



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي



Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة محمد البشير الإبراهيمي برج بوعريبيج
Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi - B.B.A.
كلية علوم الطبيعة والحياة وعلوم الارض والكون
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de l'Univers
قسم العلوم الفلاحية
Département des Sciences Agronomiques

Mémoire

En vue de l'obtention du Diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Agronomiques

Spécialité : Amélioration des plantes

Intitulé

Synthèse bibliographique sur l'effet du stress salin sur la germination et la croissance du blé dur (*Triticum durum* Desf.).

Présenté par : BENDJEBEL Ahlem

BENSLAMA Sabira

Soutenu le : 10 /10/2021

Devant le jury :

Président: M^r BAHLOULI F PR (Univ: Bordj Bou Arreridj)

Encadrant: M^{me} KELALECHE H MAA (Univ: Bordj Bou Arreridj)

Examineur: M^{me} TABTI D MCB (Univ: Bordj Bou Arreridj)

Année universitaire: 2020/2021

Remerciements

Je remercie avant tout le Grand Dieu Allah, le plus puissant, le miséricordieux...

Mes plus sincères remerciements et reconnaissances vont Spécialement à mon promoteur

Mme Kelaleche Hizia,

Pour sa confiance, sa sincérité, sa rigueur, sa patience durant ce travail

Nous tenons à remercier aussi les membres du jury de nous avoir accordé du temps et de la patience pour évaluer notre travail.

Nous voudrions aussi exprimer notre vive reconnaissance envers tous les enseignants de notre spécialité Amélioration des plants et département des sciences agronomiques.

Dédicace

Nous dédions ce travail à tous la famille

BENDJEBEL et BENSLEMA.

*A nos parents, qui ont toujours soutenue et qui
continuent de la faire.*

*A notre frères : Faycel, Ayoub, Abdnour, Mouhsen,
Salem et Younes.*

A nos sœurs : Sara et Sakina.

*A notre chères : BENCHETTOUH Ilyess et
BELDJAROU Hamza.*

*A notre amies : Ahlem, Chaïma, Amina, Amira,
Hkaoula, Lamia, Souad, Houda.*

*Et au final, je n'oublie pas mon oncle Al-Ayachi
BENDJEBEL, qui m'a soutenu dans mon parcours
d'études.*

Sommaire

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations

Introduction 01

Chapitre I : Partie bibliographique

I-1- Généralités sur le blé dur 03

I-2- Classification du blé dur 03

I-3- Cycle de développement du blé dur 04

I-3-1- La période végétative..... 04

I-3-2- La période reproductive..... 04

I-4- Exigences du blé dur..... 06

II-1- Généralités sur le stress..... 06

II-2- Définition de stress..... 06

III-1- Définition de la salinité 07

III-2- La salinité dans le monde et en Algérie..... 07

III-3- L'origine de la salinité 09

III-3-1-La salinisation primaire..... 09

III-3-2-La salinisation secondaire 09

III-4-Effet du stress salin sur la plante 10

III-4-1-Effet du stress salin sur la morphologie de la plante..... 10

III-4-1-1-Effet du stress salin sur la partie aérienne 10

III-4-1-2-Effet du stress salin sur la partie racinaire..... 10

III-4-2-Effet du stress salin sur la physiologie de la plante..... 10

III-4-2-1-Effet du stress salin sur la photosynthèse et les échanges gazeux..... 10

III-4-2-2-Effet du stress salin sur la physiologie de la reproduction..... 11

III-4-3-Effet du stress salin sur la phénologie de la plante..... 11

III-4-3-1-Effet du stress salin sur la germination..... 11

III-4-3-2-Effet du stress salin sur la croissance et le développement.....	11
III-5-Mécanismes de la tolérance des plantes à la salinité.....	11
III-5-1-Exclusion	11
III-5-2-Ajustement osmotique.....	12
III-5-3-Régulation de la croissance	12
III-5-4-Inclusion.....	12

Chapitre II : Effet de stress salin sur la germination et la croissance du blé dur

II-1-Effet de stress salin sur la germination du blé dur.....	13
II-1-1-Effet de stress salin sur le taux de germination	14
II-1-2-Effet de stress salin sur la cinétique de germination.....	17
II-1-3-Effet de stress salin sur la vitesse de germination.....	20
II-1-4-Effet stress salin sur la moyenne journalière de germination.....	23
II-2-Effet de stress salin sur la croissance du blé dur.....	24
II-2-1-Effet de stress salin sur la longueur et le nombre des racines.....	26
II-2-2- Effet de stress salin sur la longueur de coléoptile.....	29
II-2-3-Effet de stress salin sur la hauteur des tiges (stade de tallage et épiaison)	31
II-2-4-Effet de stress salin sur la surface foliaire (stade de tallage et épiaison).....	35
Conclusion.....	38
Références bibliographiques.....	40
Résumés	

Liste des tableaux

Tableau I : Superficie affectée par la salinité dans le monde.....08

Tableau II : Ecart en % par rapport aux valeurs du témoin non stressé (T=0mM) des variables mesurées chez le blé dur.....28

Liste des figures

Figure 01 : Cycle de développement de blé.....05

Figure 02 : répartition des sols salins de Nord de l'Algérie.....09

Figure 03 : Effet des différentes concentrations de NaCl sur le taux de germination des graines de Waha et Bousselam.....16

Figure 04 : Effet des différentes concentrations de NaCl sur le taux de germination des graines du blé dur.....18

Figure 05 : Effet des différentes concentrations de NaCl sur la vitesse de germination des graines des différentes variétés du blé dur.....22

Figure 06 : Effet des différentes concentrations de NaCl sur la durée de germination des graines des différentes variétés du blé dur.....23

Figure 07 : Effet des différentes concentrations de NaCl sur la longueur et le nombre des racines chez les variétés du blé dur (Waha et Bousselam).....27

Figure 08 : Effet des différentes concentrations de NaCl sur la longueur de coléoptile chez les variétés du blé dur (Waha et Bousselam).....30

Figure 09 : Effet des différentes concentrations de NaCl sur la longueur de la tige (stade tallage) de différentes variétés du blé dur.....33

Figure 10 : Effet des différentes concentrations de NaCl sur la longueur de la tige (stade épiaison) de différentes variétés du blé dur.....34

Figure 11 : Effet des différentes concentrations de NaCl sur la surface foliaire (stade épiaison) de différentes variétés du blé dur.....36

Figure 12 : Effet des différentes concentrations de NaCl sur la surface foliaire (stade tallage) de différentes variétés du blé dur.....37

Liste des abréviations

% : Pour cent.

ABA : Acide Abscissique.

C° : Degré Celsius.

Ca²⁺ : Calcium.

cm : Centimètre.

cm² : Centimètre carré.

CO₂ : Dioxyde de Carbone.

FAO : Food and Agriculture Organization (L'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture).

g/l : Gramme par litre.

K : Potassium.

K/ha : Potassium par hectare.

Kg/ha : Kilogramme par hectare.

Lux : Unité d'éclairement lumineux.

mm : Millimètre.

N : Azote.

Nt : Nombre totale des graines mises à germer.

NaCl : Chlorure de sodium.

NO₃ : Nitrate.

P : Phosphore.

pH : Le potentiel hydrogène.

RuBP : Ribulose Biphosphate.

S1, S2, S3, S4 : Différents niveaux de traitement du stress salin.

SF : Surface foliaire.

T : Témoin (0g/l).

TG : Taux de germination.

VG (%) : Vitesse de germination.

XT : Nombre totale de graines germées.

Introduction

Introduction

De nos jours, les céréales en générale, le blé (tendre et dur) en particulier, constitue la principale base du régime alimentaire pour les consommateurs algériens **Benbelkacem, (2013)**. Il présente un rôle social, économique et politique dans la plupart des pays dans le monde **Ammar, (2015)**.

Les sélectionneurs de blé ont accompli des contributions uniques et d'excellents progrès pour l'augmentation de la production au cours des dernières décennies, principalement dans les pays moins développés **Bentouati et Safsaf, (2019)**. Cependant, il existe de nombreux défis qui leurs attendent encore pour rendre la nourriture plus accessible que jamais d'une manière durable et pour répondre aux besoins d'une population croissante **IWGSC, (2019)**.

De nombreux stress biotiques et abiotiques affectent le développement du blé dans les principales zones de production et sa croissance future viendra très probable dans des environnements marginaux où tels stress jouent un rôle bien plus important **Buck et Nisi, (2007)**. La salinité compte parmi les stress abiotiques majeurs qui limitent la production végétale suite à la dégradation des terres dans plusieurs zones du globe terrestre **Munns et Tester, (2008)**. En moyenne, le monde perd 10 hectares de terres cultivables par minute, dont 3 hectares à cause de la salinisation **Hasan et al., (2015)**. 10 à 15% des surfaces irriguées (20 à 30 millions hectares) souffrent, à des degrés divers, de problèmes de salinisation comme indiqué par **Mermoud, (2006)**.

En région méditerranéenne, la salinité constitue une contrainte dans beaucoup de périmètres de grandes cultures où la qualité de l'eau joue un rôle majeur et où la recherche de plantes adaptées à des seuils élevés de salinité devient un impératif pour la production agricole **Benmahioul et al., (2009)**. 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 hectares affectés **Benmahioul et al., (2009)**.

Le blé qui pousse dans les conditions où le sol est affecté par la salinité, est soumis à des perturbations d'ordre physiologiques et biochimiques **Benmahioul et al., (2009)**. L'amélioration génétique du blé dans les zones sèches reste basée sur la recherche d'une meilleure tolérance aux stress abiotiques, pour adopter la plante à la variabilité du milieu de production **Amokrane, (2001)**. La tolérance à la présence des sels tel que le chlorure de sodium (NaCl), est alors une qualité largement recherchée chez les végétaux d'intérêt agronomique afin d'élargir leur culture dans ces régions **Alaoui et al., (2013)**. Dans ce contexte, le processus de sélection nécessite la connaissance des mécanismes responsables de

Introduction

la tolérance du végétal à la salinité **Arbaoui et al., (2000)**. La tolérance des végétaux aux sels est un phénomène complexe qui implique des particularités morphologiques et développementales avec des mécanismes physiologiques et biochimiques variés. En effet, le degré de réponse à la salinité des espèces végétales dépend de la concentration en sel, de l'espèce elle-même, de sa variété et du stade de développement de la plante **Ben Naceur et al., (2001)**. Sous les conditions de stress salin, la germination des graines et la première phase de la croissance des plantules sont des stades critiques pour l'établissement des plantes **Khan et Gulzar, (2003)**.

Ainsi, il existe de nombreuses études sur l'effet de la salinité sur la germination et la croissance du blé dur en Algérie. Donc notre objectif est de faire une synthèse des résultats de ces études et pour essayer de sortir à la fin avec une conclusion globale.

Notre travail vise à rassembler les études menées sur l'effet du stress salin sur différents variétés de blé dur avec différentes concentrations de NaCl au cours de deux stades la germination et la croissance du blé dur. Ce mémoire comporte deux chapitres :

Le premier chapitre concerne les généralités du blé dur et du stress salin.

Le deuxième chapitre s'est concentré sur les études sur l'effet du stress salin sur la germination et la croissance du blé dur. A la fin, une conclusion générale.

Chapitre I

Partie bibliographique

I-1-Généralité sur le blé

Les céréales constituent une part importante des ressources alimentaires de l'homme et de l'animal **Feillet, (2000)**. Parmi ces céréales, selon **Hamadache, (2013)**, il existe deux espèces les plus cultivées et les plus répandues dans le monde sont le blé dur (*Triticum durum* Desf.) et le blé tendre (*triticum aestivum* L.).

Le blé dur est une graminée annuelle aux racines fibreuses à tiges hautes et généralement creuses, portant des nœuds d'où partent des feuilles, des sommets de la tige portent une grappe des fleurs qui se transforme en grains **Feillet, (2000)**.

I-2-Classification du blé dur

Le blé dur est une plante herbacée, monocotylédone appelé aussi céréale à paille appartient à la famille des *Poacées* (ex *Graminées*), genre *Triticum*. Cette famille comprend 600 genres et plus de 5000 espèces **Feillet, (2000)**. D'après la classification de **APG III, (2009)**, le blé dur se classe de manière suivante :

- **Règne** : Plantae
- **Sous-règne** : Tracheobionta
- **Embranchement** : Phanérogamiae
- **Sous- Embranchement** : Magnoliophyta (Angiospermes)
- **Division** : Magnoliophyta
- **Classe** : Liliopsida (Monocotylédones)
- **Sous-classe** : Commelinidae
- **Ordre** : Poales (Glumiflorale)
- **Famille** : Cyperales
- **Sous- famille** : Poaceae (Graminées)
- **Tribue** : Pooideae (Festucoideae)
- **Sous-Tribue** : Triticeae
- **Genre** : Triticinae
 - Triticum
- **Espèce** : *Triticum durum* Desf

I-3-Cycle développement du blé

Le blé est une plante autogame, la fécondation se déroule à l'intérieur de glumelles, avant que les étamines ne sortent à l'extérieur **Boufenar et al., (2006)**.

Selon **Feillet, (2000)**, le cycle du blé comporte deux grandes périodes : une période végétative et une période reproductive (**figure 01**).

I-3-1-La période végétative

Selon **Feillet, (2000)**, la période végétative s'étend de la germination au tallage.

La germination est caractérisée par l'imbibition de la semence, la réactivation des enzymes et la dégradation des réserves assimilables par l'embryon, la radicule se dégage des enveloppes séminales, le sol est alors percé par la coléoptile qui est un étui protecteur de la première feuille **Boufenar et al., (2006)**.

La levée est caractérisée par le nombre de feuilles de la jeune plante et leur stade de développement **Giban et al., (2003)**.

Le tallage est une phase s'amorce à partir de la quatrième feuille, la formation de la première talle se fait au stade 3 feuilles, la première talle primaire (maitre-brin) apparaît à l'aisselle de la première feuille du blé, la 2ème et la 3ème talle apparaissent à l'aisselle de la 2^{ème} et la 3^{ème} feuille **Hamadache, (2013)**. Le fin tallage est celle de 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 **Soltner, (2005)**.

I-3-2-La période reproductive

Selon **Feillet, (2000)**, la période reproductive comporte les phases montaison, épiaison, floraison et maturation (**figure 01**).

La montaison débute à la fin du tallage, elle est caractérisée par l'allongement des entre nœuds et la différenciation des pièces florales **Soltner, (2005)**.

L'épiaison c'est la sortie de l'épi de la gaine de la dernière feuille, on note l'épiaison quand l'épillet terminal apparait au-dessus de la gaine de la dernière feuille **Giban et al., (2003)**.

La floraison est manquée par la sortie des étamines lors des épillets et se termine dès que toutes les étamines sont extériorisées **Giban et al., (2003)**. Le blé commence à changer de couleur il perd sa couleur verte pour tourner plus jaune /doré/bronze **Soltner, (2005)**.

La phase de maturation succède au stade pâteux (45% d'humidité), elle correspond à la phase au cours de laquelle le grain va perdre progressivement son humidité en passant par divers stades **Giban et al., (2003)**. Elle débute à la fin du palier hydrique marqué par la stabilité de la teneur en eau des grains pendant 10 à 15 jours **Giban et al., (2003)**. Au-delà de cette période, le grain ne perdra que l'excès d'eau qu'il contient et passera progressivement au stade rayable à l'angle (20% d'humidité) puis, cassant sous la dent (15 à 16% d'humidité) (**Giban et al., 2003**).

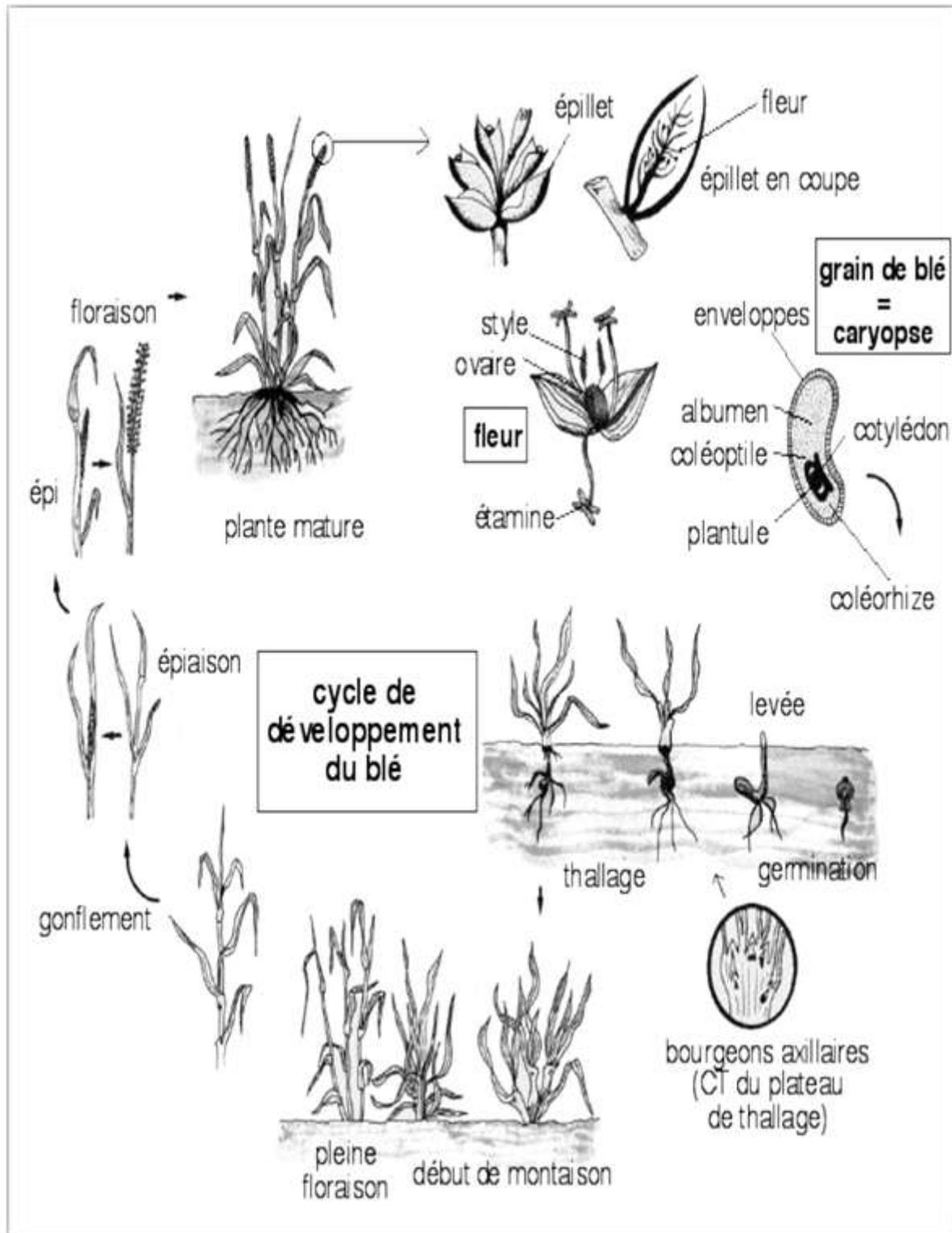


Figure 01 : Cycle de développement du blé Lemekeddem et al., (2014).

I-4-Exigences du blé dur**➤ Sol**

Selon **Soltner, (2000)**, les sols du type argilo-calcaire ou limoneux à limono-argileux conviennent bien aux racines fasciculées du blé en assurant une grande surface de contact. Cependant, les sols à texture légère et acides, sont déconseillés pour le blé dur **Novak et al., (2006)**. Les sols qui conviennent le mieux au blé sont des drainés et profonds. On évitera les sols contenant de fortes teneurs en sodium, magnésium ou fer, le pH optimal se situe dans la gamme de 6 à 8 **Novak et al., (2006)**.

➤ Eau

Le blé exige une humidité permanente durant tout le cycle de développement, l'eau est demandée en quantité variable. Les besoins en eau sont estimés à environ 800 mm **Soltner, (2000)**.

➤ Température

Selon **Soltner, (2000)**, la germination commence dès que la température dépasse 0°C, avec une température optimale de croissance située entre 15 à 22° C.

➤ Lumière

La lumière est le facteur qui agit directement sur le bon fonctionnement de la photosynthèse et le comportement de blé **Feillet, (2000)**. Selon **Soltner, (2000)**, le début de croissance nécessite une faible intensité lumineuse (500 à 1000 lux) avec une photopériode de 12 à 16 heures de lumière.

➤ Fertilisation

La fertilisation est raisonnée sur le principe de la restitution au sol des quantités d'éléments (NPK) fertilisants prélevés par les récoltes **Ali Daly et al., (2002)**.

Selon **Abdellaoui et al., (2007)**, la fertilisation est un facteur d'augmentation des rendements, elle est en fonction du type de sol et du type de répartition de la pluviométrie. L'apport de phosphore entretient la fertilité des sols, il a un effet sur la croissance et la multiplication du système racinaire **Ali Daly et al., (2002)**.

II-1 Généralité sur le stress**II-2-Définition de stress**

Le stress est l'ensemble des conditions qui provoquent des changements des processus physiologiques résultant éventuellement en dégâts, dommages, blessures et inhibition de la croissance ou de développement **Menacer, (2007)**. On distingue deux grandes catégories de stress :

✓ **Stress biotique** : imposé par les organismes (insectes, micro- organisme...etc.).

✓ **Stress abiotique** : causée par l'influence de facteurs environnementaux tels que la chaleur, l'eau, la lumière et la salinité ...etc, qui ont conduit à la création de types de stress abiotique :

1-Stress hydrique

Il est provoqué par un déficit en eau constituant une menace permanente pour la survie des plantes, néanmoins, beaucoup d'entre elles produisent des modifications morphologiques et physiologiques qui leurs permettent de survivre dans les régions de faible pluviosité dont la teneur en eau des sols est peu élevée **Hopkins, (2003)**.

2-Stress thermique

La température est l'un des principaux facteurs qui conditionne la productivité des plantes **Hopkins, (2003)**. Les plantes qui poussent dans des régions désertiques et dans des régions cultivées semi-arides sont soumises à des températures élevées en même temps qu'à des niveaux de radiations élevées, à des faibles humidités du sol et à des intensités potentiellement élevées de la transpiration **Hopkins, (2003)**.

3-Stress salin

Le stress salin est une brusque augmentation de la concentration en sels qui conduit d'une part, à un afflux plus élevé d'ions dans la cellule suite à la chute de la concentration du milieu externe, d'autre part, à une perte d'eau par voie osmotique **Hopkins, (2003)**.

III-1-Définition de la salinité

La salinisation joue un rôle majeur dans la dégradation des sols et elle menace à court terme une partie non négligeable des superficies cultivables du globe **Souguir et al., (2013)**. Ce phénomène correspond à l'accumulation excessive des sels très solubles dans la parties superficielle des sols ce qui se traduit par une diminution de la fertilité du sol **Souguir et al., (2013)**.

Selon **Mermoud, (2006)**, la salinisation peut aussi être défini comme un processus d'accumulation des sels solubles à la surface du sol et dans la zones racinaires en quantité suffisante pour affecter ses aptitudes agronomiques.

III-2-La salinité dans le monde et en Algérie

➤ Dans le monde

La salinité affecte de grandes surfaces et limite la productivité des végétaux **Abdelly, (2006)**. Dans plusieurs régions du monde, cette situation est aggravée par la raréfaction des réserves en eau douce **Abdelly, (2006)**. Les sols salins sont très répandus à la surface du globe, leur salinité constitue l'un des principaux problèmes du développement agricole **Abdelly, (2006)**. Globalement les sols salés occupent une superficie de 950 millions d'hectares **Hasan, (2015)**. Il a été estimé que 20% des 275 millions d'hectares des terres

irriguées **Flowers, (2005)** et 15% (227 millions d'hectares) des terres cultivables sont affectées par la salinité **Munns, (2002)**.

Quinze millions d'hectares de terres agricoles sont touchées par une salinité croissante des sols au Maghreb, au Moyen-Orient **Ben Ahmed et al., (2008)**. Ainsi, en Tunisie, les sols salés couvrent environ 10% de la superficie globale du pays, soit à peu près 25% de la surface totale des sols cultivables **Ben Ahmed et al., (2008)**. En Egypte, 35% des aires cultivées sont salinisées, 90% d'entre elles souffrent d'engorgement **Ben Ahmed et al., (2008)**.

Les terrains salés sont fréquents dans les régions arides et semi arides dont sur la superficie totale des terres mondiale comme la montre **le tableau I**, la zone hyperaride couvrent 4,2%, la zone aride 14,6% et la zone semi-aride 12,2% **Flowers, (2005)**. Ainsi, près d'un tiers des terres de monde sont constitué des terres arides .au nord du Sahara, celle-ci occupe plus de 600000 Km² dont 34% en Algérie, 31% en Libye, 19% au Maroc, 11% en Tunisie et 5% en Egypte **Flowers, (2005)**.

Tableau I : Superficie affectée par la salinité dans le monde.

Région	Superficie (millions d'hectares)
Afrique	80.5
Europe	50.8
Amérique du Nord	15.7
Amérique du Sud	129.2
Australie	357.3
Mexique et Amérique centre	2
Asie du Sud Est	20
Asie du centre et Nord	211.7
Asie du Sud	87.6
Total	954.8

Source : FAO, (2008).

➤ **En Algérie**

D'après **Cherief et al., (2018)**, 3,2 millions d'hectares subissent à des degrés de sévérité variable, le phénomène de salinisation dont une bonne partie se trouve localisée dans les régions steppiques où le processus de salinisation est plus marqué du fait des températures élevées durant presque toute l'année, du manque d'exutoire et de l'absence de drainage efficient. Ce phénomène comme la montre **le figure 02** est observé dans les plaines et vallées de l'ouest du pays (Mila, Cheliff, Habra Sig, Maghnia) dans les hautes plaines de l'est

(Constantine, Sétif, Bordj Bou Arreridj, Oum El Bouagui), aux abords des chotts et de Sebkhass (Chottscherghi, Chottgharbi, ChottHodna, Chottmelghir, Sebkhass d'Oran, de Benziane, Zemmoul, Zazher Gharbi et Chergui, etc...) et dans le grand sud (dans les Oasis, le long des oueds, etc...).

Les zones semi arides et arides couvrent près de 95% du territoire **Lahouel, (2014)**. Les sols salés sont très répandus dans les régions arides, représentant environ 25% de la surface **Cherief et al., (2018)**, soit 3,2 millions d'hectares **Lahouel, (2014)**.

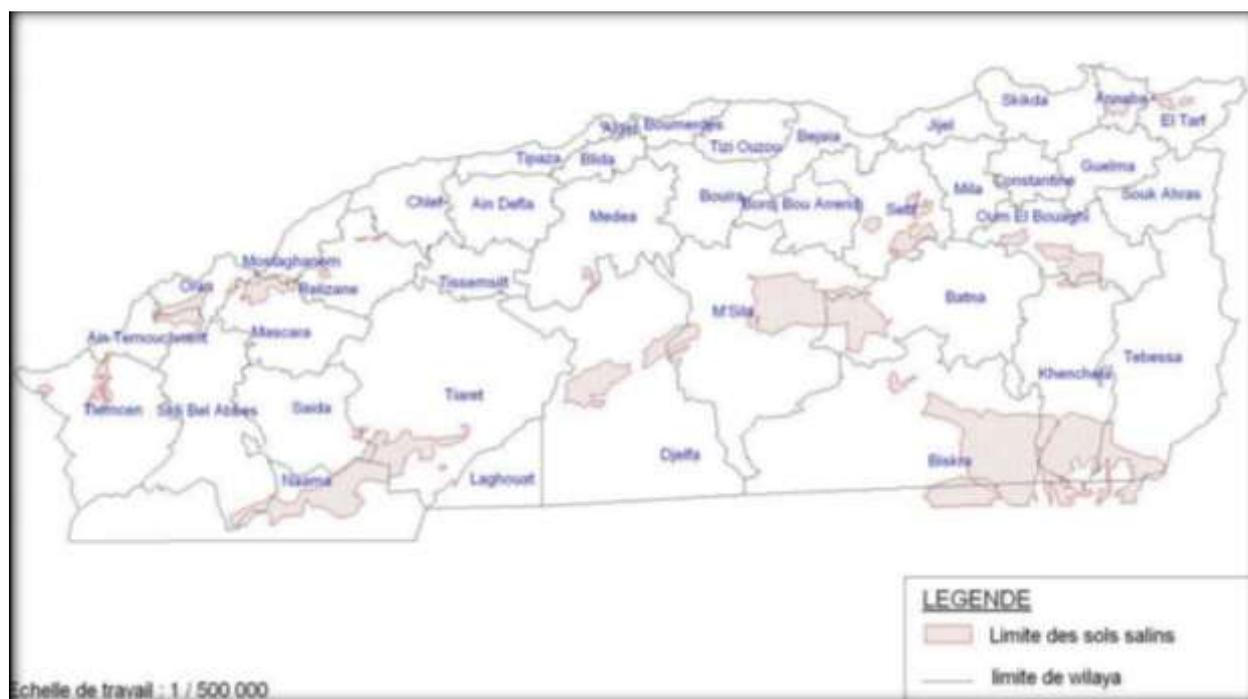


Figure 02 : Répartition des sols salins de Nord de l'Algérie **Cherief et al., (2018)**.

III-3-L'origine de la salinité

III-3-1-La salinisation primaire

Selon **Anonyme, (2006)**, la salinité primaire est d'origine naturelle, due principalement aux sels qui ont pour origine le processus d'altération des roches. La migration puis le dépôt de ces sels solubles dépendent de l'intensité et de la répartition des précipitations et d'autre caractéristique de milieu naturel.

III-3-2-La salinisation secondaire

Selon **Anonyme, (2006)**, la salinité secondaire est due à des processus de salinisation liés à des activités anthropiques, cette salinisation concerne des surfaces plus réduites que la salinité primaire mais à des conséquences économiques plus importantes car elle peut dégrader gravement la fertilité de zones cultivées.

III-4-Effet du stress salin sur la plante**III-4-1-Effet du stress salin sur la morphologie de la plante****III-4-1-1-Effet du stress salin sur la partie aérienne**

La salinité affecte toute la plante mais elle freine davantage la croissance des parties aériennes que celle des racines **Munns, (2002)**.

D'après **Munns et Rawson, (1999)**, l'effet de la salinité se traduit généralement par une réduction de la croissance végétative (réduction de la hauteur de la tige, nombre de tiges et de feuilles) qui est en fonction de la division et l'élongation cellulaire. Elle retarde la croissance des pousses qui sont plus sensibles aux sels que les racines mais elle pousse prématurément la plante vers la maturité.

III-4-1-2-Effet du stress salin sur la partie racinaire

Selon **Levigner et al., (1995)**, les racines sont les premières à réagir. Selon **Bayuelo et al., (2002)**, l'excès de sel dans l'environnement racinaire donne naissance à des plantes naines. La masse racinaire est moins affectée par la salinité que les limbes, les tiges et les pétioles **Bayuelo et al., (2002)**.

III-4-2-Effet du stress salin sur la physiologie de la plante

L'effet de la salinité sur la physiologie de la plante se fait sur deux paramètres : sur la photosynthèse et les échanges gazeux et sur la reproduction.

III-4-2-1-Effet du stress salin sur la photosynthèse et les échanges gazeux

D'après **Alem et al., (2002)**, la salinité affecte l'activité physiologique de la feuille, et plus particulièrement la photosynthèse, qui présente la cause principale de la réduction de la productivité végétale.

Selon **Munns, (2008)**, la réduction de la photosynthèse est liée à la diminution du potentiel hydrique foliaire, qui est à l'origine de la fermeture des stomates, qui cause la réduction de la conductance stomatique. La diffusion du CO₂ à l'intérieur des stomates devient alors limitée et sa fixation au niveau des chloroplastes diminue par conséquent la régénération du RuBP (Ribulose Biphosphate) devient limitée **Allen, (1995) in Lahouel, (2014)**.

III-4-2-2-Effet du stress salin sur la physiologie de la reproduction

Selon **Hu, (2005)**, la salinité réduit le taux de croissance de la plante et ses organes reproducteurs. Ils ont étudié l'effet de la salinité sur la physiologie de la reproduction, ils ont constaté que le nombre du pollen dans deux différents types de cultivars de l'orge a été réduit de 24 à 37%. Des études réalisées par **Munns et Rawson, (1999)**, sur l'effet de l'accumulation du sel dans le méristème de l'orge sur la reproduction et le développement, montrent que les

courtes périodes de stress salin pendant l'organogenèse peuvent avoir des conséquences irréversibles sur la fertilité de l'épi, elle provoque l'avortement des ovaires.

III-4-3-Effet du stress salin sur la phénologie de la plante

III-4-3-1-Effet du stress salin sur la germination

La salinité peut affecter le taux germinatif des grains et accuse un retard dans l'initiation du processus de la germination des plantes qu'elles soient des glycophytes ou des halophytes **Debez et al., (2001)**. Le chlorure de sodium présent dans le sol ou dans l'eau de l'irrigation affecte la germination des glycophytes dont le blé de deux manières, il diminue la vitesse de germination et réduit le pouvoir germinatif **Said et Haddioub, (2011)**.

III-4-3-2-Effet du stress salin sur la croissance et le développement

La salinité provoque le plus souvent un retard dans le développement **El- Mekkaoui, (1990)**. L'effet de la salinité se manifeste, par la suite, par l'arrêt de la croissance, le dépérissement des tissus sous forme de nécroses marginales, suivi par une perte de turgescence, par une chute des feuilles et finalement par la mort de la plante **Munns, (1993)**. La croissance foliaire est généralement plus affectée par le sel que la croissance racinaire des espèces céréalières cultivées **Munns, (1993)**.

III-5-Mécanismes de la tolérance des plantes au stress salin

III-5-1- Exclusion des ions

Selon **Sentenac et Berthomieu, (2003)**, la plante empêche le sel de remonter jusqu'aux feuilles. Une première barrière existe au niveau de l'endoderme, couche interne de cellules de la racine. Cependant, cette barrière peut être interrompue, en particulier lors de l'émergence des ramifications de la racine.

D'autres mécanismes limitent le passage de sel des racines vers les feuilles mais les gènes qui les gouvernent sont encore largement inconnus **Lahouel, (2014)**.

III-5-2-Ajustement osmotique

L'ajustement osmotique, suite à un stress osmotique provoqué par la présence de NaCl dans le milieu extérieure est réalisé par l'accumulation de solutés organiques, parmi ces composés s'accumulant lors du stress salin, on trouve les acides aminés comme la proline **Hassani et al., (2008)** et des sucres (fructose, saccharose) et leur dérivés alcool (glycérol, mannitol, pinitol) et des méthylamines (Glycine bétaine) **El Midaoui et al., (2007)**.

III-5-3-Régulation de la croissance

Ils été démontré que les réponses physiologiques à divers stress tels que la sécheresse ou la salinité, ont des caractéristiques similaires, ils provoquent toute une augmentation de la

concentration en ABA dans la partie aérienne ou une réduction de concentrations en cytokinine **Lahouel, (2014)**.

D'après **Zhu, (2001)**, la réduction de la croissance est une capacité adaptative nécessaire à la survie d'une plante exposée à un stress abiotique. En effet ce retard de développement permet à la plante d'accumuler de l'énergie et des ressources pour limiter les effets du stress avant que le déséquilibre entre l'intérieur et l'extérieur de l'organisme n'augmente jusqu'à un seuil où les dommages sont irréversibles **Zhu, (2001)**.

III-5-4-L'inclusion

Les plantes résistantes au NaCl, accumulant le Na⁺ dans les feuilles ou est séquestré soit dans la vacuole de l'épiderme foliaire ou les limbes âge **Zhu, (2001)**.

Selon **Terman et Skerrett, (1999)**, présent dans les feuilles, l'inclusion, intervient alors sur certaines plantes, elles utilisent en effet le sel pour ajuster la pression osmotique de leurs cellules. Elles laissent donc monter le sel dans leurs parties aériennes, mais ce dernier reste stocké dans les vacuoles, et isolé des constituants cellulaires vitaux **Zhu, (2001)**.

Chapitre II

*Effet de stress salin sur la
germination et la croissance
du blé dur (*Triticum durum*
Desf.)*

Chapitre II : Effet de stress salin sur la germination et la croissance du blé dur (*Triticum durum* Desf.)

II- Effet de stress salin sur la germination et la croissance du blé dur (*Triticum durum* Desf.)

La salinité affecte presque la totalité des processus de développement de blé dur, la germination, la croissance des plantules, la phase végétative et la floraison à des degrés variables **Al Karaki, (2000)**.

II-1-Effet de stress salin sur la germination du blé dur (*Triticum durum* Desf.)

La germination est une phase physiologique qui correspond à la transition de la phase de vie latente de la graine sèche à la phase de développement de la plantule, le processus de germination commence dès que la graine sèche est hydratée **Feillet, (2000)**. La cinétique de prise d'eau permet de caractériser la germination en trois phases (Phase d'imbibition, phase de germination au sens strict, phase de croissance poste germination) **Bewley, (1997)**.

Par ailleurs, selon **Bouatrous, (2013)**, l'étude du comportement de la céréale au champ est essentielle pour faire face aux défis d'adaptation de la plante aux contraintes abiotiques et à la demande croissante du marché mondial en céréales. La qualité germinative concerne entre autres la capacité du grain à germer plus ou moins rapidement et à résister aux stress environnementaux (stress salin) **Bouatrous, (2013)**. La première caractéristique peut avoir une influence directe sur les rendements des cultures par l'augmentation du taux de grain germés lors d'une culture céréalière, la résistance du grain aux stress environnementaux (stress salin) permet de limiter les chutes de rendements induits par des conditions climatiques défavorables **Bouatrous, (2013)**.

D'après **Rehman et al., (2000)**, la plupart des plantes sont sensibles à la salinité durant leurs phases de germination et de levée. Y compris le blé, selon **Mrani et al., (2013)**, le blé est une plante sensible à l'action du NaCl, au stade de germination. Parce que la salinité affecte la germination du blé de deux façons : selon **Rejili et al., (2010)**, ont montré que les effets osmotiques se traduisaient par l'incapacité des graines à absorber des quantités suffisantes d'eau pour rééquilibrer leur point critique d'hydratation afin d'activer le processus de germination. Cependant, l'effet toxique est lié à une accumulation cellulaire de sels qui provoquent des perturbations dans le métabolisme et la respiration des enzymes **Ramoliya et al., (2004)**. De nombreuses études ont montré que l'effet du sel sur la germination pourrait être un inhibiteur (toxique) lorsque la concentration est très élevée, ou réducteur de vitesse (osmotique) lorsque la concentration est plus faible **Rehman et al., (2000)**. L'augmentation de la salinité entraîne un retard de germination dû au temps nécessaire aux graines pour ajuster leur pression osmotique interne **Okçu et al., (2005)**. Selon **Ben Naceur et al., (2001)**, ont

Chapitre II : Effet de stress salin sur la germination et la croissance du blé dur (*Triticum durum* Desf.)

également montré que l'aptitude à germer dans des conditions de sécheresse ou de salinité ne reflète pas nécessairement le comportement des plantes adultes.

Pour cette raison on va étudier dans ce partie 01 l'effet de la salinité sur les paramètres de germination du blé dur, qui est représenté dans le taux de germination, le cinétique de germination, la vitesse de germination et le moyenne journalière de germination.

II-1-1-Effet de stress salin sur le taux de germination (TG)

Ce paramètre constitue le meilleur moyen d'identification de la concentration saline qui présente la limite physiologique de germination des graines **Côme, (1970)**. Le taux de germination est exprimé par le rapport le nombre de graine germinées (Ni) sur le nombre total de graines (Nt) rapporté à 100% **Côme, (1970)**.

$$TG = (Ni/Nt) * 100$$

D'après **Rehman et al., (2000)**, la plupart des plantes sont sensibles à la salinité durant leurs phases de germination et de levée, car le stress salin les affecte déprimante. Des résultats similaires ont été observés respectivement par **Lopes et Reynolds, (2012)** et **Lilley et Kirkegaard, (2011)**, il a été démontré que le sel exerce un effet dépressif sur la plante et son intensité dépend de la concentration utilisée et selon **Amouchas et Zennadi, (2018)**, le stress salin affecte le taux de germination de manière dépressive chez la vesce et le trèfle, en plus de **Dassa, (2019)**, chez le quinoa. Y compris le blé, selon **Lemekeddem et Debbache, (2014)** et **Debez et al., (2001)**, le stress salin affecte sur la germination de blé dur de manière dépressive. Cela est dû, selon **Mrani et al., (2013)**, le blé est une plante sensible à l'action du NaCl, au stade de germination.

Le sel a un effet déprimant sur le taux de germinative des graines de plante selon (**Adjel et Bouzerzour, 2004 ; Gholamin et Khayatnezhad, 2011 ; Mahmoodzadeh et al., 2013 ; Charushahi et al., 2015 ; Borlu et al., 2018**). Y compris le blé, selon (**Benderradji, 2013**), un effet dépressif du sel sur le taux de germination des graines du blé, en plus de **Lemekeddem et al., (2014)**, le stress salin affecte le taux de germination du blé dur de manière dépressive, conduit à une diminution du blé. Selon **Bentouati et Safsaf, (2019)**, le taux de germination a diminué en raison de l'augmentation de la concentration de NaCl dans un milieu contrôlé. Selon **Gasmi et Dehiri, (2018)**, le taux de germination diminue avec l'augmentation de concentration de NaCl. Ce correspondre à la conclusion de **Prado et al., (2000)**, selon qui la diminution du taux de germination des graines soumises à un stress salin serait due à un processus de dormance osmotique développé sous ces conditions de stress, représentant ainsi une stratégie d'adaptation à l'égard des contraintes environnementales.

Chapitre II : Effet de stress salin sur la germination et la croissance du blé dur (*Triticum durum* Desf.)

Des résultats similaires ont été observés respectivement par, **Ouhiddach et Mouhssne, (2015)**, pour le blé tendre et (**Abdelli et Saci**), pour le sorgho et **Dassa, (2019)** pour le quinoa, ont montré diminution du pourcentage de germination des graines de ces espèces de la céréale en présence d'une contrainte saline. En plus chez le pois chiche **Kaya et al., (2008)**, ont également noté une diminution du taux de germination sous stress salin.

Selon **Okçu et al., (2005)**, ont démontré que l'application de différents niveaux de NaCl induit une réduction significative du taux de germination. Ceci est confirmé par l'expérience de **Gasmi et Dehiri, (2018)**, concernant l'effet de la salinité sur le taux germination du blé dur des deux variétés Waha et Bousselam, il a été constaté que les graines des variétés Waha et Bousselam germent mieux en l'absence de sel (0g/l) ou dans un milieu enrichi en NaCl à faible concentration (7.5 g/l) avec des pourcentages de germination respectifs de 100% et 93%. Lorsque la concentration en sel augmente (10g/l de NaCl), une diminution du taux de germination se produit (88% et 80%) alors qu'une forte dose de sel (15 g/l de NaCl) produit une forte diminution du nombre de graines germées (66% et 76%), comme le montre **la figure 03**. Pour toutes les doses étudiées (0 ; 7.5 ; 10 ; 15 g/l de NaCl), la germination des graines du blé dur (Waha et Bousselam) commence le deuxième jour après semis. De plus, selon **Lachhab et al., (2013)**, ont indiqué que l'application d'un stress salin retarde la germination des graines de blé dur à de faibles concentrations (100 mM) et il l'inhibe complètement à des concentrations plus fortes (200 mM). Donc, le blé dur est plus sensible sous forte concentration de NaCl selon **Bentouati et al., (2019)**.

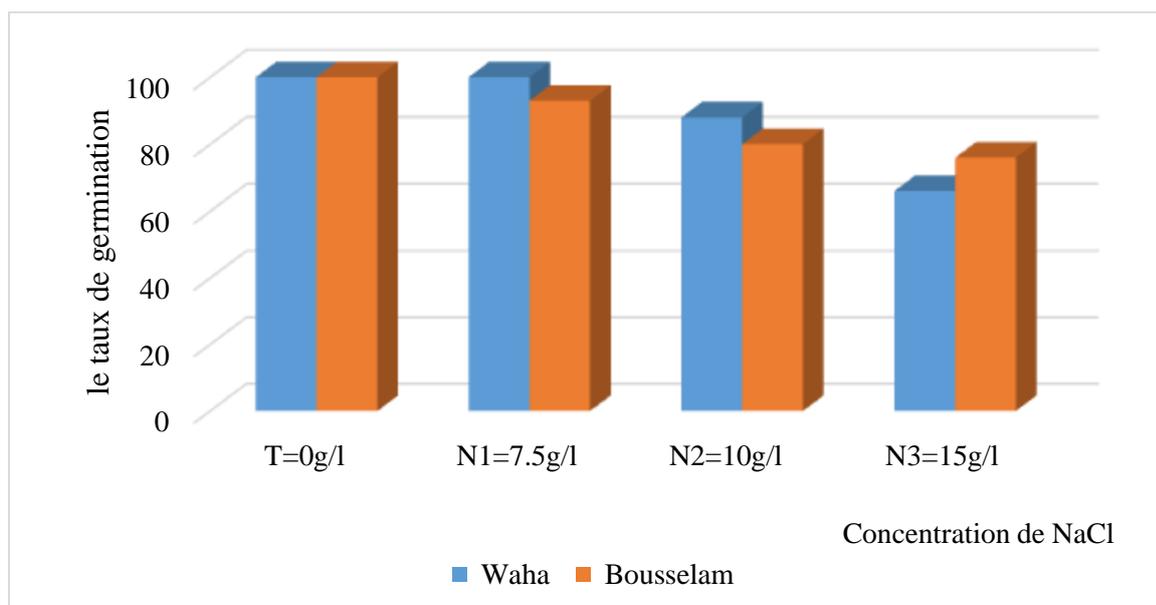


Figure 03 : Effet des différentes concentrations de NaCl sur le taux de germination des graines de Waha et Bousselam.

Chapitre II : Effet de stress salin sur la germination et la croissance du blé dur (*Triticum durum* Desf.)

D'autre part, **Askri et al., (2007)**, ont montré qu'en la présence de NaCl, les variétés de blé subissent une diminution du taux de germination. Ceci est confirmé par l'expérience de **Bouatrous, (2013)**, sur l'effet de la salinité sur les différentes variétés de blé dur (l'Aegilops, Hedba, Oued Zenati, Waha, Djenah-Khetifa, Blikhe), les résultats sont visibles lorsque les grains sont traités à l'eau (témoin) induit une forte germination puisque les taux avoisinent 100%, cependant des modifications résultant de l'effet des concentrations de sel, avec une observation générale que le seuil de 50% est atteint pour tous les types des grains et dans toutes les conditions de l'expérience. Selon l'effet de dosage de NaCl et les variétés étudiés sont classés en trois groupes différents, l'Aegilops dans un groupe éloigné des autres groupe puisque celui-ci manifeste un taux de germination élevé dans les concentrations élevée de sel (10g/l, 15g/l, 20g/l de NaCl) ; le deuxième groupe comprend les variétés (Hedba, Oued Zenati, Waha) et présente un taux de germination moyen dans les fortes doses de sel, les autres variétés (Djenah-Khetifa, Blikhe) sont groupées dans le dernier groupe et manifestent un taux de germination faible.

Pour le taux de germination plusieurs auteurs comme **Mallek et Maalej, (1998)**, ont utilisé ce paramètre comme critère de la sélection pour la résistance à la salinité puisque la variété tolérante donne un taux raisonnable de germination dans les concentrations élevées. D'après **Bentouati et al., (2019)**, ils existent d'autres variétés du blé dur qui tolérante la salinité (Boutaleb et GTA dur, Megress, Oued El bared, Sitifis, Mohamed Ben Bachir, Ofanto, Simeto, Guengom Rkhem). Toutes les variétés sont tolérantes aux différentes doses de salinité appliquées (0g/l, 3g/l, 6g/l, 9g/l). Cette tolérance au sel au cours de la germination est une réponse directe de l'embryon à ses conditions nutritionnelle. Elle est directement liée à une sélectivité efficace du plasmalemme à l'égard de l'ion sodium. Cette sélection au stade embryonnaire est associée à une accumulation de calcium par la graine lors de la phase de maturation **Prado et al., (2000)**.

Globalement, l'augmentation de la concentration de NaCl a provoqué chez les graines du blé dur, une diminution de taux de germination et un allongement de la période de germination **Bentouati et al., (2019)**. Ce retard s'expliquerait par le temps nécessaire aux graines pour déclencher les mécanismes leur permettant d'ajuster leur pression osmotique **Miled et al., (1986)**. Selon **Prado et al., (2000)**, la diminution du taux de germination des graines soumises à un stress salin serait due à un processus de dormance osmotique développé sous ces conditions de stress, représentant ainsi une stratégie d'adaptation à l'égard des contraintes environnementales. En plus de la réduction du taux de germination de blé dur

Chapitre II : Effet de stress salin sur la germination et la croissance du blé dur (*Triticum durum* Desf.)

correspond soit à une augmentation de la pression osmotique externe, ce qui affecte l'absorption de l'eau par les graines et/ou bien à une accumulation des ions Na⁺ et Cl⁻ dans l'embryon **Ghrib et al., (2011)**. Cette réduction pourrait être due à l'altération des enzymes et des hormones qui se trouvent dans la graine **Prado et al., (2000)**. Il pourrait s'agir également d'une difficulté d'hydratation des graines suite à un potentiel osmotique élevé entraînant une certaine inhibition des mécanismes aboutissant à la sortie de la radicule hors des téguments et par conséquent un retard de germination des graines **Gill et al., (2003)**.

II-1-2- Effet de stress salin sur la cinétique de germination

Pour mieux appréhender la signification physiologique du comportement germinatif des plantes **Hajlaoui et al., (2007)**, ainsi que l'ensemble des événements qui commencent par l'étape d'absorption de l'eau par la graine et se terminent par l'élongation de l'axe embryonnaire et l'émergence de la radicule.

La cinétique de germination est exprimée par le nombre de graines germinées comptées quotidiennement jusqu'au 7 jour après le début de l'expérience **Benidire et al., (2015)**.

Donc la cinétique de germination de la plante permet de distinguer 3 phases selon **Mrani et al., (2013)**, comme le montre **la figure 04** :

-Une phase de latence, nécessaire à l'apparition des premières germinations, au cours de laquelle le taux de germination reste faible. La durée de cette phase est variable selon la concentration de NaCl. Elle est courte voire absente chez les plantes témoins et celles irriguées par une concentration de 5 g/L de NaCl. Mais, elle devient plus au moins longue, surtout chez les plantes soumises au traitement de 15 g/L de NaCl pour lesquelles cette phase peut aller jusqu'à 4 jours.

-Une phase sensiblement linéaire, correspondant à une augmentation rapide du taux de germination qui évolue proportionnellement au temps, du moins pour les plantes témoins et les plantes soumises à une concentration de 5 g/L. Pour la concentration de 15 g/L, cette phase est très courte, ce qui explique le taux de germination réduit dû à l'effet inhibiteur du sel sur la germination.

-Une troisième phase correspondant à un palier représentant le pourcentage final de germination et traduisant la capacité germinative de chaque variétés et pour chaque concentration. Il paraît que cette capacité germinative diminue pour toutes les variétés étudiées mais avec des degrés différents, selon l'espèce et le stress appliqué.

Chapitre II : Effet de stress salin sur la germination et la croissance du blé dur (*Triticum durum* Desf.)

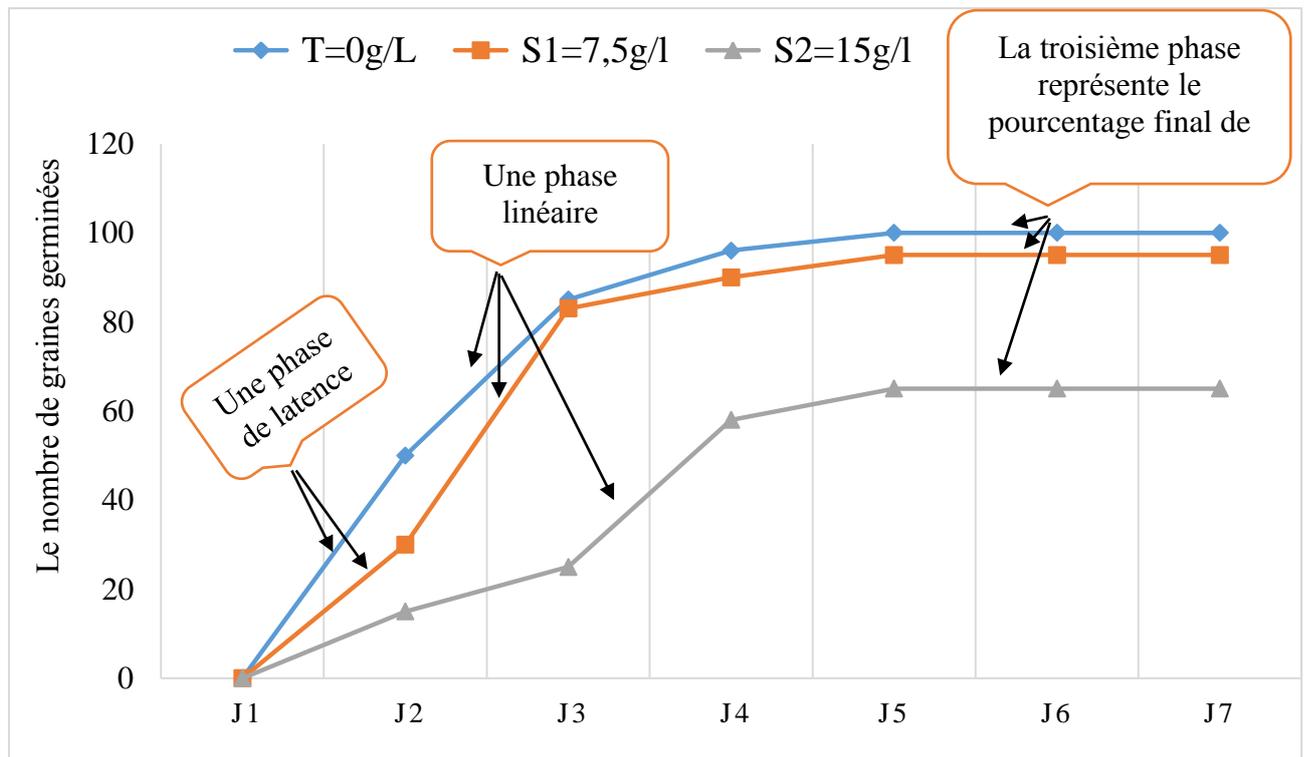


Figure 04 : Effet des différentes concentrations de NaCl sur le taux de germination des graines du blé dur.

Selon **Mrani et al., (2013)**, le blé est une plante sensible à l'action du NaCl, au stade de germination. C'est parce que selon **Okçu et al., (2005)**, ont démontré que l'application de différents niveaux de NaCl sur blé en la germination induit une réduction significative du taux de germination final, ceci est démontré par la cinétique de germination.

La cinétique de germination varie distinctement avec les espèces du blé (dur et tendre) et les variétés du blé, Ceci a été confirmé par l'expérience de **Bentouati et al., (2019)**, sur l'effet du stress salin sur la germination du blé dur et blé tendre.

Selon **Bentouati et al., (2019)**, Chez le blé dur, on note que cinq variétés (Megress, Oued El Bared, Sitifis, Ofanto et Simeto) présentent une vitesse de germination plus ou moins lente avec un taux de germination n'excédant pas 85% après 48 heures, parmi lesquelles Simeto affichait un taux faible même après 72 heures (vitesse lente). Les autres variétés telles que Boutaleb, Oued El Bared, Sitifis, Mohamed Ben Bachir, Bouselam, Ofanto et Geumgoum Rkhem ont commencé leur germination par des taux très faibles, mais ont atteint des taux de germination très élevés dès le deuxième jour. Elles présentent une vitesse de germination plus rapide.

Chapitre II : Effet de stress salin sur la germination et la croissance du blé dur (*Triticum durum* Desf.)

Bentouati et al., (2019), en plus du blé tendre, on distingue après 24h de la mise en culture, trois groupes de génotypes : un taux de germination très faible pour Mawna puis il évolue rapidement dès le deuxième jour, cette variété exprime un comportement germinatif similaire au blé dur. Les variétés Guadalupe, Mimouni, Nesser, Orion, Siete Cerros et Tamezghida présentent des taux de germination réduits compris entre 27.7 et 45.6%. Les variétés Ain Abid, Akhamokh, Zidane et Ziad ont affiché, par contre, un taux de germination plus élevé excédant 50%. Durant le deuxième et le troisième jour voir même le quatrième jour, on observe que Mimouni, Nesser, Ziad et Zidane montrent une vitesse de germination lente.

Dans une étude similaire sur les graines de vesce et de trèfle pendant le stress salin, selon **Amouchas et al., (2018)**, la cinétique de germination des graines de vesce et du trèfle traitées au NaCl et au NaCl associé au glyphosate comparativement aux témoins non traitées durant 28 jours. On remarque pour les deux espèces (vesce et trèfle), deux phases de germination pour l'ensemble des traitements :

Une 1^{ère} phase, exponentielle qui dure 2 à 6 jours pour les témoins et les concentrations sont faibles, et jusqu'à 8 jours pour les graines traitées au glyphosate et NaCl à 24g/l concernant la vesce. Pour le trèfle 1^{ère} phase s'allonge jusqu'à 12 jours pour 18 et 20g/l de sel. Pour les deux espèces, durant cette phase les taux de germination atteignent le taux maximal (100%) chez les témoins avec ou sans glyphosate. On remarque que la 1^{ère} phase est plus rapide chez la vesce comparativement au trèfle.

La 2^{ème} phase, on remarque que la germination des graines diminue progressivement à mesure que l'on augmente les concentrations de sel dans le milieu. A partir de 14g/l de NaCl, on remarque les graines de vesce traitées au glyphosate et NaCl sont plus élevées par rapport à ceux obtenus sans glyphosate. A partir de 20g/l de NaCl, les cinétiques de germination sont quasi nulles.

D'après **Rehman et al., (2000)**, la plupart des plantes sont sensibles à la salinité durant leurs phases de germination et de levée. Le ralentissement de la vitesse de germination pourrait être attribué au temps nécessaire aux graines pour déclencher les mécanismes nécessaires pour ajuster leur pression osmotique **Jaouadi et al., (2010)**. Les résultats obtenus confirment ceux d'études antérieures mettant en évidence l'action dépressif du sel sur la capacité germinative des graines de blé (**Adjel et Bouzerzour, 2004 ; Gholamin et Khayatnezhad, 2011 ; Mahmoodzadeh et al., 2013 ; Charushahi et al., 2015 ; Borlu et al., 2018**). Ces auteurs notent un faible pourcentage de germination à 160 mM/ NaCl et l'arrêt du développement après quelques jours. L'effet négatif de NaCl sur la germination se répercute

Chapitre II : Effet de stress salin sur la germination et la croissance du blé dur (*Triticum durum* Desf.)

sur le développement de la plante au cours des 11 jours de croissance. Selon **Fellahi et al., (2019)**, la salinité engendre un retard de germination et affecte négativement la longueur de la coléoptile et le développement du système racinaire, la conséquence est une mauvaise levée des plantules.

II-1-3- Effet de stress salin sur la vitesse de germination (VG%)

Selon **Benidire et al., (2015)**, la vitesse de la germination est le temps moyen à la germination de 50% des graines. Elle permet d'exprimer l'énergie de germination responsable de l'épuisement des réserves de la graine. Il exprimée en pourcentage (%) par la relation suivante selon **Kotowski, (1926) in Bentouati et al., (2019)** :

$$VG (\%) = \frac{N_1 + N_2 + N_3 + \dots + N_n}{N_1 T_1 + N_2 T_2 + N_3 T_3 + \dots + N_n T_n} \times 100$$

N₁ = nombre des grains germes au temps T₁

N₂ = nombre des grains germes entre T₁ et T₂

D'après **Dassa, (2019)**, l'augmentation des concentrations de chlorure de sodium affecte la vitesse de germination, cela se manifeste par le fait que la vitesse de germination diminue progressivement avec l'augmentation de la chlorure de sodium **Hajlaoui et al., (2007)**. Des résultats similaires ont par **Dassa, (2019)**, chez Quinoa, et par **Ndiaye et al., (2014)**, chez *Gossypium hirsutum* L.

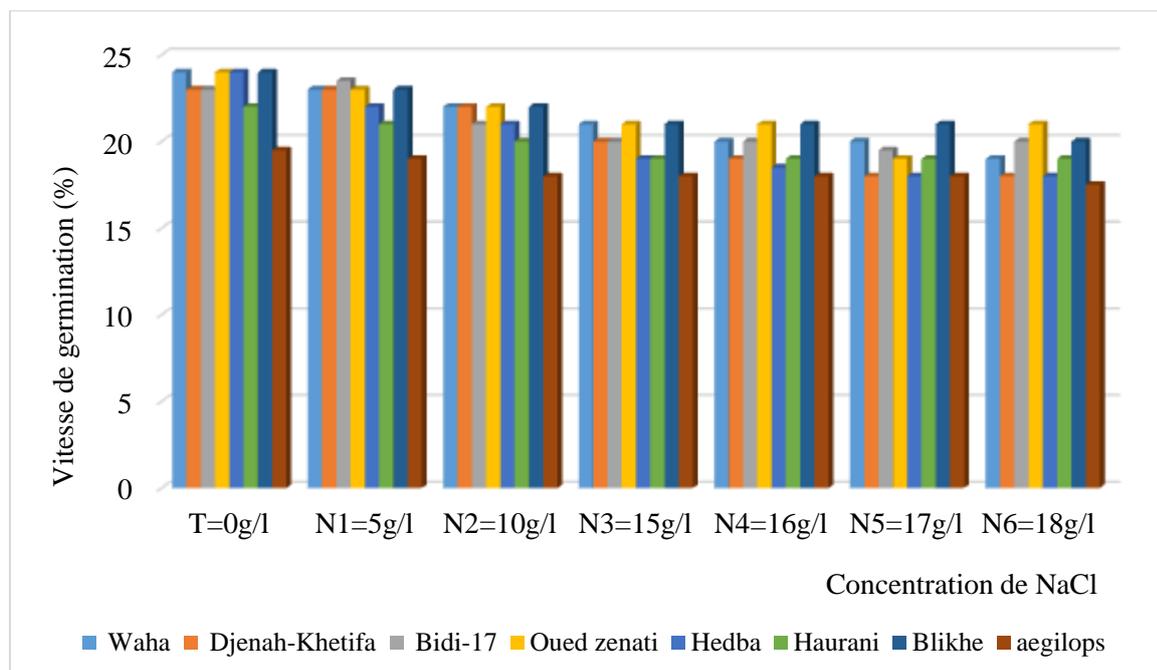
Selon **Bouatrous, (2013)**, le sel provoque un ralentissement significatif de la vitesse de germination comparativement au témoin et ce ralentissement augmente successivement avec l'augmentation de la concentration saline, Ceci correspond à la conclusion de **Grouzis et al., (1976)**, qui montre que la vitesse des graines à germer est d'autant plus lente que la salinité du milieu est augmentée. L'influence de la salinité sur les variétés de blé dur s'est, manifestée par une réduction de la vitesse de germination par rapport aux témoins, réduction d'autant plus importante que la concentration en est élevée **Khalid et al., (2001)**. Dans une étude similaire, **Benidire et al., (2015)**, pour l'effet de NaCl sur le comportement germinatif de fève se traduit par une diminution de la vitesse de germination.

Selon **Bentouati et al., (2019)**, le chlorure de sodium présent dans le sol ou dans l'eau de l'irrigation affecte la germination du blé de deux manières, il diminue la vitesse de germination et réduit le pouvoir germinatif. Cet effet dépend de la nature de l'espèce (blé dur ou tendre), de l'intensité du stress salin et de sa durée d'application la réduction du pouvoir

Chapitre II : Effet de stress salin sur la germination et la croissance du blé dur (*Triticum durum* Desf.)

germinatif et la vitesse de germination est due à l'augmentation de la pression osmotique de la solution du sol, qui ralentit l'imbibition et limite l'absorption de l'eau nécessaire au déclenchement des processus métaboliques impliqués dans la germination **Hajjlaoui et al., (2007)**.

Selon **Mrani, (2013)**, la vitesse de germination des variétés de blé dur est en effet, fortement touchée et elle diminue avec l'augmentation de la concentration du NaCl. Ceci est confirmé par les résultats de **Bouatrous, (2013)**, la vitesse de germination sur les différentes variétés de blé dur (l'Aegilops, Hedba, Oued Zenati, Waha, Djenah-Khetifa, Blikhe), Dans l'ensemble, les grains séjournant dans l'eau (témoin) évoluent rapidement quel que soit la variété. La variété (Blikhe) montre la plus levée vitesse 24,22 % par contre l'Aegilops qui présente la baisse vitesse 19,83 % comme le montre **la figure 05**. Selon l'effet de dosage de NaCl et la vitesse globale de la germination, l'Aegilops présente toujours un groupe séparé des autres classements avec une vitesse de germination (18,65 %) par contre les autres variétés de blé dur sont situées entre 20,48 % à 21,95 % donc les taux observés présentent une analogie dans le rythme de germination chez toutes les variétés de blé dur que sont issues de la même espèce par contre L'Aegilops présente un rythme plus lent. Ce ralentissement peut être dû à L'augmentation de la concentration de NaCl qui provoqué un allongement de la période de germination. Ce retard s'expliquerait par le temps nécessaire aux graines pour déclencher les mécanismes leur permettant d'ajuster leur pression osmotique **Miled et al., (1986)**.



Chapitre II : Effet de stress salin sur la germination et la croissance du blé dur (*Triticum durum* Desf.)

Figure 05 : Effet des différentes concentrations de NaCl sur la vitesse de germination des graines des différentes variétés du blé dur.

En plus de **Mrani et al., (2013)**, qui ont étudié l'effet du stress salin sur la germination et la croissance de six variétés marocaines de blé dur (Karim, Toumouh, Oum Rabia, Achtar, Amal et Arrehane), toutes les variétés en témoin 0g/l de NaCl et la concentration de 5g/L ont la vitesse de germination peu modifiée. Par contre, pour les concentrations les plus élevées (10 g /L et 15 g/L), la vitesse de germination diminue de façon considérable. Ainsi, la présence de NaCl ralentit la vitesse de germination des graines de toutes les variétés mais de façon différente. La vitesse de germination de la variété Achtar demeure toutefois la plus basse. Le retard de la germination des graines ainsi que la diminution de la vitesse de germination de l'ensemble des variétés avec l'augmentation de la concentration saline est expliqué par le temps nécessaire à la graine de mettre en place des mécanismes lui permettant d'ajuster sa pression osmotique interne **Bliss et al., (1986)**.

Le chlorure de sodium présent dans le sol ou dans l'eau de l'irrigation provoque une diminution de la vitesse de germination et augmentation de la durée de germination **Debez et al., (2001)**. Ceci est démontré par l'expérience de **Bouatrous, (2013)**, qui montre que la durée de germination dans le milieu témoin est la même (2jours) pour la plupart des variétés de blé dur (Hedba, Oued Zenati, Waha, Blikhe) à l'exception de la variété Djenah khetifa et l'Aegilops (3jours) comme le montre **la figure 06**, elle se poursuit jusqu'au 3^{ème} jour dans le milieu 10g/l (N2) à part les deux variétés Djenah khetif (4jours) et Haurani (5jours). Par contre, elle s'étale significativement jusqu'au 7eme jour dans le traitement 20g/l (N4) pour la plupart de variétés à l'exception de la variété Haurani (5 jours) et l'Aegilops (4jours).

Chapitre II : Effet de stress salin sur la germination et la croissance du blé dur (*Triticum durum* Desf.)

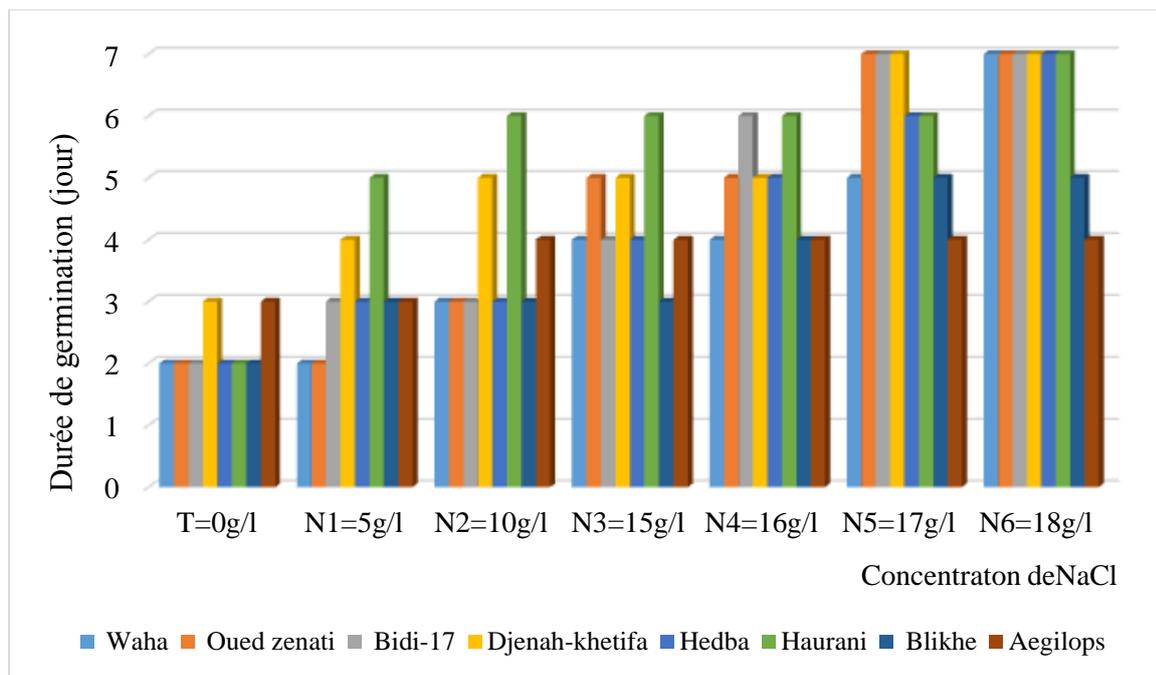


Figure 06 : Effet des différentes concentrations de NaCl sur la durée de germination des graines des différentes variétés du blé dur.

II-1-4- Effet de stress salin sur la moyenne journalière de germination (MDG= Mean Daily Germination)

Selon Osborne et Nercer, la MDG est le pourcentage de germination final/nombre de jours à la germination finale **Hajlaoui et al., (2007)**.

Selon **Dassa, (2019)**, l'augmentation de la concentration en NaCl provoque une diminution de la moyenne journalière de germination. En plus de (**Atiet-Allah et al., 2019 ; Mrani et al., 2013 ; Hajlaoui et al., 2007**), plus la concentration en NaCl est élevée, plus la moyenne de journalière de germination est faible quel que soit le génotype étudié.

Où ils ont trouvé **Atiet-Allah et al., (2019)**, que la moyenne journalière de germination du témoin est significativement la meilleurs et la plus élevée, comparativement à la concentration vient ensuite la concentration 10g/l la moyenne journalière de germination moins élevée par rapport au témoin, puis la concentration 20g/l représentée par une moyenne faible par rapport aux concentrations précédentes.

La moyenne journalière de germination est également diminuée dans tous les niveaux salins chez le blé dur. Des résultats similaires ont été rapportés chez le pois par **Okçu et al., (2005)** et chez le sorgho par (**Abdelli et Saci**). Ceci est confirmé par le résultat de **Mrani et al., (2013)**, sur l'effet des concentrations croissantes de NaCl sur le moyenne journalière de germination sur six variétés marocaines de blé dur (Karim, Toumouh, Om Rabia, Arrehane,

Chapitre II : Effet de stress salin sur la germination et la croissance du blé dur (*Triticum durum* Desf.)

Amal et Ahtar). La moyenne journalière de germination commence maximale en l'absence de sel et diminue en fonction des doses croissantes de sel, on remarque que les moyennes journalières de germination chez six variétés en le témoin 0g/l et la concentration de 5g/l de NaCl est à son maximum. Par contre, pour les concentrations les plus élevées (10g/l et 15g/l), la moyenne de journalière de germination diminue de façon considérable. Ainsi, la présence de NaCl diminue la moyenne de journalière de germination des graines de toutes les variétés mais de façon différente. La variété Toumouh qui possède une journalière de germination la plus faible.

Le retard de la germination des graines ainsi que la diminution de la moyenne de germination journalière de l'ensemble des géotypes avec l'augmentation de la concentration saline est expliqué que, ce retard pourrait être dû à l'altération des enzymes et des hormones qui se trouvent dans la graine **Ghrib et al., (1991)**.

En plus des travaux de **Bentouati et al., (2013)**, il a été constaté que le pourcentage de germination passe de 96.03 à en absence de sel à 83.44% en présence de 150 mM de NaCl. La moyenne journalière de germination a diminué pour les mêmes doses (0mM, 150mM de NaCl) de 13.72 à 11.92 graines. Cette diminution correspond à une augmentation de la pression osmotique externe, ce qui affecte la vitesse d'absorption de l'eau par les graines.

II-2-Effet de stress salin sur la croissance du blé dur (*Triticum durum* Desf.)

La croissance et le développement d'une culture représentent les transformations quantitatives et qualitatives qui accompagnent le parcours des différentes étapes de sa vie depuis l'implantation jusqu'à la maturité **Feillet, (2000)**. Sur cette base, la croissance est l'augmentation irréversible de toutes les dimensions de la plante : longueur, surface, volume, largeur, diamètre et mass **Tayeb, (1995)**. Ce dernier est influencé par différents stress environnementaux défavorables **Chaise et al., (2005)**, qui sont : le stress abiotique (chaleur, froid et salinité...) et le stress biotique (champignons, virus...) constituant une grande limite de la production et du développement du blé, qui peuvent agir ensemble ou individuellement. La salinité est un stress abiotique majeur qui affecte et inhibe la fertilité des sols et la croissance et le développement de la plante **Gill, (1979)**. Selon **El-Mekkaoui, (1990)**, la salinité affecte la croissance des plantes selon trois processus majeurs :

1-L'effet de déficit hydrique qui résulte de la réduction du potentiel hydrique de la solution du sol.

2-La toxicité des ions spécifiques, absorbés en excès, tels que le sodium et le chlore.

3-Le déséquilibre ionique qui résulte de l'excès des ions toxiques (Na^+ et Cl^-) qui engendrent une réduction de l'absorption d'autres ions (K^+ , Ca^{2+} , NO_3) nécessaire à l'activité

Chapitre II : Effet de stress salin sur la germination et la croissance du blé dur (*Triticum durum* Desf.)

enzymatique de la plante **Cheong et Yun, (2007)**. Cela conduit à un arrête de croissance, le dépérissement des tissus sous forme de nécroses marginales, suivi par une perte de turgescence, par une chute des feuilles et finalement par la mort de la plante **Chougui et al., (2004)**. La croissance foliaire est généralement plus affectée par le sel que la croissance racinaire des espèces céréalières cultivées comme l'orge **El-Mekkaoui, (1990)** et le sorgho **Weimberg et al., (1984)** et le blé **Ould Bannana, (1999)**. La diminution de la croissance des organes aériens par le sel se manifeste par une réduction de la surface foliaire contrôlée par le nombre et la taille des cellules **Ould Bannana, (1999)**.

En générale, la présence du sel dans la solution du sol augmente le potentiel osmotique du sol et crée un déficit hydrique pour la plante dont les racines sont inaptées à absorber l'eau nécessaire à la croissance de cette solution. De ce fait le potentiel hydrique foliaire baisse aussi **Zhao et al., (2007)**. Comme la croissance cellulaire est corrélée à la pression de turgescence des tissus, la baisse de la turgescence est la principale cause de l'inhibition de l'élongation cellulaire sous salinité **Zhao et al., (2007)**. Le stress salin génère l'accumulation dans les tissus cellulaires des composés toxiques tels que les espèces réactives d'oxygène (ROS). Les ROS représentent les peroxydes, les superoxydes et les radicaux hydroxyles **Tsugane et al., (1999)**. Ces molécules toxiques endommagent les membranes cellulaires, les enzymes et l'ADN mitochondrial et chloroplastique, perturbant la croissance voire la survie de la plante **Munns et al., (2006)**. Le stress salin intense induit une réduction de la production des auxines, des gibbérellines et des cytokinines des tissus cellulaires et augmente la concentration de l'acide abscissique (ABA) **Moorby et Besford, (1983)**. Ces changements hormonaux sont suspectés d'être à l'origine de la réduction de la croissance de la plante sous stress salin.

Donc, pour cette raison on va étudier dans cette partie 02 l'effet de la salinité sur les paramètres de croissance de blé dur qui est représenté dans, la longueur et nombre des racines, longueur de coléoptile, la hauteur des tiges et la surface foliaire.

II-2-1-Effet de stress salin sur la longueur et le nombre des racines

Selon **Ouarraqi et al., (2006)**, le développement des racines est apprécié par le nombre de racines par plante et par la longueur de la racine la plus allongée.

Longueur des racines : est mesurée après déterrement et exprimée en cm **Ouarraqi et al., (2006)**.

Le nombre de racines : Le nombre moyen de racines a été déterminé, à la fin de l'expérience, pour chaque graine et traitement par comptage de racines séminales **Ouarraqi et al., (2006)**.

Chapitre II : Effet de stress salin sur la germination et la croissance du blé dur (*Triticum durum* Desf.)

Le sel a affecté le développement du système racinaire **Neumann, (1995)**, il est évident que plus la salinité est élevée, une diminution significative de la biomasse des racines, et le nombre des racines par plante, la longueur des racines et la surface racinaire de plante **Mohamed et al., (1998)**. Des résultats similaires ont été observés par (Ouhiddach et mouhssne, 2015) chez le blé et **Teggar, (2015)**, chez la lentille et par **Cherief et Bouhalili, (2015)**, chez la fève.

La salinité accrue est accompagnée par une réduction significative dans la biomasse racinaire, induit une rapide réduction de la croissance du système racinaire **Zhao et al., (2007)**, Cette réduction du nombre des racines par plante peut être attribuée en partie à l'effet indirect du NaCl 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 100 à 200 mM **Suhayda et al., (1992)**.

En plus de **Gasmi et Dehiri, (2018)**, ont constaté une diminution de la longueur et nombre des racines en parallèle à l'augmentation du stress. Selon **Benderradji, (2016)**, la durée de l'application du stress salin a provoqué une diminution importante dans la longueur et le nombre des racines. Cette diminution est due probablement à un arrêt de la division et de l'élongation cellulaire au niveau de la racine **Fraser et al., (1990)**.

Selon **Bakht et al., (2011)**, des concentrations élevées de salinité avaient pour effet de réduire de la longueur de feuille et de racine. En plus de **Teggar, (2015)**, la concentration de NaCl appliqué à provoquer une diminution de la racine principale et d'autre partie le stress salin influe négativement sur la longueur et nombre de la racine. En effet, les plantes témoins montrent que la longueur et le nombre de racines sont plus élevés que les plantes stressés **Läuchli et Epstein, (1990)**. Ceci est confirmé par les résultats sur blé dur de **Gasmi et Dehiri, (2018)**, qui ont constaté que, le stress salin de l'ordre de 7.5 g/l de NaCl diminue la longueur et nombre de racines des variétés de blé dur (Waha et Bousselam) dont les valeurs enregistrées sont de l'ordre de (1.77 et 0.93 cm) et (3.67 et 4), respectivement comme le montre **la figure 07**. Cependant, le témoin non traité a montré des valeurs de (2.23 et 2.63 cm) et (6 et 5.67) de longueur et de nombre de racine pour les deux variétés respectivement. Toutefois, un stress modérée 15g/l de NaCl, la longueur et nombre de racine des variétés Waha et Bousselam est sérieusement affectée (0.5 et 0.4 cm) et (3 et 3) en comparaison avec le témoin non traité. De même, **Ouarraqi et al., (2006)**, ont trouvé que la longueur de la

Chapitre II : Effet de stress salin sur la germination et la croissance du blé dur (*Triticum durum* Desf.)

racine la plus développée est de l'ordre de 50 cm sur milieu témoin, elle diminue en présence de NaCl pour atteindre une valeur de 33 cm sur NaCl 100 mM.

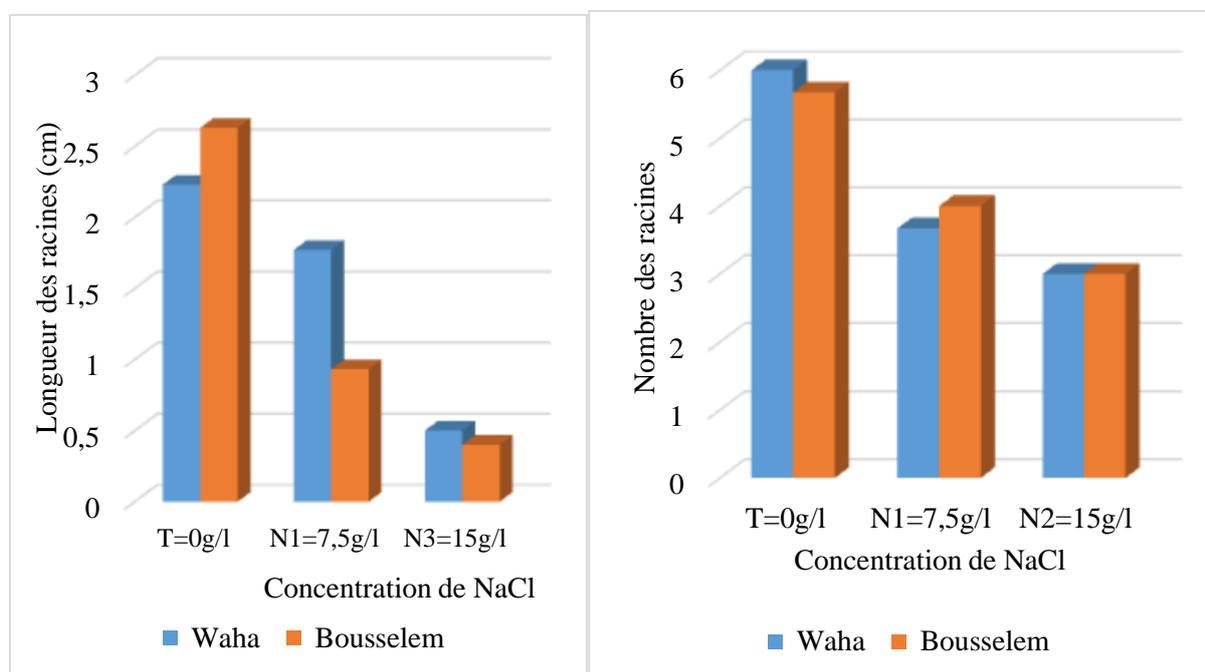


Figure 07 : Effet des différentes concentrations de NaCl sur la longueur et le nombre des racines chez les variétés du blé dur (Waha et Bousselem).

Par ailleurs, la salinité affecte en particulier la croissance des racines des plantes **Bayuelo et al., (2002)**, ont montré qu'elle augmente le rapport PR/PA. En effet, les plantes maintiennent une croissance racinaire relativement importante sous forte contrainte saline, l'augmentation du rapport PR/PA qui s'ensuit semble être associée à une augmentation de leur tolérance au sel. **Kafkai, (1991)**, suggère que sous contrainte saline, la plante dépense plus d'énergie photosynthétique pour maintenir un statut hydrique élevé et pour la production de racines en vue de la recherche d'eau et / ou la réduction de la perte d'eau.

La salinité provoque le plus souvent un retard dans le développement (**Gill, 1979 ; El-Mekkaoui, 1990**). D'une façon générale, la tolérance au sel n'est pas constante pour une même espèce ou variété. Elle peut changer en fonction de l'espèce, du génotype, l'âge, de l'état physiologique de l'organe et la dose de stress **El-Mekkaoui, (1990) ; Bennabi, (2005)**. D'après **Bentouati et Safsaf, (2019)**, il existe des variétés de blé dur qui tolèrent la salinité et les variétés moyennement sensible et les variétés sensible le stress salin selon la dose de NaCl.

Selon le tableau II montre les valeurs des écarts en %, par rapport aux valeurs du témoin non stressé, des variables mesurées chez les variétés de blé dur. Les variétés tolérantes à telle

Chapitre II : Effet de stress salin sur la germination et la croissance du blé dur (*Triticum durum* Desf.)

dose et dont l'écart est supérieur à -20% sont indiquées par un symbole vert ; celles les plus sensibles (écarts à valeurs inférieures à -40%) sont signalées par un symbole rouge et celles intermédiaires (écarts à valeurs comprises entre -20 et -40%) sont marquées par un symbole orange.

Tableau II : Ecart en % par rapport aux valeurs du témoin non stressé (T=0mM) des variables mesurées chez le blé dur.

Variables	LR			NR		
	50mM	100mM	150mM	50mM	100mM	150mM
Boutaleb	-20	-24	-73	-8	-42	-46
GTA dur	-24	-51	-64	-6	-11	-28
Megress	-13	-30	-62	4	-18	-33
Oued El Bared	-45	-61	-76	-1	-16	-41
Sitifis	-20	-54	-80	-31	-44	-64
Mohamed Ben Bachir	-50	-74	-65	-18	-4	-35
Bousselam	-53	-61	-56	-14	-10	-34
Waha	199	193	110	-16	-27	-31
Ofanto	39	18	-33	-16	-18	-37
Simeto	34	-33	-52	-4	-20	-31
Guemgoum Rkhem	86	10	-51	-10	-30	-48

LR = Longueur des racines, NR = Nombre de racines

Pour la longueur des racines comme le montre le **tableau II**, il existe des variétés de blé dur (Boutaleb, Megress, Waha, Ofanto, Simeto et Guemgoum Rkhem) qui sont tolérantes à la dose (S1=50 mM) en exprimant une meilleure capacité d'élongation racinaire. Les variétés GTA dur et Sitifis sont moyennement sensibles alors que les variétés Oued El Bared, MBB et Bousselam sont celles les plus sensibles. Sous une dose de sel modérée (S2=100 mM), les variétés (Waha, Ofanto et Guemgoum Rkhem) gardent la caractéristique de tolérance, les variétés (Boutaleb, Megress et Simeto) sont devenues moyennement sensibles. Sous une forte dose de NaCl (S3=150 mM), la variété Waha est la seule variété qualifiée comme tolérante et la variété Ofanto est moyennement sensible alors que tous les génotypes restants (Boutaleb, GTA dur, Megress, Oued El Bared, Sitifis, MBB et Bousselam, Simeto et Guemgoum Rkhem) sont sensibles au sel.

Pour le nombre de racines comme le montre le **tableau II**, toutes les variétés de blé dur (Boutaleb, GTA dur, Megress, Oued El Bared, MBB et Bousselam, Waha, Ofanto, Simeto et Guemgoum Rkhem) sont tolérantes à la dose de sel (S1=50 mM), à l'exception la variété Sitifis. A la dose (S2= 100mM), les variétés Waha et Guemgoum Rkhem comme des génotypes moyennement sensibles, et les variétés Boutaleb et Sitifis comme des variétés très sensible au sel. Les autres variétés (GTA dur, Megress, Oued El Bared, MBB, Bousselam, Ofanto et Simeto) sont tolérantes à la dose considérée. Sous une forte dose de sel (S3=150

Chapitre II : Effet de stress salin sur la germination et la croissance du blé dur (*Triticum durum* Desf.)

mM), aucune variété de blé dur ne se montre tolérante, tous les variétés (Boutaleb, Sitifis, GTA dur, Megress, Oued El Bared, MBB et Bousselam, Waha, Ofanto, Simeto et Guemgoum Rkhem) subissent des réductions moyennes à élevées du nombre de racines par plante.

II-2-2- Effet de stress salin sur la longueur de coléoptile

La longueur de coléoptile est mesurée à partir de la graine jusqu'à la sortie de la première feuille vrais. La longueur de la coléoptile en moyenne de l'échantillon de 3 graines germées, la mesure de la longueur de coléoptile avec une règle graduée **Bouatrous, (2013)**.

Selon **Fellahi et al., (2019)**, la salinité engendre un retard de germination et affecte négativement la longueur de la coléoptile et le développement du système racinaire. La conséquence est une mauvaise levée des plantules, ceci est démontré par la conclusion de **Kadri et al., (2009)**, l'effet de la concentration de NaCl sur la longueur de la coléoptile paraît évident ; plus la concentration de NaCl augmente, la longueur de coléoptile diminue. Des résultats similaires ont été observés par **Lahouel, (2014)** chez l'orge et par **Lepengue et al., (2012)** chez le maïs et par **Siti-Aishah et al., (2010)**, pour le sorgho, en plus de respectivement par **Bentouati et Safsaf, (2019)** et **Lemekeddem et Debbache, (2014)** chez le blé dur.

En plus de **Ouhaddach et al., (2015)**, la longueur de coléoptile du blé dur est réduite par salinité, cette réduction est accentuée par l'augmentation de la concentration de NaCl. Ceci est démontré par le travail de **Gasmi et Dehiri, (2018)**, la longueur de coléoptile du blé dur diminue avec l'augmentation de concentration de NaCl comme le montre **la figure 08**, augmentation de la longueur de coléoptile est très importante en fonction des jours dans le témoin (0g/l de NaCl) qui atteint (2.17, 3.40 cm) dans le 9ème jour chez deux variétés du blé dur (Waha et Bousselam), respectivement. Par contre, les traitements S1 (7.5g/l de NaCl) et S2 (15g/l de NaCl) ont montré une augmentation de la longueur de coléoptile faible comparativement au témoin, dont les valeurs notées sont de l'ordre de 1.17 et 0.70 cm dans le 7ème et 8ème jour chez la variété (Waha), respectivement. Cependant, ces valeurs sont de l'ordre de 1.50 et 0.53 cm dans le 9ème et 6ème jour chez la variété Bousselam.

Chapitre II : Effet de stress salin sur la germination et la croissance du blé dur (*Triticum durum* Desf.)

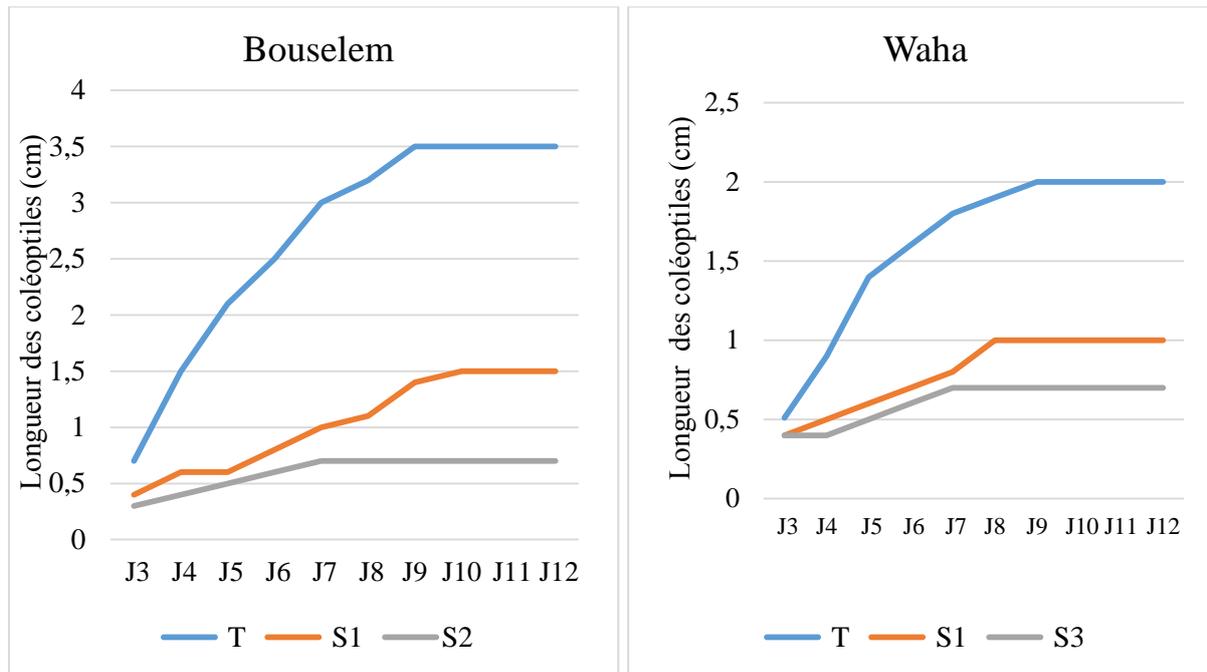


Figure 08 : Effet des différentes concentrations de NaCl sur la longueur de coléoptile chez les variétés du blé dur (Waha et Bousselem).

Selon **Ben Hebireche, (2011)**, confirme ces résultats en utilisant d'autres concentrations de NaCl et d'autre variétés de blé dur (carioca et vitron), la longueur de la coléoptile dans le témoin non traité (0g/l de NaCl) à montrer des valeurs de (4.78 et 5.94 cm) pour les deux variétés respectivement. Par contre dans le S1 (6g/l de NaCl) on enregistre des valeurs de longueur de coléoptile d'environ 0.62 et 1.85 cm et dans S2 (12g/l de NaCl) on enregistre 0.02 et 0.28 cm respectivement. Cette diminution de la longueur de coléoptile est due à selon **Moud et Maghsoudi, (2008)**, un faible taux de croissance de la coléoptile est associé à une faible aptitude à l'osmorégulation. De même qu'un stress sévère peut aussi entraîner un arrêt total du développement foliaire.

Les effets néfastes des sels sont plus perceptibles sur les coléoptiles, selon **Gomes et al., (1983)**, une réduction régulière et de la taille de la coléoptile et la racicule sous l'effet des concentrations croissantes de NaCl. Le taux de réduction diffère selon le degré de stress salin, l'organe et les variétés. En effet, ces derniers, pour la longueur du coléoptile d'après **(Bentouati et Safsaf, 2019)**, et ses travaux, il existe des variétés de blé dur (GTA dur, Megress, Oued El bared, Mohamed Ben Bachir, Ofanto, Simeto) sont tolérantes aux doses moyenne (S1=50 mM) et modérée (S2=100 mM), hormis la variété Boutaleb (moyennement sensible), la variété Sitifis et la variété Guemgoum Rkhem (moyennement sensibles) à la concentration 100 mM NaCl.

Chapitre II : Effet de stress salin sur la germination et la croissance du blé dur (*Triticum durum* Desf.)

A la dose sévère (S3=150 mM), la variété GTA dur est le seul génotype tolérant. Les variétés Megress, Bousselam et Waha sont moyennement sensibles alors que les autres variétés de blé dur (Boutaleb et Oued El bared, Sitifis, Mohamed Ben Bachir, Ofanto, Simeto, Guengom Rkhem) sont très sensibles à cette concentration saline.

Dans une étude similaire, **Bentouati et Safsaf, (2019)**, pour le blé tendre, concernant la longueur de la coléoptile, il existe des variétés de blé tendre (Ain Abid et Anforeta, Guadalupe, Massine, Mawna, Mimouni, Nesser, Orion, Sidi Okba, Siete Cerros, Tamezghida, Ziad et Zidane) qui sont tolérantes aux doses moyenne (S1=50 mM), à l'exception de deux variétés Akhamokh et Andana qui sont des variétés moyennement sensibles.

A la dose (S2=100 mM), sept variétés seulement ont gardé leur tolérance, il s'agit de Ain Abid, Guadalupe, Massine, Mimouni, Nesser, Orion et Ziad. Cependant Akhamokh et Siete Cerros sont devenues très sensibles. Ziad est la seule variété tolérante au sel à forte concentration, Tamezghida est moyennement alors que toutes les variétés restantes sont sensibles à la dose considérée.

Des effets similaires ont été remarqués sur la croissance chez d'autres plantes comme le trèfle **Ben Khaled et al., (2003)**, les agrumes **Rochdi et al., (2005)**, et la sétaire **Ben Ahmed et al., (2008)**.

II-2-3- Effet de stress salin sur la hauteur des tiges (stade de tallage et épiaison)

Selon **Bouatrous, (2013)**, la hauteur de la tige (cm) est mesurée par une règle chaque deux jour durant la période de stress.

Selon **Ben Naceur et al., (2001)** et **Hameed et al., (2008)**, l'effet de la salinité se traduit généralement par une réduction de la croissance végétative. **Katerji et al., (2006)**, ont rapporté que la hauteur de la végétation est un paramètre indicateur de l'effet inhibiteur du sel sur la croissance des plantes. Si le stress salin est sévère, Il se traduit par une réduction de la hauteur et du diamètre de la tige, un raccourcissement des entre-nœuds et une diminution du nombre de feuilles et de la surface foliaire **Temagoult, (2009)**. La même conclusion a été tirée par **Hamza et al., (1999)** et **Larher et al., (1987)**, plus la concentration en sel est élevée, Il se traduit par une faible ramification, une diminution de la longueur du diamètre, du poids sec des tiges, racines. Un raccourcissement de l'entre-nœud et une diminution du nombre de nœuds, Une réduction du nombre de feuilles et la surface foliaire.

Selon **Katerji et al., (2006)**, l'effet du sel se traduit généralement par une réduction de la croissance en hauteur, cela est dû selon **Benmahioul et al., (2009)**, la diminution de la croissance est le résultat au niveau cellulaire d'une baisse du nombre de divisions cellulaires lors des stress abiotique (stress salin et hydrique). Pour les céréales, en particulier le blé,

Chapitre II : Effet de stress salin sur la germination et la croissance du blé dur (*Triticum durum* Desf.)

l'effet majeur de la salinité sur la partie aérienne se traduit par une réduction du nombre de talles et de feuilles **El-Hendawy et al., (2005)**. Selon **Zhao et al., (2007)**, la salinité réduit du tallage herbacé et de la matière sèche accumulée dans les tiges. La réduction de la croissance aérienne observée peut s'expliquer par des perturbations des taux de certains régulateurs de croissance, notamment l'acide abscissique et les cytokinines induites par le sel (**Termaat et al., 1985 ; Kuiper et al., 1990**).

L'effet dépressif de la salinité sur la croissance des tiges en hauteur, ce qui est en accord avec les résultats de **Garcia-Legaz et al., (1993)** qui ont montré que la salinité affecte négativement la croissance de la partie aérienne de la plante. La réduction de la hauteur des plantes sous l'effet du stress salin n'est pas un bon indicateur de la tolérance ou de la sensibilité d'un génotype. En effet, plusieurs travaux conduits sur le blé dur indiqueraient que la réduction de l'accroissement des tiges serait une stratégie d'adaptation à la contrainte saline (**Ben Naceur, 2001 ; Saqib, 2004**). Cela peut expliquer que les variétés autochtones pourraient être plus adaptées aux conditions de stress salin. Selon **Ben Naceur et al., (2001)** et **Hameed et al., (2008)**, l'effet de la salinité se traduit généralement par une réduction de la croissance végétative. En effet, ce stress retarde la croissance des pousses qui sont plus sensibles au sel que les racines **Läuchli et Epstein, (1990)**, et cette baisse peut être expliquée par un raccourcissement des entre nœuds. En fait, l'effet du stress osmotique induit par le sel agit sur l'élongation des cellules d'une part **Fricke et Peters, (2002)** et sur la nutrition minérale d'autre part (**Munns, 2002 ; Parida et Das, 2005**). Selon ces auteurs, le stress réduit la vitesse d'élongation des cellules de la tige, en partie, à cause de l'accumulation de l'acide abscissique.

L'effet du sel sur la croissance des tiges en hauteur et similaire dans les deux stades tallage et épiaison ; hauteur maximale des tiges chez le témoin puis diminue progressivement avec l'augmentation de la contrainte saline, selon **Bouatrous, (2013)**.

➤ **Stade tallage :**

La salinité a un effet dépressif sur la hauteur de la tige au stade tallage (4^{ème} et 5^{ème} feuille), mais cet effet est différent d'une variété à l'autre et d'une concentration à l'autre **Bouatrous, (2013)**.

Les variétés du blé dur (l'Aegilops, Bidi-17, Waha, Djenah khetifa, Hauran, Blikhe, Oued Zenati) sont classées en deux groupes selon leurs résistances au stress salin comme le montre **la figure 09**, selon **Bouatrous, (2013)** :

Le premier groupe comprend l'Aegilops, qui est éloigné d'autre groupe par ce que cette variété préserve presque la même hauteur de la tige en comparant du témoin (T=0g/l NaCl)

Chapitre II : Effet de stress salin sur la germination et la croissance du blé dur (*Triticum durum* Desf.)

elle a montrée de valeur 3.5 cm et dans les différents traitements en sel (S1=5g/l, S2=10g/l, S3=18g/l) a enregistré des valeurs de longueur de la tige environ 3.25cm, 3cm, 3cm respectivement.

Le 2^{ème} groupe comporté les variétés suivants (Bidi-17, Waha, Djenah khetifa, Hauran, Blikhe, Oued Zenati), qui présentent des différences significatives entre le témoin et les traitements salins. Par exemple les variétés (Waha, Bidi-17 et Djenah khetifa) chez le témoin (T=0g/l NaCl) ont montré des valeurs (10.5, 12.5 et 13.5 cm) respectivement. Par contre chez les traitements (S1=5g/l, S2=10g/l, S3=18g/l) ont enregistré des valeurs de longueur de la tige d'environ pour :

-La variété Waha : 9.25cm, 8.5cm, 8cm respectivement.

-La variété Bidi-17 : 11cm, 10.25cm, 9cm respectivement.

-La variété Djenah khetifa : 10.5cm, 10.25cm, 10cm respectivement.

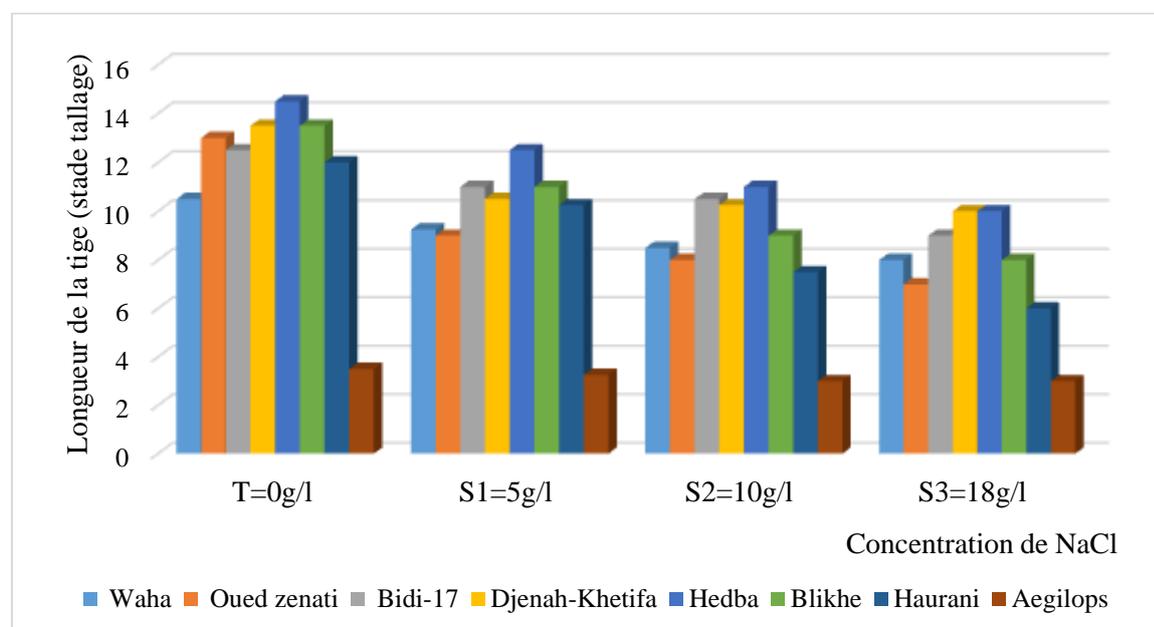


Figure 09 : Effet des différentes concentrations de NaCl sur la longueur de la tige (stade tallage) de différentes variétés du blé dur.

➤ Stade épisaison

Selon **Bouatrous, (2013)**, l'Aegilops reste toujours un génotype distingué des autres variétés de blé dur par leur persistance de garder des différences faibles entre les différentes concentrations en sel, la hauteur de la tige chez le témoin (T=0g/l NaCl) il a montré une valeur 13 cm et dans les différents traitements en sel (S1=5g/l, S2=10g/l, S3=18g/l) enregistrer des valeurs de longueur de la tige environ 8.5cm, 7cm, 6cm respectivement comme le montre **la figure 10**.

Chapitre II : Effet de stress salin sur la germination et la croissance du blé dur (*Triticum durum* Desf.)

Les variétés (Blikhe, Hedba, Oued Zenati) sont classées comme un groupe moyen vis à vis la résistance à la salinité. Par exemple la variété Hedba : la hauteur de la tige chez le témoin (T=0g/l NaCl) à montrer de valeur 40 cm et dans les différents traitements en sel (S1=5g/l, S2=10g/l, S3=18g/l) enregistrer des valeurs de longueur de la tige environ 35.5cm, 34cm, 29cm respectivement.

Les autres variétés restantes (Haurani, Djenah Khetifa, Bidi-17) sont groupées comme des génotypes affectées par la salinité à ce stade de développement. Par exemple la variété Haurani chez le témoin (T=0g/l NaCl) a montré une valeur 28.5 cm et dans les différents traitements en sel (S1=5g/l, S2=10g/l, S3=18g/l) ont enregistrée de valeurs de longueur de la tige d'environ 31cm, 28cm, 24cm respectivement.

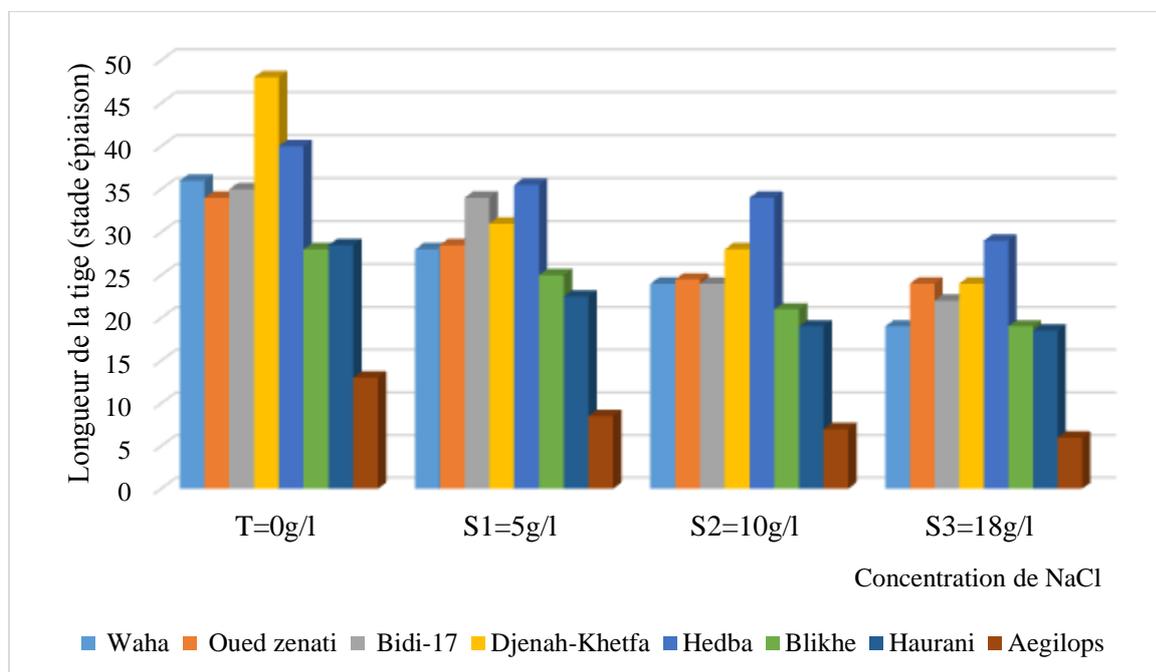


Figure 10 : Effet des différentes concentrations de NaCl sur la longueur de la tige (stade épiaison) de différentes variétés du blé dur.

II-2-4- Effet de stress salin sur la surface foliaire (stade de tallage et épiaison)

La surface foliaire exprimée en cm², concerne la feuille étandard des plantes, elle est déterminée par la méthode de **Paul et al., (1979)**.

La feuille à mesurer est coupée au niveau du collet puis ses contours sont calqués sur papier calque, qui par la suite est découpé et pesé pour avoir le Pf.

On coupe un carré de 1cm² de surface connue de ce même papier calque qui est également pesé(P).

On déduit la surface foliaire SF par la formule suivante :

$$SF (cm^2) = Pf.S (1cm^2) / P (1cm^2)$$

Chapitre II : Effet de stress salin sur la germination et la croissance du blé dur (*Triticum durum* Desf.)

Selon **Lahouel, (2014)**, la croissance foliaire est généralement plus affectée par le sel que la croissance racinaire des espèces céréalières cultivées comme le blé, l'orge et le sorgho, d'après **Hamza, (1982)**, a signalé que, sous l'effet de la salinité, les plantes peuvent manifester des réactions, telles que la diminution de la surface foliaire, le faible allongement des organes aériens et leurs ramifications (raccourcissement des entrenœuds). Cela est dû, selon **Termaat et al., (1985)** ont révélé que la réduction de la croissance des organes aériens serait due à l'effet de la salinité sur la production des régulateurs de croissance au niveau des racines, tels que l'acide abscissique et les cytokinines.

Dans une étude similaire, **Brugnoli et Bjorkman, (1992)**, ont montré, chez le Cotonnier, que le sel réduit le développement des parties aériennes par la diminution de l'allocation du carbone pour la croissance foliaire au profit de la croissance racinaire. En plus d'**Ould Bannana, (1999)**, la diminution de la croissance des organes aériens par le sel se manifeste par une réduction de la surface foliaire contrôlée par le nombre et la taille des cellules.

Selon **Bakht et al., (2011)**, des concentrations élevées de salinité avaient pour effet de réduire de la longueur de feuille et de racine. En présence de NaCl dans le milieu de culture, le nombre de feuilles par plante est réduite en fonction de l'augmentation de la concentration en sel, il en est de même de la surface foliaire totale par plante selon **Ben khaled et al., (2007)**. Chez les plantes cultivées en présence de 100Mm NaCl, le nombre des feuilles est réduit de 40% comparativement au témoin et la surface foliaire n'est plus que de 60% comparativement à celle du témoin. Ceci est confirmé par les résultats **Gasmi et Dehiri, (2018)**, l'augmentation de longueur de deuxième feuille est rapide en fonction des jours dans le (T= 0g/l de NaCl) qui atteint (22.60, 22.23cm) dans 19ème et 18ème jour chez les variétés de blé dur (Waha et Bousselam) respectivement. Par contre dans le (S1=7.5g/l et S2= 15g/l de NaCl) l'augmentation de longueur de deuxième feuille est faible comparativement au témoin qui arrive a (18.37, 18.33cm) dans le 18ème jour respectivement chez la variété (Waha) et (19.83, 18.73cm) dans le 19ème et 17ème jour respectivement chez la variété (Bousselam). Ces dommages sont associés à l'accumulation de l'ion Na⁺ dans les tissus foliaires. L'accumulation, à des niveaux toxiques, des ions Na⁺ et Cl⁻, dans les parties aériennes de la plante affecte négativement le métabolisme.

L'effet du sel sur la surface foliaire dans les deux stades tallage et épiaison ; Une plus grande surface foliaire chez le témoin et puis diminue progressivement avec l'augmentation de la contrainte saline, selon **Bouatrous, (2013)**.

➤ **Stade tallage**

Chapitre II : Effet de stress salin sur la germination et la croissance du blé dur (*Triticum durum* Desf.)

La surface foliaire est affectée par le stress salin, mais cet effet est différent d'une variété à l'autre et d'une concentration à l'autre **Bouatrous, (2013)**.

Les variétés de blé dur (Oued Zenati et Bidi-17) présentent une grande diminution de la surface foliaire dans le milieu salin (S1=5g /l) par rapport au témoin comme le montre **la figure 11**, Oued Zenati est diminuée par une moyenne de 42,87 %, bidi-17 par moyenne de 19 %, chez la variété Blikhe aucune diminution de la surface foliaire dans (S1=5g/l) de stress salin, l'abaissement de la surface foliaire est observé dans le milieu (S2=10g/l et S3=18g/l). Pour la variété Djenah khetifa la réduction foliaire est petite (7,85 %) chez tous les milieux (S1=5g /l, S2=10g/l et S3=18g/l de NaCl) de stress en comparant avec le témoin.

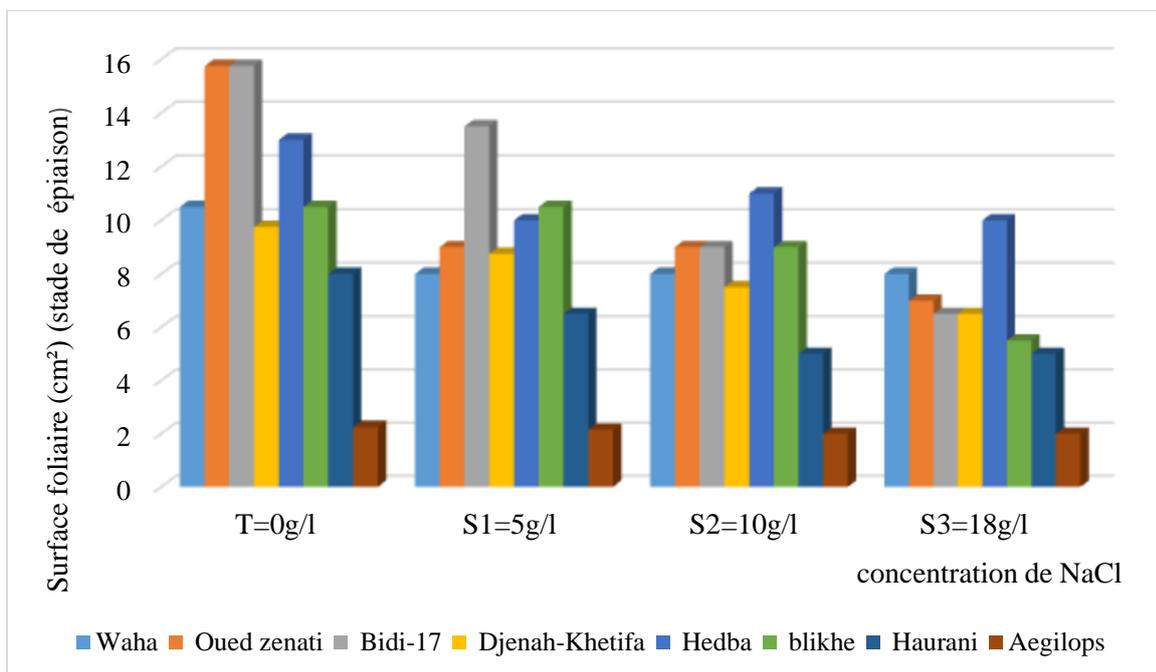


Figure 11 : Effet des différentes concentrations de NaCl sur la surface foliaire (stade épiaison) de différentes variétés du blé dur.

➤ **Stade épiaison**

Selon **Bouatrous, (2013)**, pour les variétés de blé dur (Haurani, Bidi 17, Aegilops) aucune différence entre le témoin et le premier traitement (S1=5g/l) de stress salin comme le montre **la figure 12**, mais la différence est apparait à partir de deuxième traitement (S2=10g/l) de salinité pour les deux variétés Haurani, Bidi 17, mais l'Aegilops reste sans différence significative entre les trois traitement (S1=5g /l, S2=10g/l et S3=18g/l de NaCl) de stress. Les variétés de blé dur (Oued Zenati, Waha, Djenah khetifa) sont caractérisées par une grande réduction (73,57%, 47,07%, 47 % respectivement) de la surface foliaire au traitement (S1=5g/l) du milieu salin.

Chapitre II : Effet de stress salin sur la germination et la croissance du blé dur (*Triticum durum* Desf.)

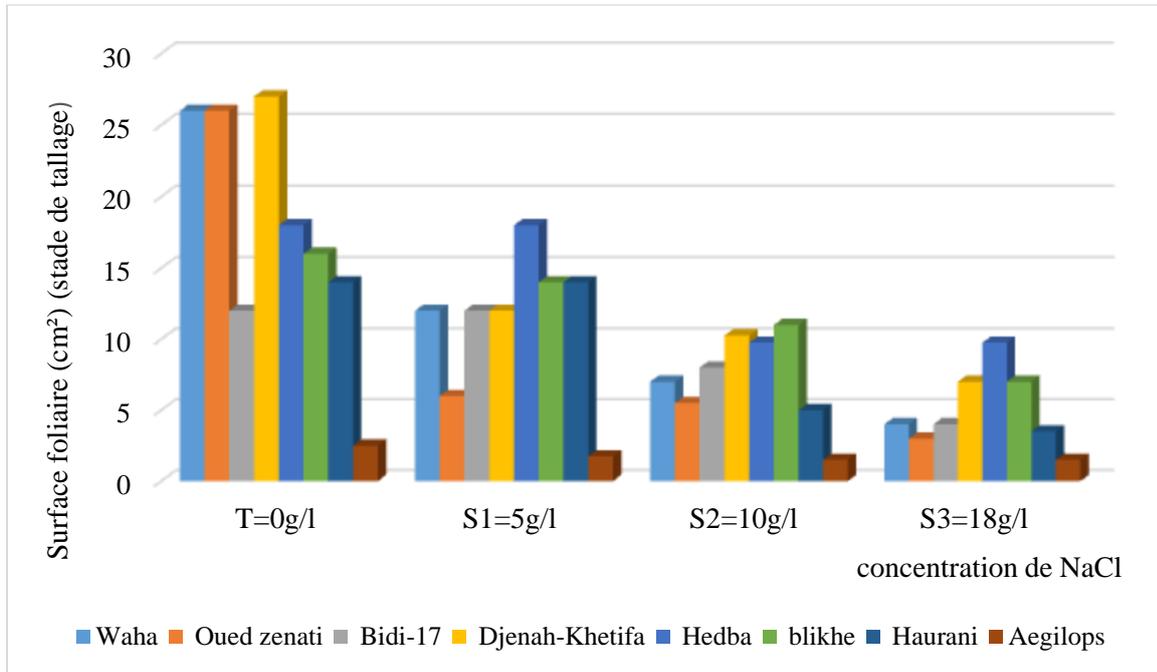


Figure 12 : Effet des différentes concentrations de NaCl sur la surface foliaire (stade tallage) de différentes variétés du blé dur.

Donc, chez le blé, la diminution de la surface foliaire est considérée comme la principale stratégie pour arriver à la limitation de la disponibilité de l'eau en conditions saline **Bouatrous, (2013)**. Effectivement, le stress salin atteint l'activité physiologique de la feuille, et plus précisément la photosynthèse, qui constitue la cause principale de la diminution de la productivité végétale **Benmakhlouf, (2018)**. Ainsi, lorsque la salinité augmente, les sels peuvent affecter le processus photosynthétique, ils peuvent aussi s'accumuler dans le cytoplasme et inhiber les enzymes impliquées dans le métabolisme des hydrates de carbone. De plus, un excès de sel provoque une réduction de l'allongement des organes aériens et leurs ramifications, inhibe la division et l'expression cellulaire, et limite les flux de carbone vers les méristèmes et les zones de croissance **Benmakhlouf, (2018)**.

Conclusion

Conclusion

La salinisation des sols constitue un problème majeur en Algérie. C'est aussi l'un des principaux facteurs abiotiques qui limitent la productivité végétale et le rendement agricole. Par conséquent, les chercheurs ont eu recours à des recherches sur l'effet de la salinité sur les espèces végétales en général et les céréales (le blé dur) en particulier car elle est considérée comme l'aliment principal en Algérie.

Notre travail vise à recueillir les résultats qui ont été menés sur l'effet de la salinité sur différentes variétés de blé dur avec les différentes concentrations de NaCl, dans le but de déterminer l'effet de la salinité sur les paramètres de la germination et la croissance (taux de germination, la vitesse de germination et longueur et nombre de radicule, longueur de coléoptile, la hauteur des tiges et la surface foliaire).

Dans notre travail, d'après les résultats obtenus des chercheurs, il se démontre que la salinité a un effet néfaste sur le développement du blé dur, quel que soit le degré de réponse au stress salin qui varie d'une variété à l'autre.

De plus, la salinité affecte de manière dépressive v les paramètres de germination de blé dur (le taux, la vitesse, la cinétique et la moyenne de la germination), cela est dû au résultat de l'intervention des effets osmotiques avec les effets toxiques de NaCl.

En outre, la salinité a un effet dépressif sur la croissance du blé dur (longueur et nombre de racine, longueur de coléoptile, la hauteur des tiges et la surface foliaire) selon la variété et la concentration de NaCl, cela est dû au résultat d'une réduction de l'alimentation de la plante en eau et en éléments minéraux majeurs.

Malgré l'impact négatif de la salinité à sur la germination et la croissance du blé dur, il existe des variétés de blé dur tolérants la salinité. De ce fait, le développement de variétés tolérantes à des seuils élevés de salinité constitue une solution durable pour l'extension de la céréaliculture en irrigué, et plus particulièrement dans les régions a climats semi-aride.

*Références
Bibliographiques*

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- Abdellaoui Z. (2007).** Etude de l'effet de la fertilisation azoté sur propriété techno fonctionnelle des protéines de blé, 16 p.
- Abdelli Z., Saci A.** Etude comportement de quelques populations du sorgho sous contrainte saline. *Mémoire de Master. Algérie : Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi B.B.A*, 17-34 p.
- Abdelly C., (2006).** Caractérisation des halophytes pour le dessalement des sols salins et traitement des deux salines. Rapport d'activité 2007. Centre de biotechnologique à la technologie de Borj-cegria. Tunisie. 28-31.
- Adjel F., Bouzerzour H. (2004).** Etude de la variabilité de réponse des plantules de blé dur (*Triticum durum* Desf.) À la salinité. *Céréaliculture* 42(2), 5-13.
- Al Karadi G.N. & Clark R. B. (2000).** Growth, mineral acquisition, and water use by mycorrhizal wheat grown under water stress. *J. Plant Nutr* 21, 263-267.
- Alaoui M. M., Jourmi L., El Ouarzane A., Lazar S., Antri S., El Zahouily M. & Hmyene A. (2013).** Effet du stress salin sur la germination et la croissance de six variétés marocaines de blé. *Journal of Materials and Environmental Science* 4(6), 997-1004.
- Alem C. (2002).** Adaptations hydrique et photosynthétique du blé dur et du blé tendre au stress salin. *C. R. Biologies, Vol 325*,1097-1109.
- Alexandre NONO Antoine Mvondo ze Samuel Keuatsop Kouam. (2010).** Etude de la désorption des éléments nutritifs de certains matériaux agro-géologiques du Cameroun.
- Ali Daly A., Mhiri A. (2002).** Fertilisation phospho- potassique du blé dur en culture intensive en Tunisie.
- Allen R.D., (1995).** Dissection of oxidative stress tolerance using transgenic plants. *Plant Physiol*, 1049-1054.
- Ammar M. (2015).** Organisation de la chaine logistique dans la filière céréales en Algérie : états des lieux et perspective. Thèse de Doctorat de CIHEAM Montpellier : pp 17-20.
- Amokrane A. (2001).** Evaluation et utilisations de trois sources de germoplasme de blé dur (*triticum durum* Desf.). *Thèse de Magister, Institut d'Agronomie, Université Colonel El Hadj Lakhdar, Batna*, 80 p.
- Amouchas M., Zennadi Z. (2018).** Contribution à l'étude de l'effet du stress salin et du glyphosate sur la germination et la croissance de deux légumineuses : la Vesce (*Vicia sativa* L.) et le Trèfle (*Trifolium resupinatum* L.). *Mémoire de Master. Algérie : Université Mouloud Mammeri De Tizi-Ouzou*
- Anonyme S. (2006).** Extension de la salinisation et Stratégies de prévention et réhabilitation. Conférence électronique sur la salinisation : *Organisée et coordonnée par : IPTRID du 6 février au 6 Mars 2006*, 20 p.
- Antipolis S. (2003).** Les menaces sur les sols dans les pays Méditerranéens. *Les cahiers du plan bleu, Vol 2*, 44-49.
- APG III. (2009).** An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants : *APG II. Botanical Journal of the linnean society* 141 :399-436.
- Arbaoui M., Benkhelifa M. & Belkhodja M. (2000).** Réponses physiologiques de quelques variétés de blé dur à la salinité au stade juvénile. *Option Méditerranéenne* 40, 267-270.
- Askri H., Rejeb S., Jebari H., Nahdi H. & Rejeb M.N. (2007).** Effet du chlorure de sodium sur la germination des graines de trois variétés de pastèque (*Citrullus lanatus* L.). *Science et changements planétaires/ Sécheresse* 18(1), 51-55.
- Bachir Bey I., Soumatia N. (2015).** Contribution à l'étude de l'effet de la fréquence d'irrigation sur la production du blé dur sur des sols lourds en zone semi-aride. *Mémoire de Master. Algérie : Université Djilali Bounaâma de Khemis Miliana*, 67 p.
- Bakht J., Shafi M., Jamal Y. & Sher H. (2011).** Response of maize (*Zea mays* L.) to seed priming with NaCl and salinity stress. *Spanish Journal of Agricultural Research* 9(1), 252-261.
- Battinger R. (2002).** La photosynthèse, Educagri éditions, Dijon.
- Bayuelo J. (2002).** Salinity tolerance of phaseolus species during germination and early seedling growth. *Crop Sci.*, 2184-2192.
- Belkhodja M. & Bidai Y. (2004).** Réponse de la germination des graines d'*Atriplex halimus* L. sous stress salin. *Sécheresse*, N°4, vol.15, 331-335.

Références bibliographiques

- Ben Ahmed H., Manaa A. & Zid E. (2008).** Tolérance à la salinité d'une poaceae à cycle court : la sétaria (*Setaria verticillata* L.). *Comptes Rendus biologies* 331 (2), 164-170.
- Ben Dkhil B., and Denden M. (2010).** Salt stress induced changes in germination, sugars, starch and enzyme of carbohydrate metabolism in *Abelmoschus esculentus* L. (Moench.) seeds. *African Journal of Agricultural Research*, 5, 1412-1418.
- Ben Hebireche N. (2011).** Effet du stress salin sur l'accumulation de la chlorophylle chez le blé dur, 9p.
- Ben Khaled L. Ouarraqi E.M. & Zid Z. (2007).** Impact du NaCl sur la croissance et la nutrition de la variété de blé dur Massa cultivée en milieu hydroponique, *Acta Botanica Gallica*, 154(1), 101-116
- Ben Khaled L., Morte Gomez A., Ouarraqi E.M. & Oihabi A. (2003).** Physiological and biochemical responses to salt stress of mycorrhized and/ or nodulated clover seedlings (*Trifolium alexandrinum* L.). *Agronomie (France)*, 2003.
- Ben Naceur M., Rahmoune C., Sdiri H., Meddahi M. L. & Selmi M. (2001).** Effet du stress salin sur la germination, la croissance et la production en grains de quelques variétés maghrébines de blé. *Sécheresse* 12,167-74.
- Benbelkacem A. (2013).** Rapport des résultats du projet « Enhancing food Security in Arab countries. *Icarda – INRAA*.
- Benderradji L., Hadji N., Kellou K., Benniou R. & Brini F. (2016).** Effet du NaCl et PEG 6000 sur le comportement morpho-physiologique et biochimique des variétés de blé dur et tendre cultivées in vitro en milieu hydroponique. *Revue Agriculture, Numéro spécial 1*, 278-286.
- Benidire L., Daoui K., Fatemi Z.A., Achouak W., Bouarab L. & Oufdou K. (2015).** Effet du stress salin sur la germination et le développement des plantules de *Vicia faba* L. *Journal of Materials and Environmental Science* 6 (3), 840-851.
- Benmahioul B., Daguin F. Kaid-Harche M. (2009).** Effet du stress salin sur la germination et croissance in vitro du pistachier (*Pistacia vara* L.), *Comptes Rendus Biologies* 332(8), 752- 758.
- Bennaebi F. (2005).** Métabolismes glucidique et azote chez une Halophyte (*Atriplex halimus* L.) stressées à la salinité. *Thèse de Magistère en physiologie végétale, Université Senia Oran*, 50p.
- Bentouati I., Safsaf H. (2019).** Effet du chlorure de sodium (NaCl) sur la germination et les paramètres de croissance du blé (*Triticum sp.*). *Mémoire de Master. Algérie : Université Mohamed El Bachir El Ibrahim* B.B.A, 17-34 p.
- Bewley J., (1997).** Seed germination and dormancy. *Plant cell* 9, 1055-1066.
- Borlu H. O., Celiktas V., Duzenli S., Hossain A. & El Sabagh A. (2018).** Germination and Early Seedling Growth of Five Durum Wheat Cultivars (*Triticum durum* Desf.) Is Affected by Different Levels of Salinity. *Fresenius Environmental Bulletin* 27(11), 7746-7757.
- Bouatrous Y. (2013).** Effet du stress salin et l'haplodiploïdisation chez le blé dur (*Triticum durum* Desf.). *Mémoire de Master. Algérie : Université Mentouri de Constantine*
- Boufenar-Zaghouane F. & Zaghouane O. (2006).** Guide des principales variétés de céréales à paille en Algérie (blé dur, blé tendre, orge et avoine). *ITGC*, 154.
- Boukensous W. (2014).** Etude de l'efficacité de quelques fongicides sur le contrôle des maladies foliaires du blé et l'impact du traitement sur le développement et le rendement de la culture. *Mémoire de Master. Algérie : Université 8 mai 1945 Guelma*, 92 p.
- Brugnoli E., Bjorkman O. (1992).** Growth of cotton under continue salinity stress : influence-t-on allocation pattern, stomatal and non-stomatal components of photosynthesis and dissipation of excess light energy. *Planta* 187 (3), 335-347.
- Buck H. & Nisi J. (2007).** Wheat production in stressed environments. Proceedings of the 7th international wheat conference, 27 nov-2 Dec 2005, Mar del plata, Argentina developments in plant breeding, volume 12.
- Chartzoulakis K., Klapaki G. (2000).** Response of two green house pepper hybrids to NaCl salinity during different growth stages. *Sci.Hortic.* 86, 247-260.
- Charushahi V., Bargali K. & Bargali, S. S. (2015).** Influence of seed size and salt stress on seed germination and seedling growth of wheat (*Triticum aestivum*). *Indian Journal of Agricultural Sciences* 85(9), 1134-1137.

Références bibliographiques

- Cheong Mi Sun. & Yun Dae-Jin. (2007).** Salt-stress signaling. *Journal of Plant Biology* 50 (2), 148-155.
- Cherief A., Bouhalili M. (2018).** Effet de stress salin sur les paramètres morpho-physiologique, et biochimiques chez la fève *Vicia faba L.* *Mémoire de Master. Algérie : Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem*, 11 p.
- Clemen. (1971).** Larousse agricole. Cotyledons during germination- *plant physiol.* 59, 183-188.
- Cornillon P. & Palloix A. (1997).** Influence of sodium chloride on the growth and mineral nutrition of pepper cultivars. *Journal of Plant Nutrition*, 20(9), 1085-1094.
- Daroui E.A., Boukroute A., Kouddane N.E. & Berrichi A. (2013).** Effet de la salinité sur la germination et la croissance in vitro du (*Washingtonia filifera L.*) *Nature & Technology*, 32A
- Dassa M., (2019).** L'effet de stress salin sur la germination de quelques variétés de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) *Mémoire de Master. Algérie : Université Mohamed Khider de Biskra.*
- Debez A., Chaibi W. & Bouzid S. (2001).** Effet of NaCl and growth regulators on germination of (*Atriplex halimus L*) *Cahiers d'Etudes et de Recherches Erancophones Agricultures (France).*
- Delgado M. J., Ligerio F. & Lluch C. (1994).** Effects of salt stress on growth and nitrogen fixation by pea, faba-bean, common bean and soybean plants. *Soil Biol. Biochem* 26, 371-376.
- Dkhil B. B. & Denden M. (2010).** Salt stress induced changes in germination, sugars, starch and enzyme of carbohydrate metabolism in *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench seeds. *African Journal of Agricultural Research* Vol. 5(6), 408-415.
- Doorenbos J., Pruitt W.O. (1996).** Les besoins en eau des cultures. *Bulletin F.A.O. d'irrigation et de drainage*, 24, Rome, 144p
- Douaoui A., Hartani T. (2007).** Impact de l'irrigation par les eaux souterraines sur la dégradation des sols de la plaine du Bas-Chéliff. Actes de l'atelier régional SIRMA. Tunis.
- EL Fakhri M., Mahboub S., Benchekroun M., & Nsarellah N. (2010).** Effet du stress hydrique sur les caractéristiques d'enracinement du blé dur (*Triticum Durum*. Desf). *Revue (Nature et Technologie* (03), 06-12.
- EL Midaoui M. (2007).** Response of sunflower (*Helianthus annuus L.*) to nitrogen and potassium deficiency. *Helia*. Vol 22, 139-148.
- El-Hendawy S., Yuncai Hu., Yakout M.G., Awad M.A., Hafiz E.S. & Schmidhalter Urs. (2005).** Evaluating salt tolerance of wheat genotypes using multiple parameters. *European journal of agronomy* 22 (3), 243- 253.
- El-Mekkaoui M. (1990).** Etude des mécanismes de tolérance à la salinité chez le blé et amélioration des végétaux, *Université de Nice Sophia- Antipolis.*
- Epstein E., Norlyn J. D., Rush D. W., Kingsbury R. W., Kelley D. B., Cunningham G. A., & Wrona A. F. (1980).** Saline culture of crops : à genetic approach. *Science*, 210(4468), 399-404.
- F.A.O. 2008.** Global network on integrated soil management for sustainable use of salt affected soils. Rome, Italy : FAO Land and plant nutrition management service.
- Feillet P. (2000).** Le grain de blé : composition et utilisation. *INRA. Paris.*
- Fellahi Z., Zaghoudi H., Bensaadi H., Boutalbi W. & Hannachi A. (2019).** Assessment of salt stress effect on wheat (*Triticum aestivum L.*) cultivars at seedling stage. *Agriculturae Conspectus Scientificus (in press).*
- Flowers T. J. & Colmer T. D. (2015).** Plant salt tolerance : adaptations in halophytes. *Annals of botany* 115(3), 327-331.
- Fraser TE., Silk W.K. & Rost T.L. (1990).** Effect of low water potential on cortical cell length in growing region of maize roots. *Plant Physiology* 93, 648-651.
- Fricke W. & Peters S. W. (2002).** The biophysics of leaf growth in salt stressed barley. A study at the cell level. *Plant physiology* 129(1), 374-388.
- Garcia-Legaz M.F., Ortiz J.M., Garci- Lidon A. & Cerda A. (1993).** Effect of salinity on growth, ion content and CO₂ assimilation rate in lemon varieties on different rootstocks. *Physiologia Plantarum* 89 (3), 427-432.
- Gasmi W., Dehiri A. (2019).** Effet de stress salin sur la germination et la croissance des deux variétés de blé dur (*Triticum durum Desf.*) *Mémoire de Master. Algérie : Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi B.B.A.*
- Gate P, (1995).** Ecophysiologie du blé de la plante à la culture -Ed. *DOC-la voisior I.T.C.F- France*-pp 417.
- Gholamin R., Khayatnezhad M. (2011).** The Effects of water and salt stresses on germination in two bread Wheat genotypes. *African Journal of Biotechnology* 10(77), 17805-18711.

Références bibliographiques

- Ghrib C.D., Kchaou R., Gharbi F., Rejeb S., Khoudja L., Nejib Rejeb M. (2011).** *Euro. Journals Publishing, Inc.* 50, 208.
- Giban M., Minier B. & Malvosi R. (2003).** Stades du blé, éd ITCF, Paris, 68p.
- Gill P. K., Sharma A. D., Singh P. & Bhullar S. S** Changes in germination, growth and soluble sugar contents of *Sorghum bicolor* L. Moench seeds under abiotic stresses. *Plant Growth Regulation* 40 (2), 157-162.
- Gillk S. (1979).** Effect of soil salinity on grain filling and grain development in barley. *Biologia plantarum* 21(4), 241-244.
- Gomes F.E., Prisco J.T., Campos F.A.P. & Filho E.J. (1983).** Effects of NaCl salinity in vivo and in vitro ribonuclease activity of vigna unguiculata cotyledons during germination. *Plant Physiol.* 59, 183-188.v
- Greenway H. & Munns R. (1980).** Mechanisms of Salt tolerances in non-halophytes. *Annual Review of Plant Physiology* 31, 149-190.
- Grouzis M., Berger A., Heim G. (1976).** Polymorphisme et germination des graines chez trois espèces annuelles du genre *Salicornia*. *Oecol. Plant* 11 (1), 41-52.
- Hamadache A. (2013).** Eléments de phytotechnie générale-Grandes Cultures-Tome 1 : le blé, 11-49.
- Hamza H., Bizid E. & Mezni M. (1999)** Effets de la salinité des eaux d'irrigation sur la survie et la croissance de trois cultivars de luzerne pérenne. *Fourrage* 158, 169-178.
- Hasan M. I., Kibria M. G., Jahiruddin M., Murata Y. & Hoque M. A. (2015).** Improvement of Salt Tolerance in Maize by Exogenous Application of Proline. *Journal of Environmental Science and Natural Resources* 8(1), 13-18.
- Hassani. (2008).** Effet de la Salinité Sur L'eau et Certains Osmolytes Chez L'orge (*Hordeum Vulgare*L). *European Journal of Scientific Research. Vol* (23), 61-69.
- Hopkins W. G. (2003).** Physiologie végétale. 2^{ème} édition. De Boeck, Bruxelles, 61-476.
- Hu Y. (2005).** Salinity and the growth of non-halophytic grass leaves : the role of mineral nutrient distribution. *Plant Biol, vol* 973- 985.
- IWGSC (2019).** International wheat genome sequencing consortium, <https://www.wheatgenome.org>.
- Jaouadi W., Hamrouni L., Souayeh N. & Larbi M. K. (2010).** Étude de la germination des graines d'*Acacia Tortilis* sous différentes contraintes abiotiques. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement* 14(4), 643-652.
- Kadri K., Maalam S., Cheikh MH., Ben abdallah A., Rahmoune C., Ben Naceur M. (2009).** Effet du stress salin sur la germination, la croissance et la production en grains de quelques accessions Tunisiennes d'orge (*Hordeum vulgare* L.). *Science and Technologie, (29)*, 72-79.
- Kafkai U. (1991).** Root growth under stress. *Plant roots : the hidden half. New York, USA : Marcel Dekker*, 375-391.
- Karakas O., Gurel F. & Uncuoglu A. A. (2011).** Assessment of genetic diversity of wheat genotypes by resistance gene analog-EST markers. *Genetics and Molecular Research*, 10(2) : 1098-1110.
- Katerji N., Van Hoorn J.W., Hamdy A., Mastrorilli M., Fares C., Ceccarelli S., Grando S. & Oweis T. (2006).** Classification and salt tolerance analysis of barley varieties. *Agricultural water management* 85(1-2). 184-192.
- Kaya A., Aydin O. & Dincer I. (2008).** Experimental and numerical investigation of heat and mass transfer during drying of Hayward Kiwi fruits (*Actinidia Deliciosa* Planch). *Journal of Food Engineering* 88(3), 323-330.
- Khalid M.N., Iqbal H.F., Tahir A. & Ahmad A.N. (2001).** Germination potential of chickpeas (*cicer arietinum*. L) under saline conditions. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 4 (4), 395-396.
- Khan M. A. & Gulzar S. (2003).** Germination responses of *Sporobolus ioclados* : a saline desert grass. *Journal of Arid Environments* 53(3), 387-394.
- Kotowski F. (1926).** The efficiency of self- and cross- fertility in the onion. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae* 4, 11-16.

Références bibliographiques

- Kuiper D., Schuit J. & Kuiper P.J.C. (1990).** Actual cytokinin concentration in plant tissue as an indicator for salt resistance in cereals. *Plant and soil* 123 (2), 243- 250.
- Lachhab I., Louahlia S., Laamarti M., Hammouma M. & Hammouma M. (2013).** Effet d'un stress salin sur la germination et l'activité enzymatique chez deux génotypes de *Mec* va. *International Journal of Innvotion and Applied Studies* 3(2), 511-516.
- Lahlou M., Badraoui M., Soudi B., Goumari A. & Tessier D. (2002).** Modélisation de l'impact de l'irrigation sur le devenir salin et sodique des sols. *Actes d'atelier du PCSI, Montpellier, France*, 28-29 mai 2002. 19p.
- Lahouel H. (2014).** Contribution à l'étude de l'influence de salinité sur le rendement des céréales (cas de l'orge) dans la région de Hemadna à Relizane. *Mémoire de Master. Algérie : Université d'Abou- Bekrbelkaid Tlemcen* 18-30 p.
- Larher F., Imamul-Huq S.M. & Gerant. Sauvange D. (1987).** Sensibilité au chlorure de sodium chez les légumineuses au cours de leurs premiers stades de développement In nutrition azotée des légumineuses, *Versailles, Ed. Paris, N°37*.
- Läuchli et Epstein. (1990).** Saline culture of crops. *A genetic approach, Science* 2310, 399-404.
- Lemekeddem., Debbach H. (2014).** Synthèse bibliographique sur l'effet du stress sur la germination de blé. *Mémoire de Master. Algérie : Université Kasdi Merbah, Ouargla*, 23-28.
- Levigneron A., Lopez F., Berthomieu P., Casse-Delbart F. (1995).** Les plantes face au stress salin. *Cahiers Agriculture* 4, 263-273. France.
- Lilley J.M., Kirkegaard J.A. (2011).** Benefits of increased soil exploration by wheat roots. *Field Crops Res*, 122, 118–130.
- Lopes M. S., Reynolds M. P. (2012).** The yield correlations of selectable physiological traits in a population of advanced spring wheat lines grown in warm and drought environments. *Field Crops Research* 128, 129-136.
- Mahmoodzadeh H., Khorasani F. M. & Besharat H. (2013).** Impact of salt stress on seed germination indices of five wheat cultivars. *Annals of Biological Research* 4(6), 93-96.
- Malek-Maalej E., Boulasenem F. & Bensalem M. (1998).** Effet de salinité sur la germination de graines des céréales cultivée en Tunisie. *Cahier Agricultures* 7, 153- 156.
- Mekhlouf A., Bouzerzour H., Bemahammed A., Hadj Sahraoui A. & H arkati N. (2006).** Adaptation des variétés de blé dur (*Triticum durum*, Desf) au climat semi-aride. *Sécheresse* 17(4), 507-513.
- Meloni D.A., Oliva M.A., Ruiz H.A & Martinez C.A. (2001).** Contribution of proline and inorganic solutes to osmotic adjustment in cotton under salt stress. *J.Plant Nutr* 24, 599-612.
- Menacer F. (2007).** Contribution à l'étude de l'effet de la salinité sur un marqueur biochimique, cas de laproline chez *Atriplex halimus* L. et *A triplex canescens* (purch) Nntt, 99
- Mermoud A. (2006).** Cours de physique du sol : Maîtrise de la salinité des sols. *Ecole polytechnique fédérale de Lausanne*, 23 p.
- Merouche A. (2015).** Besoin en eau et maîtrise de l'irrigation d'appoint du blé dur dans la vallée du Chélif. *Thèse de Doctorat. Algérie : Ecole National Supérieur Agronomique*, 115 p.
- Miled D., Boussaid M., Abdelkefi A. & Cherif A. (1986).** Tolérance au sel d'espèces annuelles du genre *Medicago* au cours de la germination. Séminaire international sur les végétaux en milieu aride, 8 au 10 septembre, Jerba., Tunisie.
- Mohammad M., Shibli R., Adjouni M. & Nimri L. (1998).** Tomato root and shoot responses to salt stress under different levels of phosphorus nutrition. *J. Plant Nutr* 21, 1667-1680.
- Moud A.M., Maghsoudi K. (2008).** Salt stress effects on respiration and growth of germinated seeds of different wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. *World J. Agric. Sci* 4 (3), 351-358.
- Mrani Alaouil M., El Jourmi L., Ouarzane O., Lazar S., El Antri S., Zahouily M., Hmyene 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). *J. Mater. Environ. Sci*, 4(6) 997-1004.

Références bibliographiques

- Munns R. (1993).** Physiological processes limiting plant growth in saline soils : some dogmas and hypotheses. *Plant, Cell & Environment*, 16(1), 15-24.
- Munns R. (2002).** Comparative physiology of salt and water stress. *Plant, Cell and Environment*, 239-250.
- Munns R. (2008).** Sodium excluding genes from di at and sea barleygrass improves sodium exclusion of bread wheat. 2nd International Salinity Forum S ter and society-global issues, local action.
- Munns R., & Tester M. (2008).** Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology* 59, 651-681.
- Munns R., Rawson H.M., (1999).** Effect of salinity on salt accumulation and reproductive development in the apical meristem of wheat and barley. *Aust. J. Plant Physiol*, 459-464.
- Ndiaye A., Faya E. & Touré M. (2014).** Effet du stress salin sur la germination des graines de (*Gossypium hirsutum L.*). *Journal of Applied Biosciences* 80, 7081-7092.
- Neumann P. M. (1995).** Inhibition of root growth by salinity stress : Toxicity or an adaptive biophysical Response, In : structure and function of roots. Developments in plant and soil sciences (eds. Baluska, F., Ciamporova, M., Gasparikova, O., Barlow, P.W.), *Kluwer Academic publishers, Dordrecht, Netherlands*, 299-304.
- Nin X. (1995).** Ion homeostasis in NaCl stres environments. *Plant physiology*, 735-742.
- Novak S., Kockmann F., & Villard A. (2006).** Adapter la stratégie culturale au type de sol 140 Perspective Agricole 322, 14-17.
- Okçu G, Kaya MD, Atak M. (2005).** Effects of Salt and Drought Stresses on Germination and Seedling Growth of Pea (*Pisum sativum L.*). *Turk J Agric. VOL(29)* : 237-242.
- Ouarraqi E. M., Zid E. (2007).** Impact du NaCl sur la croissance et la nutrition de la variété de blé dur Massa cultivée en milieu hydroponique. *Acta Botanica Gallica* 154(1), 101- 116.
- Ouhaddach M., Mouhssine F., Ech-Caddadi S., Lakalai F., Elyacoubi H., Hmouni D., Douaik A., Zidane L. & Rochdi A. (2015).** Morpho-Physiological Response to Salt Stress in wheat (*Triticum aestivum L.*) at the Germination Stage. *European Journal of Scientific Research* 133 (3), 240-252.
- Ould Bannana M. B. (1999).** Utilisation de quelque marqueur physiologique, biochimique et chimique (Équilibre ionique) dans l'étude de la tolérance à la salinité chez le blé dur (*Triticum durum Desf.*). *Thèse de Magister. Univ., Annaba*, 104p.
- Parida A.K., Das A.B. (2005).** Salt tolerance and salinity effects on plants : a review. *Ecotoxicology and environmental safety* 60(3), 324-349.
- Paut M.H., Planchton C. & Ecochart R. (1979).** Etude des relations entre le développement foliaire, le cycle de développement et la production chez le soja. *Amélio plants* 29, 479-492P.
- Prado F. E., Boero C., Gallardo M. & Gonzalez J. A. (2000).** Effect of NaCl on germination, growth and soluble sugar content in *Chenopodium quinoa* Willd. Seeds. *Botanical Bulletin of Academia Sinica* 41, 27-34
- Price A.H., Hendry G.A.F., (1991).** Iron-catalysed oxygen radical formation and its possible contribution to drought damage in nine native grasses and three cereals. *Plant Cell Environ* 14, 477-484.
- Ramoliya P.J., Patel H.M., Pandey A.N. (2004).** Effect of salinization of soil on growth and macro-and micro-nutrient accumulation in seedlings of *Acacia catechu* (Mimosaceae). *Annals of Applied Biology* 144, 321-332.
- Rehman S., Harris P. J. C., Bourne W. F. & Wilkin J. (2000).** The relationship between ions, vigour and salinity tolerance of *Acacia* seeds. *Plant Soil* 220, 229-233.
- Rejili M., Vadel A.M., Guetet A. & Neffatti M. (2007) :** Effect of NaCl on the growth and the ionic balance K⁺/Na⁺ of two populations of (*Lotus creticus L.*) (*Popilionaceae*). *South African Journal of Botany* 73 (4), 623-631.
- Rochdi A., Lemsellek J., Bousarhal A. & Rachidai A. (2005).** Evaluation sous serre de la tolérance à la salinité de quelques porte- greffes d'agrumes : citrus aurantium et deux hybrides de poncirus trifoliata (*Poncirus x Citrus sinensis*). BASE.
- Said Boudaa B., Haddioub A. (2011).** Effet du stress salin sur la germination de quelque espèce du genre atriplex. *Revue (Nature & technilogie)*. N° 05/Juin 2011.

Références bibliographiques

- Saqib M., Akhtar J., Qureshi R.H. (2004).** Pot study on wheat growth in saline and waterlogged compacted soil : I. Grain yield and yield components. *Soil and Tillage Research* 77 (2), 169-177.
- Sentenac H., Berthomieu P. (2003).** Découverte d'un nouveau mécanisme de tolérance des plantes au sel. UMR Biochimie et physiologie moléculaire des plantes (Unité mixte Ecolenationale supérieure agronomique de Montpellier), *Service Presse INRA*, 34 p.
- Siouda A., Benkhelifa Z. (2016).** Etude écophysiological des quelques écotypes de blé dur (*Triticum durum* Desf.) dans la région semi-aride de Sétif. *Mémoire de Master. Algérie : Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi B.B.A*, 74 p.
- Soltaner D. (1990).** Les grandes productions végétales : Céréales, plantes sarclées, prairies. Coll. *Sciences et Techniques agricoles*. 17^{ème} Ed. 464 p.
- Soltner D. (2000).** Phytotechnie générale : les bases de la production végétales. Tome 1 : le sol et son amélioration. Ed. Collection sciences et techniques agricoles, 467p
- Soltner D. (2005).** Les grandes productions végétales .Ed. *Collection sciences et techniques agricoles*, 472p.
- Souguir M., Fraj H. & Hannachi C. (2013).** Effect of NaCl priming on seed germination of tunisian fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) under salinity conditions, *Journal of Stress Physiology & biochemistry* 9 (2), 136p.
- Souhail M., Châabane R. (2009).** Toxicity of the salt and pericarp inhibition on the germination of some *Atriplex* species. *American-Eurasian Journal of Toxicological Sciences* 1, 43-49.
- Suhayda C.G., Wang X.Y. & Redmann R.E. (1992).** Identification of physiological ecotypes in *Hordeum jubatum* based on responses to salinity stress. *Canadian journal of botany* 70 (6), 1123- 1130.
- Tayeb Ameziane El Hassani. (1995).** Croissance et développement des plantes cultivées. Institut agronomique et vétérinaire Hassan II, Rabat, Maroc, 120-150.
- Temagoult M. (2009).** Analyse de la variabilité de la réponse au stress hydrique chez des lignées recombinantes de Tournesol (*Helianthus annuus* L.). *Mémoire de magistère Univ.Mentouri. Constantine*.
- Termaat A., Passioura J. & Munns R. (1985).** Shoot turgor does not limit shoot growth of NaCl- affected wheat and barley. *Plant physiology* 77(4), 867-872.
- Terman S.D., Skerret I.M. (1999).** Root ion channels and salinity. *Sci. Hort*, 175- 235.
- Wang Y., NILN. (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, 623-627.
- Yzo A. (1998).** Molecular biology of salt tolerance in the context of whole-plantphysiology. *Journal of Experimental Botany*, 915-929.
- Zegrary D. (2014).** Caractérisation morpho-physiologique et biochimique de sept génotypes de deux variétés de blé dur cultivé en Algérie. *Mémoire de Master. Algérie : Université 79 Constantine* 1, 67.
- Zhao J., Ren W., Zhi D., Wang L. & Xia G. (2007).** Arabidopsis DREB1A/CBF3 bestowed transgenic tall fescue increased tolerance to drought stress. *Plant Cell Reports* 26(9), 1521-1528.
- Zhu J.K., (2001).** Plant salt tolerance. *Trends in Plant Sci*, 66-71.

Résumé :

Le blé dur est considéré comme une culture stratégique en Algérie. Toutefois, la germination et la croissance de cette culture sont limitées par différents stress environnementaux nocifs (le stress salin). Par conséquent, les chercheurs ont eu recours aux recherches de l'effet du stress salin sur la croissance et germination du blé dur. L'objectif de ce travail est de rassembler les études qui ont été menées sur l'effet du stress salin sur différentes variétés de blé dur avec les différentes concentrations de NaCl, dans le but de déterminer l'effet du stress salin sur les paramètres de la germination et la croissance (taux de germination, la vitesse de germination et longueur et nombre de radicule, longueur de coléoptile, la hauteur des tiges et la surface foliaire). Il a été démontré que le stress salin affecte de manière dépressive les paramètres de la germination et croissance. Malgré l'impact négatif de la salinité sur les paramètres, il existe des variétés de blé dur qui tolèrent le stress salin.

Mots clés : blé dur, stress salin, les paramètres de germination, les paramètres de croissance.

Abstract:

Durum wheat is considered a strategic crop in Algeria. However, the germination and growth of this crop is limited by various harmful environmental stresses (Salt stress). Therefore, the researchers turned to research into the effect of salt stress on the growth and germination of durum wheat. The objective of this work is to bring together the studies that have been carried out on the effect of salt stress on different varieties of durum wheat with the different concentrations of NaCl, with the aim of determining the effect of salt stress on the parameters of germination and growth (germination rate, germination rate and radicle length and number, coleoptile length, stem height and leaf area). Salt stress has been shown to depressively affect germination and growth parameters. Despite the negative impact of salinity on parameters, there are durum wheat varieties that tolerate salt stress.

Key words: durum wheat, salt stress, germination parameters, growth parameters.

ملخص:

يعتبر القمح الصلب محصولاً استراتيجياً في الجزائر. ومع ذلك، فإن إنبات ونمو هذا المحصول محدود بسبب الضغوط البيئية الضارة المختلفة ولعل أبرزها إجهاد الملحي. لذلك لجأ الباحثون إلى البحث على تأثير إجهاد الملحي على النمو والإنبات القمح الصلب. الهدف من هذا العمل هو جمع الدراسات التي أجريت حول تأثير إجهاد الملحي على أنواع مختلفة من القمح الصلب بتركيزات مختلفة من كلوريد الصوديوم، بهدف تحديد تأثير إجهاد الملحي على معاملات الإنبات والنمو (معدل الإنبات، سرعة الإنبات، طول الجذور وعددها، طول الكوليبتيل، وارتفاع الساق ومساحة الورقة). فقد ثبت أن إجهاد الملحي يؤثر بشكل سلبي على عوامل الإنبات والنمو. على الرغم من التأثير السلبي للملوحة على المعايير، إلا أن هناك أصنافاً من القمح الصلب تتحمل الإجهاد الملحي.

الكلمات المفتاحية: القمح الصلب، الإجهاد الملحي، معايير الإنبات، معايير النمو.