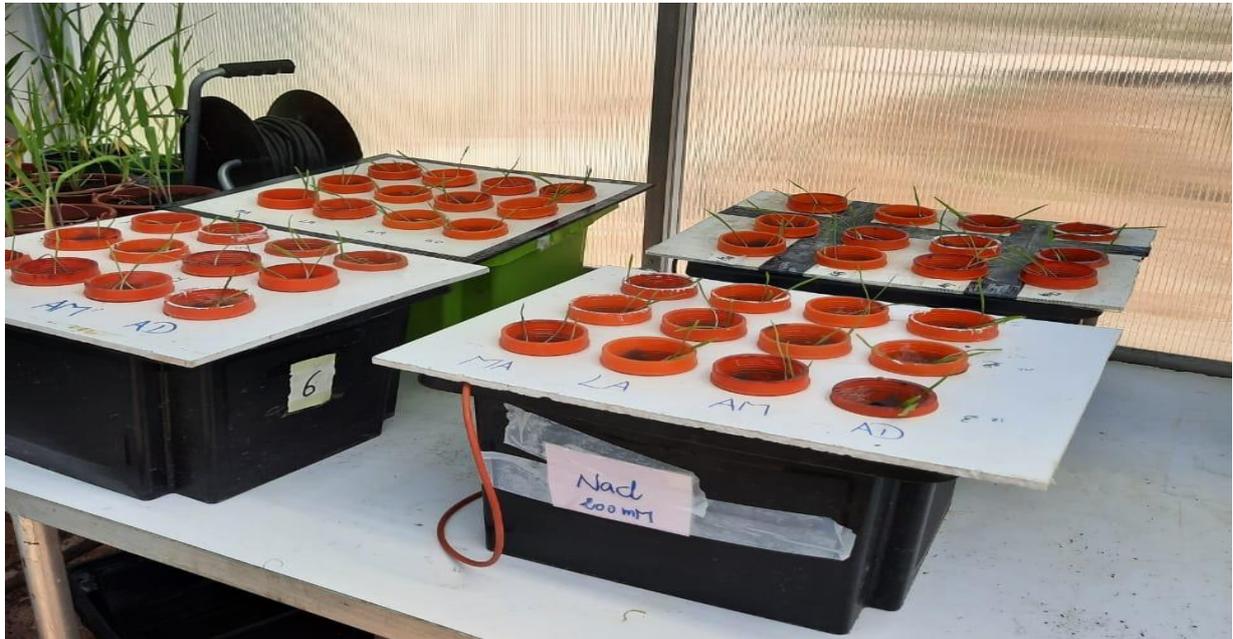


Figure 4 : Dispositif expérimental des quatre variétés d'orge cultivées sous serre

c- la récolte :

Le système racinaire a été soigneusement rincé puis séparées de la partie aérienne qui contient les gaines et les feuilles. Ces différents organes sont pesés à l'état frais et congelé à -20°C en attendant les analyses et la matière sèche a été déterminé par séchage à l'étuve à 65°C pendant 48h.

d- Méthodes analytiques :

Après la récolte des quatres variétés mises en culture hydroponique, différents paramètres biochimiques et physiologiques ont été analysés.

❖ La teneur relative en eau (TRE) :

La teneur relative en eau de la feuille a été déterminée par la méthode décrite par **Barrs, (1968)**. Selon cette méthode, Un échantillon de feuille a été prélevé puis pesé immédiatement pour obtenir le poids frais (PF). Les morceaux de feuille sont été ensuite introduits dans des tubes à essai contenant de l'eau distillée et placés à température ambiante pendant 24 heures à l'abri de la lumière. Les feuilles sont retirées, délicatement essuyées par un papier buvard et pesées à nouveau, c'est le poids en pleine turgescence (PT), le poids sec des feuilles (PS) a été déterminé par passage dans l'étuve à une température de 65°C pendant 24 heures. La teneur relative en eau est déterminée par la formule suivante :

$$\text{TRE (\%)} = (\text{PF-PS}) \times 100 / (\text{PT- PS})$$

❖ *Dosage de la chlorophylle :*

Le pigment chlorophyllien a été extrait à partir de 15 à 20 mg de feuille fraîche. 1,4 ml de DMSO a été ajouté dans chaque tube et incubée à 65° C pendant 60 min. Après addition de 0,6 ml de DMSO l'absorbance de l'extrait est mesurée au spectrophotomètre à 663, 645 et 470 nm (Figure 5).

Les concentrations de la chlorophylle a, b et les caroténoïdes et xanthophylles sont calculées selon les formules suivantes (Arnon 1949; Hiscox et Israelstam, 1979) :

- Chlorophylle a (mg/g MF) = $[(12,7 \times A_{663}) - (2,69 \times A_{645})] \times (V/1000 \times M)$
- Chlorophylle b (mg/g MF) = $[(22,9 \times A_{645}) - (4,68 \times A_{663})] \times (V/1000 \times M)$
- Total Chlorophylle (mg/g MF) = $[(20,08 \times A_{645}) + (8,02 \times A_{663})] \times (V/1000 \times M)$
- Caroténoïdes + Xanthophylles (mg/g MF) = $[(1000 \times A_{470}) - (1,90 \times \text{Chla}) - (63,14 \times \text{Clhb}) / 214] \times (V/1000 \times M)$

V : Volume de l'extrait (ml)

M : Masse de l'échantillon (g)



Figure 5 : Dispositif expérimental pour le dosage de la chlorophylle.

❖ *Dosage de la proline (indicateur de stress) :*

Dans le but d'évaluer l'effet du stress salin, 200mg de la matière fraîche a été broyée dans 5ml d'acide sulfosalicylique 3% (w/v) et puis centrifugation 5000T/min pendant 10min.

2ml de ninhydrine et 2ml d'acide acétique glaciale ont été ajoutés à 2ml d'échantillon, l'ensemble est placé au bain marie bouillant pendant une heure. Enfin les tubes sont refroidis dans la glace afin de stopper la réaction. La lecture de l'absorbance est effectuée par un spectrophotomètre à 520 nm. La concentration en proline des échantillons a été calculée grâce à une courbe étalon établie à partir d'une gamme d'étalonnage de proline (Figure 6)

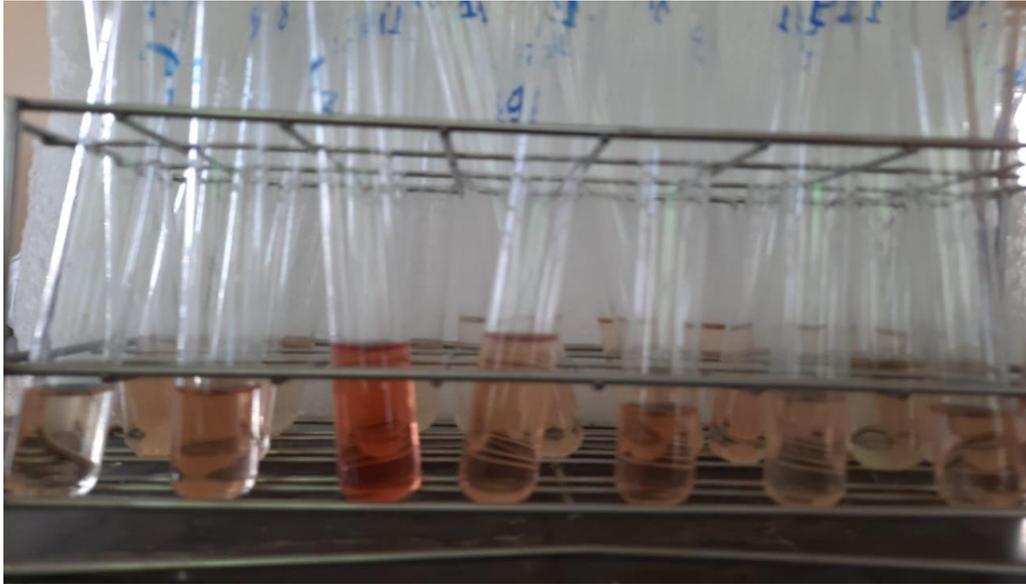


Figure 6 : Dispositif expérimental pour le dosage de la proline

CHAPITRE 3 : RÉSULTATS ET INTERPRÉTATIONS

I- Résultats :

Le présent travail se propose d'étudier l'effet du stress salin sur la germination de quatre variétés d'orge. L'étude a été réalisée dans un incubateur à température contrôlé.

1- Test de germination :

L'étude de la germination d'*Hordeum vulgare*, nous a permis de mettre en évidence l'influence de la salinité sur le taux de germination

a- Pourcentage de germination final (G) :

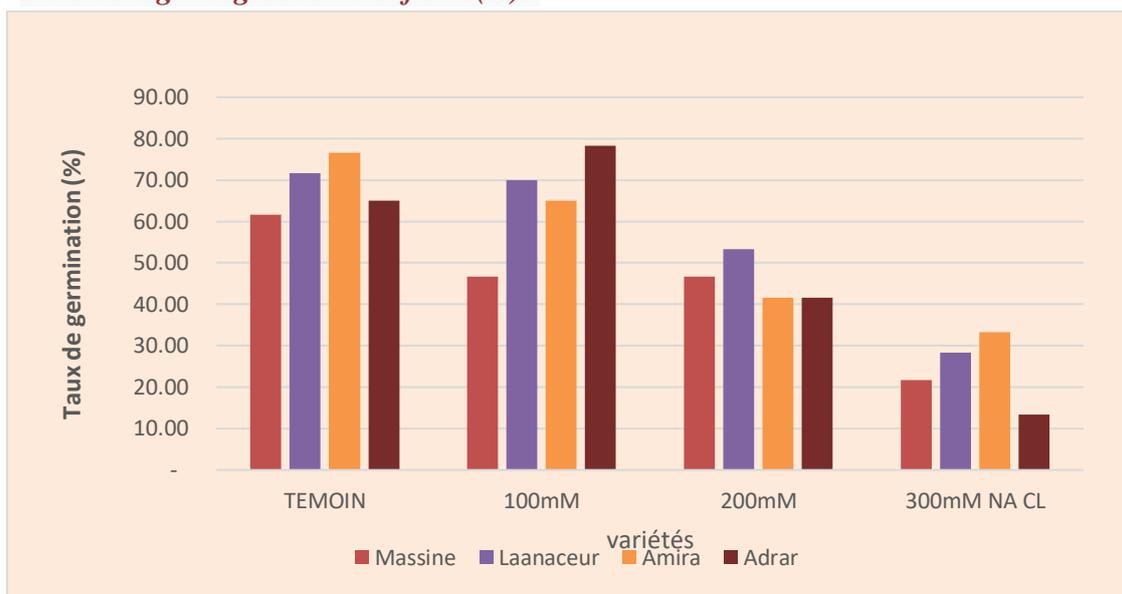


Figure 7 : Variation des taux moyens de germination chez les 4 variétés d'orge (*Hordeum vulgare*) soumises aux différentes concentrations salines.

D'après les résultats obtenus (**figure 7**), on remarque qu'en absence de traitement salin, le taux de germination varie très peu chez toutes les variétés étudiées, l'apport de NaCl dans le milieu entraîne une diminution du taux de germination chez toutes les variétés testées. Cependant, chez la variété ADRAR le taux de germination augmente à 79% à 100 mM mais avec l'augmentation du concentration en NaCl dans le milieu le taux de germination est diminué.

Donc, les témoins sont les premiers à germer chez les quatre variétés en question par rapport aux graines stressées, et plus la dose de sel augmente, plus le taux de germination diminue.

b- Le coefficient de vitesse de germination :

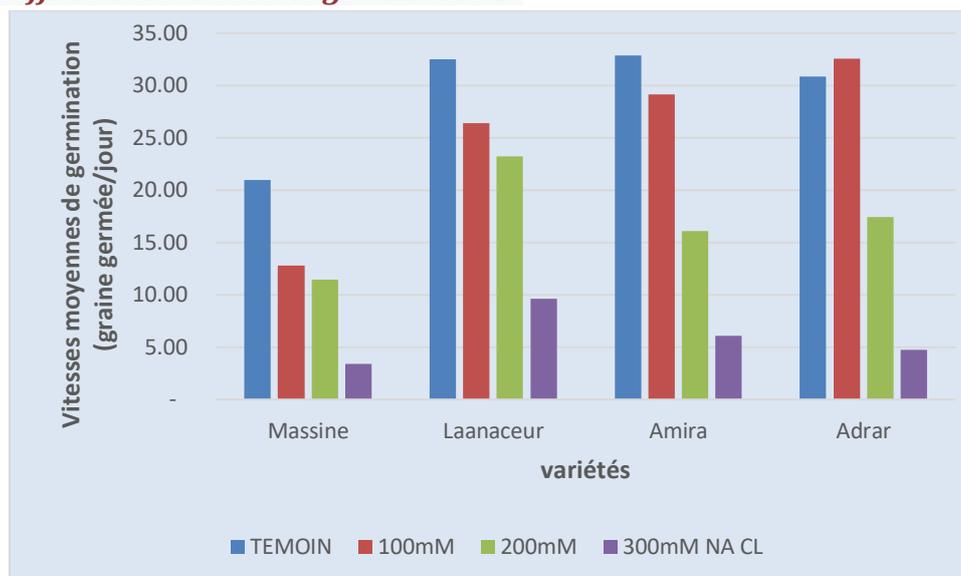


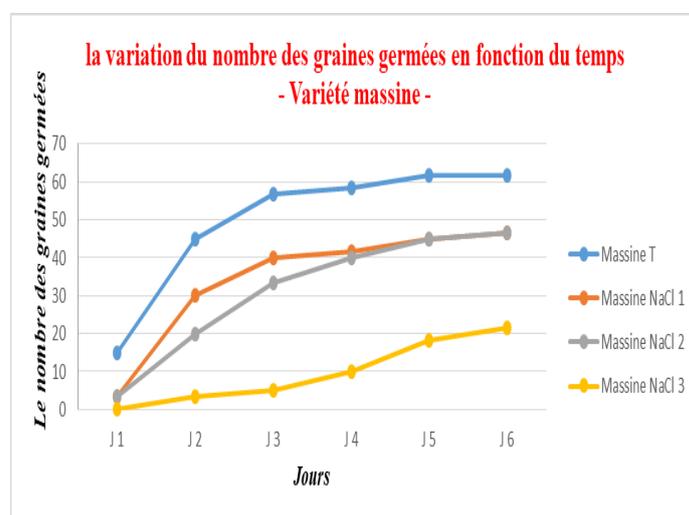
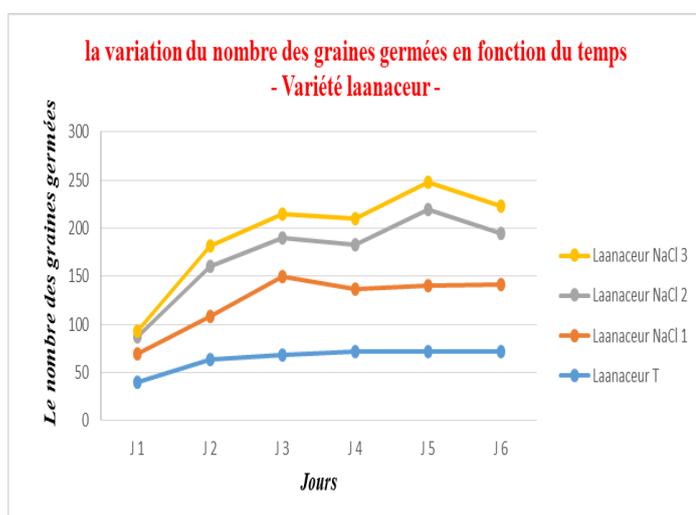
Figure 8 : Variation des vitesses moyennes de germination chez les 4 variétés d'orge (*Hordeum vulgare*) soumises aux différentes concentrations salines.

La figure n°8 montre que le Coefficient de Vitesse de Germination est réduit à chaque fois que la concentration en NaCl est augmentée dans le milieu, ceci a été enregistré chez toutes les variétés étudiées.

La vitesse la plus élevée a été enregistrée chez la variété AMIRA avec 34 grains germés par jour alors que la plus faible vitesse a été notée chez variété MASSINE avec 12 grains par jour.

c- 1.3. Cinétique de germination :

La figure 9 représente l'évolution de la germination des 4 variétés d'orge en fonction de la concentration en NaCl pour l'ensemble du traitement (0Mm, 100Mm, 200Mm et 300Mm). La germination a été suivie pendant 6 jours.



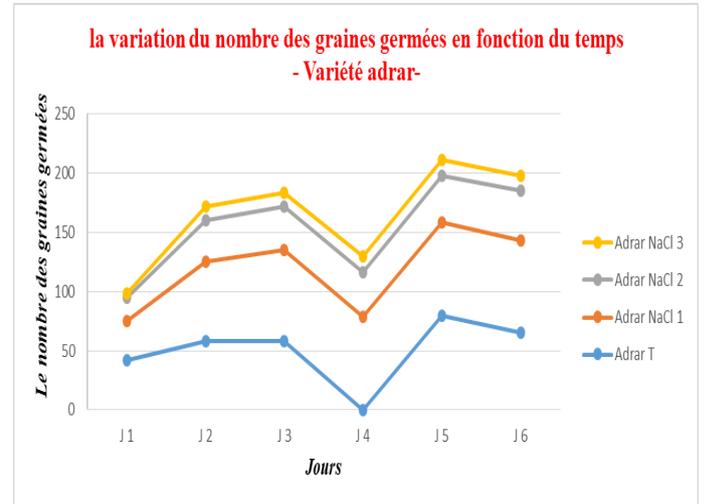
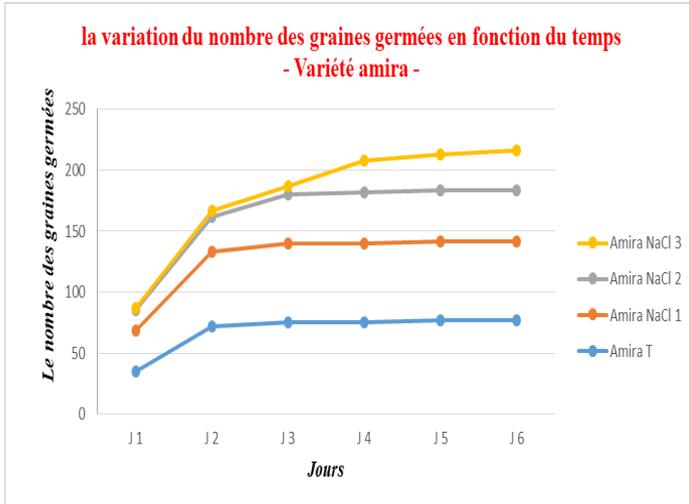


Figure 9 : Effets des différentes concentrations en NaCl sur la cinétique de germination des 4 variétés d'orge étudiées pendant 6 jours.

Les courbes montrent un ralentissement de la cinétique de germination en fonction de l'augmentation de la salinité qui varie distinctement avec l'espèce et le traitement.

On remarque que la germination est faible chez les trois variétés (LAANACEUR, AMIRA et ADRAR) pour le témoin (0mM) et augmente avec l'augmentation de la concentration à 100mM, 200mM et 300mM. Par contre la variété MASSINE il apparaît que le nombre de graines germées en fonction du temps est élevé pour le témoin (0mM) par rapport aux différentes concentrations élevées, le taux de germination diminue à des concentrations élevées.

2- Paramètres physiologique et biochimique:

a- Teneur relative en eau :

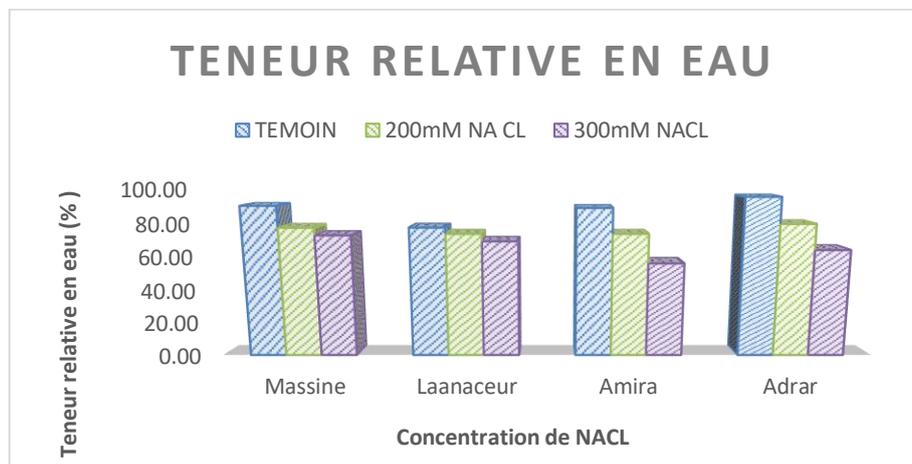


figure10 : Variation des teneurs relatives en eau moyennes (TRE) chez les 4 variétés d'orge (*Hordeum vulgare*) soumises aux différentes concentrations salines

La **figure n°10** présente un paramètre physiologique très important pour mettre en évidence l'état de la balance hydrique d'une plante, c'est la teneur relative en eau (TRE), ce dernier varie selon les concentrations saline. Une nette diminution de la teneur relative a été observée chez toutes les variétés d'orge. En fonction des concentrations saline.

b- La teneur en chlorophylle totale

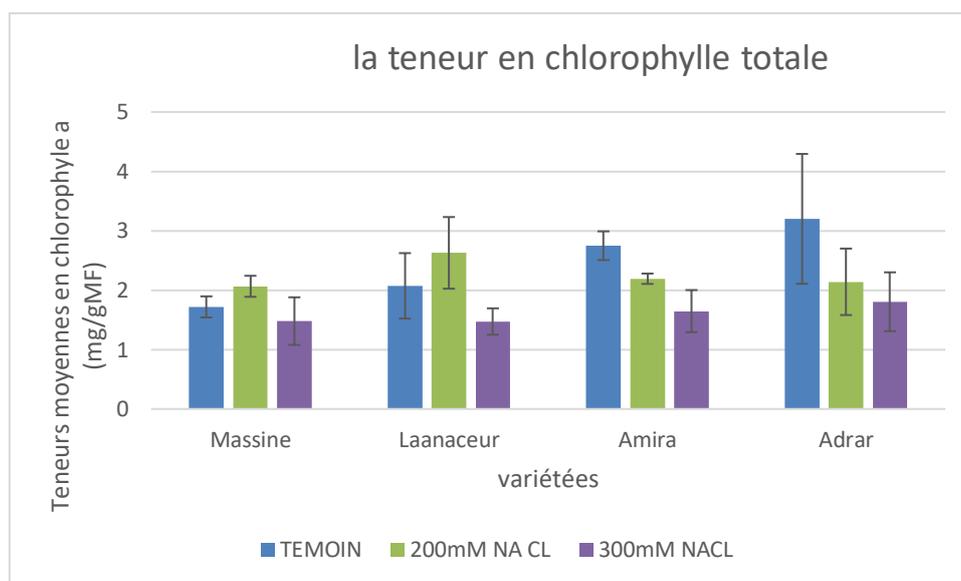


Figure 11 : Variation des teneurs moyennes en chlorophylle total chez les 4 variétés d'orge (*Hordeum vulgare*) soumises aux différents concentration salines.

Ce paramètre a été évalué par une analyse spectrophotométrique des extraits de la chlorophylle, les résultats obtenus sont présents dans la **figure 11**, on observe une variation dans la teneur en chlorophylle entre les différentes variétés, ces teneurs diminuent avec l'augmentation de concentrations chez AMIRA et ADRAR et elles augmentent chez MASSINE et LAANACEUR à 200mM et diminuent encore à 300mM.

c- 2.3. La proline :

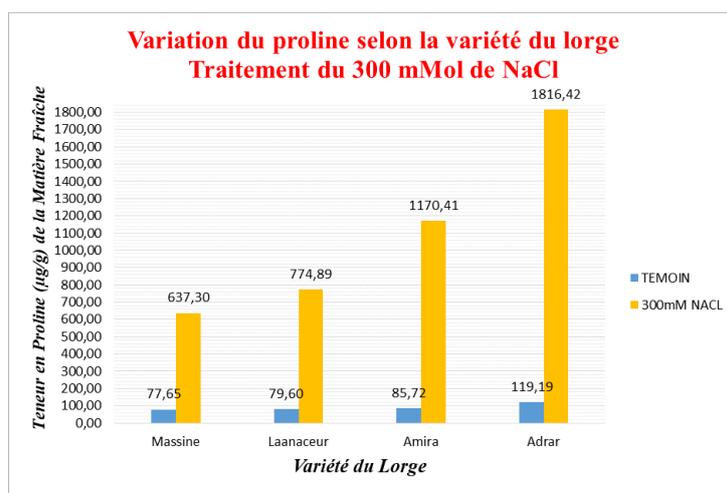
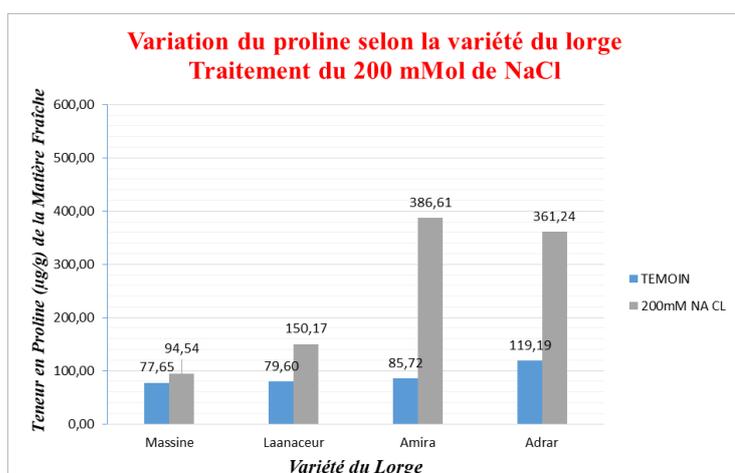


Figure12 : Effet du NaCl sur le contenu en proline.

Les concentrations de la proline augmentent chez toutes les variétés stressées (200 et 300 mM) par rapport au témoin (0mM) et surtout la variété Adrar qui a marqué une valeur plus élevée par rapport aux autres variétés.

II- II. INTERPRETATION GENERALE :

1- Test de germination :

L'influence de la salinité sur le pouvoir germinatif des quatre variétés d'orge étudiées s'est manifestée par une réduction du taux de germination par rapport aux témoins.

Une réduction d'autant plus importante que la concentration en sel est élevée.

La salinité affecte donc la germination et la présence de sel diminue le potentiel osmotique ce qui peut retarder l'absorption de l'eau et la mobilisation des éléments nutritifs nécessaires à la germination.

Selon **Prado et al. (2000)**, la diminution du taux de germination des graines soumises à un stress salin serait due à un processus de dormance osmotique développé sous ces conditions de stress. Le sel retarde également la germination et ralentit sa vitesse. Ce retard pourrait être dû à l'altération des enzymes et des hormones qui se trouvent dans la graine.

(**Botia et al., 1998**). **Huang Redman (1995)** rapporte que la salinité occasionne une diminution de l'absorption d'eau des graines à cause du stress osmotique créée par les concentrations élevées de NaCl dans les milieux de germination.

2- Paramètre biochimique :

L'effet du sel sur la teneur en chlorophylle total varie en fonction de variétés.

Les résultats obtenus montrent une réduction causée par le stress salin chez toutes les variétés) et cette diminution est expliquée par **Doudech et al., (2008)**, par la dégradation des membranes de thylakoides des chloroplastes et l'altération du processus photosynthétique.

Ainsi, la réduction de la surface foliaire semble être une des causes de la diminution de la teneur en pigments photorécepteurs chez l'orge.

Concernant les variétés LAANACER et MASSINE, Elles ont marqué une légère augmentation par rapport au témoin ce qui nous montre que ces deux variétés sont tolérantes et elles ont résisté à l'effet du stress salin a 200mM.

Le résultat de la proline nous montre que la teneur est élevée chez les variétés stressées par rapport au témoin alors que l'accumulation de la proline dépend de l'intensité du stress.

De nombreuses plantes accumulent différents solutés en réponse à un stress salin ou hydrique.

En effet lorsque le potentiel hydrique du sol diminue la réponse de la plante au niveau cellulaire est entre autre une accumulation de solutés dans le cytoplasme entraînant une diminution du potentiel hydrique intracellulaire et donc permettant à la plante d'absorber l'eau contenue dans le sol. Ces solutés sont non toxiques pour la cellule et n'inhibent pas les réactions enzymatiques même à forte concentration. Ils sont des osmoprotectants car ils ont un rôle de protection au niveau des protéines, des complexes protéiques et des membranes.

La proline fait partie de cette catégorie de composés et son accumulation dans les feuilles, les tiges et les racines est considérée comme une des réponses induites les plus répandues en cas de stress, ce qui en fait un excellent détecteur de stress.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Notre étude a porté sur l'effet de salinité chez quatre variétés d'orge marocaines (Massine, Laanacer, Amira et Adrar) soumise à différentes concentrations salines (0mM-200mM et 300mM), dans le but de déterminer l'influence de stress salin sur la germination de cette espèce.

Dans l'essai de germination, les résultats ont montré que l'effet de la salinité sur les paramètres germinatifs s'est manifesté par une réduction d'autant plus importante que la dose de sel augmente. La dose la plus affectant la germination c'est la concentration la plus forte (300mM).

Les résultats obtenus démontrent également que malgré l'effet dépressif du sel, les variétés Massine et Laanacer ont manifesté une certaine tolérance vis-a-vis le stress salin.

L'effet du sel est traduit à l'échelle cellulaire par des modifications physiologiques et biochimiques, de ces variétés d'orge. Ainsi la salinité a provoqué une diminution de la teneur en eau proportionnelle à l'importance de la contrainte saline pour les quatre variétés. Cependant, cette baisse n'est pas très importante, toutes les variétés montrent ainsi une certaine capacité à maintenir une teneur en eau plus ou moins stable.

Par ailleurs nos résultats montrent une corrélation significative positive entre la teneur de proline et le stress appliqué d'une manière croissante. La proline joue un rôle dans le maintien des pressions sol-vacuole, dans la protection des membranes et des systèmes enzymatiques.

En effet, l'ensemble des résultats obtenus montre que les quatre variétés étudiées présentent des comportements qui peuvent être différents en termes de réponse au stress salin. Les variétés Massine et Laanacer présentent plus de résistance envers le stress que celle de Amira et Adrar

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ANONYME b., 2008:**Série B des statistiques agricoles de la D .S.A de Relizane .
- Araba, A. (1999).** L'orge grain en alimentation des ruminants. *Terre et Vie*, janvier, 158, 34
- Ashraf, M. F. M. R., & Foolad, M. R. (2007).** Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. *Environmental and experimental botany*, 59(2), 206-216.
- Bray, E.A. 1997.** Plant responses to water deficit. *Trends Plant Sci.* 2: 48–54.
- Barrs H., 1968.** Determination of water deficit in plant tissues. *In: Water deficit and plant growth.* New York, USA: Academic Press, 235-368.
- Belaid D. 1996.** Aspects de la céréaliculture algérienne. INES. D'Agronomie. Batna. 187p
- Bouzerzour, H., & Benmahammed, A. (1995).** Analyse graphique d'un croisement diallèle d'orge. *Céréaliculture*, 28, 9-12
- BOUZERZOUR H., et al., 1997 :** Variabilité génétique, héritabilité et corrélation entre caractères mesurés sur l'orge en milieu semi-aride. *Rev. Céréaliculture* N°30, p14.
- Botía, P., Carvajal, M., Cerdá, A., & Martínez, V. (1998).** Response of eight Cucumis melo cultivars to salinity during germination and early vegetative growth. *Agronomie*, 18(8-9), 503-513.
- Boulal H., El Mourid M., Rezgui S., Zeghouane O. 2007 :** Guide pratique de la conduite des céréales d'automne (blés et orge) dans le Maghreb (Algérie, Maroc, Tunisie). Edition: ITGC, INRA Algérie et ICARDA : 176 p
- Bellebcir, L. (2008).** Etude des composés phénoliques en tant Que marqueurs de biodiversité chez les céréales. En vue de l'obtention du Diplôme de Magister. 119p.
- BRAHIMI, H. A. (2017).** *Variations phénotypiques pour la tolérance aux stress salin et hydrique chez le blé tendre (Triticum aestivum L.)* (Doctoral dissertation, Université de m'sila).
- BOUDA S., HADDIOUI A., 2011.** Effet du stress salin sur la germination de quelques espèces du genre *Atriplex*. *Revue «Nature et Technologie»*. N°5. PP 72-79.
- CAMILLE M., 1980 :** Céréales .Phytotechnie spéciale bases scientifiques et techniques de la production des principales espèces de grande culture en France. Maison rustique,PARIS ,1980. 318p
- Cheverry, C. (1995).** Extension et diversité des phénomènes mettant en jeu les sels solubles. *Comptes Rendus de l'Académie d'Agriculture de France*, 81(2), 42-46.
- Dajic, Z. 2006.** Salt Stres. In. K.V. M. Rao, A.S. Raghavendra and K. J. Reddy (eds). *Physiology and Molekuler Biology Stress Tolerance in Plants*.Springer. P. 41-99
- Denden, M., Bettaieb, T., Salhi, A., & Mathlouthi, M. (2005).** Effet de la salinité sur la fluorescence chlorophyllienne, la teneur en proline et la production florale de trois espèces ornementales. *Tropicultura*, 23(4), 220-225.
- Doudech, N., Mhamdi, M., Bettaieb, T., & Denden, M. (2008).** Tolérance à la salinité d'une graminée à gazon: *Paspalum notatum* Flüggé. *Tropicultura*, 26(3), 182-185.

- DERKAOUI K M, 2011**, les réponses morphologique, physiologique et anatomique des racines de la tomate (*Solanum Lycopersicum L.*) vis-à-vis du stress salin, diplôme de magister, biodiversité végétale méditerranée de l'Algérie occidentale, université d'Oran, 80P.
- FAO (2008)**. FAO Land and Plant Nutrition Management Service. <http://www.Fao.org/ag/AGL/public.stm>.
- LEMEKEDDEM, H., & DEBBACHE, H.** *Synthèse bibliographique sur l'effet du stress salin sur la germination de blé* (Doctoral dissertation).
- Gate, B., Crosson, P., & Couvreur, P.** (1996). Mieux connaitre l'orge. Perspectives agricoles, 100, 18-23.
- GILLK S, 1979** : effects of soil salinity en grain filing and grain developpement.
- Grandcourt, M. C., & Prats, J. (1971)**. Les céréales. Ed. JB Bailliers et Fils.
- DUCHEMIN, B., HADRIA, R., ER-RAKI, S., BOULET, G., MAISONGRANDE, P., CHEHBOUNI, A., ESCADAFAL, R., EZZAHAR, J., HOEDJES, J.C.B., KHARROU, M.H., KHABBA, S., MOUGENOT, B., OLIOSO, A., RODRIGUEZ, J.-C. and SIMONNEAUX, V., 2006a**, Monitoring wheat phenology and irrigation in Central Morocco: On the use of relationships between evapotranspiration, crops coefficients, leaf area index and remotely-sensed vegetation indices. *Agricultural Water Management*, 79, pp. 1-27
- Gondé, R., & Jussiaux, M.** (1980). [A modern agricultural course [general agriculture, special agriculture (by types of crops), zootechny (general and by species), transformation of agricultural products, rural equipment; work destined for practising farmers and agricultural technical education; France]].[French].
- Gille, J. J. P., & Joenje, H.** (1992). Cell culture models for oxidative stress: superoxide and hydrogen peroxide versus normobaric hyperoxia. *Mutation Research/DNAging*, 275(3-6), 405-414.
- Hakimi M. 1989**. L'orge, une culture de survie en Algérie, -étudiée travers l'historique, le zônage, les normes agrologiques, les formes d'utilisation -, confrontée à deux concepts agroclimatiques: le calendrier climatique traditionnel et les données agrométéorologiques modernes. "Agrométéorologie des Systèmes d'Agriculture Pluviale fondée sur la culture de l'orge", OMN-ICARDA, Tunis 06-10/03/1989. 1-19.
- Harlan, J. R. (1975)**. Geographic patterns of variation in some cultivated plants. *Journal of Heredity*, 66(4), 182-191
- Hajlaoui, H., Denden, M., & Bouslama, M. (2007)**. Etude de la variabilité intraspécifique de tolérance au stress salin du pois chiche (*Cicer arietinum L.*) au stade germination. *Tropicultura*, 25(3), 168-173
- HAMMIA, I. (2012)**. Impact de l'irrigation sur la salinisation des sols dans les palmeraies de Oued Righ. *Mém. Ing. Agro, université de ouargla*, p18.
- Hiscox, J. D., & Israelstam, G. F. (1979)**. A method for the extraction of chlorophyll from leaf tissue without maceration. *Canadian journal of botany*, 57(12), 1332-1334
- Huang, J. and Redman, R.E. (1995)**. Salt tolerance of *Hordeum* and *Brassica* species during germination and early seedling growth. *Can. J. Plant Sci.* 75; 815-819. I
- KELLIL H., 2010** : Contribution à l'étude du complexe entomologique des céréales dans la région des hautes plaines de l'est algérien .Thèse magister, université Batna, pp40-43.

Mahrouz, F. (2013). Effet du stress salin sur la croissance et la composition chimique de l'Artiplex canescens.

MENADE A., 2009 :Rythme de développement, utilisation de l'eau et rendement de l'orge (*Hordeum vulgare* L)dans l'étage bioclimatique semi-aride. Thèse magister, INAel Harrach ,2006.

Lemée, G. (1978). *Précis d'écologie végétale* (No. 504.73 LEM).

Menacer F. 2007. Contribution à l'étude de l'effet de la salinité sur un marqueur biochimique, cas de la proline chez *Atriplex halimus* L. et *A triplex conescens* (purch) Nntt. 99p

MOSSAB M., 2007 : Contribution à l'étude de l'exploitation à double fin de l'orge (H, vulgare) en zones semi-arides et d'altitude .Thèse De magister, INA EL Harrache .2006. &

Munns R., Termaat A., 1986. Whole-plant responses to salinity. *Australian Journal of Plant Physiology* 13: 143-160 p.

Munns R., Hare R. A., James R. A. et Rebetzke G. J. 2000. Genetic variation for improving the salt tolerance of durum wheat. *Australian Journal of Agricultural Research*, 51,69–74 p.

Munns R., Schachtman D. P., Condon A. G., 1995. “The significance of a two-phase growth response to salinity in wheat and barley”. *Aust. J., Plant Physiol.*, n° 22: 561-9 p.

OUDJANI W., 2009 : Diversité de 25 génotype de blé dur (*Triticum durum* desf) étude des caractères de production et d'adaptation. Thèse Magister, Constantine, 111p.

Munns, R., & Rawson, H. M. (1999). Effect of salinity on salt accumulation and reproductive development in the apical meristem of wheat and barley. *Functional Plant Biology*, 26(5), 459-464.

Manchanda, G., & Garg, N. (2008). Salinity and its effects on the functional biology of legumes. *Acta Physiologiae Plantarum*, 30(5), 595-618.

Oudina, M., & Bouzerzour, H. (1993). [The effect of climatic conditions on barley (*Hordeum vulgare*) yield variability grown in the Setifian high plateaus [Algeria]].[French]. In *Agrometeorology of Rainfed Barley-Based Farming Systems*. Tunis (Tunisia). 6-10 Mar 1989..

Parida, A. K., Das, A. B., & Mitra, B. (2003). Effects of NaCl stress on the structure, pigment complex composition, and photosynthetic activity of mangrove *Bruguiera parviflora* chloroplasts.

Prat, H. (1960). Vers une classification naturelle des Graminées. *Bulletin de la Société botanique de France*, 107(1-2), 32-79 *Photosynthetica*, 41(2), 191-

Prado, F. E., Boero, C., Gallardo, M. R. A., & González, J. A. (2000). Effect of NaCl on growth germination and soluble sugars content in *Chenopodium quinoa* Willd. seeds.

Reddy, A. C. P., & Lokesh, B. R. (1992). Studies on spice principles as antioxidants in the inhibition of lipid peroxidation of rat liver microsomes. *Molecular and cellular biochemistry*, 111(1), 117-124.

Rontein, D., Basset, G., & Hanson, A. D. (2002). Metabolic engineering of osmoprotectant accumulation in plants. *Metabolic engineering*, 4(1),

RUSH D.W., et EPSTEIN E., 1981: Breeding and selection for salt-tolerance by incorporation of wild germplasm into a domestic tomato. J. Amer. Soc. Hort. Sci. (106): 699-704. sélection. Thèse de Doctorat en Sciences Agronomiques, Montpellier, Pp191

SOLTNER D., 1990 : Les grandes productions végétales .Phytotechniespéciale. 17 Emme édition .coll : sciences et techniques agricoles pp 41-67.

Sekkate, M. R., & Leghzali, H. (1999). L'orge: pivot de l'alimentation animale. Terre et vie, 34, 23-28

Zohary, D., & Hopf, M. (1973). Domestication of pulses in the Old World: legumes were companions of wheat and barley when agriculture began in the Near East. Science, 182(4115), 887-894.

ANNEXE

Sels minéraux	Masse mol aire	Solutions stock (ss)	Pesé /eau Dist.	Concentration finale	Vol.S S pour 10 L
Les macroéléments					
KH ₂ PO ₄	136. 1	1000 mM	136.1 g/L	0.4mM	4 ml
K ₂ HPO ₄	174. 2	1000 mM	174.2 g/L	0.2mM	2ml
CaCl ₂ , 2H ₂ O	147. 01	2000 mM	294.0 2g/L	2mM	10ml
MgSO ₄ , 7H ₂ O	246. 37	500m M	123.2 5g/L	0.5mM	10ml
K ₂ SO ₄	174. 26	500m M	87.13 g/L	1mM	20ml
Les oligoéléments					
Fe-Na-EDTA	367. 05	50000 μM	18.35 g/L	100mM	20ml
H ₃ BO ₃	61.8 4	28000 μM	1.731 g/L	14μM	5ml
MnSO ₄ , H ₂ O	169. 01	10000 μM	1.690 g/L	5μM	5ml
ZnSO ₄ , 7H ₂ O	287. 5	6000μ M	1.725 g/L	3μM	5ml
CuSO ₄ , 5H ₂ O	249. 68	1400μ M	350M g/L	0.7μM	5ml
CoCl ₂ , 6H ₂ O	237, 93	200μ M	47.5m g/L	0.1μM	5ml
(NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄	123 5.6	1400μ M	1.729 g/L	0.7μM	5ml
Source d'azote en fonction de culture choisie					
KNO ₃	101. 1	2000 mM	202.2 g/l	2mM	10ml
Ca(NO ₃) ₂ , 4H ₂ O	236. 15	1000 mM	236.1 5g/L	0.5mM	5ml
NH ₄ NO ₃	80	2000μ M	160g/ L	1mM	5ml
CaCO ₃ si besoin	100. 8	360m M	72.58 g/2L	2mM	55.5m l

