

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE DE BLIDA- 1

FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE

DEPARTEMENT DE BIOTECHNOLOGIES

Laboratoire de production végétale

Mémoire de fin d'étude

En vue de l'obtention du diplôme en Master Académique
Spécialité : Biotechnologies végétales

Thème

**IMPACT DU CHLORURE DE SODIUM, CHLORURE DE CALCIUM
ET LEURS COMBINAISON SUR LA GERMINATION ET LA
CROISSANCE D'UNE VARIETE DE BLE DUR (VARIETE ANZA)
CULTIVE EN MILIEU HYDROPONIQUE**

Réalise par :

**DEBBACHE KAOUTHER
SEBAA NAIMA**

DEVANT LE JURY COMPOSE DE :

Présidente	Mme. BRADEA MS.	Maitre de conférences A	Université de Blida 1
Promoteur	Mr. ABBAD M.	Maitre-assistant A	Université de Blida 1
Examinatrice	Mme BENZAHRA S.	Maitre-assistant A	Université de Blida 1

Année universitaire : 2017-2018

Dédicaces

Je dédie ce mémoire à mes chers parents auxquels je porte une grande estime pour ce qu'ils ont toujours été à mes cotes sans que j'aie besoin de me plaindre.

A mes sœurs et frères :

redouane, sofiane, ahmed, youcef,

qui ne cessent de m'encourager et de me soutenir.

A mes neveux et nièces :

wail, wasim, anes, yacine, younes, lamiss, nouha, riheb,

rawan et ritadj.

A mes amies et spécialement ma copine Naïma avant d'être mon binôme et toute la promotion 2017-2018.

Et à toutes ma famille et tout personnes qui connues KAOUTHËR.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à Allah, qui m'a conduit et protégé tout au long de ce travailles

Ma mère et mon père qui m'ont soutenu, encouragé et motivé toute au long de ce travail.

Mes chères frères et sœurs, pour leurs encouragements surtout ma petite sœurs Yasmine

Mon mari, Sofiane pour sa confiance, ces encouragements et son soutien pendant toute la durée de mes études.

A tous mes familles

Mes chères amies : Zineb, Aïcha, Djamila

A mon binôme : Kaouther que je la souhaite une beaucoup de bonheur.

Atout les personnes qui m'ont aidé et participé de pris ou de loin pour la réalisation de se travaille

Remerciements

En premier lieu, nous remercions Dieu le tout puissant de nous avoir accordée le courage et la Force de mener à bien ce modeste travail.

*Au terme de cette étude, nos reconnaissances vont d'abord à **Mr. ABBAD MOHAMED** Maître assistant à l'université de Blida 1, pour avoir accepté de nous encadrer ainsi que pour ses précieux conseils et orientations, son disponibilité, sa gentillesse, et pour l'intérêt bienveillant manifesté pour notre travail.*

*Nous remercions **Mme BRADEA MARIA STELLA** Professeur à l'université de Blida, pour avoir accepté de présider le jury de ce mémoire.*

*Nous remercions également **Mme. BENZAHRA SOURIA** Professeur à l'université de Blida d'avoir accepté d'examiner ce modeste travail.*

*Nous remercions **Mr. BEN MEALEM** Ingénieur de laboratoire et toutes les personnes du laboratoire de recherche de la production végétale du département de biotechnologie à l'université de Blida.*

Il est agréable d'exprimer notre profonde gratitude et nos remerciements envers toutes personne qui de loin ou de près a contribué à la réalisation de ce travail.

Ainsi nous remercions à tous les enseignants de la faculté des sciences de la nature et de la vie université de Blida 1.

Table des matières

Liste des tableaux	
Listes des figures	
Liste des abréviations	
Résumé	
Introduction.....	1
Partie 1 : Recherche bibliographique	
Chapitre 1 : le stress	
1.1. Généralité sur le stress.....	2
1.2. Définitions du stress.....	2
1.3. Type de stress.....	2
1.3.1. Facteur biotiques	2
1.3.2. Facteurs abiotique.....	2
1.3.2.1. Le stress hydrique.....	3
1.3.2.2. Le stress thermique	3
1.3.2. 3.Le stress salin.....	3
Chapitre 2: La salinité des sols et des eaux	
2.1. Généralité.....	5
2.2. Définition.....	5
2.3. Les types de la salinité.....	6
2.3.1. Salinisation primaire.....	6
2.3.2. La salinisation secondaire.....	6
2.4. Répartition de la salinité.....	6
2.4.1. Dans le monde.....	6
2.4.2 .La salinité en Algérie	7
2.5. Eaux d'irrigations.....	8
2.6. Principaux sels responsables de la salinité.....	9
2.7. Classification des plantes.....	9
2.7.1. Les halophytes	9
2.7.2. Les glycopytes ou halophobes	9
2.8. Les causes de la salinité.....	10

2.9. Effets de la salinité	
2.10.1. Effet de la salinité sur la physiologie des plantes.....	10
2.10.1.1. L'effet sur la germination.....	10
2.10.1.2. Effet de salinité sur la croissance.....	11
2.10.2. L'effet de la salinité sur la morphologie des plantes.....	12
2.10.2.1. Effet sur les racines et tiges	12
2.10.2.2. Effet sur les feuilles.....	12
2.10.1.3. Effets de la salinité sur la photosynthèse	12
2.11. Les mécanismes d'adaptations au stress salin	13
2.11.1. Compartimentation vacuolaire.....	13
2.11.2. Exclusion – inclusion.....	13
2.11.3. Ajustement osmotique.....	14
2.11.4. Synthèse et accumulation de la proline.....	15
2.11.5. Régulation de la croissance.....	15

Chapitre 3 : Généralité sur la culture de blé

3.1. Généralité.....	16
3.2. L'origine de blé.....	16
3.2.1. Origine génétique.....	16
3.1.1.1. Allopoloïdie	16
3.1.1.2. Le groupe diploïde.....	16
3.1.1.3. Le groupe tétraploïde.....	16
3.1.1.4. Le groupe hexaploïdes	16
3.2.2. Origine géographique.....	17
3.3. Classification botanique.....	18
3.4. Quelques variétés du blé dur.....	18
3.4.1. Variété Khiar	19
3.4.2. Variété Razzak.....	19
3.4.3. Variété Mohamed Ben Bechir.....	19
3.4.5. Variété Oum Rabia.....	19
3.4.6. Variété Karim	19
3.5. La culture de blé	19
3.5.1. Situation de la culture de blé dans le monde.....	20
3.5.2. Situation de blé en Algérie	20
3.6. Les caractères morphologiques.....	21

3.6.1. La graine.....	21
3.6.1.1. Le germe.....	21
3.6.1.2. L'albumen ou amonde	21
3.6.1.3. Les enveloppes de graine.....	21
3.6.2. Appareil végétatif	22
3.6.2.1. Système aérien.....	22
3.6.2.2. Système racinaire	22
3.6.3. Appareil reproducteur.....	23
3.6.3.1. Epi.....	23
3.6.3.2. Fleurs.....	23
3.6.3.3. L'épillet.....	23
3.7. Le Cycle végétatif du blé dur	23
3.7.1. Germination et levée.....	23
3.7.2. Tallage.....	24
7.3. Montaison-Gonflement.....	24
3.7.4. Epiaison-floraison.....	25
3.7.5. Remplissage et la maturation du grain.....	25
3.8. Exigence de la culture de blé.....	26
3.8.1. Température.....	26
3.8.2. Eau.....	26
3.8.3. Fertilisation	26
3.8.3.1. Azote	26
3.8.3.2. Fumure phospho-potassique.....	26
3.8.4. Sol.....	27

Chapitre 4 : La culture hydroponique

4.1. Généralité	28
4.2. Définition.....	28
4.3. Avantages de l'hydroponie.....	28
4.3.1. Le contrôle de la nutrition.....	28
4.3.2. La conservation de l'eau.....	28
4.3.3. La conservation de l'engrais.....	29
4.3.4. La réduction de l'utilisation de pesticides, grâce à une meilleure santé et une croissance plus rapide.....	29
4.3.5. L'accès aux racines.....	29

4.3.6. La croissance rapide des plantes mères.....	29
4.4. Inconvénients.....	30
4.5. Principaux systèmes d'hydroponie.....	30
4.5.1. Culture en milieu liquide.....	30
4.5.2. Systèmes à circuit ouvert avec milieu solide	30
4.5.3 Systèmes à circuit fermé, avec milieu solide	30
4.6. La Solution nutritive.....	31
4.7. Le substrat	31
4.7.1 Les critères de choix du substrat.....	31

Partie 2 : expérimentation

Chapitre 5 : Matériel et méthode

5.1. Objectif d'expérimentation.....	32
5.2. Matériel végétale.....	33
5.3. Lieu expérimentale	
5.4. Essai de la germination et de repiquage des graines	33
5.4.1. Expérience I : Effet de la salinité par le NaCl et CaCl ₂ et leurs combinaisons sur la germination	34
5.4.3. Expérience II : Effet de la salinité par le NaCl et CaCl ₂ et leurs combinaison sur la phase végétative.....	35
5.4.3.1. Technique de préparation du substrat utilisé	35
5.4.3.2. Dispositif expérimentation utilisé durant la phase végétative.....	36
5.4.3.3. Technique de préparation des solutions d'irrigation	37
5.6. Les paramètres étudiés.....	37
5.6.1. Première expérience : Essai de germination.....	37
5.6.1.1. Taux de germination final.....	37
5.6.1.2. Cinétique de germination.....	37
5.6.1.3. Vitesse de germination.....	37
5.6.1.4. Moyenne journalière de germination	37
5.6.1.5. Longueurs des racines et des épicotyles.....	37
5.6.2. Deuxième expérience : Essai de croissance	37
5.6.2.1. Les paramètres morphologiques :	
a. Mesure de la hauteur finale de la partie aérienne et souterraine.....	38
b. La surface foliaire	38

c. Détermination de la matière fraîche (MF) et matière sèche (MS) de la partie aérienne et souterraine	38
d. Détermination de la matière sèche de la partie aérienne et souterraine.....	38
5.6.2.2. Les paramètres physiologiques :	
e. Dosage de la chlorophylle.....	38
f Dosage de la proline	39
g. La teneur relative en eau (RWC).....	39
5.7. Analyse statistique	39

Chapitre 6 : Résultat et discussion.

6.1. Effet de la salinité par le NaCl, CaCl ₂ et leurs combinaisons sur les paramètres de germination.....	41
6.1.1. Cinétique de germination.....	41
6.1.2. Taux de germination final.....	42
6.1.3. Moyenne journalière de germination (MJG)	42
6.1.4. Vitesse de germination	43
6.1.4. Hauteur de la partie aérienne.....	44
6.1.5. Longueur des racines.....	44
6.2. Effet de la salinité par le NaCl, CaCl ₂ et leurs combinaisons sur les paramètres de croissance.....	45.
6.2.1 Paramètres morphologiques.....	45
6.2.1.1 Effet sur la hauteur des tiges (cm).....	45
6.2.1.2 Effet sur la longueur des racines (cm).....	46
6.2.1.3 Effet sur la surface foliaire (cm ²).....	47
6.2.1.4 Effet sur la biomasse fraîche de la partie aérienne(BFPA).....	48
6.2.1.5 Effet sur la biomasse fraîche des racines(BFR).....	49
6.2.1.6 Effet sur la biomasse sèche (partie aérienne)	50
6.2.1.7 Effet sur la biomasse sèche des racines(BSR).....	51
6.2.1.6 Effet sur la matière sèche (partie aérienne)	52
6.2.1.7 Effet sur la matière sèche des racines(BSR).....	53
6.2.2. Paramètres physiologiques.....	54
6.2.2.1 .Effets sur la teneur en chlorophylle.....	54
6.2.2.2 .Effet sur la teneur en proline (partie aérienne et souterrain).....	55
6.2.2.3. Effets sur la teneur relative en eau (TRE).....	58

Conclusion.....60

Références

Annexes

La liste des tableaux

Tableau 1: Superficie affectée par la salinité dans le monde.....	7
Tableau 2: Localisation géographique de la salinité dans certaines wilayas.....	8
Tableau 3: superficie mondiale emblavées en blé dur (x1000 hectares) de 1994-2005.....	19
Tableau 4: variation des superficies, production et rendement des céréales de la période 1950-2004.....	20
Tableau 5: Teneur des différents éléments minéraux contenus dans l'eau de Blida	36
Tableau 6: Effet de NaCl et CaCl ₂ et leurs combinaisons sur la cinétique de germination en fonction de temps (3 ; 5 et 10 jours).....	41
Tableau 7: Effet de NaCl, CaCl ₂ et leurs combinaisons sur le taux de germination final.....	42
Tableau 8: Moyenne journalière de germination.....	42
Tableau 9: effet de NaCl et CaCl ₂ et leurs combinaisons sur la vitesse de germination.....	43
Tableau 10: Effet de NaCl et CaCl ₂ et leurs combinaisons sur la hauteur finale des épicotyles.....	44
Tableau 11: Effet de NaCl et CaCl ₂ et leurs combinaisons sur longueur finale des racines.....	44

La liste des figures

Figure1 : Illustration des stratégies « Inclusion » et « Exclusion».....	14
Figure 2 :L'anatomie du grain de blé.....	21
Figure 3 :L'appareil végétatif du blé.....	23
Figure 4 : La fleur du blé.....	24
Figure 5 : Aspect général des graines de blé dur utilisées durant notre essai.....	33
Figure 6 : Aspect général du dispositif expérimental durant la phase de germination ...	34
Figure 7 : Aspect général des conteneurs utilisé dans notre expérience	35
Figure8 : Dispositif expérimental.....	35
Figure 9 : Schéma de dispositif expérimental.....	36
Figure10 : Effet de NaCl et CaCl ₂ et leurs combinaisons sur la hauteur finale de la partie aérienne (cm).....	45
Figure 11 : Effet de NaCl et CaCl ₂ et leurs combinaisons sur la longueur des racines.....	47
Figure12 : Effet de NaCl et CaCl ₂ et leurs combinaisons sur la surface foliaire.....	48
Figure13 : Effet de NaCl et CaCl ₂ et leurs combinaisons sur la biomasse fraîche de la partie aérienne.....	49
Figure14 : Effet de NaCl et CaCl ₂ et leurs combinaisons sur la biomasse fraîche des racines.....	50
Figure 15 : Effet de NaCl et CaCl ₂ et leurs combinaisons sur la biomasse sèche de la partie aérienne.....	51
Figure 16 : Effet de NaCl et CaCl ₂ et leurs combinaisons sur la biomasse sèche de la partieracinaire.....	52
Figure 17 : Effet de NaCl et CaCl ₂ et leurs combinaisons sur la matière sèche de la partie aérienne.....	53
Figure 18 : Effet de NaCl et CaCl ₂ et leurs combinaisons sur la matière sèche de la partie racinaire.....	54
Figure 19 : Effet de NaCl et CaCl ₂ et leurs combinaisons sur la quantité de chlorophylle(A).	55
Figure 20 : Effet de NaCl et CaCl ₂ et leurs combinaisons sur la quantité de chlorophylle(B).....	56

Figure 21: Effet de NaCl et CaCl ₂ et leurs combinaisons sur la quantité de (a) proline partie aérienne et (b) partie souterraine.....	57
Figure 22 : Effet de NaCl et CaCl ₂ et leurs combinaisons sur la teneur relative en eau.....	58

INTRODUCTION

La culture des céréales à paille en générale et celle du blé dur (*Triticum durum*, Desf.) en particulier est confrontée, en zones semi-arides, à diverses contraintes climatiques qui rendent le rendement en grain très peu efficace comme critère de sélection. En effet, la majeure partie des emblavures se trouve sur les hautes plaines caractérisées par une altitude assez élevée (800 à 1200 m), des hivers froids, un régime pluviométrique insuffisants et irrégulier, des gelées printanières fréquentes, et l'apparition du sirocco de la fin de cycle (BALDY, 1974).

Par ailleurs, la salinité affecte la capacité de germination des graines (EL MEKKAOUI, 1990 ; KAYANI *et al.*, 1990). De même le sel diminue la croissance de l'appareil végétatif par la réduction du nombre des feuilles (LAKHDARI, 1986), la surface foliaire (BRUGNOLI et LAUTERI, 1991 ; ABDELLY *et al.*, 1995), la teneur des feuilles en chlorophylles (GADALLAH, 1999), et la conductance stomatique (BRUGNOLI et LAUTERI, 1991).

L'Algérie, qui offre toutes les variantes du climat méditerranéen, n'échappe pas à ce phénomène, où la sécheresse, observée depuis longtemps a conduit manifestement au processus de salinisation des sols sur 3,2 millions d'hectares affectés (BENMAHIOUL *et al.*, 2009). Ces deux contraintes naturelles : sécheresse et salinité, ont modifié la stabilité des écosystèmes et sont en grandes partie les causes de la désertification des sols.

Vue l'importance de la phase germinative des semences dans le déroulement des stades ultérieurs du développement et croissance des plantes notamment en zone aride, une étude sur une variété ANZA de blé dur a été faite en les soumettant à deux concentrations croissantes (25 et 50 mM) en NaCl, CaCl₂ puis leurs combinaisons, afin d'observer leur comportement sur la partie germinative (taux de germination final, cinétique de germination, vitesse de germination moyenne journalière de germination et la longueur des racines et des épicotyles) et sur la partie végétative que ce soit des paramètres morphologique à savoir la hauteur de la partie aérienne et racinaire, la biomasse fraîche et sèche des deux parties ainsi la teneur en matière sèche et sur quelques paramètres physiologiques qui sont la teneur en proline dans les feuilles et les racines, la teneur des feuilles en chlorophylle (a) et (b) ainsi la teneur relative en eau.

1.1. Généralité sur le stress

On peut considérer que la notion de stress implique, d'un part, une déviation plus ou moins brusque par rapport aux conditions normales de la plante ou de l'animal et d'autre part une réaction sensible de l'individu dans les différents aspects de sa physiologie laquelle change sensiblement avec, soit adaptation à la nouvelle situation, soit à la limite dégradation menant à une issue fatale (LECLERC, 1999).

1.2. Définitions du stress

Selon LEVITT (1980), le terme stress désigne un facteur de l'environnement induisant une contrainte potentiellement néfaste sur un organisme vivant. D'après DUTUIT *et al.*, (1994), le stress est le dysfonctionnement produit dans un organisme ou dans un système vivant.

Selon HOPKINS (2003), Le stress est un ensemble des conditions qui provoquent des changements de processus physiologiques résultant éventuellement des dégâts, dommages, blessures, inhibition de croissance ou de développement.

1.3. Type de stress

La plante dans son environnement est exposée aux différentes contraintes biotique et abiotique :

1.3.1. Facteurs biotiques

Nous réunissons sous ce terme la totalité des paramètres physico-chimiques ou biologiques qui découlent de l'existence de l'action des êtres vivants, les facteurs biotiques caractérisent donc l'ensemble des influences qu'exercent les êtres vivants entre eux et sur leur milieu. Les facteurs biotiques sont susceptibles d'être classés selon diverses modalités.

Nous distinguerons des facteurs physico-chimiques trophiques, des facteurs propres aux interactions intra spécifique et interspécifique (RAMADE, 2003).

1.3.2. Facteurs abiotique

Un stress abiotique est toute condition environnementale empêche la plante de se développer normalement et de se reproduire (KOTCHONI *et al.*, 2006). Ce stress peut induite par une forte salinité (PARKER *et al.*, 2006), des hautes températures (MAJOUL *et al.* 2004), des basses températures (RENAUT *et al.*, 2004 ; CUI *et al.*, 2005 ; AMME *et al.*, 2006), du déficit hydrique (ALI et KOMATSU, 2006 ; JORGE *et al.*, 2006, GORANTLA, 2007), de la lumière (NAM *et al.*, 2003 ; PHEE *et al.*, 2004), des métaux (REQUEJO et TENA, 2005 ; SARRY *et al.*, 2006), d'un stress oxydatif

(COUEE *et al.*, 2007) de la pollution et du déficit nutritionnel (MUNNE BOSCH et ALEGRE, 2004) ou d'une combinaison entre eux (ALNGRIDGE *et al.*, 2006).

On peut citer quelques types de stress abiotiques qui peuvent affecter les végétaux :

1.3.2.1. Le stress hydrique

C'est l'un des stress environnementaux les plus importants, affectant la productivité agricole autour du monde (BOYER, 1982). Il occupe une très grande place dans les chroniques agro-économiques. Ce même auteur ajoute que ce type de stress représente un problème sérieux qui touche les zones arides et semi-arides, où les précipitations changent d'année en année et où les plantes sont soumises à des périodes plus ou moins longues de déficit hydrique (BOYER, 1982). En effet, on assiste à un stress hydrique, lorsque la demande en eau dépasse la quantité disponible pendant une certaine période ou lorsque sa mauvaise qualité limite l'usage (RAO *et al.*, 2006).

1.3.2.2. Le stress thermique

Pour sa croissance et son développement, chaque plante exige une gamme bien particulière de températures. Elle possède une température optimale qui ne peut se dérouler qu'entre des limites supérieures et inférieures. Lorsque la température avoisine ces limites, la croissance diminue et au-delà, elle s'annule (HOPKINS, 2003).

Le stress thermique est souvent défini quand les températures sont assez hautes ou basses pendant un temps suffisant pour qu'elles endommagent irréversiblement la fonction ou le développement des plantes. La contrainte thermique est une fonction complexe qui varie selon l'intensité (degré de la température), la durée et les taux d'augmentation ou de diminution de la température (OUKARROUM, 2007).

L'élévation de la température provoque une dénaturation des protéines membranaires par la fonte des lipides membranaires qui conduit à la rupture des membranes et à la perte du contenu cellulaire (ABROL et INGRAM, 1997). C'est pour cela, la chaleur demeure un facteur plus néfaste dans les zones sahariennes où les vents chauds et secs affectent la production de gousse et limitent aussi la production et la grosseur des graines (SANTORO *et al.*, 1992). De plus la baisse de la température entraîne le ralentissement de la croissance, voir même une distribution des végétaux exposés (BELHASSEN *et al.*, 1995).

1.3.2.3. Le stress salin

La salinité peut être définie comme étant la quantité globale des sels solubles contenus dans « la solution du sol » (IMALET, 1979). Elle constitue l'un des facteurs abiotiques les plus répandus au niveau de la planète et qui limite fortement les rendements agricoles, notamment dans les régions arides et de semi-arides, où les précipitations sont

limitées et ne sont pas suffisantes pour transporter les sels du profil racinaire des plantes (KHALES et BAAZIZ, 2006 et SCHULZE *et al.*, 2005).

La salinité se produit après l'évaporation de l'eau dans son état pur laissant derrière elle les sels et les autres substances (CARTER, 1975). Elle se produit en raison de l'augmentation des concentrations de ces sels comme le chlorure de sodium (SUN *et al.*, 2007).

2.1. Généralité

La salinité des sols constitue l'un des principaux stress abiotiques qui limite la croissance des plantes cultivées toute en provoquant une baisse du rendement surtout en zone semi-aride ou la concentration en sel de la solution du sol peut atteindre 100 mM (EPSTEIN *et al.*, 1980 ; GREENWAY et MUNNS, 1980, BOYER *et al.*, 1982 ; TANJI *et al.*, 1990 ; ABDELLY *et al.*, 2008 ; MUNNS et TESTER, 2008). Pour des concentrations plus fortes, même la germination peut devenir impossible.

Ce phénomène peut être naturelle ou induite par les activités agricoles comme l'irrigation ou l'utilisation anarchique de certains types d'engrais (BARTELS et NELSON, 1994 ; RUBIO *et al.*, 1995). Chaque année, près de 10 millions d'hectare de terres cultivable sont perdues dans le monde à cause de la salinisation.

La salinité élevée induit plusieurs types de stress à la plante comprenant l'altération de l'absorption des éléments nutritifs, spécialement le K^+ et Ca^{+2} ainsi que l'accumulation des ions toxiques, particulièrement Na^+ , stress osmotique et oxydatif (BELKHEIRI, 2009).

La réponse au sel dépend de l'espèce lui-même, de sa variété, de la concentration en sel, des conditions de culture et du stade de développement (MALLEK, 1989).

La salinisation enregistrée dans les écosystèmes aride et semi-aride résulte de forte évaporation d'eau à partir du sol (MUNNS *et al.*, 2006) et d'une irrégularité et insuffisance du pluviométrie (MEZNI *et al.*, 2002). Elle provient aussi de l'irrigation le plus souvent mal contrôlée (BENNACEUR *et al.*, 2001). Ainsi, les plantes réagissent à ces variations de la salinité dans le biotope, soit pour disparaître ou déclencher des mécanismes de résistance.

2.2. Définition

La salinité est définie comme la présence d'une concentration excessive de sels solubles dans le sol ou dans l'eau d'irrigation (BAIZ, 2000 et MAATOUGUI, 2001). C'est un facteur environnemental très important qui limite la croissance et la productivité agricole (ALLAKHVERDIEV *et al.*, 2000 in BOUZID, 2010). Elle est due essentiellement au chlorure de sodium qui affecte un tiers des terres irriguées à l'échelle mondiale et constitue un facteur limitant prépondérant de la production végétale dans les zones arides (HASEGAWA *et al.*, 1986 in : NDEYE THIORO, 2000). La salinité se produit après l'évaporation de l'eau dans les zones terrestres arides, l'eau du sol se déplace vers la surface, c'est pourquoi les sels s'accumulent dans les couches superficielles du sol (LUTTGE *et al.*, 2000).

2.3. Les types de la salinité

Bien que l'altération des roches et les minéraux primaires soit la principale source de tous les sels. Plusieurs causes sont à l'origine de ce phénomène (MAILLARD, 2001).

2.3.1. Salinisation primaire

Près de 80 % des terres salinisées ont une origine naturelle « édaphique ». Ce type de sol est très fréquent dans les zones arides dû à une évapotranspiration potentielle qui dépasse largement la quantité d'eau arrivée au sol (ANTIPOLIS, 2003).

Selon MERMOUD (2006), la salinisation primaire est dû à la formation des sels pendant l'altération des roches ou à des apports naturels externes :

-) Dans les régions côtières, intrusion de l'eau salée ou submersion des terres basses
-) Inondation périodique par de l'eau de mauvaise qualité
-) Remontée d'une nappe phréatique salée près de la zone racinaire

2.3.2. La salinisation secondaire

Dans les zones à climat aride et semi-aride, la pratique de l'irrigation représente l'une des plus importantes causes de la salinisation secondaire. Cette dernière est induite par l'activité humaine et fréquemment liée à des pratiques agricoles (MERMOUD, 2006). L'irrigation altère le bilan hydrique du sol en générant un apport d'eau supplémentaire, cet apport est toujours associé à un apport de sels. En effet, même une eau douce de la meilleure qualité contient des sels dissous et si la quantité de sels apportée par cette eau peut sembler négligeable, les quantités d'eau apportées au fil du temps entraînent un dépôt cumulé de sels dans les sols qui peut s'avérer considérable (MARLET, 2005).

2.4. Répartition de la salinité

2.4.1. Dans le monde

Les terres arides et semi arides représentent un tiers de la surface du globe. Dans ces zones, la salinité des sols et des eaux d'irrigation est l'un des facteurs limitatifs de la productivité végétale et du rendement agricole (ZID et GRIGNON, 1991 ; BAATOUR et *al.*, 2004). Ces écosystèmes sont caractérisés par une faible et une forte irrégularité des précipitations (MNIF et CHAIEB, 2004 ; REZGUI et *al.*, 2004). Actuellement, 800 millions d'hectares de terres à travers le monde sont affectés par la salinité ; 397 millions ha sont salins et 434 ha sont salins et sodiques (FAO, 2005 in DIEDHIOU, 2006).

Tableau 1 : Superficie affectée par la salinité dans le monde

Régions	Superficie (Million d'hectares)
Afrique	80,5
Europe	50,8
Amérique du Nord	15,7
Amérique du sud	129,2
Asie du sud	87,6
Australie	357,5
Mexique et Amérique centrale	2
Asie centrale et du Nord	211,7
Asie du Sud. Est	20
Total	955

(LASRAM, 1995)

Il est clairement remarquable que la région Est du globe représenté par l'Australie et Asie centrale et du Nord sont les deux zones les plus affectées par ce phénomène.

2.4.2. La salinité en Algérie

Les sols d'Algérie sont caractérisés en général par une conductivité électrique supérieure à 7dS/m et un pourcentage de sodium échangeable qui varie de 5 à 60 % de la capacité d'échange cationique (AUBERT, 1975). D'après OMRANI (1993), les sols salins se situent dans différentes régions. Au Sud, ils se situent dans les chotts Echergui et EL Gharbi ainsi qu'au niveau de la steppe et à Biskra. Au Nord, les région Oranaises sont touchées par ce phénomène comme Messerghine, Sig, Mohammadia, Relizane et Oued Rhiou, ainsi qu'au niveau de Sétif, Constantine et Annaba de la région Est. DAOUD et HALITIM (1994) notent que la salinisation secondaire à la suite de l'irrigation avec des eaux diversement minéralisées a entraîné une extension de la salure dans de nombreux périmètre irrigués.

Tableau 2 : Localisation géographique de la salinité dans certaines wilayas.

Wilaya	Surface agricole utile (SAU)	Surface affectée par la salinité de la SAU (ha)	% de la SAU affectée par la salinité
Ouargla	17390	9850	56,64
Bechar	13250	2249	16,97
Djelfa	67760	6250	9,22
Relizane	241670	20000	8,28
Tébessa	231750	13000	5,61
Biskra	151530	7272	4,80
Khanchela	177900	4480	2,52
Mascara	328740	6475	1,97
Mostaganem	131730	1977	1,50
Cheliff	188620	1490	0,79

(MADR, 1998)

2.5. Eaux d'irrigations

La salinité des eaux constitue un problème majeur dans beaucoup de pays du monde (SZABOLOCS, 1979). Les eaux salines dans la région Saharienne d'Algérie constituent la majorité des sources d'irrigation disponibles, elles sont à ranger dans les classes 3 et 4 (DUBOST, 1994). Leurs effets sur le sol et les végétaux sont d'autant plus nocif que leurs utilisations restent mal étudiées. En revanche, la demande de l'eau douce est constamment en augmentation pour différentes utilisations compétitives ce qui créer une nécessité d'utilisation de l'eau salée en agriculture.

Le recours à l'utilisation de l'eau salée devient de plus en plus une nécessité absolue vu l'absence ou la rareté des ressources d'eau douce dans certaines régions. Le manque d'eau de bonne qualité constitue désormais une contrainte majeure lorsque l'on veut créer de nouveaux périmètres irrigués. L'eau salée sera utilisée en plus à l'avenir à cause de développement de la demande de l'eau d'irrigation. Cependant, les eaux salées peuvent être utilisées en irrigation sur certains sols si des pratiques appropriées de gestion sont appliqués (HAMDY, 1991).

2.6. Principaux sels responsables de la salinité

Les sels proviennent de la combinaison des bases (cation) et des acides (anions). Parmi ces sels, ce sont surtout NaCl, Na₂SO₄, NaHCO₃, CaSO₄, CaCl₂, MgSO₄, MgCl₂ que l'on rencontre dans les sols salifères.

Tous les ions peuvent participer à la salinisation. En pratique, certains sont susceptibles de s'accumuler et d'être à l'origine d'une salinité excessive des terres. En effet, ce sont le sodium (Na⁺), le calcium (Ca⁺²), le magnésium (Mg⁺²), ainsi que le chlorure (Cl⁻), le sulfate (SO₄⁻), carbonate (CO₃⁻) et les bicarbonates (HCO₃⁻) (BENKHETOU, 2003).

2.7. Classification des plantes

La plupart des espèces d'intérêt agronomique sont rangées dans le groupe des glycophytes, plantes dites sensibles au sel parce que leur croissance est diminuée en présence de sel. À l'inverse, un certain nombre de plantes dites halophytes sont naturellement tolérantes au sel et poussent aussi bien voire mieux, dans un environnement salin qu'en condition « normale ». Suivant la production de biomasse des végétaux en présence de sel, deux grands groupes de plantes ont été discernés

2.7.1. Les halophytes

Ce sont des espèces qui peuvent accumuler des sels dans leurs vacuoles au niveau des feuilles pour augmenter leurs pressions osmotiques. Elles fabriquent également des osmoticum (ou osmolytes). Selon CALU (2006), On distingue trois types de cette classe :

- *Les halophytes vrais* : dont la production de biomasse est stimulée par la présence de sels. Ces plantes présentent des adaptations poussées et sont naturellement favorisées par ces conditions (*Salicornia europaea*, *Suaeda maritima* ...)
- *Les halophytes facultatives* : montrant une légère augmentation de la biomasse à des teneurs faibles en sels (*Plantago maritima*, *Aster tripolium* ...).
- *Les non-halophytes résistantes* : supportant de faible concentration de sels (*Hordeum* sp).

2.7.2. Les glycophytes ou halophobes

Ce sont des plantes sensibles à la présence de sel (*Phaseolus vulgaris*, *glycine max*) (CALU, 2006). Elles expulsent activement du Na⁺ au niveau des racines, mais en accumulent dans les vacuoles des feuilles. Pour combattre le stress, les plantes déclenchent plusieurs mécanismes qui les font résistantes avec la formation de nouvelles molécules et des mécanismes moléculaires de tolérance (SUBRAMANYAM et al., 2008).

2.8. Les causes de la salinité

❖ Le fort éclaircissement et les rares pluies dans les régions arides et semi-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.

❖ En raison du besoin accru de distribution de production alimentaire et d'augmentation des sols affectés par salinité. Le phénomène d'invasion marine, qui peut s'étendre sur plusieurs kilomètres à l'intérieur des terres est d'un grand risque pour les régions côtières tributaires des eaux souterraines pour leur approvisionnement en eau. Sous certaines conditions, l'eau salée se propage à l'intérieur des terres et contamine les eaux de la nappe située à proximité de la mer. Par ailleurs, l'invasion des eaux douces par les eaux salées aura pour effet une dégradation des sols et une salinisation par suite des irrigations avec ces eaux.

En Algérie, ce problème s'est peu posé dans le passé mais durant les dernières années, on a décelé des intrusions des eaux marines dans les nappes côtières d'Annaba et d'Oran (phénomène analogue au niveau de la sebkha). L'exploitation intensive et anarchique des nappes par l'agriculture a créé localement des problèmes de pollution et de dégradation du sol.

2.9. Effets de la salinité

La salinité provoque le plus souvent un retard dans le développement (GILL, 1979 ; ELMEKKAOUI, 1990 et BOUKACHABIA, 1993), particulièrement la hauteur, le diamètre des tiges des différentes espèces, ainsi que la grosseur des fruits diminuent d'une façon importante avec l'augmentation de la salinité : c'est le cas du riz (KHAN et *al.*, 1997) et de la pomme de terre (BOUAZIZ, 1980 in BABA- SIDI- KASSI, 2010).

2.10.1. Effet de la salinité sur la physiologie des plantes

2.10.1.1. L'effet sur la germination

La germination est régulée par des caractéristiques génotypiques mais aussi par les conditions environnementales et en particulier par la disponibilité de l'eau dans le sol et la présence de sel (GUTTERMAN, 1993 in NDOUR et DANTHU, 2000). Ainsi, la germination des graines est le stade le plus sensible aux stress salin et hydrique (BOULGHALAGH et *al.*, 2006). On peut considérer que la plupart des plantes sont plus sensibles à la salinité durant leurs phases de germination et de levée (MAILLARD, 2001)

Plusieurs auteurs ont montré un retard de la germination causé par la salinité chez plusieurs espèces (NDOUR et DANTHU, 2000 ; BOUGHALAGH *et al.*, 2006, BENATA *et al.*, 2006), même chez des plantes halophytes (DEBEZ *et al.*, 2001 ; BAJJI *et al.*, 2002 ; BELKHOJA et BIDAI, 2004 ; et RAHMOUNE *et al.*, 2008).

Des travaux effectués sur des halophytes ont montré que l'effet inhibiteur du NaCl sur la germination serait essentiellement de nature osmotique, le sel empêchant l'imbibition de la graine (KATEMBE *et al.*, 1998 in DEBEZ *et al.*, 2001). La germination des plantes, qu'elles soient halophytes ou glycophytes, est affectée par la salinité. Selon l'espèce, l'effet dépressif peut être de nature osmotique ou toxique :

* **Effet osmotique** se traduit par l'inaptitude des graines à absorber des quantités suffisantes en eau pour les ramener à leur seuil critique d'hydratation, nécessaire au déclenchement du processus de germination.

* **Effet toxique** est liée à une accumulation cellulaire de sels qui provoquent des perturbations des enzymes impliquées dans la physiologie des graines en germination, empêchent la levée de dormance des embryons et conduisent à une diminution de la capacité de germination (REJILI *et al.*, 2006).

2.10.1.2. Effet de salinité sur la croissance

La tolérance d'une culture à la salinité est une valeur relative basées sur les conditions de croissance de cette culture, la résistance au sel dépend de la complexité anatomique et physiologique de la plante (ZHU, 2001). Le NaCl peut augmenter la croissance et le développement des plantes, mais à un certain taux, le sel peut nuire et endommager la croissance et le développement des plantes à cause du changement du potentiel osmotique, du déséquilibre et la toxicité ionique dans les cellules (GUERRIER, 1983). En présence des conditions salines, une diminution dans la croissance de l'appareil végétatif aérien et une stimulation du développement racinaire ont été observées. Des irrigations avec une eau contenant 8 g/l de sel provoquent une réduction de biomasse aérienne (hauteur et surface foliaire) de certaines variétés de blé (M'BAREK *et al.*, 2001). L'accumulation de sel dans les tissus de plantes au-dessus de la normale va causer une certaine inhibition du rendement (LAUCHLI et EPTEIN, 1990 et HIGAZY *et al.*, 1995).

2.10.2. L'effet de la salinité sur la morphologie des plantes

2.10.2.1. Effet sur les racines et tiges

Le volume occupé par les racines d'une plante dans le sol à une grande importance pour l'absorption de l'eau. Les racines du blé s'enfoncent à 50 cm dans un sable, mais atteignent 1 m dans un limon. Dans un fort tempéré, l'espace racinaire affecté des arbres ne dépasse pas 1 m pour l'absorption de l'eau. En général, les racines superficielles peuvent vaincre des tensions de succion supérieures et se procure de l'eau même dans un sol sec. Pour MORANT (1998), les racines de tomates ne sont pas affectées par 100 mM de NaCl, alors que la croissance de la tige décroît de 50 %. En stress salin, les racines RETAMA RETAM traitées à des doses 50 à 300 meq/l de NaCl ne sont que légèrement affectées par rapport aux tiges avec une petite variation en longueur. L'impact de la salinité ne se manifeste qu'à partir de 6 g /l (ELMEKKAOUI, 1987).

2.10.2.2. Effet sur les feuilles

Un jaunissement apparaît sur les jeunes feuilles en présence de la salinité dans le milieu de culture. Il peut se former des décolorations ou des brûlures dues à la toxicité des sels à fortes doses (CHERFAOUI, 1997 in ZIZNI, 2001). Les chercheurs ont constaté que la surface foliaire est réduite sous stress salin (BENACEUR *et al.*, 2003).

2.10.1.3. Effets de la salinité sur la photosynthèse

La salinité réduit la croissance et la photosynthèse de la plante, cette réduction est due aux effets complexes d'interactions osmotiques, ioniques et nutritionnelles (BINAIRE, 1997 in RÄSÄNEN, 2002). Toutefois, comme cette croissance diminue plus tôt que la photosynthèse et, à long terme, elle décline d'avantage que cette dernière ; il a alors considéré que l'accumulation de carbone par les plantes serait affectée par la salinité à cause d'une réduction de l'indice foliaire plutôt que du taux de la photosynthèse.

La présence de chlorure de sodium dans le sol a généralement pour effet de réduire. L'intensité de la transpiration des glycophytes et de nombreux halophytes en l'absence de toute diminution de la turgescence. GREENWAY et MUNNS (1980), suggèrent que la salinité affecte en premier lieu la croissance de la plante puis la photosynthèse, causant suite aux phénomènes de « feed-back » une réduction de la capacité photosynthétique.

Particulièrement chez les glycophytes, la présence continue de NaCl dans le milieu de culture entraîne une augmentation d'une part de l'épaisseur des limbes (ce qui deviendrait un élément limitant dans la porosité stomatique) et d'autre part des vitesses d'ouverture des stomates.

2.11. Les mécanismes d'adaptations au stress salin

2.11.1. Compartimentation vacuolaire

La compartimentation est la stratégie la plus efficace pour éviter la toxicité de Na^+ sur des sites métaboliques dans le cytoplasme (JEBNOUNE, 2008). La plante utilise en effet le sel pour ajuster la pression osmotique de ses cellules. Elle capte le sel qui parvient aux feuilles, au même titre que l'eau, par le mouvement ascendant de la sève dans les vaisseaux. A l'intérieur des cellules, le sel est alors stocké dans les vacuoles grâce à des systèmes de "pompes" moléculaires. Les vacuoles étant des compartiments fermés au sein de la cellule ; le sel est ainsi isolé dans des constituants cellulaires vitaux (SENTENAC et BERTHOMIEU, 2003 in BOUCHOUKH, 2010).

2.11.2. Exclusion - inclusion

La capacité d'une plante à compartimenter Na^+ au niveau cellulaire entraîne une différence de gestion du Na^+ au niveau de la plante entière. On peut distinguer deux comportements des plantes vis à vis du sel, les comportements dites « inclure » et « exclure ». Ces stratégies caractérisent des comportements types mais qui ne s'excluent pas mutuellement (Levigneron et *al.*, 1995).

Les mêmes auteurs indiquent plantes que les « exclure » sont généralement sensibles à la salinité et sont incapable de contrôler le niveau de Na^+ cytoplasmique. Cet ion est transporté dans le xylème, véhiculé vers les feuilles par le courant la transpiration, puis en partie « ré-circulé » par le phloème pour être ramené vers les racines. Au contraire, les plantes « inclure » résistantes au NaCl , accumulent le Na^+ dans les feuilles ou il est séquestré (dans la vacuole, l'épiderme foliaire, les limbes âgés ...). Il faut noter cependant que les plantes de type « exclure » accumulent également le Na^+ dans la vacuole des cellules racinaires et de la tige. Bien entendu ces deux types de comportement sont extrêmes, et une espèce donnée peut intégrer des comportements caractéristiques de l'un et de l'autre des deux types de stratégie « inclure » et « exclure ».

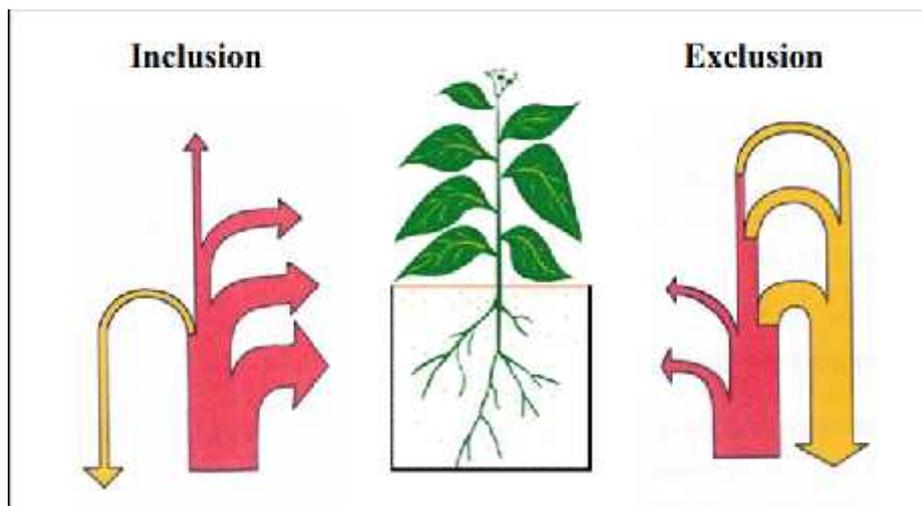


Figure 1 : Illustration des stratégies « Inclusion » et « Exclusion » (D'après Levigneron *et al.*, 1995).

2.11.3. Ajustement osmotique

Face à l'augmentation des forces de rétention de l'eau dans un sol en cours de dessiccation, un ajustement osmotique peut se manifester, mais à des degrés variables, chez la plupart des végétaux. Les métabolites impliqués dans cet ajustement sont assez variés. Ces solutés ont des propriétés physiques et biologiques compatibles, même à forte concentration, avec les fonctions métaboliques (TAHRI *et al.*, 1998). L'un des principaux caractères physiologiques de tolérance aux contraintes du milieu est l'ajustement osmotique. Celui-ci est réalisé grâce à une accumulation de composés osmorégulateurs conduisant à une réduction du potentiel osmotique permettant ainsi le maintien du potentiel de turgescence.

L'accumulation de ces composés a été mise en évidence chez plusieurs espèces végétales soumises à la contrainte saline. Cette accumulation varie dans de larges proportions suivant l'espèce, le stade de développement et le niveau de la salinité. Les différences d'accumulation des solutés (Acides aminés libres, proline et sucres solubles totaux) entre les plantes témoins et les plantes soumises au stress salin sont très importantes (EL MIDAOUÏ *et al.*, 2007). L'ajustement osmotique apparaît aujourd'hui comme un mécanisme majeur d'adaptation aux stress ionique et osmotique qui s'expriment par la capacité d'un végétal à accumuler, au niveau symplasmique et de manière active des ions tels que les K^+ , Na^+ et Cl^- des composés organiques tels les sucres solubles (fructose, glucose, tréhalose, raffinose, fructanose) et certains aminoacides (proline, glycine bêtaïne, β -alaninebêtaïne, prolinebêtaïne).

Parmi les acides aminés pouvant être accumulés, la proline représente l'une des manifestations les plus remarquables des stress hydriques et osmotiques. Son rôle d'osmotique a été rapporté par de nombreux auteurs. L'accumulation de la proline, induite par les stress, peut être le résultat de trois processus complémentaires : stimulation de sa synthèse, inhibition de son oxydation et/ou altération de la biosynthèse des protéines.

2.11.4. Synthèse et accumulation de la proline

La proline désignée généralement sous le nom de soluté compatible chez les eubactéries, les algues, et les plantes supérieures. L'accumulation de la proline est due principalement à un taux réduit du catabolisme, et finalement aux systèmes de transport spécifiques qui diffusent la proline aux endroits de besoin. Deux voies possibles de la synthèse de proline ont été démontrées chez les plantes. La première utilisant le glutamate et la deuxième emploie l'ornithine comme précurseur (BOUZID, 2010).

La dégradation de proline chez les plantes a lieu dans des mitochondries et est catalysée par la proline déshydrogénase (Pro DH), également appelée proline oxydase. Une diminution dans le niveau de Pro DH ARN m et de l'activité de Pro DH a pour conséquence l'accumulation de la proline (MESSEDI, ABDELLY, 2004).

La proline et les sucres solubles se sont significativement accumulés dans les feuilles sous l'effet du sel. Ils participeraient aux phénomènes d'ajustement osmotique. Le stress salin a provoqué une désorganisation des membranes thylakoïdiennes et une accumulation de globules lipidiques au niveau du stroma (BEN KHALED, MORTE GÕMEZB, HONRUBIAB, OIHABIA, 2003).

2.11.5. Régulation de la croissance

Maintenir une croissance racinaire constitue un caractère adaptatif dans un environnement de faible disponibilité en eau tel que le milieu salin. L'allongement racinaire peut être dû à une augmentation d'activité des enzymes impliquées dans la construction du cytosquelette : par exemple la xyloglucan endo-transglycosylase (WU et *al.*, 1994). L'autre cause peut être l'accumulation de proline (OBER et Sharp, 1994). Ces deux actions sont régulées par l'acide abscissique (ABA), qui est induit par le stress salin (JIA et *al.*, 2002). Ainsi chez le maïs, l'élongation racinaire est inhibée par la présence d'un inhibiteur de biosynthèse d'ABA.

3.1. Généralité

Les céréales constituent une part importante des ressources alimentaires humaines et animales (KARAKAS et *al.*, 2011). Parmi ces céréales, le blé dur (*Triticum durum* desf) compte parmi les espèces les plus anciennes. Elle constitue presque la totalité de la nutrition de la population mondiale est fournie par les aliments en grains dont 95% sont produits par les principales cultures céréaliennes (GREENWAY et MUNNS, 1980 ; BONJEAN et PICARD, 1990).

Il s'agit d'une graminée annuelle de hauteur moyenne et dont le limbe des feuilles est aplati. L'inflorescence en épi terminal se compose de fleurs parfaites (SOLTNER, 1998).

3.2. L'origine de blé

Le blé est cultivé principalement dans les pays du bassin Méditerranéen à climat des régions arides et semi-arides là où l'agriculture est dans la plus mauvaise passe. Elle se caractérise par l'augmentation de la température couplée à la baisse des précipitations, en plus la désertification et la sécheresse tuent les sols agricoles (ABELEDO et *al.*, 2008). Cette culture a plusieurs origines qui sont classées comme suivant

3.2.1. Origine génétique

Les blés constituent le genre *Triticum* qui comporte un certain nombre d'espèces sauvages et d'espèces cultivées

3.1.1.1. Allopoloïdie : elle joué un rôle fondamental dans l'évolution des plantes en permettant l'apparition des nouveaux types qui n'ont souvent que de lointains rapports avec les espèces qui leurs ont donné naissance (PREVOST, 197). De plus leur constitution chromosomique, BOYELDIEU (1980) ; SIMON et *al.*, (1989) distinguent l'existence de trois sous-groupes de céréales :

3.1.1.2. Le groupe diploïde ($2n=14$ chromosomes) ou engrain *Triticum beoticum*.
Triticum monococcum ;

3.1.1.3 Le groupe tétraploïdes ($2n=28$ chromosomes) ou groupe de *Triticum dicoccum* (amidonier) ; on distingue :

-) *Triticum diccocoïdes* ou amidonnier sauvage ;
-) *Triticum turgidum* ou blé poulard ;
-) *Triticum polonicum* ou blé de Pologne ;
-) *Triticum durum* ou blé dur.

3.1.1.4. Le groupe hexaploïdes ($2n = 42$) ou groupe de *Triticum spelta* (épeautre) ; on distingue :

) *Triticum vulgare* ou blé tendre.

) *Triticum compactum* ou blé hérisson.

Selon PREVOST (1976), les blés à 28 chromosomes sont des allo-tétraploïdes possédant les génomes A et B.

PREVOST (1976) et GRIGNAC (1978), soulignent l'origine hybride des tétraploïdes dont le blé dur (*Triticum durum*), ceux-ci proviendraient du croisement suivi du doublement des chromosomes entre *Triticum monococcum*, apportant le génome A, et *Egilops Speltoïdes* apportant le génome B.

Une telle hybridation aurait donné naissance au *Triticum diccocoïdes* qui serait diversifié en *Triticum diccoccum* et *Triticum durum* (MOULE, 1980).

3.2.2. Origine géographique

Selon FEILLET (2000) les blés cultivés sont apparus, il y a une dizaine de milliers d'années en Mésopotamie. Cependant, des recherches archéologiques ont montré que la domestication des différentes espèces de blé par l'homme du néolithique s'est faite à l'intérieur du centre de répartition géographique des ancêtres sauvages de blé dans une zone appelée croissant fertile (JAHIER et al., 2006).

D'après VAVILOV cité par AURIAU (1980), Les trois groupes d'espèces du genre *Triticum* auraient trois centres d'origine distinctes :

- ✓ Groupe des diploïdes il est d'origine le foyer syrien et le nord palestinien ;
- ✓ Groupe des tétraploïdes il est d'origine de l'abyssine (Ethiopie).
- ✓ Groupe des hexaploïdes dont le centre d'origine est le foyer Afghano-indien.

Chaque centre secondaire donna naissance à des groupes de variété botanique à la caractéristique morphologique et physiologique (MONNEVEUX, 1991).

Selon HAMED (1979), le centre d'origine du blé est le Tigre et l'Euphrate (l'actuel Irak), puis l'espèce s'est étendue en Egypte, en Chine, en Europe et en Amérique.

3.3. Classification botanique

Le blé dur (*Triticum durum* Desf) est une plante herbacée, annuelle de la classe des Monocotylédones qui est appelé aussi céréale à paille appartient à la famille des *Poaceae* (Graminées), genre *Triticum*. Cette famille comprend 600 genres et plus de 5000 espèces.

Une classification détaillée et mentionnée ci- dessous (FEILLET, 2000).

) **Embranchement** : *Angiospermes*

) **Sous embranchement** : *Spermaphytes*.

) **Classe** : *Monocotylédones* .

-) **Ordre** : *Glumiflorales*.
-) **Super ordre** : *Comméliniflorales*.
-) **Famille** : *Graminea et /ou Poaceae*.
-) **Tribu** : *Triticeae*.
-) **Sous tribu** : *Triticineae* .
-) **Genre et espèce** : *Triticum durum Desf.*

3.4. Quelques variétés du blé dur

Actuellement, les producteurs cultivent plusieurs variétés de blé, les plus utilisés sont

3.4.1. Variété Khiar

C'est une variété caractérisée par une paille mûre blanche, creuse à parois minces, hauteur moyenne de 80 cm, barbe noirâtre, grain ambré clair, court et étroit. L'épi de cette variété est fertile, ce qui lui donne l'avantage d'être efficace du point de vue de l'utilisation de l'eau. Cette variété est résistante aux maladies cryptogamiques, à la verse et elle est productive en terre fertile (MALLEK-MAALEJ, et *al.*, 2004).

3.4.2. Variété Razzak

C'est une variété provenant du croisement Karim par la lignée PM x 69- 331 x AA « S ». Elle est caractérisée par un épi blanc, presque cylindrique, compact à glumes velues, elle a une bonne fertilité, une barbe noirâtre et une hauteur moyenne de 70 à 80 cm. Ses caractéristiques physiologiques montrent qu'elle est moins précoce que Karim (10 à 13 jours). Elle a une très bonne résistance à la verse, un bon tallage et une bonne résistance aux maladies (HAMZA, 1967).

3.4.3. Variété Mohamed Ben Bechir

C'est une variété algérienne très appréciée sur les hauts plateaux de l'Est algérien. Cette variété est comparativement aux autres, très précoce, à paille courte moyennement sensible à la verse, aux maladies et à l'échaudage. Elle a une bonne résistance à la rouille jaune (MAAS, 1986).

3.4.5. Variété Oum Rabia

C'est une variété demi-précoce, à paille moyenne à haute (100 à 110 cm), moyennement résistante aux maladies cryptogamiques. Son épi est blanc et à barbe blanche, cassante à maturité. Elle est productive en conditions favorables. Sa production peut atteindre les 58-60 Qx/ha. (TOURAINÉ et AMMAR, 1985)

3.4.6. Variété Karim

C'est une variété de hauteur moyenne de 90 cm et une précocité moyenne, adaptée aux zones favorables et aux zones irriguées. Elle résiste à la verse, à l'oïdium, elle tolère la rouille brune et la séptoriose. Cependant cette variété est sensible à la cécidomye (MRANI ALAOUI et *al.*, 2013).

3.5. La culture de blé

3.5.1. Situation de la culture de blé dans le monde

Le blé dur est cultivé dans diverses régions du monde, occupant une superficie de 14,4 millions d'hectares, avec une présence plus importante dans le nord de l'Amérique, la Russie et le pourtour du bassin méditerranéen, où il est pratiquement conduit sous régime pluvial. Près de 50% des superficies mondiales emblavées, soit 7,6 millions d'hectares, sont mises en place dans les pays méditerranéens qui sont le Maroc, l'Algérie, la Tunisie, la Syrie, la Turquie, la Grèce, l'Italie et la France (tableau 3).

Tableau3 : Superficie mondiales emblavées en blé dur (x1000 hectares) de 1994-2005

	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Algérie	683	1175	1585	590	1600	889	544	1112	1351	1318	1369	1000
Argentine	42	55	83	81	73	70	68	47	39	47	57	54
Australie	40	55	80	100	175	175	175	175	116	200	200	200
Autriche	10	10	11	12	17	20	16	12	13	15	15	15
Canada	2266	2125	2064	2212	2914	1769	2614	2036	2246	2459	2141	2200
France	235	229	270	264	296	327	338	306	335	353	406	415
Allemagne	11	8	8	7	7	12	9	5	5	4	8	8
Grèce	480	450	450	470	550	425	450	450	400	400	500	500
Inde	750	770	750	750	450	450	450	450	500	350	450	450
Italie	1527	1623	1628	1665	1607	1691	1663	1664	1733	1690	1870	1450
Mexique	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230	240
Maroc	1336	800	1250	972	1127	1078	1079	977	882	1093	1111	1050

Chapitre 3 : Généralité sur la culture de blé

Portugal	21	26	26	27	27	73	139	134	185	150	145	120
Russie	2000	2000	1800	1600	1400	1200	1000	1000	2100	1000	1000	1000
Espagne	610	450	648	644	625	500	868	883	925	907	910	850
Syrie	1100	1100	1200	130	130	800	900	883	832	880	830	830
Tunisie	400	560	900	600	600	670	600	630	600	700	830	750
Turquie	750	800	900	1100	1100	1100	1100	900	1100	1100	1100	1100
USA	1099	1358	1439	1286	1509	1444	1446	1129	1096	1161	956	993

(USDA-Canda Grains Council, 2009)

Les superficies mondiales de blé dur ont tendance à régresser, alors que la production progresse significativement, oscillant entre 26 et 33 millions de tonnes au cours de la période 1994- 2005 (Tableau 3) .Les productions de 2006, 2007,2008 et 2009 ont été, respectivement de 35,8 ; 35 ; 38,5 et 38 millions de tonnes (USDA-Canda Grains Council, 2009).

3.5.2. Situation de blé en Algérie

La culture du blé dur occupe chaque année près de 1,1 million d'hectares dans un système où domine la rotation jachère céréale (FELIACHI, 2002). Les besoins nationaux, ont évoluée de 19,5 à 95 ,0 millions de quintaux de 1961 jusqu'au début des années 2000 (HERVIEU et *al.*, 2006). Avec l'augmentation de la population, on note une forte pression de la demande qui est satisfaite par les importations massives. Au niveau du marché international, les prix ont chuté, passant de 900 à 210 Dollar/tonne en 2008 à 2009 respectivement. Les prix payés, aux producteurs américains, varient entre 140 et 150 SUS/t (USDA - Canada Grains Council, 2009).

Actuellement le pays se classe au première range mondiale pour la consommation des céréales avec une moyenne dépassant largement les 200 kg/hab/an (Tableau 4) (FAO, 2007). La croissance démographique, le changement du modèle de consommation et le soutien des prix des produits de base, ont fait que le volume des céréales consommées a augmenté de 427% entre 1961 et 2003, passant de 1,2 à 6,4 million de tonnes (FAO, 2005).

Tableau 4 : Variation des superficies, production et rendement des céréales de la période 1950-2004.

Décennies	Superficie (1000000 ha)	Production (1000000 q)	Rendement (Qx/ha)
1950-1959	3,2	20,7	6,4
1960-1969	2,7	15,6	5,8

1970-1979	3,0	18,6	6,3
1980-1989	2,7	19,5	7,3
1990-1999	2,5	23,1	9,1
1999-2000	1,1	9,3	8,8
2000-2001	2,4	25,4	10,6
2001-2002	1,8	19,5	10,6
2002-2003	2,9	42,6	14,7
2003-2004	3,0	40,3	13,4

(MADR, 2006 ; FAOSTAT, 2008).

3.6. Les caractères morphologiques

3.6.1. La graine

Elle est constituée de 3 grandes parties : le germe, l'albumen et les enveloppes

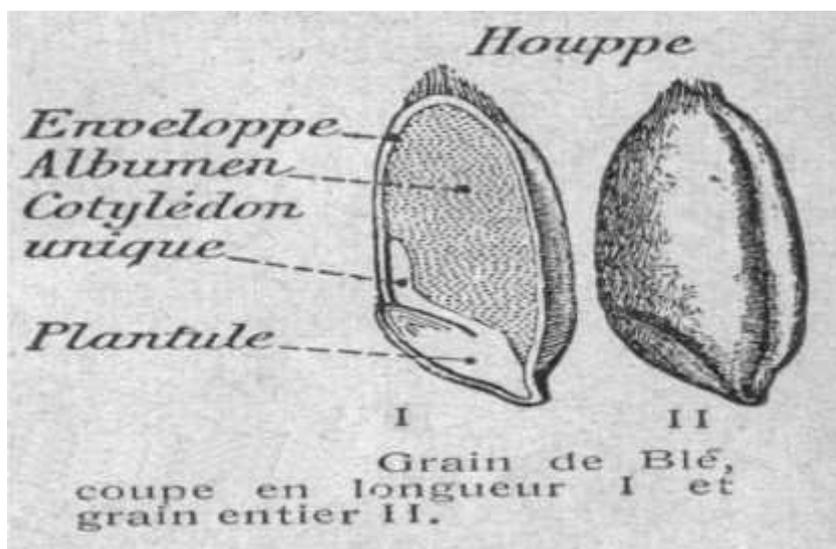


Figure 3 : L'anatomie du grain de blé (CLAIRE et *al.*, 2013).

3.6.1.1. Le germe

Elle provient de la fusion des gamètes mâles et femelles. Il est constitué d'une part, de l'axe embryonnaire qui donnera la tigelle, la mésocotyle et la racicule et d'autre part du scutellum qui donnera le cotylédon (EVERS et MILLAR, 2002 ; SURGET et BARRON, 2005). Le germe est la partie du grain où le taux d'humidité et la concentration en lipides sont les plus importantes (POMERANZ, 1988). Les protéines dans le germe sont des albumines et globulines et représentent environ 35% de la matière sèche.

3.6.1.2. L'albumen ou amonde

Il joue un rôle essentiel dans la composition de la semence. Il représente la réserve et que ne sera complètement utilisé qu'au moment de la germination. Il est constitué par des grains d'amidon enchâssés dans le réseau d'un corps azoté, le gluten (BELAID, 1986).

3.6.1.3. Les enveloppes de graine

Les enveloppes l'amande est protégée par des enveloppes qui constituent la partie externe de la semence. Elles ont pour origine des téguments de l'ovule, la paroi de l'ovaire des restes de pièces florales ou de bractées (BELAID, 1986).

3.6.2. Appareil végétatif

Elle est constituée de deux parties, l'une aérienne et l'autre racinaire.

3.6.2.1. Système aérien qui est formé de la tige issue du caryopse et des talles partant du plateau de tallage. La tige ou chaume est constituée d'entre-nœuds séparés par des nœuds ou zones méristématiques à partir desquelles s'allongent les entre-nœuds et servent comme point d'attache des feuilles. Les feuilles sont alternées, comportant chacune une portion supérieure et une portion inférieure correspondant respectivement au limbe et à la gaine (HUBERT, 1998 ; JOUVE et DAOUDI, 2001).

3.6.2.2. Système racinaire

Il est de type fasciculé, deux systèmes se forment au cours du développement de la plante :

) **Un système primaire (racines séminales)**

Selon GRIGNAC (1965), le système racinaire fonctionne de la germination à la ramification de la plante c'est-à-dire au tallage. Ces racines sont d'origines embryonnaires cependant associés dans le grain aux différents parties de l'embryon ce sont :

- ✓ Une racine principale résultant de l'allongement de la radicule ;
- ✓ Deux paires de racines latérales ;
- ✓ Une racine épiblastique.

) **Système secondaire (racines adventives)**

C'est un système de racines coronaires ou système de racines de tallage. Il se forme dès le tallage et se substitue parallèlement au système séminal (HAZMOUNE, 1994 ; HAMADACHE, 2001)

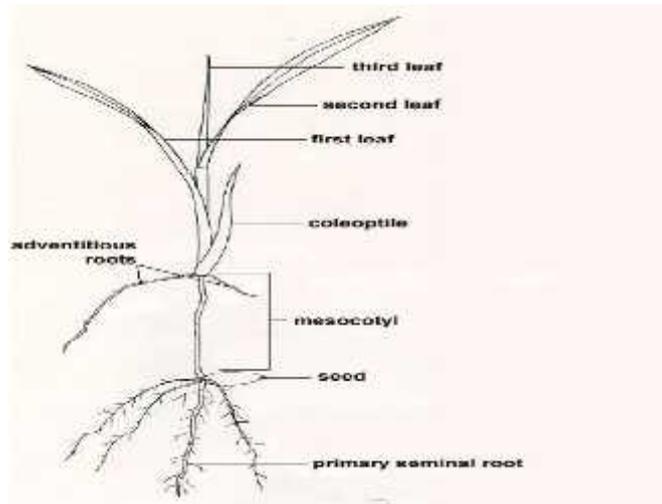


Figure 4 : Appareil végétatif du blé (CLAIRE et *al.*, 2013).

3.6.3. Appareil reproducteur

3.6.3.1. Fleurs

Elles sont regroupées en inflorescence correspondant à l'épi dont l'unité morphologique de base est l'épillet constitué de grappe de fleurs enveloppées de leurs glumelles et incluses dans deux bractées appelées les glumes (inférieure et supérieure) (GATE, 1995).

3.6.3.2. Epi

Il est issu du bourgeon du plateau de tallage dès la fin de tallage, il commence à s'élever dans la tige à mesure que celle-ci s'allonge, ce qui constitue la montaison. Lorsque le développement de la tige est terminé. Il est enveloppé dans la dernière feuille et après quelques jours on peut étudier sa structure en détail (PARTS et *al.*, 1971). L'épi comporte une tige pleine ou rachis coudée et étranglée à intervalles régulière et portant alternativement à droite et à gauche un épillet.

3.6.3.3. L'épillet

Il est attaché directement sur le rachis et il ne comporte pas de pédoncule. Les épillets se recouvrent étroitement les uns des autres-chaque épillet contient plusieurs fleurs plus au moins complètement développées, de la même façon, on trouve encore deux ou trois fleurs complètement développées (PARTS et *al.*, 1971).

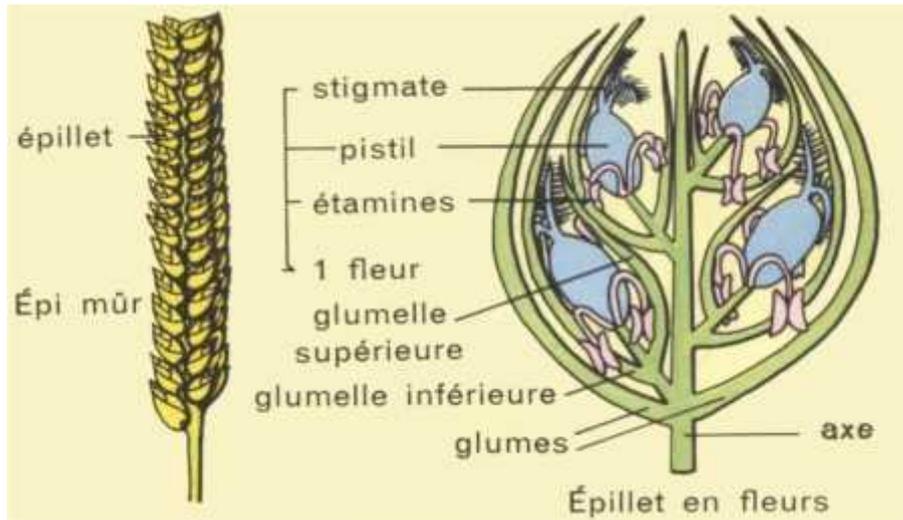


Figure 5 : La fleur du blé (CLAIRE et *al.*, 2013).

3.7. Le Cycle végétatif du blé dur

3.7.1. Germination et levée

La germination de la graine se caractérise par l'émergence du coléorhize donnant naissance à des racines séminales et de la coléoptile qui protège la sortie de la première feuille fonctionnelle. La levée se fait réellement dès la sortie des feuilles à la surface du sol. Au sein d'un peuplement, la levée est atteinte lorsque la majorité des lignes de semis sont visibles (GATE, 1995). Durant la phase semis levée, l'alimentation de la plante dépend uniquement de son système racinaire primaire et des réserves de la graine. Les principaux facteurs édaphiques qui interviennent dans la réalisation de cette phase sont, la chaleur, l'aération et l'humidité (ELIARD, 1979). Les caractéristiques propres à la graine comme la faculté germinative et la quantité de réserves jouent aussi un rôle déterminant.

En effet, les plus grosses graines lèvent les premières et donnent des plantules plus vigoureuses (MASLE-MEYNARD, 1980). De plus la composition des réserves (teneur en protéines) agit favorablement sur la vitesse de la germination-levée (EVANS et RAWSON, 1975).

3.7.2. Tallage

La production de talles commence à l'issue du développement de la troisième feuille (MOULE, 1971). L'apparition de ces talles se fait à un rythme régulier à celui de l'émission des feuilles. A partir des bourgeons situés à l'aisselle des talles primaires initiées à la base du brin maître, les talles secondaires peuvent apparaître et être susceptibles d'émettre des talles tertiaires. Le nombre de talles produites dépend de la variété, du climat, de l'alimentation minérale et hydrique de la plante, ainsi que de la densité de semis (MASLE-MEYNARD, 1980).

La nutrition minérale notamment azotée est faible jusqu'au stade 2-3 feuilles car elle est satisfaite par les ressources de la graine et l'azote minéral présent dans le sol. Le facteur nutritionnel peut modifier la vitesse du tallage herbacé, la durée du tallage et le nombre de talles (AUSTIN ET JONES, 1975). Quand le tallage est excessif, les besoins en eau sont très importants, alors que la plupart des talles restent stériles. La fin du tallage représente la fin de la période végétative, elle marque le début de la phase reproductive, conditionnée par la photopériode et la vernalisation qui autorisent l'élongation des entre-nœuds (GATE, 1995).

7.3. Montaison-Gonflement

Elle se manifeste, à partir du stade épi à 1 cm, par l'élongation du premier entre-nœud. Ce stade est repérable une fois l'ébauche de l'épi du brin-mâitre atteint 1 cm de hauteur à partir de la couronne ou plateau de tallage (GATE, 1995). Ce stade est sensible aux basses températures variant entre 0 et +4°C. Selon BALDY, (1984), la montaison constitue la phase la plus critique du développement du blé. Tout stress hydrique ou thermique au cours de cette phase réduit le nombre d'épis montants par unité de surface.

Cette phase s'achève une fois l'épi prend sa forme définitive à l'intérieur de la gaine de la feuille étendard qui gonfle (stade gonflement).

3.7.4. Epiaison-floraison

Une fois l'épi émerge de la gaine de la feuille étendard, c'est le stade épiaison, au cours duquel la formation des organes floraux se termine. La floraison débute 4 à 5 jours plus tard. Durant la floraison, les fleurs demeurent généralement fermées (fleurs cléistogames), et les trois anthères éclatent et libèrent le pollen (anthèse). Les fleurs s'ouvrent rarement avant la libération du pollen. La floraison dure de trois à six jours, selon les conditions météorologiques. Elle débute au centre de l'épi, puis se poursuit vers les deux extrêmes de l'épi. La durée de réceptivité du stigmate de blé dépend de la variété et des conditions du milieu, mais se situe entre 3 à 13 jours. Une fois fécondée, l'ovaire grossit rapidement. Au bout de deux semaines après la fécondation, l'embryon est physiologiquement fonctionnel et peut produire une nouvelle plantule (BOZZINI, 1988).

3.7.5. Remplissage et la maturation du grain

Elle correspond à l'élaboration de la dernière composante constitutive du rendement qui est le poids du grain, suite à la migration des substances glucidiques produites par la feuille étendard et stockées dans le pédoncule de l'épi (GATE, 2003). Elle exige la chaleur et un temps sec, elle se fera sitôt en plusieurs étapes, la maturité laiteuse (le grain contient

encore 50% d'humidité et le stockage des protéines touche à sa fin), la maturité physiologique (le grain a perdu en humidité et l'amidon a été constitué), la maturité complète (la teneur en humidité atteint environ 20 %), le grain est mûr et prêt à être récolté, c'est alors la période des moissons.

3.8. Exigence de la culture de blé

3.8.1. Température

La température à partir de laquelle un blé germe et pousse est de 0°C ; cependant l'optimum se situe entre 20 et 22°C. Une température élevée est favorable au développement et à la croissance (SIMON *et al.*, 1989). BALDY (1992), ajoute que les fortes températures provoquent une levée trop rapide et parfois un déséquilibre entre la partie aérienne et la partie souterraine. Les températures entre 25 et 32°C défavorisent l'allongement racinaire et l'optimum se situe entre 5 et 12°C. MEKHLOUF *et al.*, (2001), situent les exigences en température pour les différents stades de développement du blé de la manière suivante :

- ✓ **Stade levée** : la somme des températures = 120 °C.
- ✓ **Stade tallage** : la somme des températures = 450 °C.
- ✓ **Stade plein tallage** : la somme des températures = 500 °C
- ✓ **Stade épi 1 cm** : la somme des températures = 600 °C.

3.8.2. Eau

C'est un facteur de l'environnement qui influence la quasi-totalité des réactions physiologiques des végétaux. La culture du blé convient dans les zones à pluviométrie comprise entre 400 et 600 mm. Les besoins en eau du blé dur sont plus importants entre les stades de développement-montaison et remplissage des grains (ITGC, 2013).

3.8.3. Fertilisation

En particulière, dans les zones arides, l'amélioration de la fertilité et de la structure du sol peut être intégrée à travers des pratiques adéquates de la rotation des cultures.

3.8.3.1. Azote

Une bonne alimentation en azote est importante pour la culture de blé dur pour maîtriser le mitadinage, dû à un déséquilibre entre l'eau et l'azote qui déprécie la qualité du grain et affecte son rendement semoulier. En général, il est recommandé d'apporter 92 unités/ha d'azote en zone de plus de 600 mm de pluviométrie et 46 unités/ha en zone de

400 à 600mm. La dose totale est fractionnée en deux temps 1/3au tallage (stade épi 1 cm du blé). (ITGC, 2013)

3.8.3.2. Fumure phospho-potassique

D'après GRANDCOURT et PRATS (1971), l'absorption du phosphore est liée à celle d'azote dont elle compense les effets en constituant un squelette résistant à la verse.

Le phosphore est d'autre part, un facteur de précocité. Il accélère la maturation après avoir augmenté la fécondité ce qui agit positivement sur le rendement. Pour le potassium c'est durant la période végétative que les besoins sont élevés. Après la floraison, les besoins diminuent. Selon GRANDCOURT et PRATS (1971), le potassium améliore la résistance au froid et aux maladies cryptogamiques. Egaleme nt il facilite la migration des glucides vers les grains ainsi que la transformation de l'azote minérale en azote protidique.

3.8.4. Sol

Selon ITGC (2013), les sols les plus favorables à la culture du blé dur sont les sols :

- ✓ Limono –argileux.
- ✓ Profonds (plus de 40 cm de profondeur).
- ✓ Riche en matière organique et minérale.
- ✓ A pH neutre à légèrement alcalin.
- ✓ Bien drainés.
- ✓ Ayant une bonne capacité de rétention

4.1. Généralité

Selon les historiens, la culture de plante sur l'eau était pratiquée à l'époque des Aztèques et neutre et inerte. C'était utilisé pour les jardins suspendus de Babylone. C'est en 1860 que deux chercheurs allemands ont réussi à faire pousser des plantes sur un milieu composé uniquement d'eau et de sels minéraux. Cette découverte a permis de mieux connaître la physiologie de la nutrition et le rôle des éléments minéraux.

La technique du hors sol a été introduite en Europe dans les années 70. La culture hors sol s'est, en effet, développée d'abord dans le nord d'Europe, en Hollande, pays où elle occupe les plus grandes surfaces, ensuite en Belgique, en Espagne, en France, en Italie et en Grèce. (BOUTRACHEH, 2013).

4.2. Définition

Selon GILBERTO (2013), la culture hydroponique est une technique de production hors-sol, cela signifie que les racines des plantes cultivées ne plongent pas dans leur environnement naturel qui est le sol, mais dans un liquide nutritif. L'origine du mot « hydroponie » vient du grec « hydro », l'eau et de « ponie », le travail. Cette technique apparaît donc comme « le travail des racines dans l'eau ».

4.3. Avantages de l'hydroponie

Selon William (2014), on peut citer quelques avantages de la culture hors sol :

4.3.1. Le contrôle de la nutrition

Il permet de contrôler absolument la nutrition des plantes car les éléments que ce trouvent dans la solution d'alimentation sont présents dans la zone racinaire, avec des proportions que nous avons apportées. Il permet également à tout moment, de vérifier la qualité et la quantité de nutriments dissous dans l'eau. Aujourd'hui, la plupart des recherches autour du végétal se font à l'aide de l'hydroponie. D'un autre côté, l'hydroponie est également utilisée dans la recherche sur les gènes et sur le transfert génétique.

4.3.2. La conservation de l'eau

Une plante a besoin de transpirer une certaine quantité d'eau pour se garantir une croissance saine. La rapidité avec laquelle les plantes poussent et s'étoffent en hydroponie suppose une grande consommation d'eau. Cependant, toute l'eau utilisée sera transpirée par la plante, sans le moindre gaspillage par infiltration dans le sol ou par évaporation. Si l'on compare avec la culture des mêmes plantes en terre, les économies d'eau sont positivement impressionnantes. Des récentes innovations en matière d'irrigation, consistant

à arroser les plantes directement au pied plutôt que d'asperger d'eau tout un champ, ont considérablement réduit la consommation d'eau en horticulture ; mais l'hydroponie demeure bien plus efficace à cet égard.

4.3.3. La conservation de l'engrais

De la même façon, la totalité de l'engrais utilisé est absorbée par la plante. Rien ne se perd dans le sol, ce qui écarte le danger de polluer les nappes phréatiques et de réduire la vie microbienne dans le sol.

4.3.4. La réduction de l'utilisation de pesticides, grâce à une meilleure santé et une croissance plus rapide

La culture hydroponique assure à la plante une croissance saine et rapide, lui permettant ainsi de surmonter les attaques de nuisibles. Cela ne signifie pas que vous n'aurez plus jamais besoin d'agir contre les nuisibles, mais cette nécessité sera réduite, et vous pourrez remédier aux problèmes que vous rencontrerez de façon plus douce, sans éradiquer tout organisme vivant dans le voisinage de vos plantes. Cet argument, bien entendu, n'est valable que pour les plantes annuelles à croissance rapide. Pour les plantes vivaces, c'est plus discutable, même si la vigueur dont fait preuve une plante obtenue par procédé hydroponique aide également dans ce domaine.

4.3.5. L'accès aux racines

La plupart des systèmes hydroponiques le permettent de manipuler couramment le système racinaire, ce qui facilite le traitement de problèmes telluriques. L'accès aux racines vous apprendra également beaucoup sur la santé et le développement des plantes. L'expérience aidant, vous serez en mesure de reconnaître les boutures vivantes qui forment de belles racines saines mais qui ne présentent pas une bonne implantation autour de la tige.

4.3.6. La croissance rapide des plantes mères

Une plante cultivée par procédé hydroponique avec une nutrition riche en azote développe un feuillage très fourni. Certains le trouvent même excessif, mais, si vous avez besoin de produire en permanence un grand nombre de boutures, rien ne vaut une plante mère cultivée dans un système hydroponique efficace. L'industrie horticole y a largement recours pour multiplier en grandes quantités toute une variété d'espèces végétales. Les clones ainsi obtenus peuvent à leur tour être cultivés aussi bien en hydroponie qu'en pleine terre, où ils auront la robustesse propre aux boutures voire un peu plus.

4.4. Inconvénients

D'après MORARD (1995), on peut citer quelques inconvénients liés à la culture hors sol tels que :

- ✓ La nécessité l'utilisation d'une haute technologie et d'un haut niveau de technicité car toute erreur à une conséquence sur la culture.
- ✓ La maîtrise des déchets est incomplète, cela induit des rejets polluants de solution nutritive et de certains substrats non recyclables ;
- ✓ Le coût d'installation et d'entretien demande des investissements assez élevés

4.5. Principaux systèmes d'hydroponie

Johann (1970), a résumé la culture hors sol en trois systèmes :

4.5.1. Culture en milieu liquide

La caractéristique essentielle de la culture en milieu liquide réside dans le fait que les racines de la plante sont immergées dans une solution nutritive qui peut être statique dans un bac ou qui peut circuler continuellement. Dans ce type particulier d'hydro culture, les propriétés régulatrices et le pouvoir tampon des sols classiques font totalement défaut. La difficulté d'aérer la solution est le principal obstacle de ce système, mais d'autres inconvénients, tel que la nécessité de renouveler fréquemment la solution, ont aussi milité contre l'adoption de ce système pour la production commerciale. Il est pratiquement réservé aux travaux à caractère scientifique.

4.5.2. Systèmes à circuit ouvert avec milieu solide

Ils se rapprochent beaucoup de la culture normale sur sol, le sol étant simplement remplacé par un substrat inerte, tel que le sable et de vermiculite, le marnefinement broyé et d'autres matériaux analogues. Les éléments nutritifs sont fournis sous forme de solution. la solution est généralement épanchée sur la surface du milieu, et le substrat est saturé, tout excédent éventuel s'écoule sans récupération.

Les éléments nutritifs sont incorporés de diverses façons, par exemple à l'aide de tubes perforés posés à la surface du milieu ou sur les côtés du bac de culture au moyen d'arrosoirs à pomme alimentés par un bidon ou un tuyau, ou par application de sels secs avec arrosage ultérieur pour les faire pénétrer.

4.5.3 Systèmes à circuit fermé, avec milieu solide

La caractéristique essentielle de ces méthodes réside dans le fait que les plantes sont cultivées dans des bacs ou autres contenants étanches, remplis d'un matériau grossier, inerte, qui est périodiquement irrigué avec la solution nutritive, laquelle est ensuite

récupérée, par drainage ou pompage, dans un réservoir distinct en vue de sa réutilisation. Il existe d'innombrables variantes de ce système.

4.6. La Solution nutritive

Un point capital pour réussite en hydroponiques réside dans la composition des solutions nutritives. Celles-ci doivent contenir tous les éléments nécessaires à la vie de la plante et ce, avec des dosages corrects et des proportions relatives convenables.

La composition des solutions nutritives utilisées varie beaucoup. HEWITT (1966) énumère plus de 100 formules de l'examen de ces diverses formules, on arrive à la constatation d'une grande diversité. Il n'est pas possible d'établir une formule standard valable sous tous les climats et pour l'ensemble des cultures mais il faut adapter la composition des solutions aux conditions locales de climats, au substrat utilisé, ainsi qu'aux besoins spécifiques des plantes.

4.7. Le substrat

En culture hors-sol, une multitude de matériaux sont disponibles afin d'élaborer un substrat de culture. Ils peuvent être de nature inorganique ou organique. Le substrat de culture est généralement un mélange de plusieurs de ces composés, en proportions précises, afin de lui Conférer des propriétés optimales de culture. Le choix des composés intégrés dans le mélange dépend de plusieurs facteurs, comme la rétention d'eau, l'aération, la masse, le coût et sa disponibilité.

Comme composés de nature inorganique, on trouve le sable, le tuf (roche volcanique), la pierre ponce, la perlite, la vermiculite, les granules d'argile expansée, la zéolite et la laine de roche (PAPADO POULOS et *al.*, 2008). Les fibres, les écorces et les sciures de bois, la fibre de coco et le compost sont des composés organiques courants (MAHER et *al.*, 2008).

Évidemment, d'autres matériaux peuvent également être utilisés, telles les écailles de riz, mais ils sont plus inhabituels. Finalement, il existe des composés organiques synthétiques, comme le polyuréthane, le polystyrène et le polyester (PAPADO POULOS et *al.*, 2008).

4.7.1 Les critères de choix du substrat

BOUTRACHEH (2013), dit que les substrats utilisés doivent avoir les qualités physicochimiques et biologiques d'un bon sol. En effet, le substrat hors-sol n'est qu'un support physique dont la structure permet de retenir suffisamment l'eau et les éléments fertilisants dissous. En outre, il permet une aération des racines pour leur besoin en

oxygène. Par ailleurs, le substrat doit présenter une bonne porosité où l'air et l'eau sont présents en proportions satisfaisantes, avec une capillarité satisfaisante. Quant à l'aspect chimique du substrat, ce dernier doit être inerte chimiquement comme il est préférable de contrôler l'alimentation des plantes au niveau de l'élaboration des solutions nutritives. Le substrat doit être, également, biologiquement inerte et stérile de toute vie biologique.

Des substrats organiques, ils peuvent contenir des microorganismes et des molécules organiques vivantes comme l'humus. Ces derniers peuvent modifier le comportement physique et chimique du milieu et impacter, par la suite, la croissance des plantes.

5.1. Objectif d'expérimentation

Notre travail consiste d'une part à étudier de l'effet de stress salin par le NaCl et le CaCl₂ sur la germination et la croissance de blé dur (*Triticum durum* desf) de la variété *Anza*. Cette étude s'inscrit dans le cadre de la gestion et de la valorisation des eaux salines jugées non conventionnelles à l'irrigation des périmètres cultivées dans les régions arides et semi arides. D'autre part, déterminer le sel le plus nocif vis-à-vis cette culture.

Il est à rappeler que notre expérimentation a été réalisée en deux parties : la première s'intéresse a testé l'impact de la salinité par les sept traitements sur la phase germination, alors que la deuxième s'intéresse à l'effet de ces traitements sur la phase végétative.

5.2. Matériel végétale

Le matériel végétal utilisé durant notre expérience est le blé dur (*Triticum durum*), variété *Anza* dont les semences testées sont obtenues de l'institut technique des grandes cultures (ITGC) d'El-Harrach, wilaya d'Alger.



Figure7 : Aspect général des graines de blé dur utilisées durant notre essai.

5.3. Lieu expérimentale

Notre expérimentation a été conduite dans une serre en polycarbonate semi contrôlée située dans le laboratoire de recherche en Biotechnologies des productions végétales qui se trouve au niveau du département de Biotechnologies, faculté des Sciences de la nature et de la vie de l'université de Blida1.

L'aération est assurée par des fenêtres qui sont placées de part et d'autres de la serre. Un chauffage à eau chaude est installé au niveau de cette serre pour assurer des températures ambiantes au moment hivernales.

5.4. Essai de la germination et de repiquage des graines

Une fois que les graines sont recevoir, une présélection a été faite pour éliminer les débris des végétaux ainsi les grains cassés. Ensuite, nous avons passé à la stérilisation des

graines pour écarter toute sorte de contamination. Celle-ci est réalisée selon les trois étapes suivantes :

-) Nettoyage des graines avec l'eau distillée.
-) Désinfection des graines dans 20 ml d'eau de javel diluée dans 200 ml d'eau courante et laisser pendant 1 minute.
-) Lavage abondamment à l'eau, puis rincées à l'eau distillée

5.5. Expérience I : Effet de la salinité par le NaCl, CaCl₂ et leurs combinaisons sur la germination

Les graines sont ensuite mises à germer dans des boîtes de Pétri de 90mm de diamètre et 14,2mm d hauteur qui sont couvertes de papier filtre a raison de 25 graines dans chaque boîte, avec quatre répétition pour chacune.



Figure 8 : Aspect général des graines de blé dur mises en germination dans l'étuve.

Dans le témoin, nous avons ajouté 10 ml de l'eau douce de Blida, utilisé dans notre expérimentation comme un témoin. Et pour les autres traitements nous avons ajouté 10 ml de solution saline composée du NaCl, CaCl₂, NaCl+CaCl₂, dont les concentrations testées sont 25 et 50 mM respectivement. Les boîtes sont mises à l'obscurité dans une étuve réglée à une température de 25°C.apres le 3^{eme} jour La germination est repérée par la sortie de radicule hors des téguments de la graine dont la longueur est d'au moins de 2mm.

5.6. Expérience II : Effet de la salinité par le NaCl et CaCl₂ et leurs combinaisons sur la phase végétative

5.6.1 Technique de préparation du substrat utilisé

Le substrat utilisé durant notre expérimentation est le gravier de rivière de 3 à 8 mm de diamètre. Un pré lavage avec l'eau courante de Blida a été réalisé pour éliminer tous les particules terreuses ainsi les débris végétaux des précédant culturellles. Cette étape a été suivie par le remplissage des pots en plastique. Ces derniers sont caractérisés par un

diamètre supérieur de 15 cm et une hauteur de 13,5 cm. Une désinfection par une solution d'hypochlorite de sodium diluée à 20%. Après 24h, cette opération est suivie par un lavage avec l'eau courante a été réalisé pour éliminer toute les traces de désinfectant.



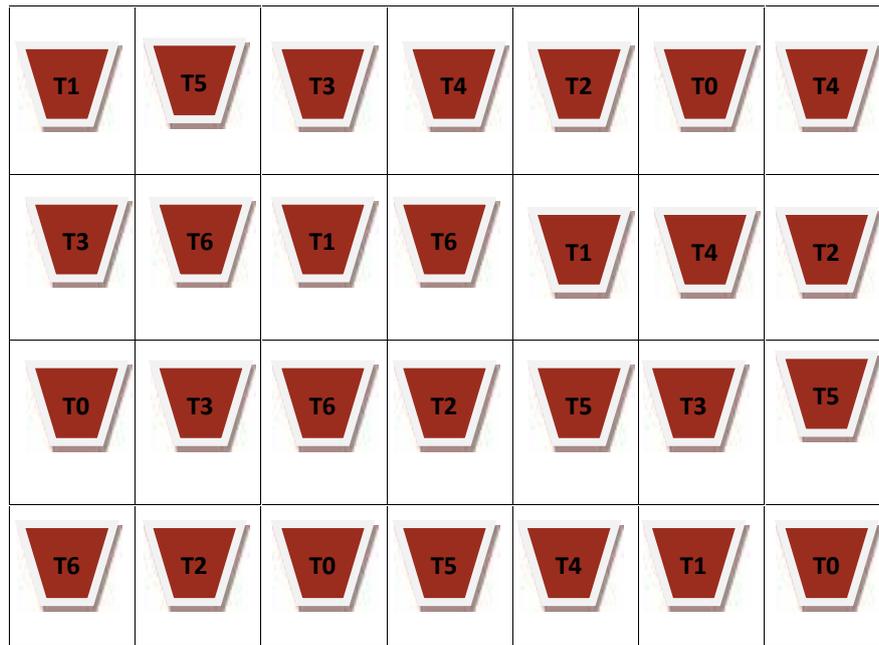
Figure10 : Aspect général des conteneurs utilisé dans notre expérience

5.6.2. Dispositif expérimentation utilisé durant la phase végétative

Le dispositif expérimental adopté durant notre expérimentation durant la phase végétative est un plan a randomisation totale avec un seul facteur étudié qui est la solution nutritive. Cette dernier est composé de sept traitement et chaque traitement est répété 04 fois, soit au total 28 unité expérimentale testées. Chaque unité expérimentale contient 10 graines mis en germination en place définitive, irrigué par les six solutions salines testées comparé par un témoin.



Figure11 : Dispositif expérimental



T0, T1, T2, T3: T4, T5, T6.

 : Unité expérimental

Figure12 : Schéma de dispositif expérimental

5.6. 3 Technique de préparation des solutions d'irrigation

Tableau 5: Teneur des différents éléments minéraux contenus dans l'eau de Blida

:

Elements	Teneur en mg/l	Teneur en meq /l
K ⁺	00	00
Ca ⁺⁺	56	2.8
Na ⁺	29.9	1.3
Mg ⁺⁺	21.6	1.8
NO ₃ ⁻	21.7	0.35
SO ₄ ⁻⁻	38.4	0.8
CL ⁻	21.3	0.6
HCO ₃ ⁻	245	4.08
total	433.9	11.73

(Senoussi, 2001)

Les différents traitements utilisés dans notre expérience sont :

- ✓ T0 : Eau de Blida utilisé dans notre essai comme un témoin ;

- ✓ T1 : Eau de Blida enrichie avec NaCl dont la concentration est de 50mM ce qui correspond à 3.35g/l
- ✓ T2 : Eau de Blida enrichie avec NaCl dont la concentration est de 25mM ce qui correspond à 1.89 g/l ;
- ✓ T3 : Eau de Blida enrichie avec CaCl₂ dont la concentration est de 50mM ce qui correspond à 7.78 g/l ;
- ✓ T4 : Eau de Blida enrichie avec CaCl₂ dont la concentration est de 25mM ce qui correspond à 4.11 g/l ;
- ✓ T5 : Eau de Blida enrichie avec NaCl+CaCl₂ dont les concentrations sont de 50mM ce qui correspond à 1.89 g/l et 4.11 g/l respectivement.
- ✓ T6 : Eau de Blida enrichie avec NaCl+CaCl₂ dont les concentrations sont de 25mM qui correspondent à 1.16g/l et 2.27g/l respectivement.

5.7. Les paramètres étudiés

5.6.1. Première expérience : Essai de germination

Les paramètres étudiés au cours de ce travail sont :

5.6.1.1. Taux de germination final

Ce paramètre constitue le meilleur moyen d'identification de la concentration saline qui présente la limite physiologique de germination des graines Il est exprimé par le rapport nombre de graines germées sur nombre total de graines

5.6.1.2. Cinétique de germination

Pour mieux appréhender la signification physiologique du comportement germinatif des variétés étudiées, le nombre de graines germées ont été compté quotidiennement jusqu'au 10^{ème} jour de l'expérience.

5.6.1.3. Vitesse de germination

Elle permet d'exprimer l'énergie de germination responsable de l'épuisement des réserves de la graine. La vitesse de germination peut s'exprimer par la durée médiane de germination ou par le temps moyen de germination (T50) (le temps au bout duquel on atteint 50% des graines germées).

5.6.1.4. Moyenne journalière de germination (MDG= Mean Daily Germination)

Selon Osborne et Nercer (2014), ce paramètre est le Pourcentage de germination final exprimé par le nombre de jours à la germination finale.

5.6.1.5. Longueurs des racines et des épicotyles

La longueur de la racine primaire et celle de l'épicotyles ont été mesurées à l'aide d'une règle graduée, et ce pour évaluer la croissance de la plante vis-à-vis du stress.

5.6.2. Deuxième expérience : Essai de croissance

Les mesures ont été réalisées après 07 semaines de culture. Les paramètres mesurés sont :

5.6.2.1. Les paramètres morphologiques

Ces mesures ont été réalisées à la fin de l'expérience. Elles sont principalement :

a. Mesure de la hauteur finale de la partie aérienne et souterraine

Nous avons procédé à la mesure de la longueur des organes aériennes et souterraine séparément avec une règle graduée, elles sont exprimées en [cm'.

b. La surface foliaire

Elle est déterminée selon la méthode de PAUL et *al.*, (1979) qui consiste à :

- ✓ Prendre la feuille de blé dur sur papier et découper les contours de la feuille, ce dernier est pesé (PF).
- ✓ Couper 1 cm² de feuille puis pesé pour avoir le poids de 1 cm² (P).
- ✓ Déduire la surface foliaire SF par la formule suivante :

$$SF \text{ (cm}^2\text{)} = PF/P$$

c. Détermination de la matière fraîche (MF) et matière sèche (MS) de la partie aérienne et souterraine

Au moment de la coupe finale des plantes, les plantes sont coupées au collet (séparation des racines de la partie aérienne) les deux parties sont pesées à l'aide d'une balance de précision. Après un passage à l'étuve à 70C° jusqu'à stabilité de mesure, le poids sec des différents organes a été déterminé.

d. Détermination de la matière sèche de la partie aérienne et souterraine

Ces deux paramètres ont été calculer selon la formule suivante :

$$\%MS = (\text{Poids sec} \times 100) / \text{Poids frais}$$

5.6.2.2 Les paramètres physiologiques

e. Dosage de la chlorophylle

Les teneurs en chlorophylle (a) et chlorophylle (b) sont déterminées selon la méthode utilisée par Lichtenthaler (1986) citée par Hassani et *al.*, (2014). Environ 0,1 g d'échantillon de feuilles fraîchement coupées et bien mélangées, qui a été prélevé sur des feuilles complètement développées à la même position dans chaque traitement, a été extrait avec 10 ml d'acétone à 95 %. Le pigment a été extrait dans l'obscurité puis mis à 4°C pendant 48h. L'absorbance a été mesurée avec un spectrophotomètre Shimadzu UV 1240 à 664 et 649

nm. Les teneurs en chlorophylle a (Chl a) et en chlorophylle b (Chl b) ont été calculées en utilisant les formules suivantes :

$$\text{Ca (mg. g-1)} = 13,36A664 - 5,19A649$$

$$\text{Cb (mg. g-1)} = 27,43A649 - 5,10A664$$

Les résultats sont exprimés en mg^{-1} du poids frais (MF), où Ca et Cb, étaient les concentrations de Chl a et Chl b, respectivement. A664 et A649 étaient les absorbances de la solution d'extrait de pigment au 664 et 649 nm de longueur d'onde, respectivement.

f. Dosage de la proline

La proline est dosée selon la technique utilisée par Troll et Lindsley (1955), simplifiée et mise au point par Goring (1974) et modifiée par Monneveux et Nemmar (1986). Le principe est la quantification de la réaction proline –ninhydrine par mesure spectrophotométrique. La proline se couple avec la ninhydrine en formant un complexe coloré. L'intensité de la coloration est proportionnelle à la quantité de proline dans l'échantillon. La méthode consiste à mettre 100 mg de matière fraîche végétale dans des tubes à essai au quelle on ajouter 2ml de Méthanol à 40%. Les tubes couverts (pour éviter la volatilisation de l'alcool) sont portés à l'ébullition au bain –marie à 85°C pendant 60min. Après refroidissement, prélever 1ml de la solution de chaque tube puis mettre dans nouveaux tube au quelle on ajouter 1 ml d'acide acétique +25 mg de ninhydrine +1ml d'un mélange contenant 120ml d'eau distillée, 300 ml d'acide acétique, 80 ml d'acide ortho phosphorique. Après, il faut porter les tubes à essai à ébullition au bain Marie durant 30min. Après refroidissement des solutions, ajouter 5ml de toluène dans chaque tube. Après agitation au vortex deux phases apparaissent, il faut prélever la phase supérieure au quelle on ajouter 5 mg du sulfate de sodium, laisser au repos pendant 48 h.

On procède à la lecture de la densité optique des échantillons avec le spectrophotomètre à la longueur d'onde de 528 nm. La détermination de la teneur de la proline est réalisée selon la formule :

$$\text{Proline (ug /g MF)} = \text{DO528} * 0,62$$

g. La teneur relative en eau (RWC)

La teneur relative en eau a été mesurée sur une feuille bien développée, elle est déterminée par la relation de Clarke et McCaig (1982) comme montre la formule suivante

$$\text{RWC (\%)} = (\text{Pf} - \text{Ps} / \text{Pr} - \text{Ps}) * 100$$

Pf : poids frais

Ps : poids sec

Pr : poids à saturation

2.7. Analyse statistique

Tous les essais ont été répétés trois fois, concernant les mesures des paramètres morpho-physiologiques en relation avec la résistance au stress salin par le NaCl et CaCl₂. Les résultats, présentés sous forme des tableaux et histogrammes, rejoignent le plus souvent des valeurs moyennes encadrées par leurs écart-types, ces derniers ont été réalisés par le logiciel XLSTAT 2018.4.51422 - ANOVA -. Les résultats sont soumis à l'analyse de la variance à un facteur et les moyennes sont comparées selon la méthode de Newman et Keuls.

Résumé

La production nationale de blé ne couvre que 30% des besoins du marché local qui est estimée à plus de 60 millions de quintaux, et demeure très irrégulière (MADR, 2007). À l'opposé, la consommation des produits céréaliers se situe à un niveau d'environ 205 kg/habitat/an (Chehat, 2007). Le problème principal pour le développement de cette culture dans la région aride est la salinité, car la majorité des eaux d'irrigation dans cette région sont fréquemment chargées en sels.

Notre travail vise à étudier l'impact de la salinité par deux types de sels (chlorure de sodium et chlorure de calcium) et leurs combinaisons avec deux concentrations testées (25 et 50 mM) sur la germination et la croissance d'une culture de blé dur variété (ANZA) et ce dans le but de valoriser les eaux fréquemment chargées en sel pour intégrer dans l'irrigation des écosystèmes arides et semi arides.

Nos résultats montrent que la présence de 50 mM de chlorure de calcium révèle un effet très significativement remarquable sur la plupart des paramètres étudiés de la phase germinative (réduction de la cinétique, le taux et la moyenne journalière de germination). Ainsi, la présence de 50mM de chlorure de sodium associé au chlorure de calcium a affecté la longueur de la partie aérienne et racinaire. Les régressions révélées sont de 74,61 et 91,33% respectivement par rapport au témoin. L'addition de 50mM du chlorure de calcium dans les solutions d'irrigation des plantes durant la phase végétative réduit la hauteur de la partie aérienne et racinaire, la surface foliaire ainsi que la biomasse fraîche et sèche. En revanche, l'exposition des plantules au 50mM de chlorure de sodium exerce un effet dépressif sur la matière sèche des deux parties étudiées. De plus, l'enrichissement du milieu d'irrigation par 50 mM de chlorure de sodium associé au chlorure de calcium révèle une réduction significativement remarquable de la teneur des feuilles en chlorophylle A et B. Les régressions sont de 70,86 et 74,33% respectivement. Inversement, une accumulation accrue de proline est observée chez les plantes irriguées par 50mM de chlorure de calcium associé au chlorure de sodium d'où l'élévation est de 700% par rapport au témoin.

Mots clé : blé, salinité, germination, chlorure de sodium, chlorure de calcium.

الملخص

30 60 مليون قنطار. غير
(MARD 2007). في المقابل ، يبلغ استهلاك
(2007). وتتمثل المشكلة الرئيسية لتطوير هذا المحصول في المنطقة القاحلة في الملححة ، حيث أن غالبية مياه الري في
هذه المنطقة غالباً ما تكون محملة بالأملاح.
ويهدف عملنا لدراسة تأثير الملححة عن طريق نوعين من الأملاح : كلوريد الصوديوم كلوريد الكالسيوم
مع اثنين من تركيزات اختبار (25 50) (ANZA) بهدف الارتقاء بالمياه المحملة
بالمح لتشمّل النظم الإيكولوجية القاحلة وشبه القاحلة في الري.
تظهر 50 كلوريد الكالسيوم يكشف عن تأثير ملحوظ على معظم
نبات (حركية الحد، ومعدل ومتوسط). 50 كلوريد الكالسيوم يؤثر على طول
. وقد أظهرت النتائج انخفاضاً بنسبة 74.61 91.33 اهد.
50 كلوريد الكالسيوم في محاليل الري أثناء الطور الخضري يقلل من ارتفاع الأجزاء الهوائية والجذرية و
والجافة. من ناحية أخرى ، فإن 50 ريد الصوديوم سلبي
على المادة الجافة في الجزأين المدر بين. وبالإضافة إلى ذلك 50 كلوريد الصوديوم كلوريد
الكالسيوم يكشف انخفاضاً ملحوظاً من محتوى الأوراق الكلوروفيل ما يعادل 70.86 74.33
زيادة في إنتاج البرولين في النباتات المروية كلوريد الكالسيوم بالتالي كان ارتفاع كلوريد
الكالسيوم 700 لشاهد.

كلوريد الصوديوم كلوريد الكالسيوم ، مرحلة الإنبات ، المرحلة الخضرية

الكلمات المفتاحية:

Sammury

The National wheat production covers only 30% of the local market needs estimated at more than 60 million quintals, and is very erratic (MADR, 2007). In contrast, consumption of cereal products is at a level of about 205 kg / habitat / year (Chehat, 2007). The main problem for the development of this crop in the arid region is salinity, as the majority of irrigation water in this region is frequently loaded with salts.

Our work aims to study the impact of salinity by two types of salts (sodium chloride and calcium chloride) and their combinations with two tested concentrations (25 and 50 mM) on the germination and growth of a wheat crop hard variety (ANZA) with the aim of promoting salt-laden water to integrate arid and semi-arid ecosystems in irrigation.

Our results show that the presence of 50 mM calcium chloride reveals a very significantly remarkable effect on most of the studied parameters of the germinal phase (reduction in kinetics, rate and average daily germination). Thus, the presence of 50 mM sodium chloride associated with calcium chloride affected the length of the aerial and root part. The regressions revealed are 74.61 and 91.33% respectively relative to the control. The addition of 50mM calcium chloride in the plant irrigation solutions during the vegetative phase reduces the height of the aerial and root parts, the leaf area and the fresh and dry biomass. On the other hand, the exposure of seedlings to 50mM sodium chloride has a depressive effect on the dry matter of the two parts studied. In addition, the enrichment of the irrigation medium with 50 mM sodium chloride combined with calcium chloride reveals a significantly remarkable reduction in the leaf content of chlorophyll A and B. The regressions are 70.86 and 74.33 % respectively. Conversely, an increased accumulation of proline is observed in the plants irrigated with 50 mM calcium chloride associated with sodium chloride from which the elevation is 700% compared to the control.

Key words: wheat, salinity, germination, sodium chloride, calcium chloride.

6.1. Effet de la salinité par le NaCl, CaCl₂ et leurs combinaisons sur les paramètres de germination

6.1.1. Cinétique de germination (graine/période)

Les résultats relatifs de ce paramètre sont illustrés dans le tableau 5.

Tableau 5 : Effet de NaCl et CaCl₂ et leurs combinaisons sur la cinétique de germination en fonction de temps (3 ; 5 et 10 jours)

Traitements	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6
3 jour	17,00	15,75	16,25	13,00	13,75	10,75	11,00
5 jour	21,00	20,50	19,50	17,25	15,50	15,00	20,00
10 jour	21,50	20,75	20,50	18,75	20,50	18,75	20,00

L'examen de ce tableau montre que les graines de blé dur mis en germination présentent une faculté germinative variable en fonction de la composition du milieu nutritive.

Après la troisième journée, la présence de 50mM du NaCl seul ou associé au CaCl₂ (T₅) dans le milieu d'irrigation exercent les faibles moyennes des grains germées. Les chutes révélées sont de 7,35 et 23,52% respectivement par rapport au témoin. De plus, les plus faibles moyennes des graines germées sont enregistrées au niveau du milieu enrichi en 50 mM CaCl₂(T₃). La réduction enregistrée est de 36,76% par rapport au témoin.

En outre, la présence du 25 mM du NaCl associé au CaCl₂(T₆) révèle les moyennes les plus faibles des grains germés. Ceci correspond à une régression de 35,29% par rapport au témoin. En revanche, la présence du 25 mM du NaCl(T₂) dans le milieu d'irrigation a exercé une réduction légère par rapport au témoin (4,41%).

Après la cinquième journée, nous avons remarqués que le taux de germination des graines de blé dans le milieu d'irrigation enrichi en NaCl est plus important que celle irriguée par le milieu enrichi en CaCl₂ où le milieu qui présente la combinaison de deux sels. Les gains remarquables sont de 18,84 et 36,66% respectivement par rapport au NaCl.

Après dixième journée, nous remarquons que la présence du 50 mM du CaCl₂(T₃) ou NaCl associé au CaCl₂(T₅) dans le milieu d'irrigation révèlent les moyennes les plus faibles comparativement aux autres traitements et par rapport au témoin.

L'étude de la cinétique de germination dans cette expérience montre qu'une concentration croissante en sel utilisés (NaCl et CaCl₂) engendre un retard de la

germination. D'après (BEN MILED et *al.*, 1986) ce retard peut être expliqué par le temps nécessaire à la graine pour mettre en place des mécanismes lui permettant d'ajuster sa pression osmotique interne. Alors que Ghrib et *al.*, (2011) ont expliqué que ce retard pourrait être dû à l'altération des enzymes et des hormones qui se trouvent dans la graine.

6.1.2. Taux de germination final (%)

Les résultats relatifs de pourcentage de germination des graines de blé sont illustrés dans le tableau 6.

Tableau 6 : Effet de NaCl, CaCl₂ et leurs combinaisons sur le taux de germination final

Traitements	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6
TGF(%)	86	82	83	75	82	75	80

L'analyse des résultats de ce tableau montre que la présence du 50 mM CaCl₂ (T3) seul ou combinée avec NaCl(T5) révèlent les taux de germination les plus faibles comparativement aux autres traitements testés. Les réductions enregistrées correspondent à 12,79% par rapport au témoin. Cette résultat montre que le sel le plus nocif est le CaCl₂ que le NaCl.

Nos résultats montrent que l'augmentation de la dose du sel a un effet négatif sur le taux de germination dans toutes les traitements stressés. Ces résultats viennent confirmer les effets relevés, à travers des études antérieures, exercés par la salinité sur le processus de germination chez plusieurs espèces de légumineuses (OKÇU et *al.*, 2005) ont démontré que l'application de différents niveaux de salinité induit une réduction significative du taux de germination final chez les cultivars de petit pois. Des résultats comparables ont été observés chez différentes variétés de haricot (KAYMAKANOVA, 2009) et COKKIZGIN (2012), de pois chiche (HAJLAOUI et *al.*, 2007), de lentille (EL-MONEM et *al.*, 2008) et d'autres légumineuses fourragères (NICHOLS, 2009 et WU, 2011).

6.1.3. Moyenne journalière de germination (graine/jour)

Les résultats relatifs de moyenne journalière de germination des graines de blé sont illustrés dans le tableau 7

Tableau7 : Moyenne journalière de germination

Traitements	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6
MJG	8,6	8,2	8,3	7,5	8,2	7,5	8

Les résultats représentées dans le tableau (6), montrent que la moyenne journalière de germination la plus importante est révélée chez le témoin avec 8,6 graine par jours. En

revanche, la moyenne la plus faible est observée chez les milieux nutritives enrichis en 50 mM du CaCl₂ (T3) et NaCl associé au CaCl₂ (T5).

De cette même optique, HAJLAOUI et *al.*, (2007), montrent que la présence du NaCl se répercute négativement sur les moyennes de germination journalière des différents génotypes de petit pois. La variation des capacités germinatives associées au temps moyen et au taux moyen de germination des graines permettent de bien discriminer les espèces quant à leur tolérance et (où) sensibilité au sel au cours de la germination (NICHOLS, 2009 et WU, 2011).

6.1.4. Vitesse de germination(jours)

Les résultats de ce paramètre sont figurés dans le tableau 8.

Tableau8: effet de NaCl et CaCl₂ et leurs combinaisons sur la vitesse de germination

TRAITEMENTS	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6
VG (jours)	3	3	3	3	5	5	5

Il est à noter que la vitesse de germination est calculée lorsque nous avons atteint la durée médiane de germination au quelle 50% des graines germées

D'après ces résultats, nous remarquons que la présence du 50 Mm du CaCl₂(T3) et NaCl associé au CaCl₂ (T5) dans le milieu d'irrigation prolonge la durée de germination pour atteindre la durée médiane de germination des graines de blé et ce par rapport aux autre traitement. En revanche, la présence du NaCl dans le milieu d'irrigation révèle une précocité pour atteindre la durée moyenne de germination.

Dans notre expérience, le temps moyen de germination a augmenté avec l'augmentation de la dose des sels et surtout dans les traitements ou en a utilisé le CaCl₂. Nos résultats sont comparables à ceux rapportés par d'autres auteurs ayant travaillé sur des légumineuses. En effet, ils ont affirmé que le stress salin augmente le temps moyen de germination. Les travaux de (BAYUELOJIMENE et *al.*, 2002) sur *Phaseolus* et ceux (d'OKÇU et *al.*, 2005) sur des cultivars de petits pois, ont démontré que le temps moyen de germination des graines a augmenté avec l'ajout de NaCl et cette augmentation a été d'autant plus importante que la concentration en sel est élevée. Cependant, Cokkizgin (2012) a trouvé que tous les paramètres de germination examinés chez le haricot diminuent significativement avec l'augmentation de la concentration en NaCl sauf le temps moyen de germination qui reste comparable à celui du témoin.

6.1.4. Hauteur de la partie aérienne(cm)

Les résultats relatifs de ce paramètre sont illustrés dans le tableau 8

Tableau9: Effet de NaCl et CaCl₂ et leurs combinaisons sur la hauteur finale des épicotyles

Traitements	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6
	12,41	10,97	11,54	5,24	8,89	3,15	10,91
Moyenne	±	±	±	±	±	±	±
	2,77	2,16	2,25	1,77	2,13	1,65	2,30

Les résultats illustrent dans le tableau (9) montrent que les plantes traitées par le témoin révèlent la meilleure hauteur de l'épicotyles (12,41cm). En revanche, la présence du 50 mM du CaCl₂ (T3)et NaCl associe au CaCl₂ (T5) exercent un effet dépressif sur la hauteur finale des épicotyles. Les dépressions enregistrées sont de 57,77 et 74,61% respectivement par rapport au témoin. Par contre, la présence du 50 mM NaCl(T1) révèle une régression de 11,60% par rapport au témoin.

La présence de 25 mM du NaCl(T2) révèle la réduction la plus faible comparativement à la présence de 25 mM du CaCl₂(T4) et au combinaison NaCl+CaCl₂. Celles-ci correspondent à des chutes de 7,01 ; 28,36 et 12,08% respectivement par rapport au témoin.

Nos résultats sont en accords avec ceux de LEMZERI, (2006) où il signale que l'augmentation de la salinité induit à une diminution de la croissance de la partie aérienne notamment chez *Acacia cyanophylla* et d'*Eucalyptus gomphocephala*. De plus, BENMAHIOUL et al., (2009) signalent que la présence de NaCl dans le milieu de culture entraîne une diminution significative de la longueur de la tige.

6.1.5. Longueur des racines(cm)

Les résultats relatifs de ce paramètre sont illustrés dans le tableau 10

Tableau 10 : Effet de NaCl et CaCl₂ et leurs combinaisons sur longueur final des racines

Traitements	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6
	13,43	9,55	11,29	9,04	10,96	1,11	12,54
Moyenne	±	±	±	±	±	±	±
	2,56	2,56	1,75	2,76	2,42	0,78	2,62

Nous remarquons d'après les résultats obtenus dans le tableau 8, que le T0 a enregistré la meilleure longueur des racines (13,43cm). En revanche, la présence de 50mM

de CaCl_2 associée avec le NaCl (T6) exercent une réduction très hautement significative sur la longueur. Par contre, la présence de NaCl et CaCl_2 séparément révèlent une réduction moyenne égale à 28,89 et 32,68% respectivement par rapport au témoin.

En outre, la présence de 25mM du de NaCl associée avec le CaCl_2 (T5), révèlent une réduction plus faible par rapport à la présence de 25mM de NaCl et CaCl_2 séparément. Les chutes enregistrées sont de 15,93 et 18,39 % par rapport au témoin.

Comme dans le cas du taux de germination et la partie aérienne, l'évolution est en fonction des doses. La dose 50mM dans le traitement T6 présente la partie racinaire la plus longue (12,54cm), Cependant la dose 50mM dans le traitement T3 présente la longueur la plus courte (9,04 cm). En effet la réduction de la partie racinaire a une relation avec l'augmentation des doses de sel dans le milieu. Comme le résultat trouvé par TAVILI et BINIAZ (2009) l'effet de l'augmentation de la salinité est significatif sur la longueur des racines de l'orge.

6.2. Effet de la salinité par le NaCl , CaCl_2 et leurs combinaisons sur les paramètres de croissance

6.2.1 paramètres morphologiques

6.2.1.1 Effet sur la hauteur des tiges (cm)

Les résultats de ce paramètre sont représentés dans la figure 13

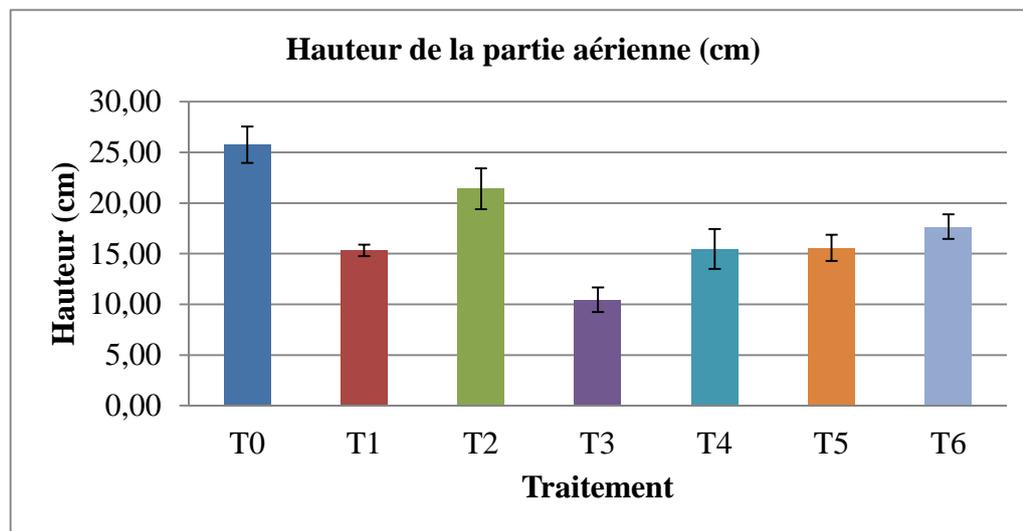


Figure13 : Effet de NaCl et CaCl_2 et leurs combinaisons sur la hauteur finale de la partie aérienne (cm)

Ces résultats sont confirmés par l'analyse de la variance à un seul critère de classification qui montre une différence très hautement significative entre les moyennes de la longueur des tiges pour les différents traitements ($p=0,005$) (**Annexe1**)

Les résultats illustrent dans la figure 13 montrent que les plantes traitées par 50mM du NaCl(T1) seul ou associé au CaCl₂(T5) révèlent des réductions moins importantes que celle trouvée chez les plantes qui ont été alimentées par 50mM de CaCl₂(T3). Les réductions enregistrées sont de 40,46% ; 39,88% et 59,37%) respectivement par rapport au témoin.

La présence du 25 mM du NaCl(T2) dans le milieu d'irrigation révèle la réduction de la hauteur la plus faible (16,81%) par rapport au témoin comparativement à la présence de 25mM de CaCl₂ (T4) seul et le NaCl associé avec le CaCl₂ (T6) qui sont moyennement affectées (39,88 et 31,33%) respectivement par rapport au témoin.

Nos résultats montrent que la salinité affecte la croissance de la partie aérienne. Ces résultats sont en concordance avec les travaux de (NGUYEN *et al.*, 2004) dans lesquels ils ont révélés que les deux espèces *Acacia auriculiformis* et *Acacia mangium* ont réagi également par une réduction de la croissance de la partie aérienne en réponse au stress salin. Cet effet est fréquent chez les glycophytes (CHARTZOULAKIS *et al.*, 2000), où la diminution de la croissance de l'appareil végétatif observée peut être expliquée par une augmentation de la pression osmotique provoquée par NaCl, ce qui bloque l'absorption de l'eau par les racines. Les plantes s'adaptent ainsi au stress salin par la réduction de leur croissance afin d'éviter les dommages causés par le sel (YEO *et al.*, 1983 et ZHU *et al.*, 2002). Les effets de la salinité sur la croissance des plantules cultivés en conditions semi contrôlées, dépendent de plusieurs facteurs. Ils varient selon la teneur de NaCl appliquée, l'espèce, la provenance, le stade végétatif et la partie de la plante (LEVIGNERON *et al.*, 1995) Les effets de la salinité se manifestent principalement par un ralentissement de la croissance de l'appareil végétatif.

6.2.1.2 Effet sur la longueur des racines(cm)

Les résultats de ce paramètre sont représentés dans la figure 14. L'analyse de la variance à un critère de classification confirme ces résultats en montrant une différence très hautement significative entre les moyennes de la longueur des racines chez le blé dur (P=0.000) (**Annexe2**).

Nous remarquons d'après les résultats illustrées dans la figure 14 que les plantes traitées par le témoin(T0) révèlent la meilleure longueur des racines (34,53cm). En revanche, la présence d'une dose de 50mM de NaCl et CaCl₂ séparément exerce un effet dépressif sur la longueur des racines. Cette dépression devient plus importante dans les plantes traitées par le CaCl₂ seul la régression est plus forte qui égale à 63,19% par rapport au témoin.

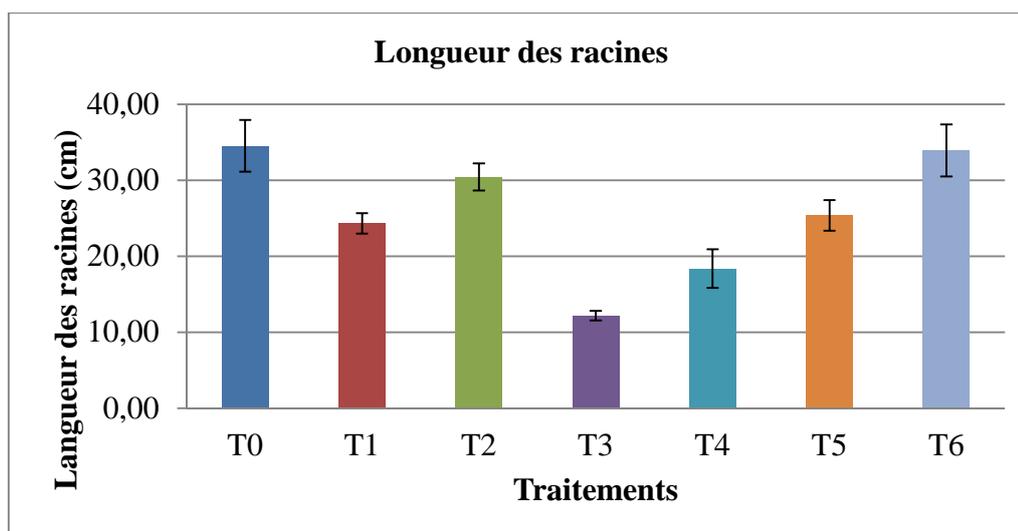


Figure 14 : Effet de NaCl et CaCl₂ et leurs combinaisons sur la longueur des racines

Cependant, la présence du 25mM de NaCl seul(T2) ou associé au CaCl₂(T6) exerce une réduction de la longueur des racines moins remarquable (11,90 ; 1,76%) respectivement par rapport à celle enregistrée en présence de 25mM du CaCl₂ (46,77%) et ce par rapport au témoin.

Le sel a affecté le développement du système racinaire de la variété ANZA. Cette réduction du nombre des racines par plante peut être attribué en partie à l'effet indirect du sel sur le tallage, qui a pour effet la diminution du nombre de talle par plante et par conséquent l'inhibition de développement des racines nodales (racines de tallage) et aussi à l'effet direct du NaCl sur le développement des racines. Chez l'orge, une diminution de l'élongation du système racinaire a été observée à des concentrations élevées de NaCl (SUHAYDA et *al.*, 1992). Par ailleurs, la première réponse des glycophytes exposées à la salinité est un Ralentissement de leur développement avec une croissance racinaire souvent moins affectée que la croissance foliaire (GUERRIER, 1996). D'après nos résultats, la salinité a réduit davantage la croissance des organes aériens de la variété ANZA comparativement à celle des racines. Des résultats comparables ont été rapportés chez le riz (DUBEY ET SINGH,1999) et chez le Trèfle (BEN KHALED et *al.*, 2003).

6.2.1.3 Effet sur la surface foliaire(cm²)

Les résultats de la surface foliaire sont illustrés dans la figure 15. L'analyse de la variance à un critère de classification confirme qu'il n'y a pas une différence significative entre les moyennes de la longueur des racines chez le blé dur variété ANZA (P=0.14) (Annexe3).

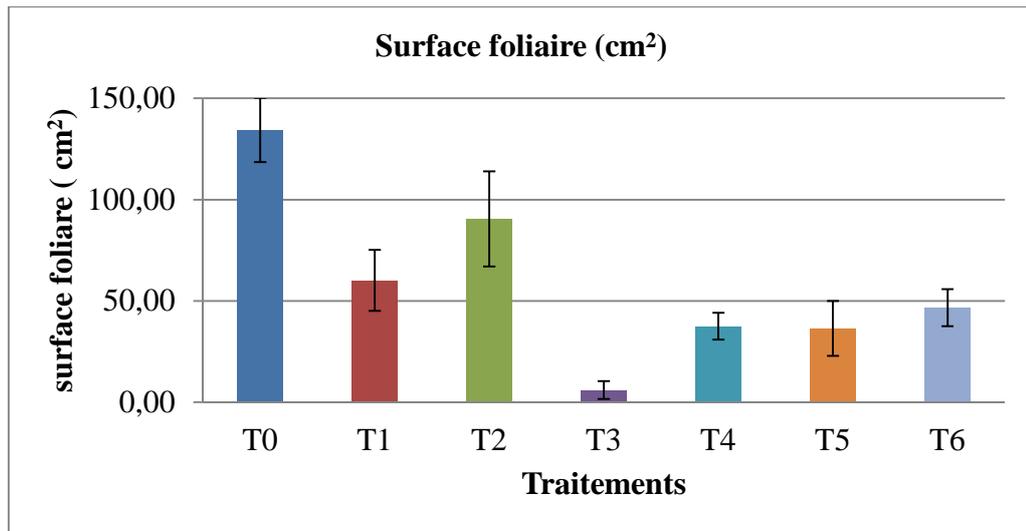


Figure15 : Effet de NaCl et CaCl₂ et leurs combinaisons sur la surface foliaire

L'analyse de cette figure montre que dans la présence de 50mM du CaCl₂ (T3) exerce la dépression la plus remarquable par rapport aux autres traitements salins testée et par rapport au témoin. La réduction est de 95,50%. Alors qu'à la présence de 50mM de NaCl seul(T1) ou associé au CaCl₂(T5) révèlent la réduction de la surface foliaire la moins importante par rapport au témoin respectivement (55,21 et 72,85%). Néanmoins, la présence de 25mM de NaCl(T2) révèle la chute la moins importante par rapport au témoin (32,64%). Alors que l'exposition de cette variété testée aux CaCl₂ seul ou associée au NaCl révèlent des régressions correspondent à 72,03 et 65,27 % respectivement par rapport au témoin.

Sur la même WANG et NIL (2000) soulignent que la réponse immédiate au stress salin est la réduction du taux d'expansion de la surface foliaire jusqu'au sa cessation avec l'augmentation des concentrations de sels. Ainsi, NABIL et COUDRET, (1995) cités par VIEGAS et SILVEIRA (1999), montrent que le traitement salin mène aussi à la réduction de la surface foliaire totale.

6.2.1.4 Effet sur la biomasse fraîche de la partie aérienne(g)

Les résultats de ce paramètre sont illustrés dans la figure 16. L'analyse de la variance à un critère de classification confirme ces résultats en montrant qu'il n'y a pas une différence significative ($P=0.07$) (Annexe.4.). Néanmoins, nous avons enregistrées une réduction de la biomasse fraîche aérienne produite en fonction d'augmentation des concentrations en NaCl et CaCl₂.

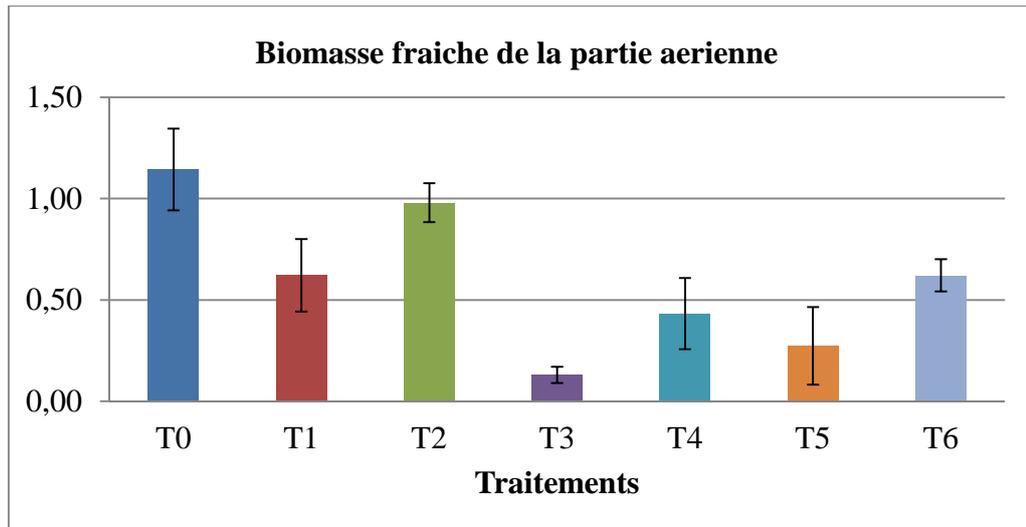


Figure16 : Effet de NaCl et CaCl₂ et leurs combinaisons sur la biomasse fraîche de la partie aérienne

Les résultats obtenus dans la figure (16) montrent que l'irrigation avec l'eau douce (T₀) révèle la biomasse fraîche de la partie aérienne la plus élevée (1,14 g) suivi par les plantes traitées par une dose de 25mM de NaCl (0,98g). Par contre, la présence de 25mM de CaCl₂ seul ou associé au NaCl présentent des réductions correspondent à 62,28 et 45,61% respectivement par rapport au témoin.

En outre, la présence de 50mM de CaCl₂ (T₃) exerce la dépression la plus marquée par rapport aux autres traitements (88,59%), alors que son association au NaCl (T₅) exerce un effet dépressif moins important (45,61).

En terme de biomasse fraîche de la partie aérienne, l'augmentation de la salinité diminue la production de la matière fraîche de l'orge (GHULAM, 1997). Et ceci est la conséquence de la diminution de l'alimentation hydrique des plantes. L'addition de calcium sous forme de CaCl₂ a un effet significatif sur la production de la biomasse fraîche. Ceci est expliqué par l'effet de Ca²⁺ qui allège l'effet négative de la salinité (BLISS *et al.*, 1986 ; JALEER *et al.*, 2007).

6.2.1.5 Effet sur la biomasse fraîche des racines(g)

Les résultats relatifs de la biomasse fraîche des racines sont illustrés dans la figure 17. L'analyse de la variance au seuil de 5% révèle qu'il existe une différence très hautement significative du facteur étudié sur la production de la matière sèche du système racinaire. Ceci est vérifié par les probabilités calculées (P=0,002) (**Annexe5**).

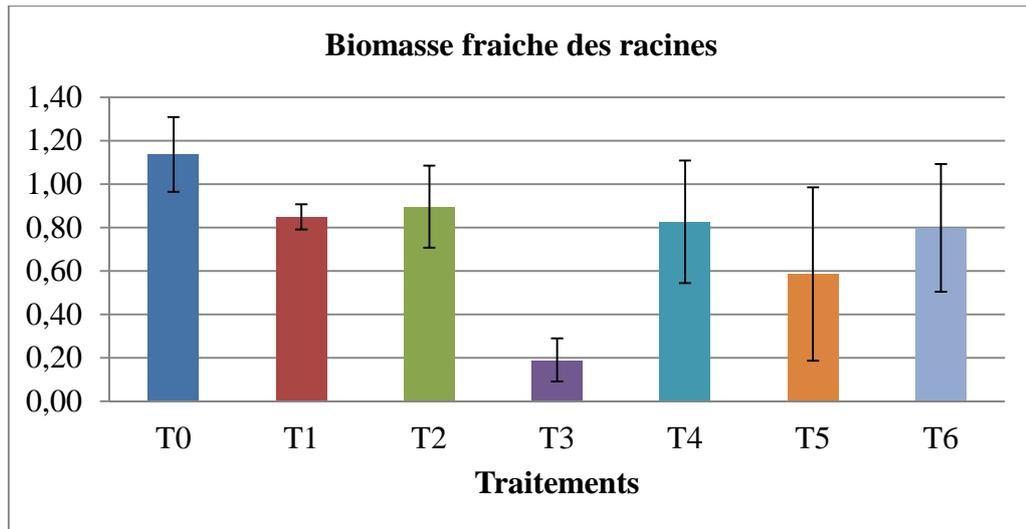


Figure17 : Effet de NaCl et CaCl₂ et leurs combinaisons sur la biomasse fraîche des racines.

L'examen de cette figure montre qu'il y'a une augmentation de la biomasse fraîche de la partie racinaire au niveau de témoin (1,14 g). En revanche, la présence de 50mM de CaCl₂(T3) exerce un effet dépressif significativement remarquable. La chute révélée est de 83,33% par rapport au témoin. En outre, la présence de 50mM du NaCl(T1) seul ou associé au CaCl₂(T5) révèlent des régressions correspondant à 25,43 et 48,24% par rapport au témoin respectivement.

D'autre part, la présence de 25mM de NaCl(T2) enregistre la réduction la plus faible comparativement au combinaison du CaCl₂ seul ou associé au NaCl. Les réductions révélées correspondent au 27,19 et 29,82% respectivement par rapport au témoin.

Des travaux similaires trouvée par DIEHIL (2001), qui note également que la concentration élevée du sel dans le sol peut augmenter la pression osmotique qui devient égale ou dépasse celle de suc cellulaire des racines. Dans ce cas, le végétal subit un flétrissement temporaire qui peut devenir permanent en cas de déficit en eau prolongé.

6.2.1.6 Effet sur la biomasse sèche de la partie aérienne (g)

L'analyse de la variance à un critère de classification confirme ces résultats en montrant qu'il Ya pas une différence significative entre les moyennes de la biomasse sèche de la partie aérienne chez le blé dur (P=0.12) (**Annexe6**).

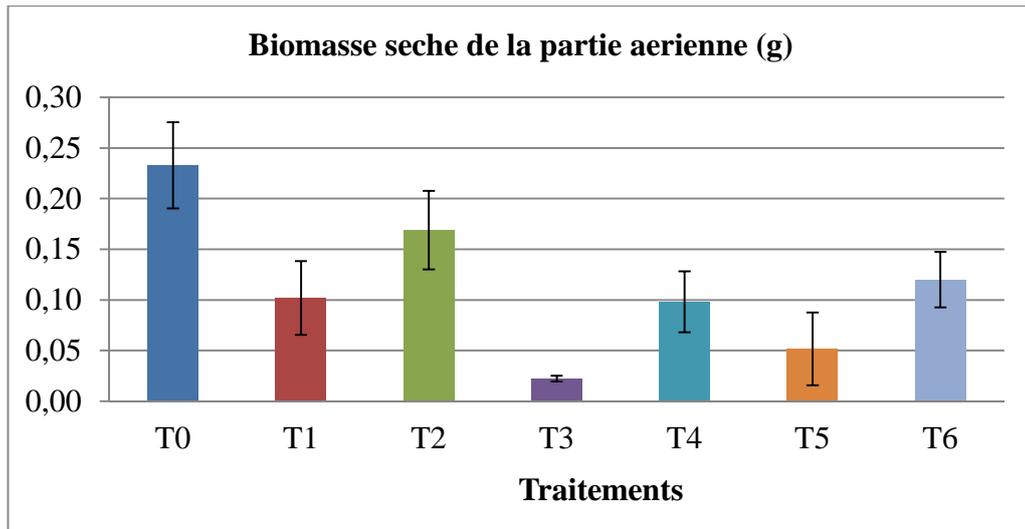


Figure 18 : Effet de NaCl et CaCl₂ et leurs combinaisons sur la biomasse sèche de la partie aérienne (g)

L'analyse de cette figure nous permet de remarquer que la présence de 25mM de NaCl exerce une réduction de la biomasse sèche de la partie aérienne moins importante comparativement à la présence de 25mM de CaCl₂ seul ou associé au NaCl. Celle-ci correspond à des chutes de 26,08 ; 56,52 et 47,82% respectivement par rapport au témoin.

Cependant, la présence de 50mM de CaCl₂ exerce un effet dépressif la plus significativement remarquable sur la biomasse sèche de la partie aérienne (91,30%) par rapport au témoin. De plus, la présence de 50mM de NaCl seul ou associé au CaCl₂ révèlent des réductions de 78,26 et 56,52% par rapport au témoin respectivement.

HELA *et al.*, (2008) confirment que la présence de NaCl dans le milieu, même à faible dose (50mM), entraîne, après 21 jours de culture, une baisse significative de la matière sèche des plantes, des racines comme des parties aériennes.

6.2.1.7. Effet sur la biomasse sèche de la partie racinaire (g)

La figure 19 montre les résultats concernant la biomasse sèche des racines (g). L'analyse de la variance au seuil de 5% révèle que le stress salin a un impact très hautement significatif sur la production de la biomasse sèche du système racinaire. (P=0,001) (**Annexe7**).

Elles montrent l'alimentation des plantules de blé par le témoin révèle les meilleures biomasse sèche de la partie racinaire (0,12g). Par contre, l'existence de 50mM de NaCl ou associé au CaCl₂ révèlent les des faibles quantités de la biomasse sèche produite qui

correspondent à 0,09 et 0,10 g respectivement. En revanche, la présence de 50mM de CaCl_2 révèle la réduction la plus faible qui signifie à 0,06 g.

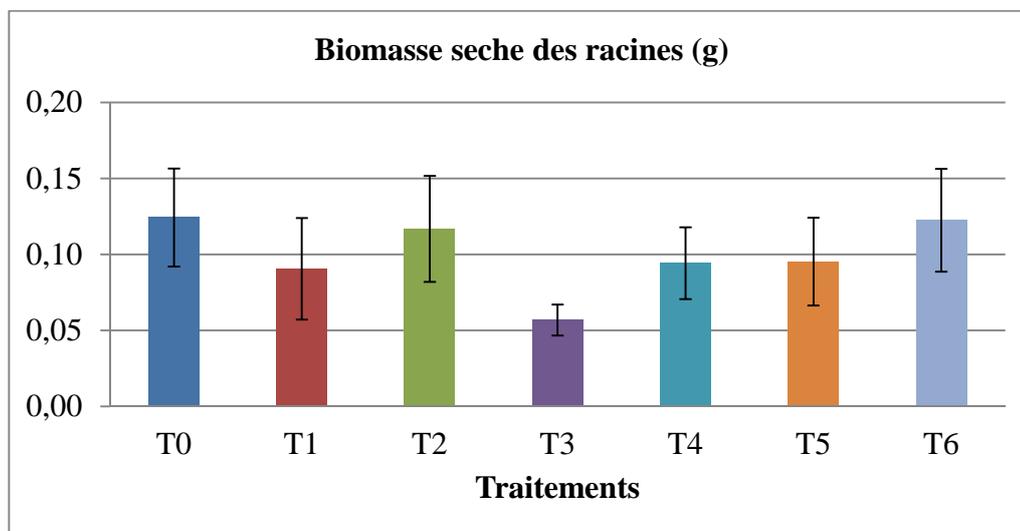


Figure 19 : Effet de NaCl et CaCl_2 et leurs combinaisons sur la biomasse sèche de la partie racinaire (g)

Il est à signaler que la présence de 25mM du NaCl seul ou associé au CaCl_2 révèlent la même biomasse sèche révélée chez les plantules issues de témoin, alors que la présence de 25mM du CaCl_2 exerce une chute de 25% par rapport au témoin.

Ces résultats sont confirmés par les travaux de BLANC, (1987), BEN LAAZIZI et *al.*, (2007) où ils ont indiqué que la conséquence la plus immédiate d'une concentration saline est une lésion des racines suivies du flétrissement de la plante, confrontée à une difficulté d'absorption hydrominérale.

6.2.1.8. Effet sur la matière sèche de la partie aérienne (%)

L'analyse de la variance à un critère de classification confirme ces résultats en montrant qu'il existe une différence significative entre les moyennes de la matière sèche de la partie aérienne ($P=0.001$) (**Annexe8**).

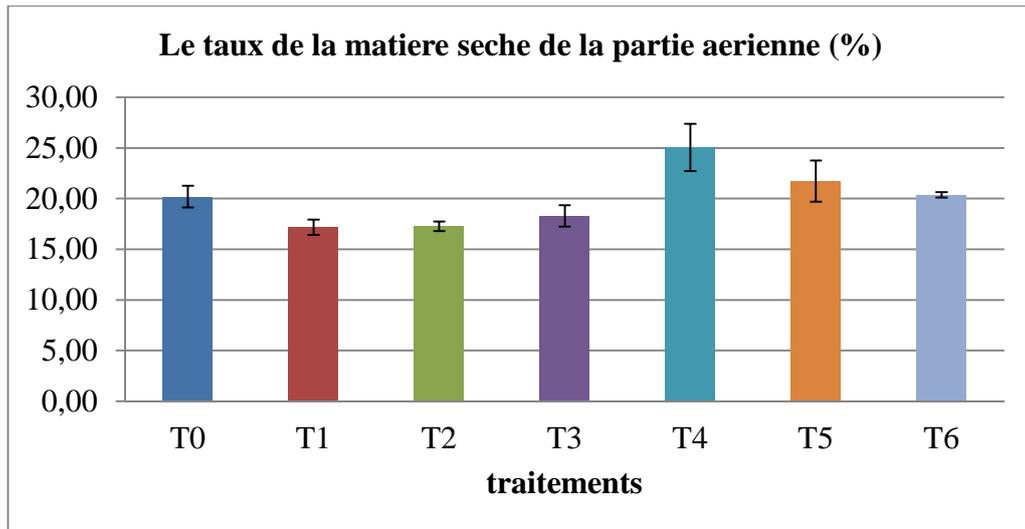


Figure 20 : Effet de NaCl et CaCl₂ et leurs combinaisons sur la matière sèche de la partie aérienne (%)

La figure 20 illustre les résultats concernant le taux de la matière sèche de la partie aérienne. Il est remarquable que le pourcentage de la matière sèche le plus élevé est enregistré au niveau des plantules alimentées par 25mM du CaCl₂. En revanche la présence de 25mM de NaCl seul ou associé au CaCl₂ présentent des régressions de 17,26 et 20,38% respectivement par rapport au témoin.

Cependant, la présence de 50mM de NaCl associé au CaCl₂ a révélé une réduction de la matière sèche de la partie aérienne la plus faible par rapport à la présence de 50mM de NaCl et le CaCl₂ séparément qui correspondent à 17.26 et 18.29% respectivement par rapport au témoin.

Ces résultats confirment le travail de SILLAGE et *al* (1990) qui ont montré à cet égard que les signes de stress les plus évidents au niveau de la végétation arrosée par des eaux chargées en sel sont ceux d'une sécheresse physiologique se manifeste par un aspect général rabougri de la plante, par une diminution de la surface foliaire et de la masse racinaire et par un dessèchement partiel de la végétation.

6.2.1.7 Effet sur la matière sèche de la partie racinaire (%)

L'analyse de la variance à un critère de classification confirme ces résultats en montrant qu'il existe une différence significative entre les moyennes de la matière sèche de la partie racinaire (P=0.000) (**Annexe9**).

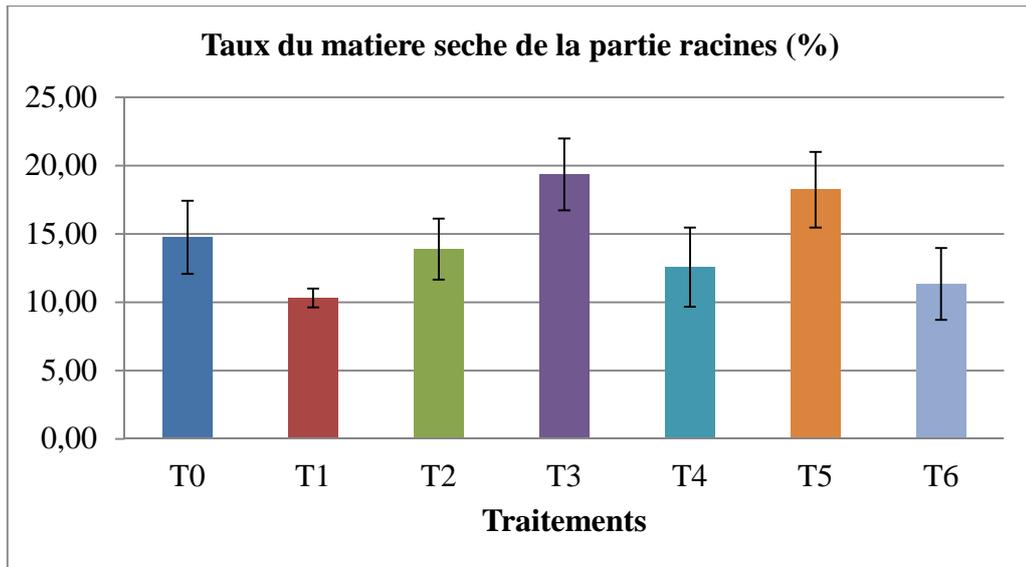


Figure 21 : Effet de NaCl et CaCl₂ et leurs combinaisons sur le taux de la matière sèche des racines (%).

La figure 21 illustre les résultats concernant le taux de la matière sèche des racines (%). L'examen de cette figure montre que dans une concentration de 50mM de CaCl₂ seul ou associé au NaCl révèlent les taux de la matière sèche les plus élevées (19,36 et 18,23%). Parallèlement, la présence de 50mM du NaCl révèle une dépression de 30,03% de ce paramètre par rapport au témoin.

Cependant, la présence de 25mM de NaCl associé au CaCl₂ révèle la réduction la plus faible comparativement à la présence de 25mM de NaCl ou CaCl₂. Les réductions enregistrées sont de 23,11 ; 5,83 et 14,84% respectivement par rapport au témoin.

6.2.2. Effet de la salinité par le NaCl, CaCl₂ et leur combinaison sur les paramètres physiologiques

6.2.2.1. Effet sur la teneur en chlorophylle (A) (mg/g)

L'analyse de la variance à un critère de classification confirme ces résultats en montrant qu'il n'y a pas une différence significative entre les moyennes de production de la chlorophylle A chez le blé dur (P=0.22) (**Annexe10**).

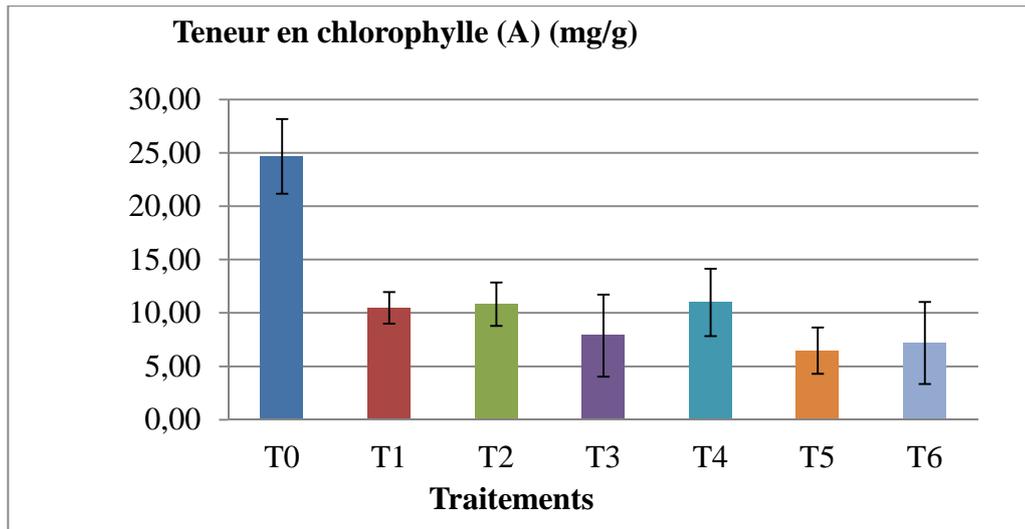


Figure 22 : Effet de NaCl et CaCl₂ et leurs combinaisons sur la teneur des feuilles en chlorophylle (A) (mg/g).

Les résultats mentionnés dans les figures 23 montrent que les plantes traitées par témoin enregistrent des quantités plus élevées 24,68 mg/g bien que la présence de 50 mM de CaCl₂ et le NaCl+CaCl₂ exercent un effet dépressif sur la teneur en chlorophylle A. Par contre, le NaCl 50 mM révèle une réduction de 57,49% par rapport au témoin.

En outre, dans une concentration de 25mM de l'NaCl et le CaCl₂ séparément révèlent les réductions les plus faibles de la quantité de chlorophylle A, comparativement à la présence de 25mM de NaCl associée au CaCl₂ qui correspond à une chute de 70,86% par rapport au témoin.

6.2.2.2. Effet sur la teneur en chlorophylle (B) (mg/g)

L'analyse de la variance à un critère de classification confirme ces résultats en montrant qu'il n'y a pas une différence significative entre les moyennes de production de la chlorophylle B chez le blé dur (P=0.23) (**Annexe11**).

Nous remarquons dans la figure 24 que les plantules traitées par le témoin présentent les meilleurs teneurs des feuilles en Chlorophylle (B) (10,87 mg/g). Parallèlement, la présence de 25mM de NaCl et CaCl₂ séparément exercent une faible réduction de la teneur en chlorophylle (B) (57,22 et 55,56% respectivement) et ce comparativement à la combinaison de NaCl+CaCl₂ avec une dose 25mM. La réduction enregistrée est de 70,37% par rapport au témoin.

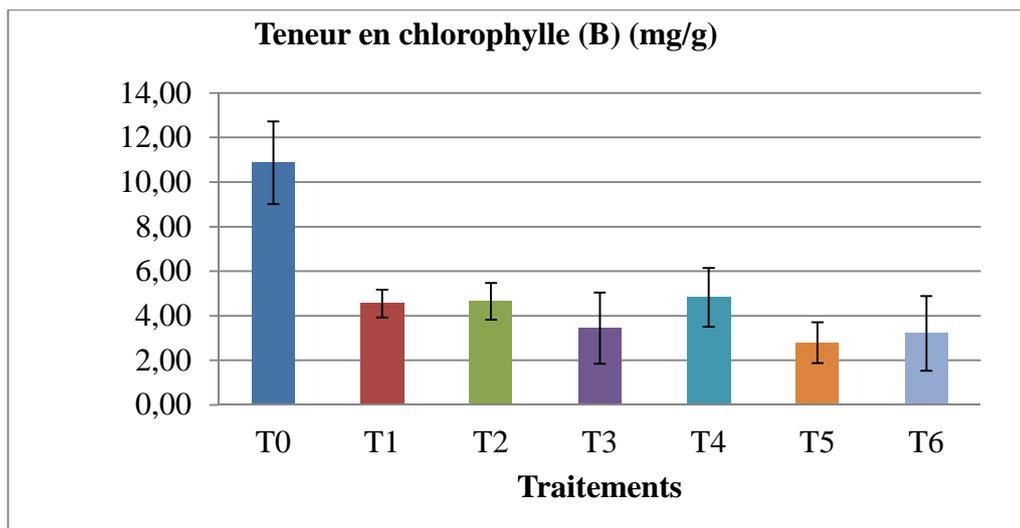


Figure 23 : Effet de NaCl et CaCl₂ et leurs combinaisons sur la teneur des feuilles en chlorophylle (B) (mg/g).

D'autre part, l'existence de 50Mm de CaCl₂ associée au NaCl entraîne une régression très significative dans la teneur en chlorophylle B. Cette réduction est de 74,33% par rapport au témoin.

L'analyse de la teneur en chlorophylle (A) montre qu'elle est moins sensible au stress salin que la teneur en chlorophylle (B). D'une façon générale, il est constaté que la teneur en chlorophylle diminue avec l'augmentation de l'intensité du stress salin conformément à ce que plusieurs auteurs ont démontré (CHEN *et al.*, 1991., GLEMEN *et al.*, 1993 et Walker *et al.*, 1984). Par ailleurs, certaines accessions naturellement riches en chlorophylle perdent plus facilement leur chlorophylle que les accessions naturellement pauvres (CHEIKH M'HAMED *et al.*, 2008).

6.2.2.4. Effet sur la teneur en proline dans la partie aérienne et souterrain(µg/g)

L'analyse de la variance à un seul critère de classification montre une différence très hautement significative pour la teneur en proline dans la partie aérienne ou souterraine (P=0.0001) (Annexe12 et 13 respectivement).

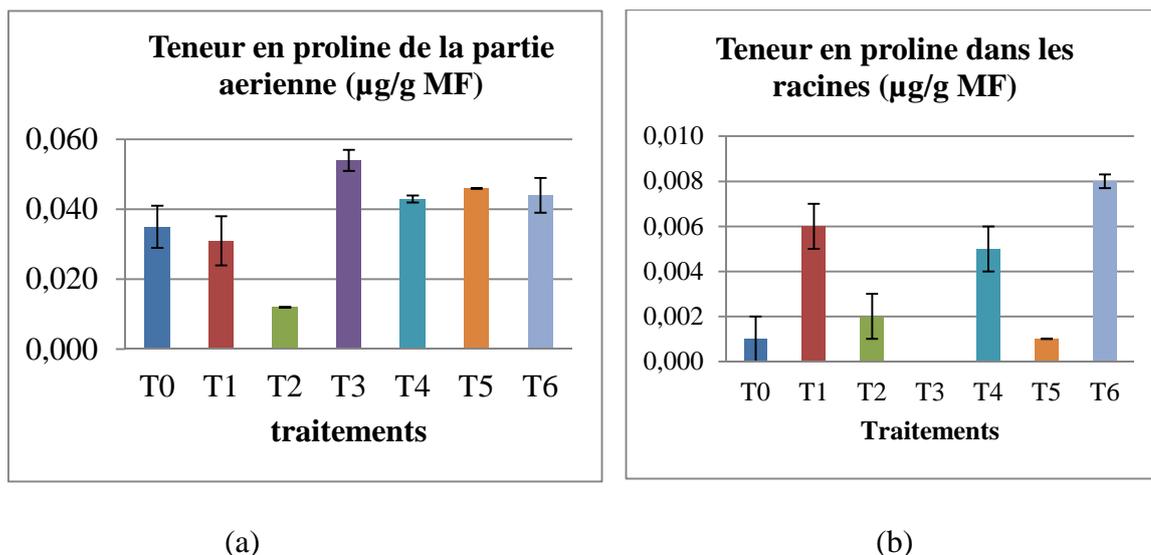


Figure 24 : Effet de NaCl et CaCl₂ et leurs combinaisons sur la quantité de (a) proline partie aérienne et (b) partie souterraine.

Les résultats obtenus indiquent que la teneur en proline enregistrée dans la partie aérienne (figure 24.a) varie selon le type de sel ainsi que la concentration saline testée à une autre. En effet, l'existence de 50 mM de CaCl₂ provoque une accumulation très marquée de proline (0,054 µg/g). Par contre, la présence de 50 mM NaCl seul ou associé au CaCl₂ provoque une accumulation de proline de 0,031 et 0,046 µg/g respectivement.

Cependant, la diminution de la concentration des sels a un effet négatif sur l'accumulation de la proline dans la partie aérienne. L'exposition des plantules de blé à une dose de 25 mM de NaCl révèle une diminution de la teneur en proline dans la partie aérienne (0,012 µg/g) en comparaison avec la présence de 25 mM de CaCl₂ et leur combinaison avec le NaCl (T6) qui révèlent une accumulation correspondant à 0,043 et 0,044 mg/g respectivement.

Par ailleurs, dans la figure 24. b qui présente la production de la proline dans la partie racinaire, la présence de 25 mM de CaCl₂+NaCl révèle l'accumulation de proline la plus élevée. Par contre, dans une concentration de 25 mM dans le NaCl et le CaCl₂ séparément, révèlent des quantités de proline plus faibles qui correspondent à 0,002 et 0,005 µg/g respectivement.

BELKHOJA et al., (2007) signalent que l'accumulation de la proline augmente significativement avec l'augmentation de la concentration de la salinité. MONNEVEUX (1989), ajoute que l'une des causes de l'accumulation de proline serait aussi une protéolyse membranaire, la proline pourrait s'accumuler suite à une perturbation du métabolisme des protéines (BEZZALA, 2005).

Une étude menée par LOTMANI *et al.*, (1998) et MEKHALDI, (2007) sur *Vigna Sinensis*, montre le même comportement de cette espèce face au stress salin. La proline est la substance qui s'accumule dans les tissus végétaux soumis au stress abiotiques et constitue un moyen de tolérance à la salinité (ZID *et al.*, 1991).

6.2.2.3 effet sur la teneur relative en eau (%)

Ce résultat est confirmé par l'analyse de la variance à un seul critère de classification. Montre qu'une différence hautement significative entre les moyennes de (TRE) ($p = 0,0001$) (Annexe14).

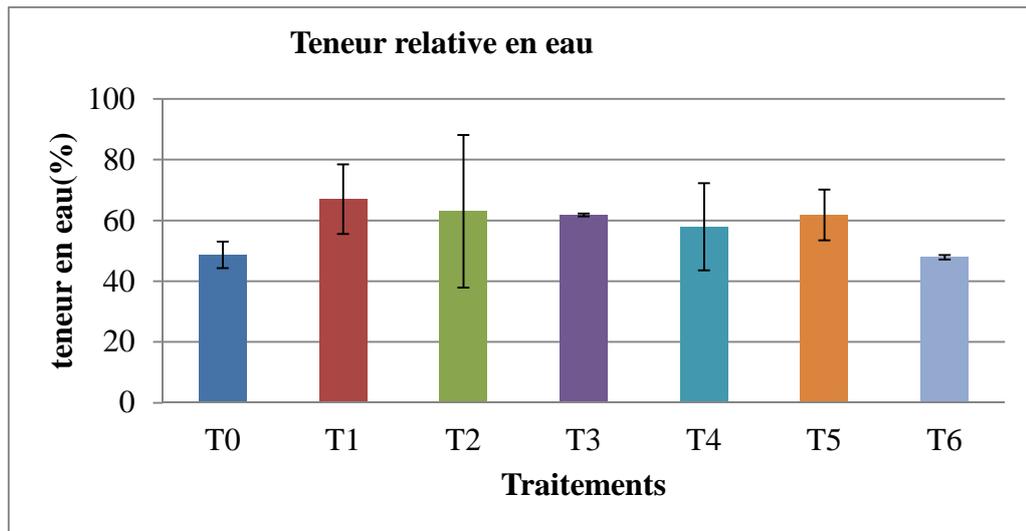


Figure 25 : Effet de NaCl et CaCl₂ et leurs combinaisons sur la teneur relative en eau (%).

Les plantes arrosées par les solutions salines contenant 50 mM du NaCl, du CaCl₂ ou la combinaison NaCl+CaCl₂ provoquent une augmentation de la teneur relative en eau avec 66,99%, 61,77% et 61,8% respectivement par rapport au témoin.

Par contre les plantes traitées par la solution enrichie de 25mM dans le NaCl, CaCl₂ et leur combinaison provoquent des valeurs faibles correspondant à 62,98%, 57,9% et 47,88% respectivement.

L'analyse de la teneur relative en eau, nous permet de décrire d'une manière globale le statut hydrique et d'évaluer l'aptitude des plantes à réaliser une bonne osmoregulation et maintenir une turgescence cellulaire (EL JAAFARI, 2000). Par contre le stress salin réduit le contenu relatif en eau des feuilles (ALBOUCHI *et al.*, 2003).

Lors de notre expérience, les résultats obtenus dénotent que l'application de concentrations croissantes de la solution saline influent d'une manière positive sur

l'augmentation de la teneur relative en eau. Ces résultats indiquent que la disponibilité de l'eau dans les tissus augmente avec les concentrations croissantes de la solution saline.

Le maintien du TRE plus ou moins élevé en comparaison au témoin des plantes de blé dur soumis à des différents niveaux de stress (25 et 50mM) dans les deux types de sels utilisées, sera probablement due à une osmoregulation active suite à la mise en place d'un mécanisme de tolérance au stress salin à savoir l'ajustement osmotique.

Conclusion

Au terme de notre travail qui a visé à l'étude de la tolérance de blé dur à la salinité par les deux concentrations testés (25 et 50mM) de NaCl et CaCl₂ et leurs combinaisons sur la germination et la croissance de cette culture en hors sol a permet de révéler les points suivants :

✓ La faculté germinative est variable en fonction de la composition du milieu nutritive. Elle diminue avec l'augmentation de la dose de sel surtout dans la présence de CaCl₂.

- ✓ Une réduction du taux de germination finale observé chez les plantes stressées.
- ✓ Une diminution de la longueur de la partie aérienne et souterraine dans l'essai de germination et de croissance.
- ✓ Une Réduction de la surface foliaire en fonction de l'augmentation de la concentration du sel ainsi que le type de sel CaCl₂ a un effet très dépressif.
- ✓ Une Réduction de la biomasse fraîche et sèche de la partie aérienne et souterraine dans la présence de CaCl₂.

L'expression physiologique traduit par la production en proline montre que la variété ANZA testée utilise ce osmoprotecteur pour ajuster l'osmolarité interne pour éviter une déshydratation rapide des tissus végétaux suivi de la mort des plantes. Toutefois, la variation quantitative est fonction de l'espèce, de l'organe et de la nature du stress appliqué. Cette variation est probablement liée au rôle que joue cet acide aminé à l'échelle cellulaire ainsi que son implication dans l'ajustement osmotique. Cette production est proportionnelle à la concentration du milieu d'irrigation. Inversement, Les teneurs en chlorophylles (A et B) sont des paramètres très sensibles, qui peuvent nous renseigner sur le degré de tolérance de la culture de blé dur à la salinité. Les traitements salins ont montré des taux de réduction considérables de la chlorophylle. Par ailleurs, il faut signaler que la teneur en chlorophylle (B) est plus sensible à l'effet du stress salin que celle de la chlorophylle (A).

Il est à signaler qu'une stimulation de la teneur relative en eau dans les plantes tressées que dans les plantes irriguées par l'eau douce a été remarquée. En fin, on peut conclure que la variété ANZA de blé dur est une variété moyennement tolérante au stress salin.

- ✓ Le CaCl₂ est le sel le plus nocif comparativement au NaCl sur la totalité des paramètres étudiés.

Enfin, ces résultats seront d'un apport important pour participer à une meilleure conduite de blé dans les zones semi-arides et arides où la qualité des eaux fournies pour l'irrigation est défavorable. Cependant, des études à long terme doivent être entreprises afin de justifier le motif environnemental pour l'utilisation de ces eaux salines sans le risque d'accentuer le phénomène de salinisation.

Effet de la salinité par le NaCl, CaCl₂ et leurs combinaisons sur les paramètres de croissance

Paramètres morphologiques

1 Effet sur la hauteur des tiges (cm) (annexe 1)

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	6	4562,033	760,339	5,286	0,005
Erreur	14	2013,899	143,850		
Total corrigé	20	6575,932			

2 Effet sur la longueur des racines (cm) (annexe 2)

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	6	11279,635	1879,939	8,718	0,000
Erreur	14	3018,980	215,641		
Total corrigé	20	14298,615			

3 Effet sur la surface foliaire(cm²) (annexe 3)

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	6	48696,203	8116,034	1,965	0,140
Erreur	14	57830,136	4130,724		
Total corrigé	20	106526,339			

4 Effet sur la biomasse fraîche de la partie aérienne(BFPA)(annexe 4)

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	6	4,602	0,767	2,529	0,072
Erreur	14	4,246	0,303		
Total corrigé	20	8,849			

5 Effet sur la biomasse fraîche des racines(BFR) (annexe 5)

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	6	8,903	1,484	6,477	0,002
Erreur	14	3,207	0,229		
Total corrigé	20	12,111			

5 Effet sur la biomasse sèche de la partie aérienne (annexe 6)

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	6	0,770	0,128	2,079	0,122
Erreur	14	0,864	0,062		
Total corrigé	20	1,635			

6 Effet sur la biomasse sèche de la partie racinaire (annexe 7)

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	6	0,156	0,026	7,655	0,001
Erreur	14	0,047	0,003		
Total corrigé	20	0,203			

7 Effet sur la matière sèche de la partie aérienne (annexe 8)

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	6	6681,756	1113,626	12,078	< 0,0001
Erreur	14	1290,863	92,204		
Total corrigé	20	7972,619			

8 Effet sur la matière sèche de la partie racinaire (annexe 9)

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	6	3774,088	629,015	12,519	< 0,0001
Erreur	14	703,413	50,244		
Total corrigé	20	4477,502			

Effet de la salinité par le NaCl, CaCl₂ et leur combinaison sur les paramètres physiologiques

1. Effet sur la teneur en chlorophylle (A) (annexe10)

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	6	1367,308	227,885	1,598	0,220
Erreur	14	1996,850	142,632		
Total corrigé	20	3364,158			

2. Effet sur la teneur en chlorophylle (B) (annexe 11)

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	6	260,113	43,352	1,562	0,230
Erreur	14	388,437	27,745		
Total corrigé	20	648,550			

3 effet sur la teneur en proline de la partie aérienne (annexe 12)

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	6	0,029	0,005	17,949	< 0,0001
Erreur	14	0,004	0,000		
Total corrigé	20	0,033			

4 effet sur la teneur en proline de la partie racinaire (annexe 13)

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	6	0,000	0,000	96,772	< 0,0001
Erreur	14	0,000	0,000		
Total corrigé	20	0,000			

5 effet sur la teneur relative en eau (annexe 14)

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	6	60600,559	10100,093	13,816	< 0,0001
Erreur	14	10234,240	731,017		
Total corrigé	20	70834,799			

Partie 1
Recherche
bibliographique

Chapitre 1

Physiologie du stress

Chapitre 2

La salinité des sols et des eaux

Chapitre 3

Généralité sur la culture de blé

Chapitre 4
La culture
hydroponique

Partie 2

Expérimentale

Chapitre 5

Matériel et méthodes

Introduction

Conclusion

Chapitre 6

Résultats et discussion

Annexes

Références

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ABROL YASH P., et INGRAM Keith T., 1997.** Les effets de la hausse des températures diurnes et nocturnes sur la croissance et les rendements de certaines plantes cultivées. *PP1*, 2-5.
- ABDELLY C., OZTURK M., ASHRAF M., et GRIGNON C., 2008.** Biosaline Agriculture and High Salinity Tolerance. (Eds) Birkhuser Verlag/L Swizerland, 367 p. 102.
- ABELEDI L.G., SAVIN R., GUSTAVO A., & SLAFER., 2008.** Wheat productivity in the Mediterranean Ebro Valley: Analyzing the gap between attainable and potential yield with a simulation model. *Europe. J. Agronomy*. **28**: 541-550p.
- ABDELLY C., LACHÂAL M., GRIGNON C., SOLTANI A., & HAJJI M., 1995.** Association épisodique d'halophytes stricts et de glycophytes dans un écosystème hydro morphe salé en zone semi-aride. *Agronomies*, **15**: pp 557-586.
- ALI GM., KOMATSU S., 2006.** Proteomic analysis of rice leaf sheath during drought stress. *Journal of Proteome Research*. **5**: pp 396-403.
- ALBOUCHI A., BEJAOUI Z., HEDI EL AOUNI M., 2003.** Influence of moderate or severe water stress on the growth of *Casuarina glauca* Sieb. Seedlings. *Sécheresse*, **14**, (3): pp 137-142.
- ALLAKHVERDIEV SI., SAKAMOTO A., NISHIYAMA Y., MURATA N., 2000.** Inactivation of photo Systems I and II in response to osmotic stress in *Synechococcus*: contribution of water channels. *Plant Physiol*. **122**: pp 1201-1208.
- AMTMANN A., et SANDERS D., 1999.** Mechanisms of Na⁺ up take by plant cells. *Advances in Botanical Research Incorporating Advance in Plant Pathology*. **29**: pp 75-112.
- AMME S., MATROS A., SCHLESIER B and MOCK H.P., 2006.** Proteome analysis of cold stress response in *Arabidopsis thaliana* using DIGE-technology *J., Exp. Bot* **57**: pp 1537-1546.
- ANONYME., 2006.** Les marchés mondiaux du blé. *USDA*. http://www.agpb.com/Fr/dossier/Eco/marchesmondiaux_2006.pdf. (25.05.2008/11 :37).
- ANTIPOLIS S., 2003.** Les menaces sur les sols dans les pays Méditerranéens. *Les cahiers du plan bleu*, Vol.2 :44-49.
- AUBERT G., 1975.** Les sols sodiques en Afrique du nord. *Annal de l'INA ; Algérie* : PP 185-195.

- AURELIE LEVIGNERON., FELICIE LOPEY., GERARD VANSUYT., PIERRE BERTHOMIEU., PIERRE FOURCROY., FRANCINE CASSE-DELBART., 1995.** Les plantes face au stress salin. Cahiers Agricultures ; 4 : pp 263-73.
- AURIAU P., 1967.** « Amélioration du blé dur » annales de L'NA de Tunisie, n° 40, vol.5 :344p, et **MOULE C., 1980.** « Les cereals » Ed. Maison rustique, Paris: pp 318.
- AUSTIN R.B., et JONES H.G., 1975.**The physiology of wheat–Annual Report-Plant breeds inst. Cambridge Insti. England : pp327-355.
- BAATOUR O., M'RAH S., BEN BRAHIM N., BOULESNEM F., LACHAAL M., 2004.** Réponse physiologique de la gesse (*Lathyrus sativus*) à la salinité du milieu. Revue des Régions Arides, Tome 1, No. Spécial : pp 346-358.
- BABA SIDL., KASSI S., 2010.** Effet du stress salin sur quelques paramètres phonologiques (biométrie, anatomie) et nutritionnels de l'Atriplex en vue d'une valorisation agronomique. Mémoire de magistère. Faculté des sciences de la nature et de la vie et sciences de la terre et de l'univers. Université Kasdi Merbah – Ourgla : 75p.
- BALDY C., 1974.** Contributions à l'étude fréquentielle des conditions climatiques. Leurs Influences sur la production des principales zones céréalières d'Algérie. Doc. Projet Céréale : p152.
- BAIZE D., 2000.** Guide des analyses en pédologie 2^{ème} édition. Institut National de la Recherche Agronomique, Paris : pp 206-207.
- BAJJI M., KINET J.M., et LUTTS S., 2002.** Osmotic and ionic effects of *NaCl* on germination, early seedling growth, and ion content of *Atriplex halimus* (*Chenopodiaceous*). *Can. J. Bot*, **3** (80) : pp 297-304.
- BALDY C., 1984.** Utilisation efficace de l'eau par la végétation en climats méditerranéens. Bull.Soc. Boton. Fr 131 (2, 3, 4) (Actual Boton): pp 491- 499.
- BALDY C.H., 1992.** Effet du climat sur la croissance et le stress hydrique des blés en méditerranée occidentale. Dans : tolérance à la sécheresse des céréales en zone méditerranéenne. Diversité génétique et amélioration variétale, Montpellier. Les colloques de l'INRA, 64 : pp 83-100.
- BARTELS D., et NELSON D., 1994.**Approaches to improve stress tolerance using molecular genetics. *Plant Cell Envir*, 17 : pp 659-667.
- BAYUELO-JIMENEZ J. S., CRAIG R., LYNCH J. P., 2002.***Crop Sci.* 42 : p 1584.
- BELAID DJ., 1986.** Edition Alger office des publications universitaire : p 207.
- BELKHEIRI O., 2009.** Adaptabilité des espèces du genre *Atriplex* aux conditions de salinité et d'aridité. Thèse de doctorat, Université di Sassari (Espagne) : p90.

- BELKHODJA M et BIDAI Y., 2004.** Réponse des graines d'*Atriplex halimus* L. À la salinité au stade de la germination. *Sécheresse*, **4**(15) : pp331-334.
- BELKHODJA M, et BIDAI Y., 2007.** Analyse de la proline pour l'étude de la résistance d'une halophyte (*Atriplex halimus* L) à la salinité. Elaboration de physiologie végétale. Faculté des sciences, Univ, d'Oran, Algérie. Tela Botanique : p 8.
- BELKHODJA M., 1996.** Action de la salinité sur le comportement physiologique. Minéral, métabolisme, et recherche de marqueurs moléculaires chez la fève (*Vicia faba*.L.). Thèse Doctorat d'Etat ES Science Naturelle. Université d'Es- Senia. Oran : p 216.
- BELOUZANI N., 1994.** Etude de comportement des tomates industrielles soumises à l'action de la salinité croissance et anatomie des tiges et racines, Thèse ING-ITA : Mostaganem.
- BEN KHALED L A., MORTE GOMEZ M., HONRUBIA & OIHABI A., 2003.** Effet du stress salin en milieu hydroponique sur le trèfle inoculé avec *Rhizobium*. *Agronomie*, **23** : pp 571-580.
- BEN KHALED L., MORTE GOMEZ A., HONRUBIA M., & OIHABI A., 2003.** Effet du stress salin en milieu hydroponique sur le trèfle inoculé avec *Rhizobium*. *Agronomie*, **23** : pp 571-580.
- BEN KHALED L., MORTE GÓMEZB A., HONRUBIAB M., OIHABIA A., 2003.** Effet du stress salin en milieu hydroponique sur le trèfle inoculé par le *Rhizobium*, *Agronomie* **23** : pp 553–560.
- BEN MILED D., BOUSAID M., ADBLKEFFI A., 1986.** Colloque sur les végétaux en milieu aride. Djerba 8- 10 sept. 1986. *Fac. Sci. De Tunis ept. ACCTT* (1986) : p 586.
- BENACEUR M., RAHMOUNC., HASNA SDIRI., MEDAHI M., et SELMI M., 2001.** Effet du stress salin sur la germination, la croissance et la production en graines de quelques variétés Maghrébines de blé . *Science et changement planétaires .Sécheresse* Vol 12 numéro 3 : pp 167-174.
- BENACEUR., 2003.** Effet du stress salin sur la germination ; la croissance et la production en grains de quelques variétés maghrébines de blé , *sécheresse* Vol 12 : pp 48.
- BENACEUR.M C., RAHMOUN H., SDIRI M., MEDAHI M., SELMI., 2001.** Effet du stress salin sur la germination, la croissance et la production de grains de blé. *Sécheresse*, **12** (3) : pp 167-174.
- BENATA H., BERRICHI A.B., REDA TAZI M., ABDELMOUMEN H et MISBAH EL IDRISSE M., 2006.** Effet du stress salin sur la germination, la croissance et le développement de trois espèces légumineuses : *Acacia tortilis* var. *Radiana*, *Leucaena*

Leucocephalaet Prosopis juliflora. Le Premier Congrès National sur l'Amélioration de Production Agricole Settat (*Recueil des résumés*).

BENKHETOU A., 2003. Contribution à l'étude de la mise en culture des zones steppiques dans le cadre de l'accession à la propriété foncière agricole et son impact sur l'écosystème –cas de Rechaiga, Tiaret. Thèse de Magister, Univ., de Tiaret. Algérie : p25-28.

BENMAHIOUL B., DAGUIN F., et KAID-HARCHE M., 2009. Effet du stress salin sur la germination et la croissance *in vitro* du pistachier (*Pistacia vera* L.). *C. R. Biologies*, 332 : pp 164- 170.

BEZZALA A., 2005. Essais d'introduction de l'arganier (*Arganiaspinosa (L) Skeels*) dans la zone de M'doukel et évaluation de quelques paramètres de résistance à la sécheresse. Thèse de Magister. Université de Batna, Algérie : p68.

BLANCD., 1987. Les cultures hors sol. Ed. INRA. Paris : 409p.

BONJEAN A., 2001. Histoire de la culture des céréales et en particulier celle de blé tendre (*Triticum aestivum* L.). Dossier de l'environnement de l'INRA, 21 : pp 29-37.

BONJEAN A., PICARD E, 1990. Les céréales à paille origine, historique, économie et sélection. Ed Nathan : 235 p.

BOUATROUS Y., 2013. Effet du stress salin et l'haploidisation chez le blé dur (*Triticum durum* Desf).

BOUAZIZ E., 1980. Tolérance à la salure de la pomme de terre. *Physiol. Végé.* 18 : p11-17

BOUCHOUKH I., 2010. Comportement écophysio logique de deux Chénopodiacées des genres *Atriplex* et *Spinacia* soumises au stress salin : P 16-29-35.

BOUKACHABIA E., 1993. Contribution à l'étude de quelques mécanismes morphologiques et biochimiques de tolérance à la salinité chez cinq génotypes de blé dur (*Triticum durum* Desf). Mémoire de Magister. Université d'Annaba : 108 p.

BOULGHALAGH J., BERRICHI A., EL HALOUANI H et BOUKROUTE A., 2006. Effets des stress salin et hydrique sur la germination des graines du jojoba (*Simmond siachinensis* [link] Schneider). *Recueil des résumés*. Le Premier Congrès National sur l'Amélioration de Production Agricole, Settat, Maroc : 24p.

BOUTRACHEH H., 2013. Bulletin d'information Technologique. Industrie Agroalimentaire. Revu n° 25 : pp 3-4.

BOUZID S., 2010- Etude de l'effet de la salinité et de la présence du molybdène sur le comportement éco physiologique de deux variétés de plantes de l'espèce *Phaseolus vulgaris* L Thèse magister. Univ. Mentouri Constantine : P6-9-4.

BOYELDIEU J., 1980. Les cultures céréalières. Ed Hachette. France.

- BOYER J. S., 1982.** Plant productivity and environment. Sci, New series. 218: pp 443 – 448.
- BOYER J.S., 1982.** Plant productivity and environment. Science 218: 443-448.
- BOZZINI A., 1988.** Origin distribution and production of durum wheat in the world. In: **FABRIANI, G., & LINTAS, C.** Eds. Durum - Chemistry and technology. American Association of Cereal Chemists, Inc. St. Paul, Minnesota, USA: pp 1-16.
- BRUNGNOLI E. & M. LAUTERI, 1991.** Effects of salinity on stomatal conductance, photosynthetic capacity, and carbon isotope discrimination of salt-tolerant (*Gossypium hirsutum* L.) and salt-sensitive (*Phaseolus vulgaris* L.) C3 non halophytes. *Plant Physiol.*, **95** : pp 628-935
- CALU G.,2006.** Arabidopsis thaliana et Thellungiella halophila, plantes modèles dans l'étude du stress salin, in Spectro Sciences.
- CARTER D.I., 1975.** Problèmes de salinité en agriculture. Plants in Saline Environments. Springer-Verlag Berlin : pp 25-35.
- CHAISE L., FERLA A. J., HONORE A. & MOUKHLI R., 2005.** L'impact du changement climatique sur l'agriculture en Afrique. Atelier Changement Climatique. ENPC.
- CHARTZOULAKIS K., and KLAPAKI G., 2000.** Response of two greenhouse pepper hybrids to NaCl salinity during different growth stages. Scientia Horticulture. 86(3) : p 247-260.
- CHEHAT F., 2007.** Analyse macroéconomique des filières, la filière blés en Algérie. Projet PAMLIM « Perspectives agricoles et agroalimentaires Maghrébines Libéralisation et Mondialisation » Alger : pp7-9.
- CHEIKH M'HAMED H., ABDELLAOUI R., KADRI K., BEN NACEUR M., BEL HADJ S., 2008.** Evaluation de la tolérance au stress salin de quelques accessions D'orge (*Hordium vulgare* L.) Cultivées en Tunisie. Sciences & Technologie, 28 : pp30-37.
- HELA B.A., MANAA A., ZID E., 2008.** Tolérance à la salinité d'une poaceae à cycle court : la sétairie (*Setaria verticillata* L.) ; Comptes rendus Biologies 331 : pp 164–170.
- CHELLALI B., 2007.** Marché mondial des céréales : L'Algérie assure sa sécurité alimentaire.
- CHEN C T., LI C., KAOC H., 1991.** Senescence of rice leaves. XXXI changes of Chlorophyll, protein and polyamine contents and ethylene production during Senescence of a chlorophyll-deficient mutant. Journal of Plant Growth Régulation, 10 : pp 201-205

- CLAIRE CASNIN., JEAN-FRANÇOIS MADRE., HERVE LEVESQUE., 2013.** Le blé, une plante modèle pour étudier la biologie végétale au lycée. (Enseignants-associés à l'Ife-ENS de Lyon).
- COKKIZGIN A., 2012.** *Notulae Not. Bot. Horti. Agroboi.* 40 : 177p.
- COUEE I., SULMON C., GOUESBET G., EL AMRANI A., 2006.** Involvement of soluble sugars in reactive oxygen species balance and responses to oxidative stress in plants. *J. Exp. Bot.* 57: pp 449–459.
- CUI S., HUANG F., WANG J., MA X., CHENG Y AND LUI J.A., 2005.** Proteomic analysis of cold stress response in rice seedling. *Proteomics*; 5: pp 3162-3172.
- DAALOU A., 1998.** La technologie dans l'agriculture tunisienne : Cas du secteur céréalier. Communication présentée au Colloque Tunis – Américain : Une Agriculture Stabilisée pour la Tunisie au XXI Siècle. Tunis : pp 66-77
- DAALOUL A., 1988.** La technologie dans l'agriculture tunisienne : Cas du secteur céréalier. Communication présentée à Cuolloque T'unis-Américain : Une Agriculture Stabilisée pour la Tunisie au XXI Siècle. Tunis : pp 66-77.
- DAOUD Y., HALITIM A., 1994.** Irrigation et salinisation au Sahara algérien. *Sécheresse* 5, 3 : pp 151 – 160.
- DEBEZ A., CHAIBI W et BOUZID S., 2001.** Effet du NaCl et de régulateurs de croissance sur la germination d'*Atriplex halimus* L. *Agriculture.* 2 (10) : pp 8-135.
- DENDEN M., BETTAIEB T., Sahli 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.* Vol. 23 N°4: pp220-226.
- DIÉDHIYOU G.J., 2006.** Mechanisms of salts tolerance: Sodium, Chloride, and potassium Homeostasis in two rice lines with different tolerance to salinity stress. Dr. Rer.nat thèses. Faculté de biologie. Université de Bielefeld, Allman : 190p.
- DIEHIL, R., 2001.** "Agriculture générale", J.B. Baillièrè, Paris, 400p.
- DUBEY R.S., & SINGH A.K., 1999.** Salinity induces accumulation of soluble sugars and alters the activity of sugar metabolizing enzymes in rice plants. *Biol. Plant.*, 42 : pp 233-239.
- DUBOST D., 1994.** Pratique de l'irrigation au Sahara. CIHEAM / IAM.
- DUBOST D., MOGUEDET G., 2002-** La révolution hydraulique dans les oasis impose une nouvelle gestion de l'eau dans les zones urbaines. *Méditerranée* 3.4 : pp 15 - 20.
- DUTUIT P., POURRAT Y., DUTUIT J.M., 1994.** La notion de stress de la cellule à l'écosystème. *Sécheresse*; 5, 1: pp 23-31.

- EHRET D.L., HO L.C., 1986.** Effects of osmotic potential in nutrient solution on diurnal growth of tomato fruit *J. Exp. Bot.*, 37 (182): pp 1294-1302.
- EL JAAFARI S., 2000.** Durum wheat breeding for abiotic stresses resistance: defining physiological traits and criteria. *Options méditerranéennes* 40 : pp 251-256.
- EL MEKAOUI., 1987.** Etude de la tolérance du NaCl chez le blé dur tendre et d'orge Thèse ING, Montpellier France.
- EL MIDAOU M., BENBELLA M., AÏT HOUSSA A., IBRIZ M et TALOUIZTE A., 2007.** Contribution à l'étude de quelques mécanismes d'adaptation à la salinité chez le tournesol cultivé (*Helianthus annuus L.*) *Revue HTE* 136 : pp 29-34.
- ELIARD J.L., 1979.** Manuel d'agriculture générale. Ed. J.B. Bailière, Paris : p 344
- EL-MEKKAOUI M., 1990.** Etude des mécanismes de tolérance à la salinité chez le blé dur (*T. durum* des f) et l'orge (*H. vulgare*) : recherches de tests précoces de sélection. Thèse de Doctorat en Sciences Agronomiques, Université de Montpellier : 191 p.
- EL-MONEM A., SHARAF M., 2008.** *N. Y. Sci. J.* 1: p 70.
- EPSTEIN E., NORLYN J.D., RUSH D.W., KINGSBURY R.W., KELLY D.B., CUNNINGHAM G.A., et WRONA A.F., 1980.** Saline culture of crops: a genetic approach. *Science* 210: pp 399-404.
- EVANS L.T., et RAWSON H. M., 1975.** Photosynthesis and respiration by the flag leaf and components of ear during grain development in wheat. *Australian Journal of Biology*: pp 223 245.
- FAO., 2005.** Base de données agricoles de l'OCDE : Edition 2005, I. Bases de données des perspectives des produits agricoles de l'OCDE et de la FAO, 1970-2014 : pp.1-50.
- FAO., 2007.** Global cereal supply and demand brief crop prospects and food situation. N° 3
- FAO., 2007.** Perspective alimentaires. Analyse des marchés mondiales.
- FEILLET P., 2000.** « Le grain de blé. Composition et utilisation » Ed. INRA, Paris : 308p
- FEUILLET P., 2000.** Le grain de blé, composition et utilisation. Ed INRA. Paris : 88-199.
- GARCIA-LEGAZ M.F., ORTIZ J.M., GARCIA-LIDON A., CERDA A., 1993.** Effect of salinity on growth, ion content and CO₂ assimilation rate in lemon varieties on different rootstocks. *Physiologie Plantarum*, 89 : pp 427- 432.
- GATE P., 1995.** Écophysiologie du blé de la plante à la culture -Ed. DOC-la vision I.T.C.F- France : pp 417.
- GATE P., 1995.** Ecophysiologie du blé. Ed. ITCF. Technique et Documentation. Lavoisier, Paris : 419 p.

- GHRIB C.D., KCHAOU R., GHARBI F., REJEB S., KHOUDJA L., NEJIB REJEB M., 2011.** *Euro. Journals Publishing, Inc.* 50 : p208.
- GILBERTO., 15 octobre 2013.** Prof. La culture Hydroponique : définition et histoire.
- GILL K S., 1979.** Effects of soil salinity on grain filling and grain development in burly. *Biologia plantarum*, 24 (4): 266-269.
- GLEMEN M., SMITH F. A., 1993.** Gas exchange and chlorophyll content of Trif Blue rabbitey and "Sharp blue southern high bush. Blubbery exposed to salinity and Supplemental calcium. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 2: pp 749-756.
- Göring M., 1974.** Dereim slushoher sols kongentrasion end aies verschideu physiologcshe parameter van-mais wrzeln wiss. Z. Drh. Berlin Nath. Natur wiss R. ; 23 : 641-4.
- GORANTALA M., BABU PR., REDDY LACHAGARI VB., REDDY AMM., WUSIRIKA R., JEFFREY L., BENNETZEN., and ARJULA R., 2007.** Identification of stress responsive genes in an indicarice (*Oryza sativa* L) using ESTs generated from drought- stressed seedlings J., *Exp. Bot.*, January; 58: pp 253-265.
- GRANDCOURT C, M et PRATS JL., 1971** « les céréales », Ed. Balliere, Paris.: 351p.
- GREENWAY H., et MUNNS R., 1980.** Mechanism of salt tolerance in non-halophytes. *Annu. Revu. Plant Physiol.*, 31: 149-190
- GREENWAY H., et MUNNS R., 1980.** Mechanisms of salt tolerance in non- halophytes. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 31: pp 149-190.
- GREENWAY., H. and MUNNS., R., 1980.** Mechanism of salt tolerance in non-halophytes. *Annual Review of Plant Physiology* 3 :149-190.
- GRIGNAC P., 1965.** Contribution d l'étude de *Triticum durum* (Desf.) Thèse, Fac. Sci. Toulouse : 152 p.
- GRIGNAC P., 1978.** Le blé dur : Techniques agricoles. Tome I : 6-10
- GUERRIER G., 1983.** Capacité germinative de semences en fonction des doses graduelles en NaCl. Importance des transferts sur milieux sodés ou témoin. *Agricultural Salinity Assessment and Management* : Pp 113-137.
- GUERRIER G., 1996.** Fluxes of Na⁺, K⁺ and Cl⁻, and osmotic adjustment in *Lycopersicon pimpinelli folium* and *L. esculentum* during short and long-term exposure to NaCl. *Plant Physiol.*, 97 : pp 583-591.
- HAJLAOUI H., DENDEN M., BOUSLAMA M., 2007.** *Tropicultur a 25* : p 168.
- HAMADACHE A.M., 2001.** Manuel illustré des grandes cultures à l'usage des valorisateurs et techniciens de l'agriculture. Stades et variétés de blé, ITGC, Alger : p22.

- HAMDY A., 1991.** Water soil and crop management relating to the use of saline water. European Mediterranean conference on the use of saline water in irrigation. MAI/ Bari.
- HAMED M., 1979.** Plantes et culture des cultures céréalières, les cultures légumineuses. Syria.
- HAMZA M., 1967.** Influence de diverses concentrations de chlorure de sodium sur la croissance de jeunes plants de *Triticum sativum*. C. R. Acad. Sci. Paris, 176: pp1997-2000.
- HASEGAWA P.M., BRESSAN., R.A., ZHU, J.K. AND BOHNERT, H.J.,2000-** Plant cellular and molecular responses to high salinity. Annu.Rev. Plant Mol. Biol. 51 :pp 463-499.
- HAZMOUNE T., 1994.** Contribution à la caractérisation de l'appareil racinaire de quelques variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf) en relation avec les composants de rendement. Thèse Magistère. Université. Batna : p 80.
- HERVIEU B., CAPONE R., et ABIS S ., 2006.** L'enjeu céréalier en méditerranée. Les notes d'analyse du CIHEAM N°9 : pp.1-13.
- HEWMT E.J., 1966.** Sand and water-culture methods used in the study of plant nutrition. 2^{em} edition. Common wealth Agric. Bureau, Tech. Bull. Na 22.
- HIGAZI T.B., FILIANO A., KATHOLI C.R., DADZIE Y., REMME J.H., UNNASCH TR., 2005.** Wolbachia endo symbiotic levels in severe and mild strains of *Onchocerca volvulus*. Mol Biochem Parasitol .141 : 109-12.
- Hopkins W. G., 2003.** Physiologie végétale. 2^{ème} édition. De Boeck, Bruxelles : pp 61-476.
- HOPKINS W.G., 2003.** Physiologie végétale. Traduction de la 2^{ème} édition américaine par SERGE R. Ed de Boeck : pp : 309-362.
- HUBERT P., 1998.** Recueil de fiches techniques d'Agriculture Spéciale 17 : pp 23-27.
- HYNO., 2002.** Blé hybride <http://www.unctad.org/infocomm/francais/ble/culture>
- IMALET R., 1979.** Influence de différentes concentrations de sels (NaCl, Na₂SO₄, MgSO₄) des eaux d'irrigation de l'agriculture sur le rendement du haricot. Thèse Ing, INA, EL Harrach : p 43.
- ITGC., 2013.** Institut Technique des Grandes Culture., Culture du blé dur (*Triticum durum*).
- JABNOUNE M., 2008.** Adaptation des plantes au stress Salin : caractérisation du transporteur de sodium et potassium de la famille HKT chez le riz. Thèse doctorat, univ Montpellier II.

- JAHIERJ., CHALHOUB B., 2006.**Chalosse « la domestication des plantes : de la cueillette a la post-génomique ». Revue bio futur, le mensuel européens de biotechnologie, n° 266.29P.
- JIA W., WANG H., ZHANG C.H., ZHANG J., 2002.** Salt-stress-induced ABA accumulation is more sensitively triggered in roots than in shoots. *J. Exp. Bot*, 53 : pp 2201-2206.
- JOHAN H., 1970.** Note générale sur la culture hydroponique : pp23-25.
- JORGE I., NAVARRO R.M., LENZ C., ARIZA D and JORRIN J., 2006.** Variation in the holmoak leaf proteome at different plant developmental stages, between provenances and in response to drought stress. *Proteomics*; 6: pp 207-214.
- JOUVE P., et DAOUDI A., 2001.** Effet de la date de semis sur l'élaboration du rendement du blé tendre et de l'orge en zone semis aride et aride cas du Maroc. *Agri. Tropic.* Vol. 39 n°3 :193-200.
- KABAR K., 1986.** Alleviation of salinity stress by growth regulators on seed germination. *J. Plant Physiol*; 128: 179-183.
- KARAKA A., 2011.** Motivational Attitudes of ELT Students towards Using Computers for Writing and Communication. *The Journal of Teaching English with Technology*, 11(3): pp 37-53.
- KATEMBEW J. UNGARS I.A., MITCHELL J.P., 1998.** Effect of salinity on germination and seedling growth of two *Atriplex* species. *Annals of Botany*.82:167–175.
- KAYANI S.A., H.H. NAQVI & I.P. TING, 1990.** Salinity effects on germination and mobilization of reserves in jojoba seed. *Crop Sci.*, **30**:704-708.
- KAYMAKANOVA M., 2006.***Biotechnol & Biotechnology. EQ. SE.* 23: 326p.
- KHALES A et BAAZIZ M., 2006.** Etude des peroxydases d'écotypes d'*Opuntia Ficus indica*L en relation avec le développement dans les conditions de stress Salin. Congrès international de Biochimie, Agadir: pp 133-136.
- KHAN M A., HAMID A., SALAHUDDIN A.B.M., QUASE A., et KARIM M A., 1997.** Effect of sodium chloride on growth, photosynthesis and mineral ions accumulation of different types of rice (*Ovsya sativa*). *J. Agronomy and science*: 149-161.
- KOTCHONI SO., KUHNS C., DITZER A., KIRCH HH and BARTELS D., 2006.** Over-expression of different aldéhyde dehydrogenase genes in *Arabidopsis thaliana* confers tolerance to abiotic stress and protects plants against lipid peroxidation and oxidative stress. *Plant, Cell and Environment*; 29: pp 1033-1048.

- LAKHDARI F., 1986.-** *Influence de la salinité sur la croissance et la nutrition minérale d'une solanacée, la tomate.* Thèse de doctorat d'état.
- LANGRIDGE G. C., PHAN M.D., TURNER D. J., PERKINS T.T., PARTS L., HAASE J., CHARLES I., MASKELL D. J., PETERS S. E., & OTHER AUTHORS., 2009.** Simultaneous assay of every Salmonella Typhi gene using one million transposing mutants. *Genome Res* 19, 2308–2316.
- LASRAM. M. 1995;** Salinity problems in the Mediterranean's area, Ed academies de Paris N°2, séances spécialisée du 22 mars 1995.
- LAUCHLI I ET EPSTEIN E., 1990.** Plant réponse to saline conditions. In Tanji KK (éd), vol.6. p.66-71. Volume 12. Numéro 3, 167-74.
- Lichtenthaler H.K., 1986.** Application of chlorophyll fluorescence in ecophysiology. *Radiat Envi-ron. Biophys.* 25, 297-308
- LEMAIREF., 1989.** Cultures en pots et conteneurs (principes agronomiques et applications). Ed. INRA. Paris : 184p.
- LEMZERI H., 2006.** Réponses écophysiologicals de trois espèces forestières du genre *Acacia, Eucalyptus et Schinus (A. cyanophylla, E. gomphocephala et S. mölle)* soumises à un stress salin. Mémoire de magistère, Université de Mentouri Constantine : 180 p.
- LEVIGNERON A., LOPEZ F., VANSUYT G., BERTHOMIEU P., FOURCROY P., and CASSE-DELBART F., 1995.** Les plantes face au stress salin. *Cahiers Agricultures.* 4(4): pp 263-273.
- LEVIGNERON A., LOPEZ F., VANSUYT G., BERTHOMIEU P., FOURCROY P., et CASSE- DELBART F., 1995.** Les plantes face au stress salin. *Cahiers d'études et de recherches Francophones / Agricultures.*4 : pp 263-273.
- LEVIGNERON A., LOPEZ F., VANSUYT G., BERTHOMIEU P., FOURCROY P., and CASSE-DELBART F., 1995.** Les plantes face au stress salin. *Cahiers Agricultures,* 4(4): pp 263-273.
- LEVIGNERONA., LOPEZ F., VARISUYT G., BERTHOMIEN P., et CASSE- DELBAR T., 1995.** Les plantes face au stress salin. *Cahier d'agriculture.* (4): pp 263-273
- LEVITT J., 1980.** Responses of plants to environmental stresses. Water radiation, salt and others stresses. Academic Press, New York, 2: pp 365- 406.
- LOTMANI B., CHOUIEB M., BOUDJMAA M., ARIBI M., BENHAFFAF A., 1998.** Micro propagation in vitro de l'arganier (*Argania spinosa L Skeels*) à partir d'explants de feuilles et de micro boutures de tige. Séminaire international sur les zones arides. Adrar.

- LUTTGE U., KLUGE M. et BAUER G., 2000.** La nutrition minérale des plantes ; croissance. Développement, sénescence et mort in Botanique.Tec et Doc. LAVOISIER. pp 449-451-501-512.
- M'BAREK B., CHAABANE R., SIRI H., MEDDAHI M.L., SELMI M., 2001**-Effets du stress salin sur la germination. La croissance et la production en grains de quelques variétés maghrébines de blé .Insti Nation de Rehe Agro de Tunisie. Sécheresse Volume 12, Numéro 3: pp 167-74.
- MAAS E.V., POSS J.A., and HOFFMANG J. 1986.** Salinity sensitivity of sorghum at three growth stages. *Irrig. Sci.* 7:1-11.
- MADHAVA RAO K.V., RAGHAVENDRA A. S., et JANARDHAN REDDY K., 2006.** Printed in the Netherlands. *Physiology and Molecular Biology of Stress Tolerance in Plants. Springer:* pp : 1-14.
- MADR., 1998.** Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural. Statistique agricole. Alger.
- MADR.,2006.** Ministère de l'agriculture ; Statistiques agricoles, superficies et productionn. Direction des Statistiques Agricoles et des Enquetes Econamiques. Séries B01,2006.
- MAILLARD J., 2001.** Le point sur l'Irrigation et la salinité des sols en zone sahélienne. Risques et recommandation. *Handicap International* : 34 p.
- MAILLARD J., 2001.** Le point sur l'Irrigation et la salinité des sols en zone sahélienne. Risques et recommandations. *Handicap International*, 34p.
- MAJOUL T., BANCEL E.,TRIBOI E., BEN HAMIDA J and BRANLARD G., 2004.-** Proteomic analysis of the effect of heat stress on hexaploides wheat grain : characterization of heat responsive proteins from non – prolamine fraction. *Proteomics*; 4: pp 505-513
- MALLEK E., 1989.-** Influence de la salinité sur certains aspects physiologiques et métaboliques de la tolérance au sel de tomates sensibles et résistantes. Thèse de doctorat en UFR de biologie, Paris: 5-120.
- MALLEK-MAALEJ E., BOULASNEM F., BEN SALEM M.** Effet de la salinité sur la germination de graines de céréales cultivées en Tunisie. *Cahiers Agricultures* 1998 ; 2 : 153-6.
- MARLET S., 2005** .Gestion de l'eau et salinisation des sols dans les systèmes irrigués. Synthèse de l'atelier du PCSI sur : Vers une maîtrise des impacts environnementaux de l'irrigation n°40. Ed. Cirad et Amis. France. Pp : 12-23.

- MASLE-MEYNARD J., 1980.** L'élaboration du nombre d'épis chez le blé d'hiver. Influence de différentes caractéristiques de la structure du peuplement sur l'utilisation de l'azote et de la lumière. Thèse de Docteur Ingénieur. INA-PG, Paris, 274p.
- MASLE-MEYNARD J., 1980.** L'élaboration du nombre d'épis chez le blé d'hiver. Influence de différentes caractéristiques de la structure du peuplement sur l'utilisation de l'azote et de la lumière. Thèse de Docteur Ingénieur. INA-PG, Paris, 274p.
- MASMOUDI A., 2003.** Irrigation et salinisation dans certains oasis de la wilaya de Biskra. Séminaire sur la préservation des oasis. Université d'Ouargla.
- MEKHALDI A., 2007.** Action de la salinité sur le comportement physiologique et biochimique du Mung bean (*Vigna radiata L*) thèse de Doctorat d'Etat. Univ. Sénia, Oran, Algérie, pp 100.
- MEKHLOUF A., BOUZERZOUR H., DEHBI F., HANNACHI A., 2001.** Rythme de développement et variabilité de réponses du blé dur (*Triticum durum* Desf.) aux basses températures. Tentatives de sélection pour la tolérance au gel. *In* Proceeding Séminaire sur la valorisation des milieux semi arides. Université, Oum El Bouaghi
- MERMOUD A., 2006.** Maitrise de la salinité des sols. Cours du physique du sol, école polytechnique fédérale de Lausanne. 15p.
- MERMOUD A., 2006.** Cours de physique du sol : Maitrise de la salinité des sols. Ecole polytechnique fédérale de Lausanne. 23p.
- MESSEDI D., ABDELLY C., 2004.** Physiologie de la tolérance au sel d'une halophyte de recouvrement: *Batis maritima*. *Revue des Régions Arides*, Tome 1, No spécial : pp 192-199.
- MEZNI M., ALBOUCHI A., BIZID E., et HAMZA M., 2002.** Effet de la salinité des eaux d'irrigation sur la nutrition minérale chez trois variétés de luzerne pérenne (*Medicago Sativa*). *Agro. 22*: pp 283–291.
- MNIF L., CHAIEB M., 2004.** Efficacité comparée de l'utilisation de l'eau de pluie en milieu aride par quatre populations d'une Poaceae pérenne. *Revue des Régions Arides*, Tome 1, No spécial : pp 252-257.
- MOHAMED N., et COUDRET A., 1995.** Etude des mécanismes de tolérance au chlorure de sodium et à une contrainte hydrique chez *acacia nilotica* sp.cupressiformis et sp.tomentosa. Université de Clermont Ferrant .2.Travaux Universitaires .95 clef 211687.
- MONNEVEUX P., 1989.** Quelque stratégie pour l'amélioration génétique des céréales d'hiver. Dans : Jour. Scie. De l'AUPELEF.EVSA-INRA, Montpellier : p24.

- MONNEVEUX P., 1991.** Quelle stratégie pour l'amélioration génétique de la tolérance au déficit hydrique des céréales d'hiver ? In : Chalbi Demarly Y. éd. L'amélioration des plantes pour l'adaptation aux milieux arides. Ed. AUPELF-UREF. John Libbey. ENSA-INRA: pp 165- 186.
- MORARD P., 1995.** Les cultures végétales hors sol. Ed. Publications Agricoles Agen. Paris. 304p.
- MOULE C., 1971.** Céréales 2. Pyrotechnique spéciale. Ed. La maison rustique, Paris, 236p
- MOULE C., 1980.** Les céréales. Ed. La maison rustique. Paris. 318 p
- MRANI ALAOUÏ M., EL JOURMI L., OUARZANE1A., LAZARI S., EL ANTRI S., ZAHOUÏLY M., HMYENE1 A., 2013.** Effet du stress salin sur la germination et la croissance de six variétés marocaines de blé (Effect of Salt stress on germination and growth of six Moroccan wheat varieties) : pp 997-1004
- MUNNÉ –BOSCH S., ALEGRE L., DIE AND LET L., 2004.** Leaf senescence contributes to plant survival under drought stress. *Functional Plant Biology* 31:pp203-216.
- MUNNS R., 2002.** Comparative physiology of salt and water stress; *Plant, Cell and Environment* 25, 239–250.
- MUNNS R., et TESTER M., 2008.** Mechanisms of salinity tolerance. *Ann.Rev. Plant Biol.* 59: pp 651-681.
- MUNNS R., RICHARD A.J., LAUCHLI A., 2006.** Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. *Journal of Experimental Botany*, Vol. 57, No. 5: pp. 1025–1043,
- MUNNS R., 1993.** Physiological processes limiting plant growth in saline soils: some dogmas and hypotheses. *Plant Cell Environ.* (16):pp 15-24.
- NAM M.H., HEO E.J., KIM J.Y., KIM S.I., KWON K.H., SEO J.B., KWON O., YOO J. Sand PARK Y.M., 2003 .**Roteome analysis of the responses of *Panax ginseng* C.A. Meyer leaves to high light: use of electrospray ionization quadrupole –time of flight mass spectrometry and expressed sequence tag data. *Proteomics*; 3: pp 2351-2367.
- NDEYE THIORO D., 2000 .**Evaluation au champ et en condition de salinité des performances agro morphologiques et physiologiques de lignées de riz *Oryza sativa* L. Cultivar 1 Kong Pao (IKP) sélectionnées in vitro en présence de sel. Thèse de doctorat de 3^{ème} Cycle, Univ cheikhantadiop de dakar : P 2

NDOUR P et DANTHU P., 2000. Effet des contraintes hydrique et saline sur la germination de quelques acacias africains. Projet National de Semences Forestières du Sénégal : 11 p.

NGUYEN N.T., MOGHAIEB R.E., SANEOKA H., and FUJITA K., RAPD. Markers associated with salt tolerance in *Acacia auriculiformis* and *Acacia mangium*. *Plant science*, 2004. 167(4): p 797-805. Available on:

NGUYEN N.T., MOGHAIEB R.E., SANEOKA H., and FUJITA K., RAPD., 2004. Markers associated with salt tolerance in *Acacia auriculiformis* and *Acacia mangium*. *Plant science*, 167(4): p 797-805.

NICHOLS P.G.H., MALIK A.I., STOCKDALE M., 2009. Colmer T.D., *Plant Soil*: pp 315 -241.

OBBER E.S., SHARP R.E., 1994. Proline accumulation in maize (*Zea Mays L.*) primary roots at low water potentials. I. Requirement for increased levels of abscisic acid. *Plant Physiologic*, 105: pp 981-987.

OKÇU G., KAYA M.D., ATAK M., 2005. *Turk. J. Agric. For.* 29 :p 237.

OMRANI. A., 1993. Evolution spatiale de la salinité et du CaCO₃ total et actif de l'horizon de surface dans les sols salés de H'MADNA (Relizane). Thèse ING ISA de Tiaret.

OUKARROUM A., 2007. Vitalité des plantes d'orge (*Hordeum vulgare L*) en conditions de stress hydrique et thermique analysée par la fluorescence chlorophyllienne. These doctorat. Université De Genève.

PARKER R., FLOWERS TJ., MOORE AL AND HARPHAM NVJ., 2006. An accurate and reproducible method for proteome profiling of the effects of salt stress in the rice leaf. *Journal of Experimental Botany*; 57: pp 1109-1118.

PARTAS et CLEMENT-GRANCOURT M., 1971 : les céréales. Ed J.B. Baillière et fils.

PAUL M.H ., PLANCHON C., ECOCHARD R., 1979. Etude des relations entre le développement foliaire, le cycle de développement et la productivité chez le soja, *Ann. Amelio. Plates*, 29 (5):pp 479-492

PHEE B.K., CHO JH., PARK S., JUNG J.H., LEE Y.H., JEON J.S., BHOO S.H and HAN T.R., 2004. Proteomic analysis of the response of *Arabidopsis* chloroplast proteins to high light stress. *Proteomics* 4: pp 3560-3568.

PHILIPPE GATE., préface : Tony Fischer édition : 1995 : pp 6-50.

PREVOST PH., 1976. Génétique. Ed. Lavoisier. Paris : 299 p

- RAHMOUNE C., MAALEM S., KADRI K et BEN NACEUR M., 2008.** Etude de l'utilisation des eaux fortement salées pour l'irrigation des plantes du genre *Atriplex* zones semi arides. *Revue des régions arides*, **21** (2):pp 924-929.
- RAMADE F., 2003.** Éléments d'écologie « écologie fondamentale dunod 3éme édition 2003 : p154.
- RASANEN L.A., 2002.** Biotic and abiotic factors influencing the development of N₂-fixing symbioses between rhizobia and the woody legumes *Acacia* and *Prosopis*. Academic dissertation inmicro biology. Helsinki. Theses: p 80.
- REJILI M., VADEL M.A et NEFFATP M., 2006.** Comportements germinatifs de deux populations de *Lotus creticus* (L.) en présence du NaCl. *Revue des Régions Arides*, **1**(17): pp 65-78.
- RENAUT J., LUTTS S., HOFFMANN L AND HAUSMAN J.F., 2004.** Responses of poplar to chilling temperatures: proteomic and physiological aspect. *Pant Biologie*; 6: pp 81-90.
- REQUEJO R and TENA M., 2005.** Proteome analysis of maize roots reveals that oxidative stress is a main contributing factor to plant arsenic toxicity. *Phytochemistry*; 66: pp1519-1528.*Rev.Gén. Bot.* 90 : pp 3-21.
- REZGUI M., BIZID E., BEN MECHLIA N., 2004.** Etude de la sensibilité au déficit hydrique chez quatre variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.) cultivées en conditions pluviales et irriguées en Tunisie. *Revue des Regions Arides*, Tome 1, No special: pp258-265.
- RUBIO F., GASSMANN W., et SCHROEDER J.I., 1995.** Sodium driven potassium uptake by the plant potassium transporter HKT1 and mutation conferring salt tolerance. *Science* 270: pp 1660-1663.
- SANTORO M., UNCINI A., CORBO M., STAUGAITIS SM., THOMAS FP., HAYS AP., 1992.** Experimental conduction block induced by serum from a patient with anti-GM1 antibodies. *Ann Neurol* 1992; 31: pp 385–90.
- SARRY J.E., KUHN L and DUCRUIX C., 2006.** The early responses of *Arabidopsis thaliana* cells to cadmium exposure explored by protein and metabolite profiling analyses. *Proteomics*; 6: pp 2180-2198.
- SCEES ., 1996.** Données chiffrées, Agriculture No. 85, Agreste : pp. 51-61.
- SCEES ., 1997.** Données chiffrées, Agriculture No. 94, Agreste : p. 32
- SIMON H., CODACCION P., et LECOEUR X., 1989.** Produire des céréales à paille. Agriculture d'aujourd'hui. Ed. Lavoisier. Paris : 346 p.

- SIMON H., CODACCIONI P., LEQUEUR X., 1989.** Produire des céréales à paille
Coll. Agriculture d'aujourd'hui. Science, Technique, Application : pp 63-296.
- SOLTNER D., 1998.** Les grandes productions végétales : céréales, plantes sarclées,
prairies. Sainte-Gemme-sur-Loire, Sciences et Techniques Agricoles.
- SPOLEN W.G., LENOBLE M.E., BERNSTEIN N., SHARP R.E., 2000.** Abscisic acid
accumulation maintains maize primary root elongation at low water potentials by
restricting ethylene production. *Plant Physiology*, 122: 967-976.
- SUBRAMANYAM S., DAVID F., CLEMENS S.J.C., WEBB M A., SARDESAI N.,
and WILLIAMS C.E., 2008.** Functional characterization of HFRI, a high- Mannose
N-glycan- specific Wheat Lectin induced by Hessian fly Larvac. *Plant physiologie*: p 147.
- SUHAYDA C.G., REDMAN R.E., HARVY B.L., & CIPYNWK A.L., 1992.**
Comparative response of salt outlived and wild barley species to salinity stress and calcium
supply. *Crop. Sci.*, 32: pp154-163.
- SUN F et al., 2007.** Salt Modulates Gravity Signaling Pathway to Regulate Growth
Direction of Primary Roots in Arabidopsis. *Plant Physiol*: pp178-188.
- SZABOLCS I., 1979-** The limitation of potential yield by salinity and alkalinity of soils
with particular reference to the Mediterranean regions. In. soils in Mediterranean type
climates and their yield potential. *Proceedings IPI. Spain.* 121 - 123.
- TAHRI E.H., BELABED A.M., et SADKI K., 1998.** Effet d'un stress osmotique sur
l'accumulation de proline, de chlorophylle et des ARN_m codant pour la glutamine
synthétase chez trois variétés de blé dur (*Triticum durum*). Université Mohamed Premier.
Maroc. *Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat*, 2 : 81-87
- TANJI K.K., 1990.** Nature and exten of agricultural salinity. In: Tanji kk (ed) *Agricultural
salinity assessment and management.* American Society of Civil Engineers, New York. pp:
1-17.
- TAVILI A., BINIAZ M., 2009.** Different salts effects on the germination of *Hordeum
vulgare* and *Hordeum bulbosum*. *Pakistan journal of nutrition* 8, (1). PP 63-68
- TOURAIN B., AMMAR M., 1985.** Étude comparée de la sensibilité aux sels d'un
triticale et d'uneorge. *Agronomie*, 5: 391-5.
- Troll W, Lindsley G., 1955.** A photometric method for determination of proline G. *Biol.
Chem.* ; 215 : 655-60.
- UNGAR I.A., 1978.** Halophyte seed germination. *Bot Rev*; 44: 233-264.
- USDA-CANADA., GRAINS –COUNCIL,** Grain Market Report, GMR, N° 391-2009.

- VIEGAS R.A. et SILVEIRA J.A., 1999.** Ammoniac assimilation and proline accumulation in young cashew plants during long-term exposure to salt-salinity. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, 11 (3):153-159.
- WALKER R. R., SEDGLEY M., BLESING M. A., DAUGLAS T. J., 1984.** Anatomy, Ultra structure and assimilate concentrations of roots of citrus genotypes in ability for Salt exclusion. *Journal of experimental Botany*, 159: 1481-1494.
- WANG H., QI Q., SCHORR P., CUTLER A.J., CROSBY W., FOWKE L.C., 1993.** ICK1, a cyclin dependent protein kinase inhibitor from *Arabidopsis thaliana* interacts with both cdc2a and Cyc D3, and its expression is induced by abscisic acid. *Plant J*, 15: 501-510.
- WANG Y. and NIL N., 2000.** Changes in chlorophyll, ribulose biphosphate carboxylase–oxygenase, glycine betaine content, photosynthesis and transpiration in *Amaranthus tricolor* leaves during salt stress. *J. Hortic. Sci. Biotechnol.*, 75: pp 623– 627.
- WILLIAM TEXIER., 2014.** L'Hydroponie pour tous -Tout sur l'horticulture à la maison. Mama Editions, 7 rue Pétion, 75011 Paris (France).
- WU C., WANG Q., XIE B., WANG Z., CUI J., HU T., 2011.** *AF. J. Biotechnol.* 10: 17954.
- WU Y., SPOLLEN W.G., SHARP R.E., HETHERINGTON P.R., FRY S.C., 1994.** Root growth maintenance at low water potentials increased activity of xyloglucan endo Trans glycosidase and its possible regulation by abscisic acid. *Plant Physiologic*, 106: 607-615.
- YEO A., and FLOWERS T., 1983.** Varietal differences in the toxicity of sodium ions in rice leaves. *Physiologia Planetarium*. 59(2): p. 189-195.
- ZHU J.K., 2001.** Plant Salt tolerance. Plant sciences, university of Arizona. pp:66-71
- ZHU J.K., 2002.** Salt and drought stress signal transduction in plants. *Annual review of plant biology*, 53: p. 247-273.
- ZIANI., 2001,** Comportement de l'orge et du triticale en contraintes hydriques et salines .Thèse ING ; ISA, 11-22pp.
- ZID E., 1982.** Relations hydriques dans la feuille de *Citrus aurantium*: effets de l'âge et de la salinité. *Rev. FAC. Sc. Tunis*, 2 : 195-205.
- ZID E., GRIGNON C., 1991.** Les tests de sélection précoce pour la résistance des plantes aux stress. Cas des stress salin et hydrique. L'amélioration des plantes pour l'adaptation aux milieux arides, AUPELF-UREF. Jon Libbey Eurotext, Paris: 91-108.

ZIEGLER., 2008. L'hydroponie ou culture hydroponique » maladies des plantes, agriculture et écologie. pp16.