

UNIVERSITE KASDI MERBAH – OUARGLA -

FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET DES SCIENCES DE  
LA TERRE ET DE L'UNIVERS

*Département des Sciences Biologiques*



Mémoire

**MASTER ACADEMIQUE**

*Domaine : Sciences de la Nature et de la vie*

*Filière : Sciences Biologiques*

*Spécialité : Biotechnologie végétale*

**THEME**

**Etude de la variabilité intraspécifique de tolérance au stress salin chez cinq variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.) au stade juvénile**

Présenté par : **Ayadi Intissar**

**Bounegab Soumia**

Soutenu publiquement le : **28/09/2020**

Devant le jury

<b>M. BELAROUSSI M.H.</b>	<b>MCB</b>	<b>Président</b>	<b>U.K.M.Ouargla</b>
<b>Mme BOUKHALFA - DERAOUI N.</b>	<b>MCA</b>	<b>Encadreur</b>	<b>U.K.M.Ouargla</b>
<b>Melle SALHI N.</b>	<b>Pr.</b>	<b>Co-Encadreur</b>	<b>U.K.M.Ouargla</b>
<b>M. AZIB S.</b>	<b>MCB</b>	<b>Examineur</b>	<b>U.K.M.Ouargla</b>

**Année Universitaire : 2019/2020**



## Remerciements

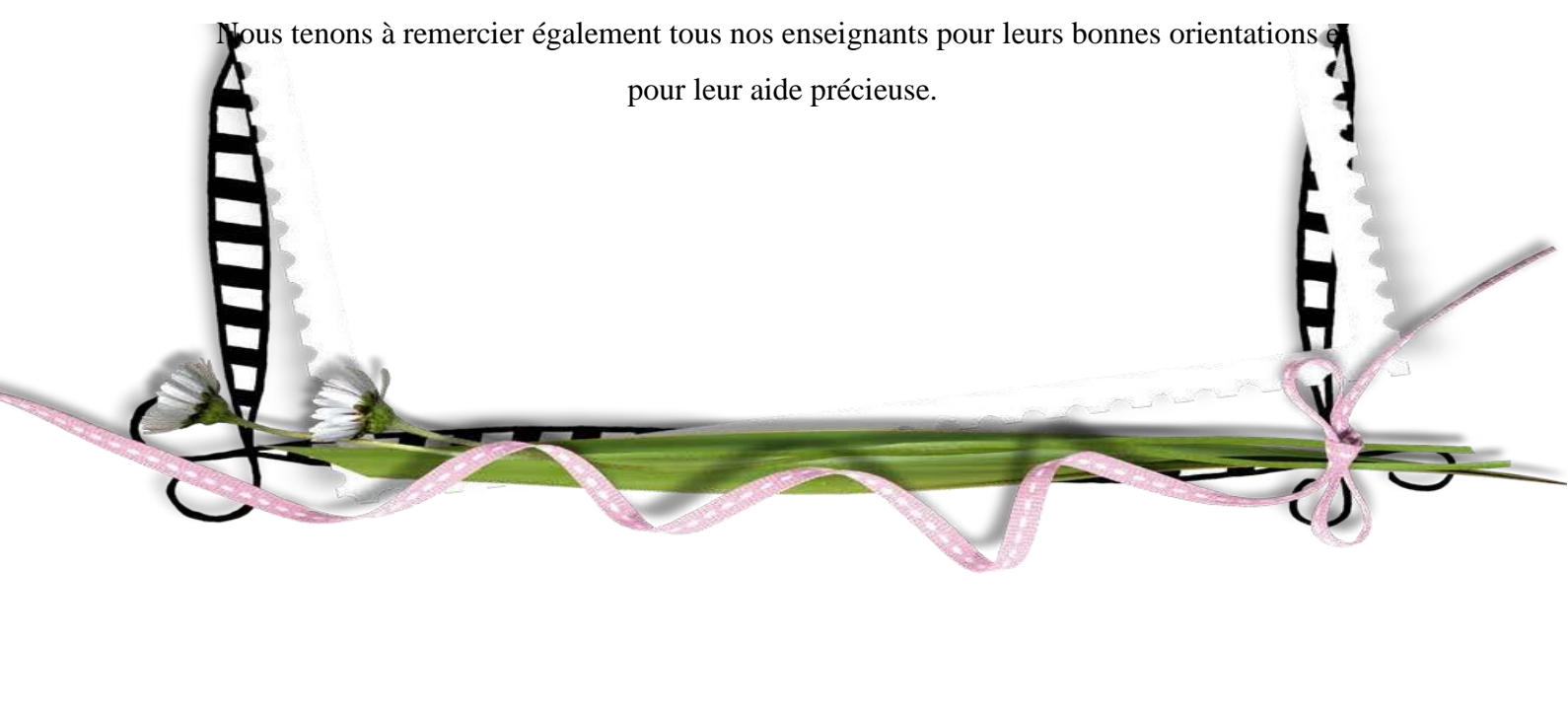
*« Louange à Allah qui nous a guidés à ceci. Nous n'aurions pas été guidés, si Allah ne nous avait pas guidés »*

Nous tenons à exprimer nos plus vifs remerciements à Monsieur BELAROUSSI M.H pour avoir accepté de présider le jury et à M. AZIB S. d'avoir accepté d'examiner notre travail.

Notre reconnaissance, et nos sincères remerciements vont à notre encadreur Madame DERAOUI N. pour nous avoir dirigés tout au long de la réalisation de ce travail. Ses orientations, et sa disponibilité.

Nous tenons à remercier également Melle SALHI N. pour avoir accepté d'examiner notre travail. Ses encouragements et sa compréhension.

Nous tenons à remercier également tous nos enseignants pour leurs bonnes orientations et pour leur aide précieuse.



## Table des tableaux

<b>Tableau 1:</b> Classification du blé dur.....	11
<b>Tableau 2:</b> Classification de l'eau d'irrigation .....	19
<b>Tableau 3:</b> Moyennes du nombre de racines des plantules de blé dur. ....	23
<b>Tableau 4:</b> Moyennes du nombre de feuilles des plantules de blé dur. ....	25
<b>Tableau 5:</b> Moyennes de la longueur de racines des plantules de blé dur.....	27
<b>Tableau 6:</b> Moyennes de la longueur de feuilles des plantules de blé dur. ....	28
<b>Tableau 7:</b> Moyennes de la hauteur des plantules de blé dur. ....	30
<b>Tableau 8:</b> Moyennes de surface foliaire (cm <sup>2</sup> ) des plantules de blé dur. ....	32

## Table des figures

<b>Figure 1:</b> Stades repères du cycle de développement du blé.....	13
<b>Figure 2 :</b> Situation géographique et quelque photo de l'exploitation de l'université Ouargla. ....	15
<b>Figure 3:</b> Dispositif expérimental .....	17
<b>Figure 4:</b> Variation moyenne de nombre de racines en fonction des concentrations.....	24
<b>Figure 5:</b> Variation de moyenne des nombres des feuilles en fonction concentrations. ....	26
<b>Figure 6:</b> Variation de moyenne de longueur des racines en fonction des concentrations. ...	27
<b>Figure 7:</b> Variation de la longueur des feuilles en fonction des concentrations. ....	29
<b>Figure 8:</b> Variation de la moyenne de hauteur des plantules en fonction des concentrations	30
<b>Figure 9:</b> Variation de la surface foliaire en fonction des concentrations de NaCl. ....	32

## Liste des abréviations

<b>Na Cl</b>	Chlorure de sodium
<b>Na+</b>	Sodium
<b>Cl-</b>	Chlorure
<b>Ca++</b>	Calcium
<b>Mg++</b>	Magnésium
<b>N</b>	Azote
<b>P</b>	Phosphore
<b>K</b>	Potassium
<b>NO<sup>-3</sup></b>	Nitrate
<b>%</b>	Pourcentage
<b>°C</b>	Degré Celsius
<b>Cm</b>	Centimètre
<b>ds/m</b>	Decisiemens/mètre
<b>F.A.O</b>	Food and Agriculture Organisation
<b>g/l</b>	gram/litre
<b>Mm</b>	Mili mol
<b>CE</b>	Conductivité électrique
<b>K<sub>2</sub>O</b>	Oxyde de potassium
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	Pentoxyde de phosphore
<b>q</b>	quintal
<b>Q<sub>x</sub></b>	Quintaux
<b>PSII</b>	Photosystème II
<b>CO<sub>2</sub></b>	Dioxyde de carbone
<b>Mm/am</b>	Millimètre/attomètre
<b>NS</b>	Non significatif
<b>S</b>	Significatif
<b>C</b>	Concentration de NaCl
<b>Moy.</b>	Moyenne
<b>UKMO</b>	Université Kasdi Merbah Ouargla
<b>FSNV</b>	Faculté des sciences de nature et de la vie
<b>Kg</b>	kilogramme
<b>ha</b>	hectares
<b>P</b>	Probabilité

## Liste des annexes

<b>N° annexe</b>	<b>N°</b>	<b>Titre</b>
I	1	Analyse de variance du nombre de racines des cinq variétés du blé dur
	2	Analyse de variance du nombre de feuilles des cinq variétés du blé dur
	3	Analyse de variance de la longueur de racines des cinq variétés du blé dur
II	4	Analyse de variance de la longueur de feuilles des cinq variétés du blé dur
	5	Analyse de variance de hauteur des plantules des cinq variétés du blé dur
	6	Analyse de variance de la surface foliaire des cinq variétés du blé dur
III	7	Calcul de la capacité de rétention
	8	Composition des solutions salines
IV	9	Analyse physico-chimique d'eau et sol
VI	10	Caractéristiques des variétés étudiées
VII	11	Classification des sols salés
	12	Classification de l'eau saline
IX	13	Photo de variétés de blé dur
	14	Photo de culture des variétés

# Table des matières

Liste des tableaux.....	
Liste des figures .....	
Liste des abréviations.....	
Liste des annexes .....	
Introduction.....	

## Partie I : Synthèse bibliographique

### Chapitre 1 : le stress salin et les végétaux

I.1.1 Stress salin et végétaux .....	1
I.1.1.1 Salinité et sols salés .....	1
I.1.1.2 Répartition géographique et importance de la salinité .....	1
I.1.1.3 Stress .....	2
I.1.1.4 Les types de stress .....	2
I.1.1.4.1 Les stress hydrique .....	2
I.1.1.4.2 Le stress ionique.....	2
I.1.1.4.3 Le stress nutritionnel .....	2
I.1.1.4.4 Le stress salin .....	2
I.1.1.5 Effet du stress salin sur la plante .....	3
I.1.1.6 Mécanismes d'adaptation des plantes à la salinité .....	5
I.1.1.6.1 Adaptations phénologiques .....	5
I.1.1.6.2 Adaptations morphologiques .....	5
I.1.1.6.3 Adaptations physiologiques .....	6
I.1.1.6.4 Adaptation biochimique .....	7
I.1.1.7 L'exclusion.....	8
I.1.1.8 L'inclusion .....	8
I.1.1.9 L'excrétion .....	8

### Chapitre 2 : Présentation de l'espèce étudiée

I.2.1 Présentation de l'espèce étudiée .....	9
I.2.2 Importance de la culture.....	9
I.2.3 Origine génétique.....	10

I.2.4	Classification botanique.....	10
I.2.5	Description générale de la plante.....	11
I.2.5.1	Croissance et développement.....	12
I.2.5.1.1	Germination-levée.....	12
I.2.5.1.2	Tallage.....	12
I.2.5.1.3	Montaison-gonflement.....	12
I.2.5.1.4	Epiaison-floraison.....	12
I.2.5.1.5	Remplissage du grain.....	12
I.2.5.2	Exigences du blé.....	13

## **Partie II : Partie expérimentale**

### **Chapitre 1 : Matériels et méthodes**

II.1.1	Matériels et Méthodes.....	14
II.1.2	Présentation du site expérimental.....	14
II.1.3	Sol expérimental.....	15
II.1.4	Matériel végétal.....	16
II.1.5	Protocole expérimental.....	16
II.1.5.1	Préparation des pots.....	18
II.1.5.2	Semis des graines.....	18
II.1.5.3	Préparation de la solution saline.....	18
II.1.5.4	Déplacement de l'essai.....	19
II.1.5.5	Application du stress salin.....	19
II.1.5.6	Paramètres étudiés.....	19
II.1.5.6.1	Paramètres morphologiques.....	20
II.1.5.6.1.1	Nombre de racines.....	20
II.1.5.6.1.2	Nombre des feuilles.....	20
II.1.5.6.1.3	Longueur de feuilles.....	20
II.1.5.6.1.4	Longueur de racine.....	20
II.1.5.6.1.5	Hauteur des plantules.....	20
II.1.5.6.1.6	Surface foliaire.....	20
II.1.5.6.2	Paramètres physiologiques et biochimiques.....	21

## Chapitre 2 : Résultats et discussion

II.2.1 Résultats .....	23
II.2.1.1 Effet de la salinité sur le nombre de racines des cinq variétés de blé dur .....	23
II.2.1.2 Effet de la salinité sur le nombre de feuilles des cinq variétés de blé dur .....	24
II.2.1.3 Effet de stress salin sur la longueur de racines des cinq variétés de blé dur .....	26
II.2.1.4 Effet de stress salin sur la longueur des feuilles des cinq variétés de blé dur .....	28
II.2.1.5 Effet de stress salin sur la hauteur de la plantule des cinq variétés de blé dur .....	29
II.2.1.6 Effet de stress salin sur la surface foliaire des cinq variétés de blé dur .....	31
II.2.2 Discussion .....	33
Conclusion .....	
Référence .....	
Annexe .....	
Résumé .....	



# **Introduction**

## Introduction

Dans plusieurs zones du globe terrestre, la salinisation est le processus majeur de la dégradation des terres. En moyenne, le monde perd 10 hectares de terres cultivables par minute, dont 3 hectares à cause de la salinisation (**Saada et al., 2017**).

Dans la région méditerranéenne à climat aride ou semi-aride, la disponibilité des eaux, leur salinité et celle des sols sont parmi les principaux facteurs limitant la productivité végétale (**Zid et Grignon, 1991**).

En Algérie, une grande partie des terres situées dans les régions arides et semi-arides est occupée par les céréales qu'elles constituent une importante ressource alimentaire pour l'homme et l'animal (**Foudili et Gasmi., 2017**). Elles seront sans doute amenées à jouer un rôle fondamental face aux défis démographique et environnementaux du siècle (**Hizi et Lahoule., 2019**). Parmi ces céréales, le blé dur (*Triticum durum* Desf.).

Le blé dur (*Triticum durum* Desf), compte parmi les espèces les plus anciennes et constitue une grande partie de l'alimentation de l'humanité, d'où son importance économique (**Hizi et Lahoule., 2019**). Malheureusement le rendement et la production de ces cultures en Algérie restent faibles et irréguliers lorsqu'il liée à des conditions environnementales défavorables qu'on peut dénommer « stress » (**Chaise et al., 2005 in Beddiar et Ben Kachrouda., 2013**).

La recherche d'une meilleure adaptation à la variation environnementale est devenue une nécessité pour stabiliser les rendements de ces régions **Benmahammed et al. (2010) in Foudili et Gasmi (2017)**.

Selon **Turner (1979) in Beddiar et Ben Kachrouda (2013)**, la résistance à un stress est associée à plusieurs caractéristiques d'ordre morphologiques, physiologiques et biochimiques reflétant différents types de résistance. Chez les céréales la résistance, ou même la tolérance à l'aridité et à la présence de sels sont des qualités largement recherchées, afin d'étendre la culture à des régions peu favorables.

## Introduction

La plupart des travaux effectués sur le blé dur dans le cadre de l'amélioration génétique de la tolérance au stress salin, se sont donnés pendant longtemps pour objectif primordial l'augmentation de la productivité, une approche basée sur les performances agronomiques. Actuellement, les programmes d'amélioration du blé s'intéressent de plus à l'amélioration génétique de la tolérance au stress salin. Cette amélioration exige d'étudier, d'identifier et de vérifier les caractères phénologiques, morpho- physiologiques et biochimiques liés au rendement en condition de stress salin (**Pfeiffer et al., 2000**).

Pour répondre à cette préoccupation, ce travail a pour objectif d'étudier les effets de stress salin chez cinq variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.), et de comparer entre les variétés étudiées vis-à-vis la tolérance aux stress, ceci par la mesure de certains caractères morphologiques, physiologiques et biochimiques sous différentes conditions de stress salin.

## **Partie I. Synthèse bibliographique**

# **Chapitre 1. Le stress salin et les végétaux**

### I.1.1 Stress salin et végétaux

#### I.1.1.1 Salinité et sols salés

La salinité des sols et des eaux étant la présence de concentration excessive de sels solubles, ou lorsque les concentrations des ions sont anormalement élevées **Asloum (1990) in Ben Kaddour (2014)**.

On distingue deux types de salinité, une salinité primaire où l'augmentation de sels et une salinité secondaire qui induite par les activités humaines (**Mermoud, 2006**).

La salinité a des sources d'ordre géologique (évaporites), hydrogéologique (eaux souterraines) ou hydrologique (eaux marines) (**Girard et al., 2005 in Ben Kaddour, 2014**).

Les sols halomorphes, classés selon **Maillard (2001)** comme des sols alcalins sont caractérisés par richesse en sodium échangeable et en revanche pauvres en sels solubles et des sols salins sont caractérisés par une accumulation marquée des sels solubles en surface.

#### I.1.1.2 Répartition géographique et importance de la salinité

Les zones arides et semi-arides constituent environ les deux tiers de la surface du globe terrestre. Dans ces zones souvent marquées par des périodes sévères de sécheresse, la salinisation des sols est considérée comme l'un des principaux facteurs limitant le développement des plantes. A l'échelle mondiale, il est estimé que presque 800 millions d'hectares de terres sont affectés par le sel, En effet, la salinité s'étend sur plus de 6 % de la superficie totale de la planète dont 3.8 % sont situés en Afrique (**Benidire et al., 2014 in Kateb et Maamoun., 2018**), dans l'Algérie les sols salés occupent de vastes superficies (3.2 millions d'hectares de la superficie totale), ils sont localisés du Nord vers Sud (**Chiahi et Brinis, 2020**). Selon **FAO (2005)**, on rencontre plusieurs types de sols salés en Algérie localisés surtout dans les étages bioclimatiques arides et semi- arides.

### I.1.1.3 Stress

Le stress est un ensemble de conditions qui provoque des changements de processus physiologique résultant éventuellement en dégâts dommages, blessures, inhibition de croissance ou de développement (**Menacer., 2007 in Saada et al., 2017**). Le stress est divisé en deux grandes catégories de stress :

**Biotique** : imposé par les organismes (insectes, herbivores...etc.).

**Abiotique** : provoqué par un défaut ou excès de l'environnement physicochimique comme la sécheresse, les températures extrêmes, la salinité.

### I.1.1.4 Les types de stress

Généralement il y'a 4 types de stress provoqué par le sel :

#### I.1.1.4.1 Les stress hydrique

C'est la forte diminution de la disponibilité en eau à la présence de forte concentration saline dans le sol, ce dernier est responsable à la toxicité ionique (**Levigneron et al., 1995**).

#### I.1.1.4.2 Le stress ionique

Défini par l'accumulation des ions  $\text{Na}^+$  et  $\text{Cl}^-$  en excès dans la plante qui perturbe l'homéostasie des ions cytosoliques de l'organisme (**Munns et Tester, 2008**).

#### I.1.1.4.3 Le stress nutritionnel

L'excès de  $\text{Na Cl}$ , est susceptible de perturber la nutrition minérale des plantes en limitant l'absorption et l'accumulation d'autres éléments nutritifs (**Levigneron et al., 1995**).

#### I.1.1.4.4 Le stress salin

Le stress salin est l'augmentation anormale de la concentration en sels solubles au niveau de sol ou l'eau (**Souguir et al., 2013**).

### I.1.1.5 Effet du stress salin sur la plante

Le stress salin entraîne des modifications morphologiques des plantes et retarde leurs croissances parmi ces magnifications au stress salin, il y a 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 (**Hamza., 1977 in Saada et al., 2017**).

Selon **Borlu et al. (2018)**, la plupart des plantes sont plus sensibles à la salinité durant leurs phases de germination et de levée dont l'effet nocif.

La présence de NaCl dans la solution nutritive avec une concentration élevée, freine la germination (**Saeed et al., 2014**). Selon les mêmes auteurs, la présence de NaCl entraîne une augmentation de la durée du processus de la germination et retarde par conséquent la levée.

La réduction du potentiel osmotique de la solution du sol empêche l'imbibition de la graine suite à une diminution des activités enzymatiques et une forte absorption de Na<sup>+</sup> par rapport au K<sup>+</sup>, ce qui conduit un retard dans les processus métaboliques (**Hajlaoui et al., 2007**).

L'inhibition de la croissance est d'après **Munns et al. (2006)** due à deux raisons, tout d'abord, à la présence de sel dans la solution du sol qui réduit la capacité de la plante à absorber l'eau, et cela conduit à une croissance plus lente, par un effet osmotique ou un déficit hydrique. Et à des quantités excessives de sel dans le flux de transpiration qui endommagent les cellules foliaires responsables de la transpiration qui réduit encore la croissance.

La salinité affecte négativement sur le développement de la plante, notamment en réduisant la croissance de la partie aérienne, lorsqu'il s'est avéré que les feuilles sont les tissus les plus sensibles de la plante à une salinité excessive, par contre la croissance des racines s'en trouve faiblement affectée (**Benmahioul et al., 2009 in Kouadria., 2019**).



La réduction de la croissance due à la salinité est également attribuée à la toxicité d'ions et au déséquilibre nutritionnel, ce qui provoque non seulement une accumulation élevée de Na<sup>+</sup> et Cl<sup>-</sup> dans les plantes, mais aussi affecte l'absorption des éléments nutritifs antagonistes essentiels tels que K<sup>+</sup>, Ca<sup>++</sup> et Mg<sup>++</sup> (**Zörb et al., 2019**).

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 **Ykhlef et Djekoun (2000)**, la réduction de la photosynthèse est liée à la diminution du potentiel hydrique foliaire.

**Liang et al. (2020)** ont montré que la salinité limite fortement la fixation photosynthétique du CO<sub>2</sub> et que le taux d'absorption d'énergie lumineuse par les pigments photosynthétiques dépasse le taux de sa consommation dans les chloroplastes.

La quantité excessive de sels/ions (Na<sup>+</sup> et Cl<sup>-</sup>) dans le tissu foliaire peut perturber les métabolismes cellulaires et provoquer la dégénérescence des organites cellulaires et elle peut se comporter comme agent dégradant des pigments verts (**Abbas et al., 2013**). La salinité détruit la structure fine des chloroplastes, provoque une diminution de la teneur en chlorophylle, l'inhibition de la synthèse de l'acide 5 aminolévulinique, un précurseur de la chlorophylle et l'altération du PSII (**Santos., 2004**). Elle provoque l'instabilité des complexes protéines-pigments. Entre autre la réduction de la concentration en chlorophylle en conditions de stress salin est attribuée à l'augmentation de l'activité des enzymes catalytiques, les chlorophyllases (**Liang et al., 2020**). D'un autre côté l'expansion foliaire réduite entraînant une accumulation des glucides inutilisés dans les tissus en croissance peut générer des signaux de rétroaction pour réguler la photosynthèse (**Munns et al., 2000**).

Le stress salin modifie les traits morphologiques, physiologiques et biochimiques des plantes. Cet effet peut être lié à des perturbations de concentrations des régulateurs de croissance : (déséquilibre hormonal). Les phytohormones sont les substances endogènes les plus importantes à la modulation des réponses physiologiques qui conduisent finalement à une adaptation à un environnement défavorable, comme c'est le cas dans la salinité (**Khan et Khan, 2013**). Ils jouent des rôles clés et coordonnent diverses voies de transduction du signal pendant la réponse au stress abiotique (**Kazan., 2015**). Ils comprennent l'auxine (IAA), les cytokinines (CK), l'acide abscisique (ABA), l'éthylène (ET), les gibbérellines (AG).

La salinité constitue un facteur limitant non négligeable pour l'agriculture mondiale, parce que dans les régions arides et semi- arides, les sols sont perturbés à la fois dans leurs activités biologiques, leurs stabilités et leurs fertilités. Ils sont sans cesse soumis à une grande variabilité physico-chimique du notamment à la présence de l'Na Cl (**Rechachi et al., 2020**).

### **I.1.1.6 Mécanismes d'adaptation des plantes à la salinité**

#### **I.1.1.6.1 Adaptations phénologiques**

Pour éviter les périodes difficiles pour la croissance et le développement, certaines variétés accomplissent leur cycle de développement avant l'installation de la contrainte hydrique. La précocité constitue donc un important mécanisme d'évitement de la sécheresse de fin de cycle (**Ben Naceur et al., 1999 in Bouatrous., 2013**).

Dans ces conditions, les paramètres phénologiques d'adaptation ou paramètres de précocité définissent le décalage du cycle vis-à-vis des contraintes environnementales. La précocité assure une meilleure efficacité de l'utilisation de l'eau en effet, en produisant la biomasse la plus élevée, les génotypes à croissance rapide et à maturité précoce utilisent mieux l'eau disponible et ils sont moins exposés aux stress environnementaux que les génotypes tardifs (**Bajji et al., 2000**).

#### **I.1.1.6.2 Adaptations morphologiques**

L'effet de la sécheresse ou la salinité peut se traduire, selon la stratégie adaptative de chaque espèce ou variété, par des modifications morphologiques pour augmenter pour diminuer la transpiration et la compétition entre les organes pour les assimilats. Ces modifications affectent la partie aérienne ou souterraine par réduction de la surface foliaire et du nombre des talles, enroulement des feuilles et/ou meilleur développement du système racinaire (**Slama., 2002 in Bouatrous., 2013**).

### I.1.1.6.3 Adaptations physiologiques

La diminution du potentiel hydrique du sol en conditions de sécheresse ou de salinité provoque une perte importante de la turgescence au niveau de la plante (**Benderradji et al., 2010**).

L'augmentation de la production, dans ces conditions, dépend des mécanismes de tolérance qui assurent l'hydratation cellulaire et diminuent la perte en eau en maintenant un statut hydrique favorable au développement foliaire (**Bouatrous et al., 2009a in Bouatrous., 2013**).

#### ➤ La régulation de la perte en eau

La réduction de la perte en eau par la fermeture stomatique est un moyen d'adaptation des plantes à la stress, **Liang et al., 2020**, montrent que le taux de la réduction de l'activité photosynthétique est en grande partie liée au degré de fermeture des stomates et celui de la réduction de l'activité des PSII.

L'augmentation du nombre de stomates par unité de surface pourrait être un des facteurs de résistance au déficit hydrique chez les céréales si elle est accompagnée par une bonne activité physiologique (**Salama., 2000 in Bouatrous., 2013**). L'accroissement de la densité stomatique peut augmenter l'assimilation nette du CO<sub>2</sub> et diminuer la perte en eau. En effet, un nombre élevé de stomates peut engendrer des stomates de petite taille et à fermeture rapide.

#### ➤ Ajustement osmotique par accumulation d'ions

Les solutés les plus importants chez les halophytes pour diminuer le potentiel hydrique dans la vacuole sont le Na<sup>+</sup> et le Cl<sup>-</sup>, réduisant ainsi la concentration en sels au sein du cytoplasme (**Belkheiri et Mulas, 2013**). L'accumulation de Na<sup>+</sup> et Cl<sup>-</sup> peut aussi ajuster osmotiquement les tissus de certains glycophytes (**Munns., 2005**).

Les halophytes et les glycophytes tolérants accumulent le Na<sup>+</sup>, présentent une réduction de leur contenu en K<sup>+</sup> avec une augmentation croissante de sel dans le sol ; **Erik et al. (2005)** ont montré que cette diminution semble être liée au remplacement du K<sup>+</sup> vacuolaire par le Na<sup>+</sup>.

#### **I.1.1.6.4 Adaptation biochimique**

##### ➤ **Accumulation de la proline**

Les teneurs en proline s'accroissent rapidement chez de nombreuses monocotylédones ou dicotylédones soumises à un stress salin (**Levigneron et al., 1995**). Cette augmentation de la concentration de proline cytoplasmique est consécutive d'une intensification de la transformation de l'acide glutamique en proline ou également via l'arginine et l'ornithine comme précurseurs (**Levigneron et al., 1995**).

L'accumulation de la proline, induite par les stress, peut être le résultat de trois processus complémentaires : stimulation de sa synthèse, inhibition de son oxydation, et/ou altération de la biosynthèse des protéines (**Boutlelis et al., 2015**).

##### ➤ **Accumulation des Sucres solubles**

Comme de nombreuses autres molécules, les sucres peuvent servir de composés solubles compatibles pour l'ajustement osmotique. Ces sucres sont abondants dans le cas de concentration fortement salins et déshydratants (**Levigneron et al., 1995**).

L'augmentation de ces composés résultants d'un blocage de la glycolyse ou du saccharose provenant d'une forte hydrolyse de l'amidon est observée chez diverses espèces, plus ou moins résistantes (**Asloum., 1990 in Benmakhlouf et Epouse., 2018**).

### I.1.1.7 L'exclusion

La plante empêche le sel de remonter jusqu'aux feuille. Une première barrière existe au niveau de l'endoderme, couche interne de cellule de la racine. Cependant, cette barrière peut être interrompue, en particulier lors de l'émergence des ramifications de la racine (**Levent Tuna et al., 2008**).

### I.1.1.8 L'inclusion

La plante entière capte les ions chlorure et sodium par les racines, qu'ils sont véhiculés par la sève xylémique jusqu'aux tiges et feuilles. Là, ils sont stockés au niveau de dans le vacuole grâce à des systèmes de pompe moléculaire (**Levigneron et al., 1995**).

### I.1.1 L'excrétion

Les glandes foliaires et les poils vésiculeux et permet le maintien d'une concentration constante de sel dans les cellules foliaires. Ces glandes foliaires secrètent du sel (spécialement le NaCl) à partir des feuilles et maintiennent des concentrations ioniques internes à un niveau faible (**Flowers et al., 2010**).

L'évitement permet le maintien d'un potentiel hydrique élevé dans la plante. Ceci peut être obtenu par une réduction de la transpiration qui est souvent associée à une réduction de la productivité (**Alem et al., 2002**).

## **Chapitre 2. Présentation de l'espèce étudiée**

### I.2.1 Présentation de l'espèce étudiée

Le blé est une plante herbacée annuelle qui produit le grain dont on tire la farine pour faire notamment le pain et les pâtes alimentaires. Il est divisé en deux : le blé tendre et le blé dur (**Ben Kaddour, 2014**).

### I.2.2 Importance de la culture

#### I.2.2.1 Importance économique et distribution dans le monde et Algérie

Les céréales ont toujours constitué le principal aliment de la plupart des pays dans le monde, parmi les céréales, le blé qui constitue une grande partie de l'alimentation de l'humanité, d'où son importance économique (**Mohamed., 2014**). La production mondiale de blé dur est estimée à 684 millions de tonnes annuellement sur la période 2008/2013, lorsque la Chine était le 1er producteur mondial de blé avec 17% du total de la production devant l'Inde (13%), les Etats-Unis (8%) et la Russie (7%). Après une année record en 2014, aucun continent n'a échappé d'un recul de la production de blé. Durant 2015/2016 la production de blé dans le monde est 700 millions de tonnes (Mt) et il resté amplement dans la campagne de commercialisation 2016/17. Pour la campagne 2016/17, les stocks mondiaux ont atteint 234 millions de tonnes, atteignant leur plus haut niveau depuis 2001/02. Pour la campagne 2017/18, la production déclinera légèrement par rapport à la campagne 2016/17 selon le premier bulletin prévisionnel 2017 de la FAO. (**FAO., 2016 ; Frédéric Hénin., 2017 in Benmakhlouf et Boukheit., 2018**).

A l'échelle nationale la campagne moisson-battage 2014-2015, l'Algérie a produit 37,6 millions Qx ; dont : 20, 2 millions de q de blé dur, 6,4 millions de q de blé tendre, 10,3 millions de q d'orge et 0,7 millions d'avoine. Pour l'ensemble de l'année 2015, l'Algérie a importé 8,5 millions de tonnes de blé tendre (qui représentent 70% de toutes les céréales importées) et 500.000 tonnes pour l'année 2016. Dans le cadre du programme « Renouveau agricole et rural », lancé en 2010. Le ministère de l'Agriculture algérien, a retenu pour le quinquennat 2015-2019, le défi posé dans plusieurs plans successifs de développement est d'augmenter fortement les surfaces et les rendements en céréales (blés et orge principalement). Ainsi, cette stratégie vise une augmentation de la production de

blé en 2019 à 69,8 millions Qx. A l'horizon 2020, l'augmentation de la production achèvera 85%, avec, une quasi-autosuffisance en blé dur et une couverture des besoins nationaux en blé tendre à hauteur de 30% (**Jean-Louis et El Hassan., 2014 in Benmakhlouf et Boukheit., 2018**).

### I.2.2.2 Importance alimentaire

Les céréales complètes sont fondamentales pour l'organisme, contiennent des éléments nutritifs essentiels en quantité importante. Les blés parmi les espèces les plus anciennes qu'ils fournissent également une ressource privilégiée pour l'alimentation animale et de multiples applications industrielles. Il est considéré comme une principale source en protéines (**Bonjean et Picard., 1990 in Kherchaoui., 2019**). En Algérie, il joue un rôle très important dans le régime alimentaire de la population. La galette et le couscous sont les principaux plats quotidiens confectionnés à partir de sa semoule. D'autres plats sont préparés à partir du grain de blé dur : frik, pâtes, certains produits de pâtisserie traditionnelle comme :Rfis , zlabia, tamina, braje et makroud...(Kezih et al., 2014).

### I.2.3 Origine génétique

Le blé dur est une espèce issue de croisement naturel entre *Triticum monococum* (porteur de génome AA) et *Aegilops Speltiodes* (porteur de génome BB) suivi d'un doublement chromosomique que permis l'apparition d'un blé dur sauvage de type AABB (*Triticum turgi triticum, Turgidum sp dum sp dicocoides*) qui a ensuite évolue vers (*Dicocum*) puis vers *Triticum drums* (blé dur cultivée) (**Feillet., 2000**).

### I.2.4 Classification botanique

Le blé dur est une plante herbacée, monocotylédone appelé aussi céréale à paille appartient à la famille des Graminées, genre *Triticum* **APGIII (2009)** :



Tableau 1 : Classification du blé dur d'après APGIII (2009)

<b>Règne</b>	Plantae
<b>Sous- Règne</b>	Tracheobionta
<b>Division</b>	Magnoliophyta
<b>Classe</b>	Liliopsida
<b>Sous- Classe</b>	Commelinidae
<b>Ordre</b>	Poales
<b>Famille</b>	Poaceae
<b>Sous-Famille</b>	pooideae
<b>Tribu</b>	Triticeae
<b>Genre</b>	<i>Triticum</i>
<b>Espèce</b>	<i>Triticum durum</i> Desf

### I.2.5 Description générale de la plante

Le blé dur est une graminée annuelle de hauteur moyenne (**Bozzini., 1988 in Loucif., 2015**), son appareil végétatif herbacé est composé de :

- **Racines** : le blé dur dispose de deux systèmes racinaires successifs. Un système racinaire primaire ou séminal, fonctionnel dès la germination, et d'un système racinaire secondaire ou racines adventices (**Benlaribi et al., 1990**).
- **Tige** : un tige principale cylindrique formée par des nœuds séparés par des entre-nœuds, il est développé pour donnée tige secondaire appelée talle (**Saada et al., 2017**).
- **Feuilles** : alternes, distiques, simples et entières, avec une gaine arrondie (**Belay., 2006 in Loucif., 2015**).
- **L'appareil reproducteur (l'inflorescence)** : est un épi formé de deux rangées d'épillets situés de part et d'autre de l'axe. Un épillet regroupe trois fleurs à l'intérieur de deux glumes. Chaque fleur est dépourvue de pétales, et est entourée de deux glumelles (**Sadouki et Boutouchent., 2018**).

### I.2.5.1 Croissance et développement

Le cycle de développement de blé à paille comprend 6 grandes périodes :

#### I.2.5.1.1 Germination-levée

La germination se traduit par la sortie des racines séminales et par la croissance du coléoptile qui s'entrouvre pour laisser passer la première feuille vers la surface du sol. Pendant cette phase, la jeune plantule vit sur les réserves de la graine (**Boulal et al., 2007 in Loucif, 2015**).

#### I.2.5.1.2 Tallage

Cette phase s'amorce à partir de la quatrième feuille, dans le début de cette phase une nouvelle tige apparaît à l'aisselle de la feuille la plus âgée, puis elles apparaissent successivement. Le fin tallage, elle marque une élancement des entre-nœuds (**Robert, 1993 in Saada et al., 2017**).

#### I.2.5.1.3 Montaison-gonflement

Elle se manifeste, à partir du stade épi à 1 cm, par l'élancement du premier entre-nœud de tige principale (**Robert., 1993 in Saada et al., 2017**).


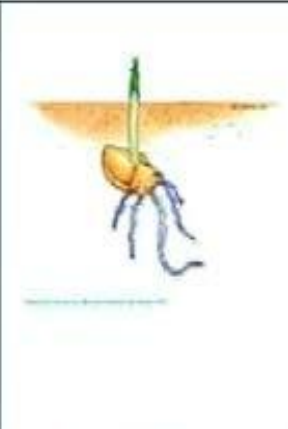
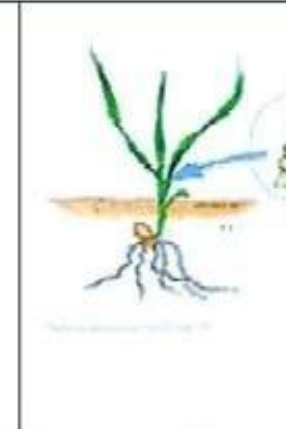
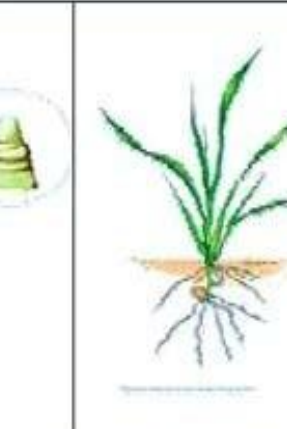
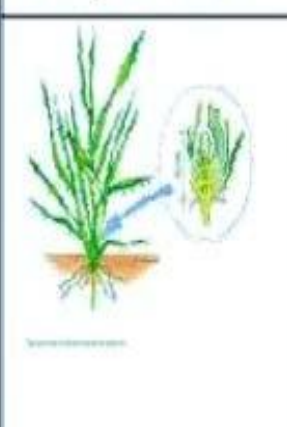

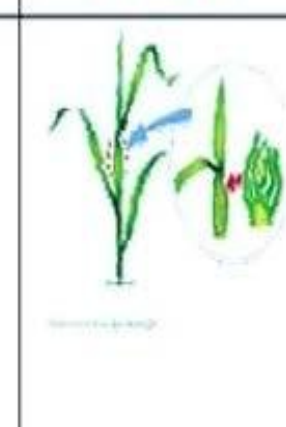
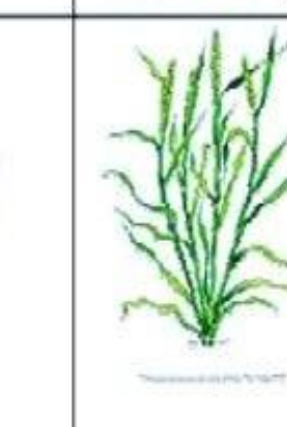
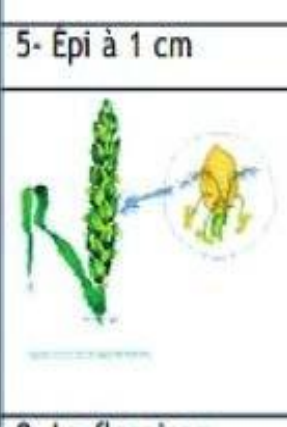

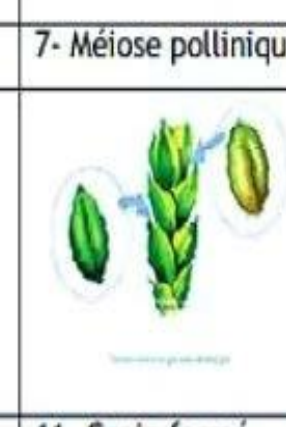

#### I.2.5.1.4 Epiaison-floraison

L'épiaison se détermine par l'apparition de l'épi hors de la gaine de la dernière feuille, puis l'apparition des étamines hors des épillets. A ce stade la croissance de tige est terminée et nombre de graines maximum fixé (**Robert 1993 in Saada et al., 2017**).

#### I.2.5.1.5 Remplissage du grain

Cette phase se compose de trois étapes successives, il y a augmentation rapide du volume et du poids de grain en eau et en matière sèche (**Robert 1993 in Saada et al., 2017**).

Les fortes températures au cours de cette période provoquent l'arrêt de la migration des réserves des feuilles et de la tige vers le grain (Wardlaw, 2002.

			
1- La germination	2- La levée	3- Trois feuilles	4- Début tallage
			
5- Épi à 1 cm	6- Un nœud	7- Méiose pollinique	8- L'épiaison
			
9- La floraison	10- Bâillement	11- Grain formé	12- Épi à maturité

Source : blé hybride HYN0 (onglet « le blé en générale »).

Figure 1 : Stades repères du cycle de développement du blé

**I.2.5.2 Exigences du blé**

Pour le blé la température, qu'il conditionne leur nitrification et leur activité végétative caractérisé par zéro de végétation du blé est dessus de 0-3°C, tandis-que l'optimum se situe entre 20 et 22 °C (**Hacini., 2014**).

Les besoins en eau de la culture de blé varient de 450 à 650 mm/an, bien répartis sur le cycle, leur consommation de l'eau est liée aux différents stades de croissance (**Attou et Beskri, 2019**).

Le blé est une plante de jour long, la période optimale d'éclairement qui garantit un bon tallage et favorise une vitesse d'apparition des stades liés au développement floral est 12 à 14 heures (**Soltner., 2007 in Kherchaoui., 2019**).

Le blé dur apprécie les sols limoneux, argileux calcaires ou les sols argileux- siliceux profonds, il a besoin d'un sol sain, se ressuyant bien en hiver et à bon pouvoir absorbant. (**Sadouki et Boutouchent., 2018**).

Durant le cycle de culture, pour produire un quintal (paille et grain) les besoins du blé sont d'environ 2,2 à 4,8 kg de K<sub>2</sub>O, 2,1 à 2,7 kg d'azote et 1,0 à 1,6 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (**Prats et al., 1970 in Benmakhlouf et Boukheit., 2018**).

## **Partie II. Partie expérimentale**

# **Chapitre 1. Matériel et méthodes**

**II.1.1 Objectif**

L'objectif de notre travail est d'étudier les effets du NaCl sur cinq variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf) soumises à différentes concentrations du NaCl par l'étude des caractères d'adaptation biologique à la salinité au stade juvénile.

Pour ce faire, une expérimentation a été réalisée durant l'année universitaire 2019 /2020 au niveau de la serre de l'UKMO en conditions semi-contrôlées.

**II.1.2 Présentation du site expérimental**

L'exploitation agricole de l'université de Ouargla (ex : I.T.A.S) à été crée en 1959. Elle est située au sud-ouest d'Ouargla, à six kilomètres environ du centre ville. Elle s'étend sur une superficie totale de 32 ha.

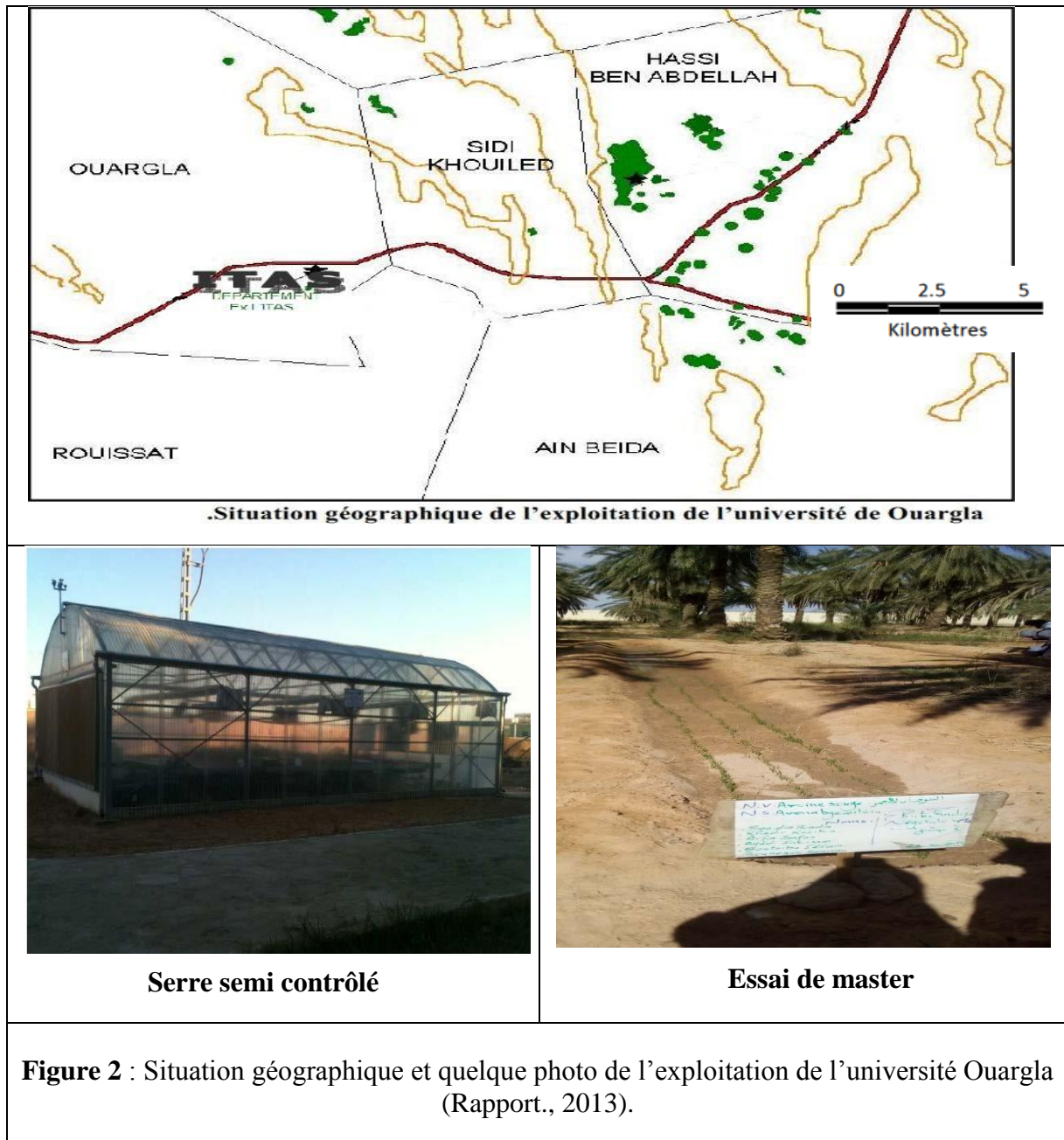
L'exploitation, se présente sous forme d'un glacis d'une grande homogénéité topographique. Elle se trouve dans une zone peu élevée, à la bordure d'un chott. Le dénivelé topographique entre le chott et l'exploitation est d'environ deux mètres. Ses coordonnées sont les suivantes :

- Latitude : 31°57' Nord.
- Longitude : 5°20' Est.
- Les altitudes sont comprises entre 132,5 et 134 m.

L'état actuel de l'exploitation agricole de l'université de Ouargla, se caractérise par :

- Une réelle prise en charge technique, juridique et scientifique de l'exploitation agricole de l'Université de Ouargla.

- Une réelle reprise des activités pédagogiques (Travaux de fin d'études, Licence, Ingénieur, Master, Magister et Doctorat).



### II.1.3 Sol expérimental

Il s'agit d'un sol sableuse prélevé au niveau de l'exploitation agricole de l'UKMO (FSNV) à une profondeur de 15 cm.



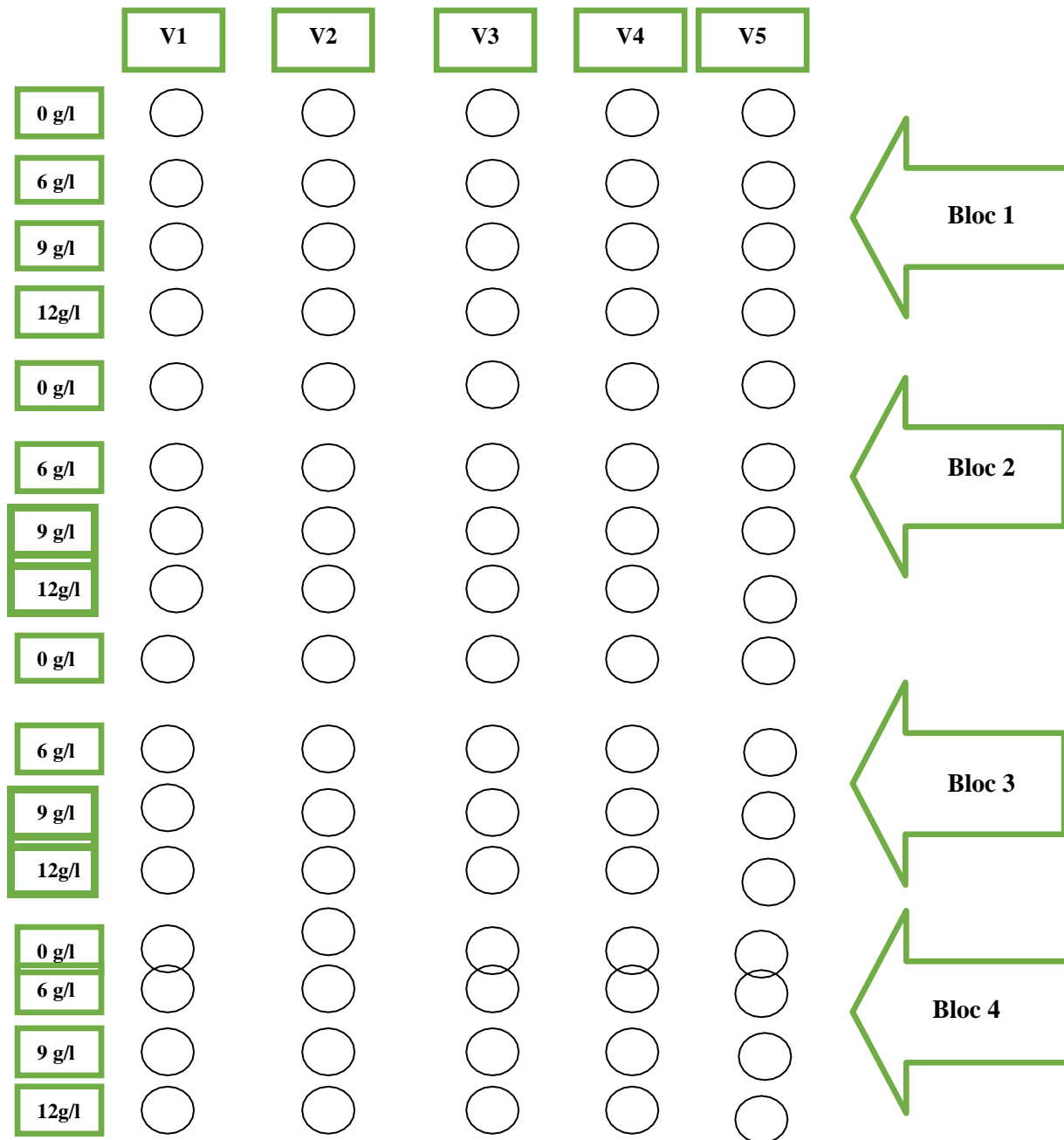
**II.1.4 Matériel végétal**

Le matériel végétal utilisé dans notre travail sont des graines des cinq variétés de blé dur locaux (**Boussalem, Chen's, Vitron, Targui, et Oued el bared**) qui ont été fournies par la station expérimentale de l'Institut Technique des Grandes Cultures (ITGC) de Oued Smar à Alger.

**II.1.5 Protocole expérimental**

L'étude a été conduite dans une serre, à l'exploitation de l'université d'Ouargla. Le dispositif expérimental adopté est en blocs aléatoires complets avec 4 répétitions et deux facteurs étudiés 5 Variétés x 4 Concentrations en sels. Chaque bloc contient 20 traitements soit au total un nombre de 80 traitements.

Avant leur utilisation, les graines sont sélectionnées selon leur taille, leur forme et leur état sanitaire.



**Figure 3 :** Dispositif expérimental

**V1 :** Oued El Bared

**V2 :** Boussalem

**V3 :** Chen'S

**V4 :** Targui

**V5 :** Vitron

### II.1.5.1 Préparation des pots

Des pots en plastiques de 5,5 cm de diamètre et de 9,5 cm de hauteur sont remplis par une quantité de 200 g de terreau. Cette valeur de poids est retenue pour déterminer la capacité de rétention de ce substrat. Cette caractéristique hydrique est nécessaire car elle permet le calcul des quantités d'eau courante apporter lors des arrosages.

Nous avons rempli ces pots premièrement par une couche de gravier de 1,5 cm pour garantir un bon drainage, puis par 180g de mélange (2/3 sol et 1/2 terreau).

### II.1.5.2 Semis des graines

Les graines soigneusement dans des pots au début de Mars pour la production de plantules à titre de 5 à 7 graines/pot à une profondeur de 2 cm. Les graines sont bien couvertes et tassées afin de favoriser un meilleur contact sol-graine, puis imbibées d'eau distillée chaque deux jour durant 40 jours.

### II.1.5.3 Préparation de la solution saline

Au cours de la croissance, nous avons choisis les traitements suivant qu'ils sont répartis comme suit :

Traitements	Concentrations de la solution nutritive en NaCl
<b>T0 (témoin)</b>	0 g/l
<b>T1</b>	6 g/l
<b>T2</b>	9 g/l
<b>T3</b>	12 g/l

On a pris le soin d'effectuer quelques analyses physico-chimiques pour l'eau d'irrigation préparée à savoir le pH et la conductivité électrique (tableau 2).

**Tableau 2** : Caractéristiques de l'eau d'irrigation

<b>Solution</b>	<b>pH</b>	<b>CE (dS/m) à 25°</b>	<b>Degré de salinité (Maillard., 2001)</b>
<b>Eau distillée (témoin)</b>	4.36	1.93	Légèrement saline

#### **II.1.5.4 Déplacement de l'essai**

Après avoir passé deux semaines d'essai à Ouargla, l'application du confinement dû à la pandémie du COVID 19, nous étions obligé de déplacer les pots à Touggourt (lieu de notre résidence), et de continuer l'expérimentation dans une petite serre que nous avons confectionné de façon traditionnelle.

#### **II.1.5.5 Application du stress salin**

Quatre semaines après le transfert des pots, et après stabilisation de la croissance des plantules, nous avons appliqué le stress salin progressivement. Les plantules de chaque traitement sont arrosées chaque deux jours.

#### **II.1.5.6 Paramètres étudiés**

Après 14 jours d'application du stress salin, les pots sont soigneusement vidés de leur contenu, les plantules sont dégagées des particules de substrats à l'aide d'un jet d'eau, puis séchées de l'excès d'eau avec un papier absorbant, après nous avons procédé à la mesure des paramètres morphologiques.

En ce qui concerne les échantillons destinés aux dosages biochimiques et physiologiques, nous avons procédé à la séparation soignée des différents organes des plantules (tiges + feuilles), puis ces derniers sont conservés dans du papier aluminium au réfrigérateur.

**II.1.5.6.1 Paramètres morphologiques****II.1.5.6.1.1 Nombre de racines**

Le nombre des racines ont été prises par la moyenne de racines principales de trois plantules par répétition.

**II.1.5.6.1.2 Nombre de feuilles**

Le nombre de feuilles a été comptabilisé sur un sous-échantillon de trois plantules par répétition.

**II.1.5.6.1.3 Longueur de feuilles**

La longueur de la feuille est mesurée à l'aide d'une règle graduée (cm) nous renseigne sur l'effet du stress sur la longueur des feuilles stressées comparativement au témoin.

**II.1.5.6.1.4 Longueur de racine**

La longueur maximale des racines c'est la longueur de la racine la plus longue. La mesure de la longueur racinaire est effectuée avec une règle graduée (cm).

**II.1.5.6.1.5 Hauteur des plantules**

La hauteur des plantules est mesurée à l'aide d'une règle graduée (cm) nous renseigne sur l'effet du stress sur la hauteur des plantules stressées comparativement au témoin.

**II.1.5.6.1.6 Surface foliaire (SF « cm<sup>2</sup> »)**

La mesure de la surface foliaire par la formule suivante (**Brahimi., 2017**) :

$$SF \text{ (cm}^2\text{)} = (L \times l) \times 0,709$$

Où

**L**= longueur de la feuille et **l** = largeur de la feuille, alors que **0,709** c'est le coefficient constant.

**II.1.5.6.2 Paramètres physiologiques et biochimiques**

Vu les conditions sanitaires de la pandémie du COVID 19, les paramètres physiologiques et biochimiques n'ont pas été réalisées à cause de la fermeture des laboratoires pédagogiques et de recherche de l'UKMO. Cette partie a été remplacée par une synthèse sur des travaux réalisés sur la réponse physiologique et biochimique des plantes au stress salin.

**II.1.5.6.3 Analyse statistique**

Les résultats obtenus ont été traités et analysés à l'aide d'un logiciel Costat (version 6.4) et le logiciel Excel, en utilisant two way ANOVA, dans le but de déterminer la signification des différents traitements salins, les variétés et leurs effets sur les paramètres que nous avons étudié.

## **Chapitre 2. Résultats et discussion**

## II.2.1 Résultats

II.2.1.1 Effet de la salinité sur le nombre de racines des cinq variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.)

Les résultats présentés dans le (tableau 3) et (annexe 1) montrent que le caractère nombre des racines des plantules de blé sont significativement influencés par les génotypes du blé et la concentration en NaCl ( $p < 0,05$ ), par contre l'interaction (Variété x Concentration) n'a pas eu d'effet significatif sur ce paramètre ( $p > 0,05$ ).

Les meilleurs résultats sont obtenus par la variété Boussalem (9,58 racines/plant), par contre les plus faibles résultats sont obtenus par la variété Vitron (8,747 racines/plant).

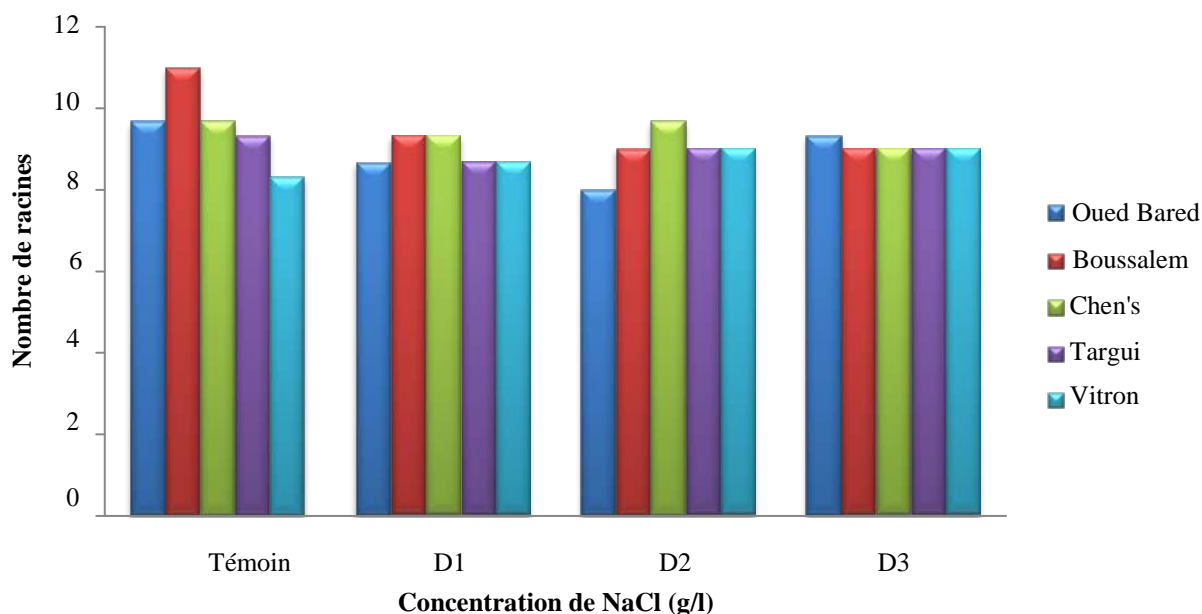
En ce qui concerne le facteur concentration en NaCl, la concentration C0g/l a favorisé les meilleures valeurs du nombre de racines/plant (9,67) alors que les plus faibles sont enregistrées par la concentration C9 g/l (8,72 racines/plant).

L'interaction Boussalem x C0 g/l a donné les meilleurs résultats avec une moyenne de 11 racines/plant, les interactions C9 g/l x Oued El Bared est produit les plus faibles résultats avec une moyenne de 8 racines/plant.

**Tableau 3 :** Moyennes du nombre de racines des plantules de blé dur (*Triticum durum* Desf)

	Oued El Bared	Boussalem	Chen'S	Targui	Vitron	Moy.
<b>C0</b>	9,67	<b>11</b>	9,67	9,32	8,32	<b>9,67</b>
<b>C6</b>	8,67	9,32	9,32	8,67	8,67	<b>8,93</b>
<b>C9</b>	8	9	9,67	9	9	<b>8,72</b>
<b>C12</b>	9,32	9	9	9	9	<b>9,13</b>
<b>Moy,</b>	<b>8,915</b>	<b>9,58</b>	<b>9,415</b>	<b>8,997</b>	<b>8,747</b>	<b>9,106</b>
<b>Effet variétés</b>				*		
<b>Effet concentrations NaCl</b>				*		
<b>Effet interaction variétés x concentrations NaCl</b>				NS		





**Figure 4 :** Variation moyenne de nombre de racines en fonction des concentrations de NaCl chez les cinq variétés du blé dur (*Triticum durum* Desf)

La figure 4 montre que les valeurs de ce paramètre diminuent chez les plants traités par la solution saline comparativement au témoin C0 g/l chez la plupart des variétés, cette variabilité du nombre des racines est accentuée par l'augmentation de la concentration en NaCl. Le phénomène inverse s'est passé chez la variété Vitron où l'augmentation du nombre de racines/plant était proportionnelle aux concentrations croissantes en NaCl.

### **II.2.1.2 Effet de la salinité sur le nombre de feuilles des cinq variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf)**

Le tableau 4 et annexe 1 montrent que le caractère nombre des feuilles des plantules de blé est influencé significativement par les concentrations de NaCl ( $p < 0,05$ ). Par contre ni les variétés et ni l'interaction Variété x Concentration n'ont eu d'effet significatif sur ce paramètre.

Les meilleurs résultats sont obtenus par C 0g/l avec 2,80 feuilles /plant, alors que les plus faibles résultats sont enregistrés par la concentration C12g/l avec 2,18 feuilles/plant.

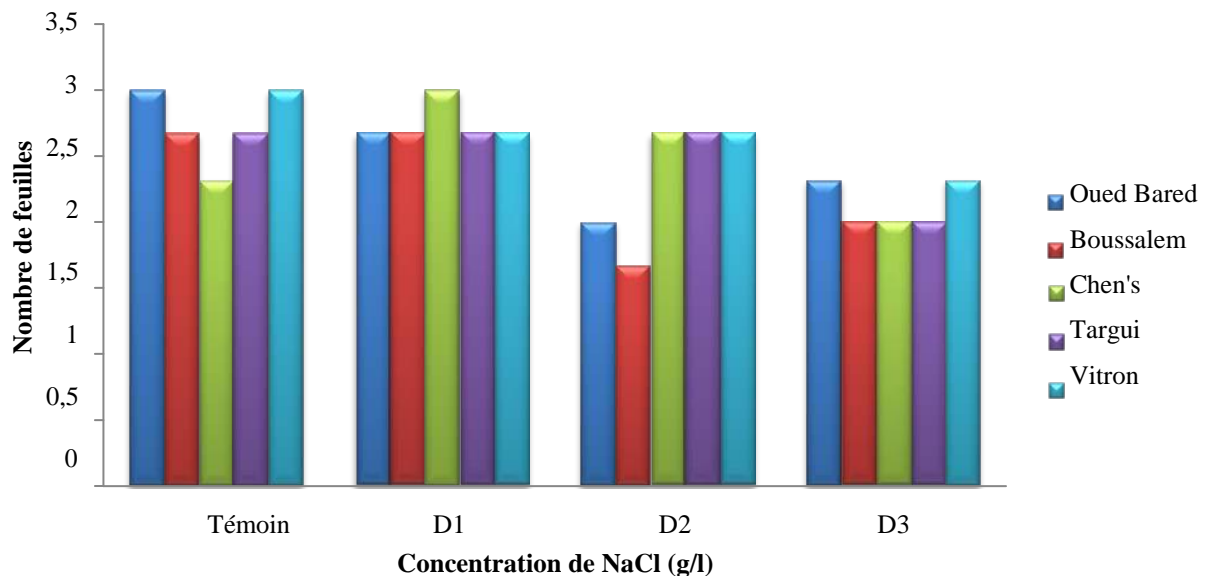
Bien que le facteur variété et l'interaction variétés x concentrations soit non significatif, la variété Vitron a produit le meilleur résultat avec (2,665 feuilles/plant), par contre les plus faibles résultats sont obtenus par la variété Boussalem (2,252 feuilles/plant).

De même, l'interaction C 0g/l et les variétés Oued El Bared et Vitron ont donné les meilleurs résultats avec une moyenne de 3 feuilles/plant.

Pour l'interaction C6g/l et les variétés Chen's est donné le meilleur résultat avec une moyenne de 3 feuilles/plant. Par contre l'interaction C 9g/l x Boussalem a enregistré les faibles valeurs (1,67 feuilles/plant).

**Tableau 4** : Moyennes du nombre de feuilles des plantules de blé dur (*Triticum durum* Desf)

	Oued El Bared	Boussalem	Chen'S	Targui	Vitron	Moy.
<b>C0</b>	3	2,67	2,32	2,67	3	<b>2,80</b>
<b>C6</b>	2,67	2,67	3	2,67	2,67	<b>2,74</b>
<b>C9</b>	2	1,67	2,67	2,67	2,67	<b>2,19</b>
<b>C12</b>	2,32	2	2	2	2,32	<b>2,18</b>
<b>Moy,</b>	<b>2,4975</b>	<b>2,2525</b>	<b>2,4975</b>	<b>2,5025</b>	<b>2,665</b>	<b>2,4775</b>
<b>Effet variétés</b>				NS		
<b>Effet concentrations NaCl</b>				*		
<b>Effet interaction variétés x concentrations NaCl</b>				NS		



**Figure 5 :** Variation de moyenne des nombres des feuilles en fonction concentrations de NaCl chez les cinq variétés du blé dur (*Triticum durum* Desf)

Les résultats relatifs à ce paramètre (figure 5) ont montré que la moyenne de nombre des feuilles est diminuée chez les plantes stressées comparativement au témoin, Cette diminution de moyenne de nombre des feuilles est accentuée par l'augmentation de la concentration de NaCl.

### II.2.1.3 Effet de stress salin sur la longueur de racines des cinq variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf).

Le tableau 5 et annexe 1 montrent que le caractère longueur des racines des plantules de blé est affecté significativement par les génotypes de blé ( $0,01 > p > 0,001$ ) et l'interaction Variétés x génotypes ( $0,05 > p > 0,01$ ). Par contre les concentrations de NaCl n'ont pas eu d'effet significatif sur ce paramètre ( $p > 0,05$ ).

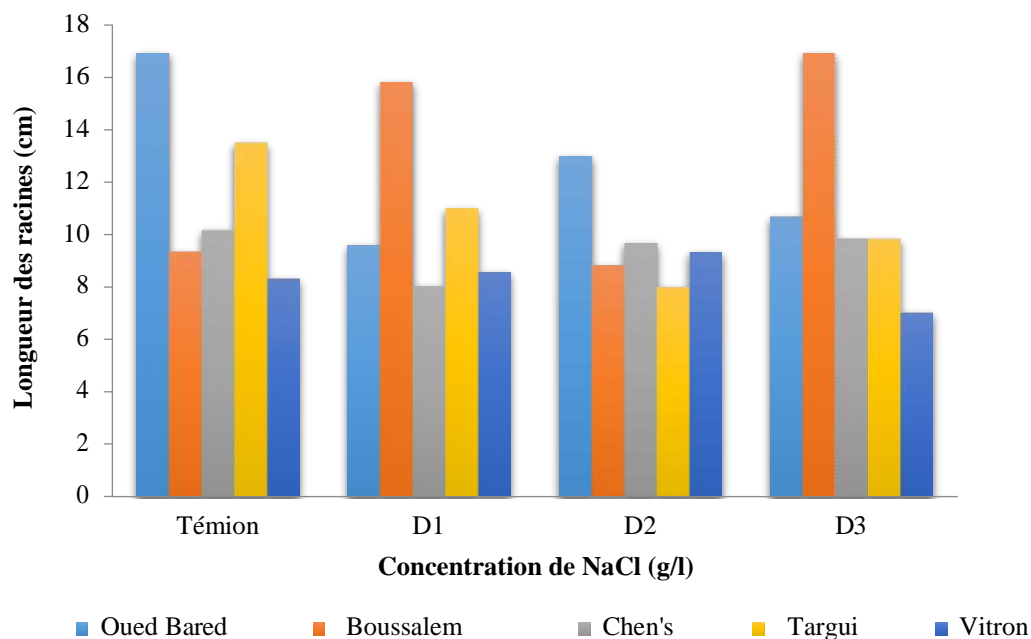
Les meilleurs résultats sont obtenus par la variété Boussalem avec une longueur moyenne de 12,56 cm, par contre les plus faibles résultats sont obtenus par la variété Vitron en enregistrant une moyenne de 8,327 cm.

De même, l'interaction Boussalem x C12g/l a favorisé une meilleure croissance en longueur des racines, en enregistrant une longueur moyenne de 16,9 cm. La plus faible longueur es racines est obtenue par l'interaction Vitron x C12g/l d'où une moyenne de 7cm.

En ce qui concerne le facteur concentration en NaCl, malgré qu'il n'ait pas eu d'effet significatif sur ce paramètre, la meilleure longueur racinaire est enregistrée par la concentration C0g/l soit 11,05cm.

**Tableau 5** : Moyennes de la longueur de racines des plantules de blé dur (*Triticum durum* Desf)

	Oued El Bared	Boussalem	Chen'S	Targui	Vitron	Moy.
<b>C0</b>	13,92	9,32	10,17	13,5	8,32	<b>11,05</b>
<b>C6</b>	9,6	15,82	8,02	11	8,67	<b>10,61</b>
<b>C9</b>	13	8,2	9,67	8	9,32	<b>9,64</b>
<b>C12</b>	10,67	<b>16,9</b>	9,32	9,32	<b>7</b>	<b>10,63</b>
<b>Moy.</b>	<b>11,79</b>	<b>12,56</b>	<b>9,295</b>	<b>10,455</b>	<b>8,327</b>	<b>10,482</b>
<b>Effet variétés</b>				<b>**</b>		
<b>Effet concentrations NaCl</b>				<b>NS</b>		
<b>Effet interaction variétés x concentrations NaCl</b>				<b>*</b>		



**Figure 6** : Variation de moyenne de longueur des racines en fonction des concentrations de NaCl chez les cinq variétés du blé dur (*Triticum durum* Desf)

La figure 6 montre que les valeurs de ce paramètre diminuent chez les plants traités par la solution saline comparativement au témoin C0 g/l chez la plupart des variétés. Le phénomène inverse s'est passé chez la variété Boussalem où l'augmentation de longueur de racines était proportionnelle aux concentrations croissantes en NaCl.

#### II.2.1.4 Effet de stress salin sur la longueur des feuilles des cinq variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf)

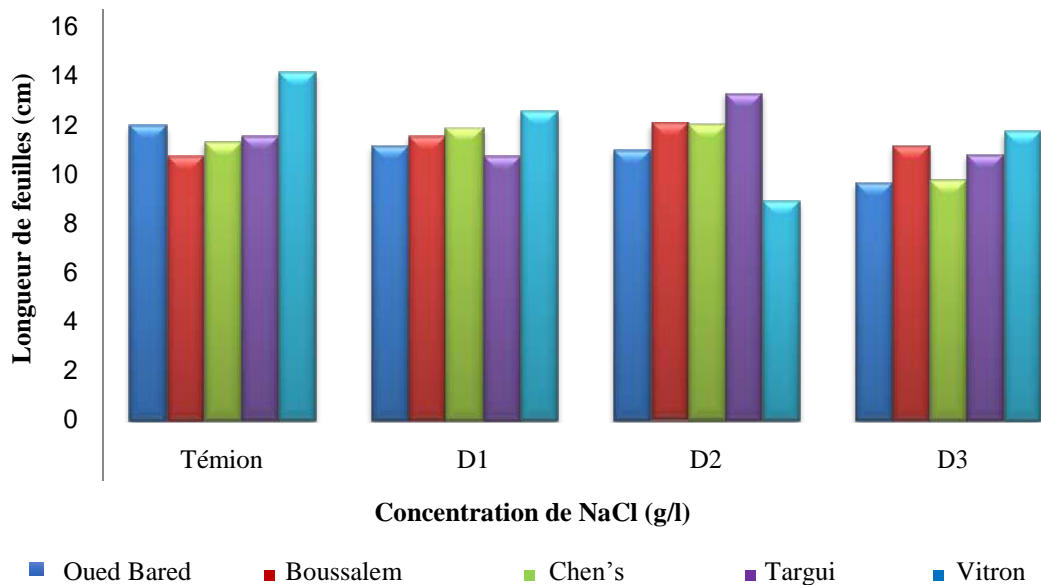
Le tableau 6 et annexe 2 montrent que le caractère longueur des feuilles des plantules de blé n'a pas été influencé significativement par les Variétés de blé et les concentrations de NaCl, par contre l'interaction Variétés x Concentration a eu un effet significatif sur ce paramètre ( $0,05 > p > 0,01$ ).

Les meilleurs résultats sont obtenus par l'interaction Vitron x C0g/l, en enregistrant une longueur moyenne de 14,17 cm, par contre les plus faibles résultats sont obtenus par l'interaction Vitron x C9g/l avec 8,92 cm (figure 6).

Nous remarquons aussi que la moyenne de la longueur des feuilles a diminué chez les plantes stressées (traitées par la solution saline) comparativement au témoin chez certaines variétés et a augmenté dans d'autres. La diminution nette de la longueur des feuilles a été enregistrée chez les variétés Oued El Bared et Vitron, où cette diminution est accentuée par l'augmentation de la concentration de NaCl (tableau 6).

**Tableau 6** : Moyennes de la longueur de feuilles des plantules de blé dur (*Triticum durum* Desf)

	Oued El Bared	Boussalem	Chen'S	Targui	Vitron	Moy.
<b>C0</b>	12	10,75	11,32	11,57	14,17	<b>11,95</b>
<b>C6</b>	11,17	11,57	11,92	10,75	12,57	<b>11,60</b>
<b>C9</b>	11	12,07	12	13,32	8,92	<b>11,45</b>
<b>C12</b>	9,67	11,17	9,75	10,82	11,75	<b>10,62</b>
<b>Moy.</b>	<b>10,96</b>	<b>11,39</b>	<b>11,25</b>	<b>11,61</b>	<b>11,85</b>	<b>11,40</b>
<b>Effet variétés</b>				<b>NS</b>		
<b>Effet concentrations NaCl</b>				<b>NS</b>		
<b>Effet interaction variétés x concentrations NaCl</b>				<b>*</b>		



**Figure 7 :** Variation de la longueur des feuilles en fonction des concentrations de NaCl chez les cinq variétés du blé dur (*Triticum durum* Desf)

Les résultats relatifs à ce paramètre (figure II-2-1- 4) ont montré que la moyenne de longueur des feuilles est diminuée chez les plantes stressées comparativement au témoin.

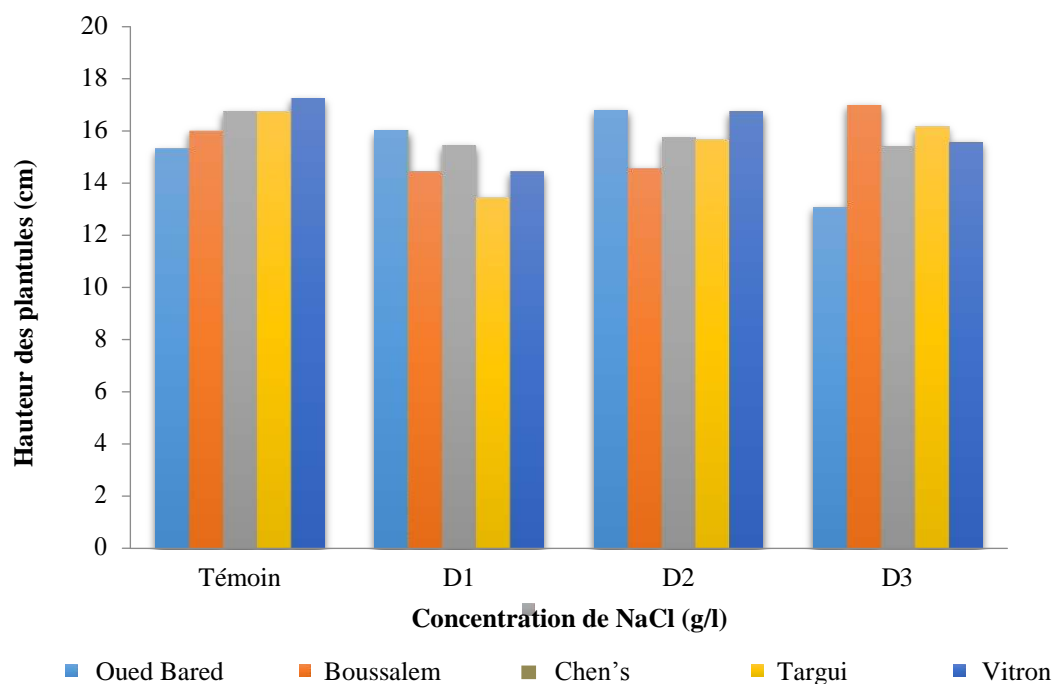
#### **II.2.1.5 Effet de stress salin sur la hauteur de la plantule des cinq variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf)**

Le tableau 7 et annexe 2 montrent que le caractère hauteur des plantules de blé n'a pas été influencé par les variétés, les concentrations de NaCl et leur interaction ( $p < 0.05$ ).

Les meilleures hauteurs sont obtenues par la variété Vitron (15,99 cm), la concentration C0g/l (16,40 cm) et l'interaction Vtron x C0g/l (17,25 cm).

**Tableau 7** : Moyennes de la hauteur des plantules de blé dur (*Triticum durum* Desf)

	Oued El Bared	Boussalem	Chen'S	Targui	Vitron	Moy.
<b>C0</b>	15,32	16	16,75	16,75	17,25	<b>16,40</b>
<b>C6</b>	16,02	14,42	15,42	13,42	14,42	<b>14,74</b>
<b>C9</b>	16,8	14,57	15,75	15,67	16,75	<b>15,91</b>
<b>C12</b>	13,07	17	15,4	16,17	15,57	<b>15,43</b>
<b>Moy.</b>	<b>15,30</b>	<b>15,49</b>	<b>15,83</b>	<b>15,50</b>	<b>15,99</b>	<b>15,62</b>
<b>Effet variétés</b>				<b>NS</b>		
<b>Effet concentrations NaCl</b>				<b>NS</b>		
<b>Effet interaction variétés x concentrations NaCl</b>				<b>NS</b>		

**Figure 8** : Variation de la moyenne de hauteur des plantules en fonction des concentrations de NaCl chez les cinq variétés du blé dur (*Triticum durum* Desf)

Les résultats relatifs à ce paramètre (figure 8) ont montré que la hauteur a diminué chez les plantes stressées comparativement au témoin, et cette diminution est accentuée par l'augmentation des concentrations de NaCl.

### II.2.1.6 Effet de stress salin sur la surface foliaire des cinq variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf)

Le tableau 8 et annexe 2 montrent que le caractère surface foliaire des plantules de blé est affecté de façon hautement significative par les génotypes de blé ( $0,01 > p > 0,001$ ) et l'interaction Variétés x Concentrations ( $0,05 > p > 0,01$ ). Alors que les concentrations en NaCl n'ont pas eu d'effet significatif sur ce paramètre ( $p > 0,05$ ).

Les meilleures valeurs de surface foliaire sont obtenues par la variété Chen's avec  $2,657 \text{ cm}^2$ , par contre les plus faibles résultats sont obtenus par la variété Oued El Bared, en enregistrant une moyenne de  $1,547 \text{ cm}^2$ .

L'interaction Chen's x C6g/l a donné la meilleure surface foliaire avec une moyenne de  $2,87 \text{ cm}^2$ .

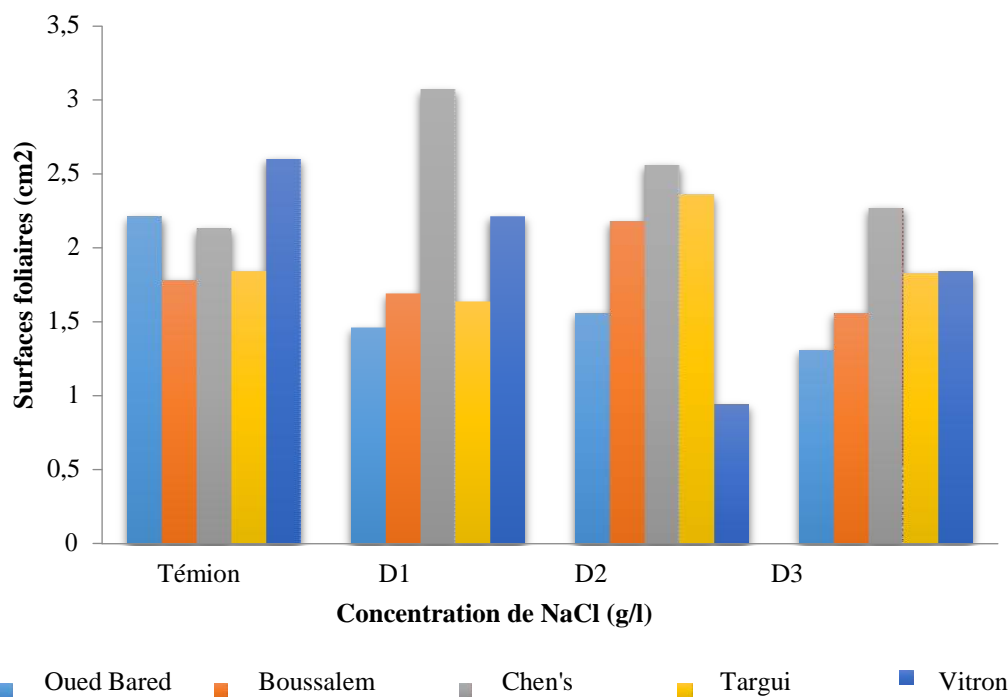
De même, l'interaction Vitron x C0g/l a donné la meilleure surface foliaire avec une moyenne de  $2,51 \text{ cm}^2$ , et l'interaction Vitron x C9g/l a marqué la plus faible valeur avec  $0,94 \text{ cm}^2$ .

Bien que l'effet concentrations de NaCl ne soit pas significatif sur la surface foliaire, le tableau 8 montre que les valeurs de ce paramètre diminuent chez les plants traités par la solution saline comparativement à celle du témoin C0g/l.



**Tableau 8 :** Moyennes de surface foliaire ( $\text{cm}^2$ ) des plantules de blé dur (*Triticum durum* Desf)

	Oued El Bared	Boussalem	Chen'S	Targui	Vitron	Moy.
<b>C0</b>	1,86	1,78	2,13	1,84	2,51	<b>2,01</b>
<b>C6</b>	1,46	1,69	3,07	1,63	2,21	<b>2</b>
<b>C9</b>	1,56	2,18	2,56	2,36	0,94	<b>1,92</b>
<b>C12</b>	1,31	1,56	2,87	1,80	1,84	<b>1,88</b>
<b>Moy.</b>	<b>1,547</b>	<b>1,802</b>	<b>2,657</b>	<b>1,907</b>	<b>1,875</b>	<b>1,952</b>
<b>Effet variétés</b>				<b>**</b>		
<b>Effet concentrations NaCl</b>				<b>NS</b>		
<b>Effet interaction variétés x concentrations NaCl</b>				<b>*</b>		

**Figure 9 :** Variation de la surface foliaire en fonction des concentrations de NaCl chez les cinq variétés du blé dur (*Triticum durum* Desf)

Les résultats relatifs à ce paramètre (figure 9) ont montré que la moyenne de surfaces foliaires a diminué chez les plantes stressées comparativement au témoin. Le phénomène inverse s'est passé chez la variété Chen's où l'augmentation de longueur de racines était proportionnelle aux concentrations croissantes en NaCl.

### II.2.2 Discussion

Les résultats de notre étude montrent que la salinité affecte négativement l'ensemble des paramètres retenus ; et les concentrations de NaCl d'eau d'irrigation de la culture montrent que toute augmentation de la salinité engendre une réduction de la croissance des jeunes plantules du blé. L'exception est faite pour le paramètre nombre de racines/plant et la longueur racinaire chez la variété Boussalem ainsi que la hauteur des plantules chez la variété Vitron, et enfin la surface foliaire chez la variété Chen's, où nous remarquons une meilleure croissance des paramètres avec les doses croissantes en NaCl.

Nos résultats montrent aussi la présence de la variabilité génétique entre les variétés étudiées pour le nombre des racines/plant, la longueur des racines et la surface foliaire. Par contre il ya absence de cette variabilité pour les paramètres longueur des feuilles et le nombre des feuilles et l'hauteur des plantules.

Au contraire l'interaction 'Variétés\*Concentration' montrent la présence des différences de réponse variétale entre les cinq variétés pour la longueur des racines, la longueur des feuilles et la surface foliaire. et l'absence de ces différences dans le nombre des racines, nombre des feuilles et la longueur des tiges.

Des résultats similaires sont rapportés dans l'étude de (**Hizi et Lahouel., 2019**), où elles ont marqué la présence de la variabilité génétique entre les variétés étudiées pour le nombre des racines, la longueur des racines et la surface foliaire.

Selon **Läuchli et Epstein (1990) in Hizi et Lahouel (2019)**, la salinité affecte le développement de la plantule en particulier la croissance des racines. La réduction de la longueur des racines chez certaines variétés de blé est expliquée par l'arrêt de la division et de l'élongation cellulaire au niveau de la racine.

Chez certaines variétés, nos résultats indiquent une augmentation du nombre de racines et des feuilles proportionnelle à celle des concentrations en NaCl ; ceci suggère que, sous contrainte saline, la plantule dépense plus d'énergie photosynthétique pour maintenir un statut hydrique élevé et pour la production des racines en vue de la recherche d'eau et/ou la réduction de la perte d'eau (**Kafkai., 1991 in Hizi et Lahouel., 2019**).

La diminution de croissance de la tige comparativement à celle des racines peut s'expliquer par des augmentations de la concentration d'acide abscissique dans la partie aérienne ou d'une réduction des concentrations en cytokinine (**ITAI., 1999**). Selon **Ashraf et Foolad., 2007**, la diminution de la tige de la plante et de la surface foliaire serait la conséquence de la réduction de la taille des cellules exposées au stress salin.

**Ben Abdellah et Ben Salem (1993) in Saada et al. (2017)** ajoutent qu'une plantule plus haute en conditions salines, c'est une plantule qui est capable de stocker plus de réserves glucidiques et plus d'énergie, ces réserves vont être consommé par la plantule au cours de la phase de croissance.

D'après **Zhu (2001)**, la réduction de croissance des parties aériennes est une capacité adaptative nécessaire à la survie des plantes exposées à un stress abiotique.

Pour la longueur et le nombre des feuilles, nos résultats montrent que la réduction est plus importante au niveau de ces paramètres comparativement à la croissance des racines.

Selon **Aidaoui et al. (2013)**, des concentrations élevées de salinité avaient pour effet de réduire de la longueur de feuille et de racine. Considérées comme cause primaire des dommages ioniques causés à la plante. Ces dommages sont associés à l'accumulation de l'ion Na<sup>+</sup> dans les tissus foliaires. L'accumulation, à des niveaux toxiques des ions Na<sup>+</sup> et Cl<sup>-</sup> dans les parties aériennes (feuille) de la plante, affecte négativement le métabolisme. En effet selon **Munns et al. (2006)**, le stress salin inhibe l'absorption des éléments nutritifs essentiels comme le P et K ce qui affecte la croissance et le développement de la plantule.

Le stress salin affecte aussi une réduction de la surface foliaire chez les plantules, cette réduction se considérée comme étant une stratégie adaptative utilisée par les génotypes de blé dur pour atténuer les effets de la limitation de la disponibilité de l'eau en conditions salines (**Alem et al., 2002**). **Mekliche (2003)** rapporte que la réduction de surface foliaire tend à minimiser les pertes en eau en réduisent la transpiration mais peut aussi diminuer le rendement à cause de la réduction de la capacité photosynthétique.

La tolérance à des concentrations salines élevées dans le blé peut être liée à une capacité à éviter l'accumulation des niveaux toxiques de Na<sup>+</sup>, une meilleure capacité d'ajustement osmotique et/ou de maintenir des niveaux adéquats, en particulier dans le limbe de la feuille. Cette information sera utile dans la sélection du matériel pour les futurs programmes de sélection (**Benderradji et al., 2010**).

#### ➤ Paramètre physiologique et biochimique

Concernant le poids frais et sec de la partie aérienne et souterraine, le stress salin est à l'origine d'une diminution importante de ces paramètres chez les blés durs. Cette réduction est d'autant plus importante que la contrainte saline est plus sévère (**Belkacemi., Bouchakour, 2015**).

Selon **Ferrara et al. (2011)**, la diminution de la matière fraîche sous stress salin est probablement due à une diminution de l'eau dans la feuille et du potentiel osmotique de la plante stressée. De même **Chiahi et Brinis (2020)**, ont signalé une réduction de la matière sèche aérienne et racinaire sous l'effet du stress salin chez le blé dur.

La diminution de la teneur relative en eau induite par la diminution de l'absorption de l'eau sous l'effet de la salinité se manifeste par la fermeture des stomates dans les feuilles (**Tabaeizadeh, 1998**), qui se fait évidemment aux dépend des autres processus physiologiques comme la photosynthèse (**Ykhlef et Djekoun., 2000**).

A l'échelle biochimique, la teneur en chlorophylle est augmentée dans les faible dose de NaCl et diminué ces les concentrations salines augmente (**Lepengue et al., 2012**). Ce résultat se concorde avec celui de **El housseine et al. (1998)**, qui ont obtenu une diminution des pigments chlorophylliens suite à un stress salin chez le blé. De même **Shaheena et al., (2005)** ont rapporté une diminution de la teneur en chlorophylle chez la moutarde soumise à

un stress salin.

Cette diminution est expliquée par **Doudech., et al., (2008)** par la dégradation des membranes de thylakoides des chloroplastes et l'altération du processus photosynthétique, cette dégradation aussi frein à la diffusion du CO<sub>2</sub> dans les feuilles.

Pour, l'accumulation de la proline a été intervenir dans la régulation du pH cytoplasmique et maintien des pressions cytosolvacuole (**Dadach et al., 2015**).

L'accumulation de ces composés osmorégulateurs conduisant à une réduction du potentiel osmotique permettant ainsi le maintien du potentiel de turgescence (**Mekliche et al., 2003**). L'osmorégulation permet une protection des membranes et des systèmes enzymatiques surtout dans les organes jeunes (**Ottow et al., 2005**).

De même les sucres sont considérés par plusieurs auteurs comme de bons osmorégulateurs (**Benderradji et al., 2016**). Ils peuvent jouer un rôle important dans l'ajustement osmotique et l'adaptation des plantes au stress osmotique, ils jouent un rôle essentiel dans la protection des membranes contre la déshydratation (**Chiahi et Louhichi., 2020**).

Ils permettent aussi d'éviter la cristallisation des molécules contenues dans la cellule. Elle limite donc les dommages au niveau des structures cellulaires (**Bouassaba et Chougui., 2018**).

## **Conclusion**

Le premier objectif de notre travail était d'étudier la réponse morpho-physiologique et biochimique de cinq variétés de blé dur cultivées en Algérie (**Oued El bared, Boussalem, Chen's, Targui et Vitron**) aux différentes concentrations de Na Cl (**6, 9 et 12g/l** de NaCl). L'arrivée de la pandémie du COVID 19 a contrarié la réalisation de cet objectif et nous nous sommes limités à l'étude morphologique dans les mêmes conditions.

Les résultats montrent aussi que les génotypes étudiés ont des comportements différents vis-à-vis du stress salin et leur réponse est variable en fonction de la dose appliquée.

L'étude a montré que la variété Chen's est la plus tolérante au stress salin par rapport autres variétés, avec une meilleure surface foliaire, par contre la variété Oued El Bared est la plus sensible en générant une faible surface foliaire.

Dans le cadre d'un travail futur, il serait souhaitable :

- D'appliquer cette étude sur plusieurs stades de cycle de vie.
- Reprendre ce travail pour étudier la réponse physiologique et biochimique des différentes variétés.
- Utiliser plusieurs accessions ou variétés.
- De compléter le travail par des études de biologie moléculaire pour identifier les gènes responsables.

## **Références bibliographiques**



### Références bibliographiques

**Abbas T., Pervez M. A., Ayyub C. M., and Ahmad R., 2013-** Assessment of Morphological, Antioxidant, Biochemical and Ionic Responses of Salt Tolerant and Salt Sensitive Okra (*Abelmoschus esculentus* L.) under Saline Regime, Pak. j. life soc. Sci, Vol.11, n° 2 : 151 p.

**Aidaoui H., Meguelatani S., et Mouasse N., 2013** - Etude de l'effet de stress salin sur la qualité de trois variétés de blé dur (waha, semito et vitron). Mémoire de Master en Science de la Nature et de la Vie, Université 08 mai 1945 GUELMA, 33- 45 p.

**Alem C., Labhilili M., Brahmi K., Jlibene M., Nasrallah N and Filali-Maltouf A., 2002** - Adaptations hydrique et photosynthétique du blé dur et du blé tendre au stress salin, Comptes rendus biologiques, Vol. 325, n°11 : 1103-1104-1106-1107-1108 p.

**Attou A. E., et Beskri A., 2019** - L'irrigation de complément de blé en Algérie. Mémoire de Master en Sciences Agronomiques, Université Djilali Bounaama Khemis- Miliana, 11 p.

**Bajji M., Lutts S., et Kinet J.M., 2000-** La résistance au stress hydrique chez le blé dur: Comparaison des comportements au niveau cellulaire et au niveau de la plante entière, Options Mediterr. Ser. A, n°40, 227- 231 : 228 p.

**Belkacemi T., et Bouchakour A., 2015-** Impact des contraintes saline et thermique sur la germination et la croissance de 2 variétés de blé dur (*Triticum durum*) et 2 variétés de blé tendre (*Triticum aestivum*). Mémoire de Master en Sciences de la Nature et de la Vie, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, 44 – 45 p.

**Belkheiri O., and Mulas M., 2013-** The effects of salt stress on growth, water relations and ion accumulation in two halophyte *Atriplex* species, Environmental and Experimental Botany.Vol. 86, 17-28: 21 p.

**Ben Kaddour., 2014-** Modifications physiologiques chez des plantes de blé (*Triticum durum* Desf) exposées à un stress salin. Thèse en vue de l'obtention d'un diplôme de Doctorat 3eme cycle en Ecophysiologie végétale, Université Badji Mokhtar – Annaba : 20 – 21 -32 p.

- Bendarradji L., Bouzerzour H., Kellou K., Ykhlef N., Brini F, Masmoudi K., et Djekoun A., 2010-** Etude des mécanismes de tolérance a la salinité chez deux variétés de blé tendre (*Triticum aestivum Ll.*) soumises à un stress salin, Sciences & Technologie. C, Biotechnologies, n°32, 23-30: 24 p.
- Benderradji L., Hadji N., Kellou K., Benniou R., & Brini F., 2016 -** Effet du NaCl et PEG 6000 sur le comportement morfo-physiologique et biochimique des variétés de blé dur et tendre cultivées *in vitro* en milieu hydroponique. Agriculture, n°1, 278 – 286 : 285 p.
- Ben Kaddour M., 2014 -** Modifications physiologiques chez des plantes de blé (*Triticum durum* Desf) exposées à un stress salin. These de doctorat en Biologie Végétale et l'Environnement. Université Badji Mokhtar – Annaba : 19 p.
- Benlaribi M., Monneveux M., et Grignac P., 1990-** Étude des caractères d'enracinement et de leur rôle dans l'adaptation au déficit hydrique chez le blé dur (*Triticum durum* Desf). Agronomie, Vol .10, n°4, 305-322: 306-307 p.
- Benmakhlouf Z., et Epouse B., 2018 -** Etude de l'effet des phytohormones sur la croissance du blé dur (*Triticum durum* Desf.) var. Kebir cultivée dans des conditions salines. Thèse de Doctorat en Science. Université des Frères Mentouri Constantine1 : 36 p.
- Benmakhlouf Z., et Boukheit E., 2018 -** Etude de l'effet des phytohormones sur la croissance du blé dur (*Triticum durum* Desf.) var.Kebir cultivée dans des conditions salines. Thèse de Doctorat en Biologie et Ecologie Végétale, Université des Frères Mentouri Constantine1 : 10 – 11 – 20 p.
- 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, Vol .27, n° 11, 7746-7757: 7747 p.
- Bouassaba K., & Chougui S., 2018-** Effet Du Stress Salin Sur Le Comportement Biochimique Et Anatomique Chez Deux Variétés De Piment (*Capsicum Annuum L.*) À Mila/Algérie. European Scientific Journal, Vol .14, n°15, 159-174 : 168 p.
- Bouatrous Y., 2013 -** Effet du stress salin et l'haplodiploïdisation chez le blé dur (*Triticum durum* Desf.). Thèse de Doctorat en Sciences en Biologie Végétale. Universite Mentouri de Constantine : 15 p.

**Brahimi H. A., 2017-** Variations phénotypiques pour la tolérance aux stress salin et hydrique chez le blé tendre (*Triticum aestivum* L.). Master Académique. Université Mohamed Boudiaf - M'sila : 24 p.

**Chiahi N & Brinis L., 2020-** The influence of salt stress on the morpho physiological and biochemical parameters of durum wheat varieties (*Triticum durum* Desf.). Journal of Biological Research-Bollettino della Società Italiana di Biologia Sperimentale, Vol.93, n°1: 48 p.

**Dadach M., Boukhari S., Mehdadi Z., Bendimred F. Z., Latrech A & Bouker A., 2015-** Réponses biochimique et physiologique de la Luzerne arborescente (*Medicago arborea*) au stress salin. Les technologies de laboratoire, Vol. 9, n°37 : 9 p.

**Djahra A.B., Benmakhlouf Z., Benkherara S., Benkaddour M., Bordjiba O., 2015-** Effet du stress salin sur la teneur en eau et certains osmolytes chez le blé dur *triticum durum* var kebir pulvérisé par une phytohormone synthétisée: Benzyl-amino-purine (BAP). Algerian journal of arid environment "AJAE", Vol. 5, n° 2, 71-81 : 72 - 77 p.

**Doudech N., Mhamdi M., Bettaieb T., & Denden M., 2008-**Tolérance à la salinité d'une graminée à gazon: *Paspalum notatum* Flüggé, Tropicultura, Vol. 26, n°3, 182-185 :184 p.

**El Houssine T., Belabed A., et Sadki K., 1998** -Effet d'un stress osmotique sur l'accumulation de proline, de chlorophylle et des ARNm codant pour la glutamine synthétase chez trois variétés de blé dur (*Triticum durum*), Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, n°21, 81-87: 84 p.

**Erik A., Ottow E. A., Brinker M., Teichmann T., Fritz E., Kaiser W., Brosche M., Kangasja J., Jiang X., and Polle A., 2005** - *Populus euphratica* Displays Apoplastic Sodium Accumulation, Osmotic Adjustment by Decreases in Calcium and Soluble Carbohydrates, and Develops Leaf Succulence under Salt Stress, Plant Physiology, Vol. 139, n°4, 1762–1772 : 1762-1763-1769 p.

**FAO., 2005** - Utilisation des engrais par culture en Algérie, FAO Rome, 61 : 1- 4 p.

**Feillet P., 2000-** Le grain de blé: composition et utilisation. Editions Quae, 306 : 17-18 p.

**Ferrara S., Lovelli T., Tommaso D and Perniola M., 2011-** Flowering, Growth and Fruit Setting in Greenhouse Bell Pepper under Water Stress, *Journal of Agronomy* Vol.10, n°1: 12-19p.

**Flowers T.J., Galal H.K., and Bromham, L., 2010-** Evolution of halophyte: multiple origins of salt tolerance in land plants, *Functional Plant Biology*, Vol .37, n°1, 604–412: 606 p.

**Foudili D., et Gasmi A., 2017 -** Stress de la sécheresse chez quatre variétés du blé dur (*Triticum durum* Desf.) : Un examen sur quelques caractéristiques morphologiques et sur les pigments. Mémoire de Master Académique en des Science de la Nature et de la Vie (SNV), Université Mohamed Boudiaf - M'sila, 1 p.

**Hacini N., 2014 -** Etude de l'interaction Génotype X Environnement et effet de l'origine de quelques cultivars de blé dur (*Triticum durum* Desf.) sur les aptitudes adaptatives et qualitatives. Thèse de Doctorat en Sciences Biologie, Université Badji Mokhtar –Annaba : 18 p.

**Hajlaoui H., Denden M., & Bouslama M., 2007-** Etude de la variabilité intraspécifique de tolérance au stress salin du pois chiche (*Cicer arietinum L.*) au stade germination. *Tropicultura*, Vol. 25, n°3, 168-173: 168 p.

**Hizi A., et Lahouel A., 2019-** Réponse de quelques génotypes de genre *Triticum* sous conditions salines, Mémoire de Master Académique en Sciences Biologiques, Université Kasdi Merbah – Ouargla, 1- 23 p.

**ITAI C., 1999:** Role of phytohormones in plant responses to stresses. Ben Gurion, University Beer- Sheva, Israel. 287-296: 287-291 p.

- Kateb Kabdi L ., et Maamoun I., 2018-** Effet du stress salin sur la germination et la croissance de deux variétés de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) in vitro. Mémoire Master Académique en science biologique, Université Kasdi Merbah –Ouargla, 10 p.
- Kazan k., 2015-** Diverse roles of jasmonates and ethylene in abiotic stress tolerance, Trends in plant science, Vol. 20, n°4, 11: 1-2 p.
- Kezih R., Bekhouche F., et Merazka A., 2014-** some traditional Algerian products from durum wheat. African Journal of Food Science, Vol. 8, n°1: 30-34 p.
- Khan M.I.R., and Khan N.A., 2013-** Salicylic acid and jasmonates: approaches in abiotic stress tolerance. Journal of Plant Biochem Physiol, Vol.1, n° 4 : 113 – 1000 p.
- Kherchaoui A., 2019 -** La production du blé dur (variété Simeto) dans les plaines du Haut Chélif. Mémoire de Master en Sciences Agronomie, Université Djilali Bounaama Khemis-Miliana, 10- 14 p.
- Kouadria R., 2019 -** Contribution des champignons endophytes à la tolérance aux facteurs adverses (biotiques et abiotiques) des espèces cultivées : isolement des champignons endophytes et étude de leur contribution à la tolérance à la salinité ou à des polluants. Thèse de Doctorat en Sciences Agronomiques. Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem : 15 p.
- Lepengue A.N., Mouaragadja I., Ibrahim B., Ake S., et M'Batchi B., 2012-** Réponse du maïs (*Zea mays* var. LG 60) au stress salin : étude de la synthèse de quelques composés Biochimiques, Journal of Animal & Plant Sciences, Vol. 14, n°1,1866-1872: 1870 p.
- Levigneron A., Lopez F., Vansuyt G., Berthomieu P., Fourcroy P., et Casse-Delbart F., 1995-** Les plantes face au stress salin, Cahiers Agriculture, Vol .4, n°4, 263-273 : 264 p.
- Liang Y., Li D., Chen Y., Cheng J., Zhao G., Fahima T., & Yan J., 2020-** Selenium mitigates salt-induced oxidative stress in durum wheat (*Triticum durum* Desf.) seedlings by modulating chlorophyll fluorescence, osmolyte accumulation and antioxidant system. 3 Biotech, Vol. 10, n°8, 1-14: 2 p.
- Loucif L., 2015 -** Etude du comportement variétal du blé dur (*Triticum durum* Desf.) vis-à-vis du nématode à kystes des céréales *Heterodera avenae* Woll. (Nematoda, Heteroderidae) dans la région

de Batna en vue de l'amélioration de cette culture. Mémoire de Magistère en Sciences Agronomiques, Université El Hadj Lakhdar: 4 p

**Ashraf M., et Foolad M.R., 2005-** Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance, *Environmental and experimental botany*, Vol. 59, n°2: 206-216 p.

**Maillard. 2001** - Le point sur l'Irrigation et la salinité des sols en zone aride : Risques et Recommandations. *Handicap International*, 35p : 9-17 p.

**Mekliche A., Boukecha D., et Hanifi-Mekliche L., 2003** - Etude de la tolérance a la sècheresse de quelque variété de blé dur (*Triticum durum* desf) effet de l'irrigation de complément sur les caractères phénologiques, morphologiques et physiologique. *Annales de l'institut national agronomique El Harrach*, Vol. 24, n°1, 297-110 : 98-99 p.

**Mermoud A. 2006-** Cours de physique du sol : Maîtrise de la salinité des sols. Ecole polytechnique fédérale de Lausanne : 1-4 p.

**Mohamed A., 2014-** Organisation de la chaine logistique dans la filière céréales en Algérie. État des lieux et perspectives. Master of Science, Thèse de hautes études du ciheam: 1p.

**Munns R., 2005-** Genes and salt tolerance: bringing them together, *New phytologist*. Vol .167, n° 3: 645–663 p.

**Munns R., Guo J., Passioura J.B. and Cramer G .R., 2000** - Leaf water status controls day-time but not daily rates of leaf expansion in salt-treated barley, *Functional Plant Biology*, Vol. 27, n°10, 949–957 : 954 p.

**Munns R., James R. A., & Lauchli A., 2006-** Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals, *Journal of Experimental Botany*, Vol. 57, n°5,1025–1043 : 1028 p.

**Munns R., et Tester M., 2008** - Mechanisms of salinity tolerance. *Ann. Rev. Plant Biol*, 59, 651-681: 655 p.

**Pfeiffer W.H., Sayre K.D., et Reynolds M.P., 2000** - Enhancing genetic grain yield potential and yield stability in durum wheat, *Options Méditerranéennes*, n°40, 83-93: 83 p.

Rapport d'activité sur l'exploitation agricole de l'université de ouargla., 2013. Université Kasdi Merbah Ouargla.

**Rechachi M.Z., Abdelhafid Y., Menasria H., Mellah A., Lakhdari F., et Hiouani F., 2020** - Mécanisme (s) de tolérance au sel chez l'orge (*Hordeum vulgare* L.) Salt tolerance mechanism (s) in barley (*Hordeum vulgare* L.). *Journal Algérien des Régions Arides (JARA)* Vol.14, n° 1, 66-79: 67p.

**Saada B., Talbi S., & Halilou F., 2017**- Etude comportementale de quelques populations du blé dur (*Triticum Durum* Desf) algérien sous contraintes salines, Mémoire de Diplôme de Master en science biologique, Université Mohamed el Bachir el Ibrahimi, 1- 7- 19 – 30 p.

**Sadouki M., et Boutouchent Y., 2018** - Etude de la variabilité morpho-physiologique du blé dur (*Triticum durum* Desf) dans les conditions climatiques du Haut Chélif. Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du Diplôme de Master en science biologique, Université Djillali Bounaama de Khemis-Miliana, 10 – 22 p.

**Saeed R., Ahmad R., Mirbahar A., and Jehan B., 2014** - Germination indices of egg plant (*SOLANUM MELONGENA* L.) under sea salt salinity, *Int. J. Biol. Biotech*, Vol.11, n°1, 51-55 : 51-54 p.

**Santos C. V., 2004** - Regulation of chlorophyll biosynthesis and degradation by salt stress in sunflower leaves, *Scientia Horticulturae*, Vol. 103, n° .1, 93-99: 93-97 p.

**Shaheena A., Mohamed F., Hayat S., and Siddiqui M.H., 2005**- Exogenous Application of gibberellic Acid counteracts the effect of Sodium Chloride in Mustard. *Plant Physiology Section*, Vol. 29, 233-236: 234p.

**Tabaeizadeh Z., 1998**- Drought-induced responses in plant cells. In *International Review of Cytology Academic Press*, Vol. 182, pp.193-247: 195p.

**Tuna A. L., Kaya C., Higgs D., Murillo-Amador B., Aydemir S., & Girgin A. R., 2008-** Silicon improves salinity tolerance in wheat plants. *Environmental and Experimental Botany*, Vol. 62, n°1, 10-16: 1- 7-10- 15 p.

**Wardlaw I.F., 2002-** Interaction between drought and chronic high temperature during kernel filling in wheat in a controlled environment .*Annals of Botany*, Vol. 90, n°4, 469-476: 469 p.

**Ykhlef N., & Djekoun A.,2000-** Adaptation photosynthétique et résistance à la sécheresse chez le blé dur (*Triticum turgidum* L. var. durum): Analyse de la variabilité génotypique. *Option Méditerranéennes (Sérié A)*, n° 40, 327-330: 327 p.

**Zhu J. K., 2001-** Plant salt tolerance, *Trends in plant science*, Vol.6, n°2, 66-71: 68 p.

**Zid E., et Grignon C., 1991-** Les tests de sélection précoce pour la résistance des plantes aux stress. Cas des stress salin et hydrique. Livre. *L'amélioration des plantes pour l'adaptation aux milieux arides*. John Libbey. Eurotext, Paris, 91-108: 92 p.

**Zörb C., Geilfus C. M., & Dietz K. J., 2019-** Salinity and crop yield. *Plant Biology*, Vol. 21, 31-38: 4 p.



## **Annexes**

## Annexe 1

Tableau 1. Analyse de variance du nombre de racines des cinq variétés du blé dur

Source	df	Type III SS	MS	F	P	Signification
Variété	4	6.266666667	1.56666667	2.61111111	0.0497	S
Concentration	3	7.25	2.41666667	4.02777778	0.0135	S
Variété * Concentration	12	12.66666667	1.05555556	1.7592593	0.0899	NS
Error	40	24	0.6	----	----	----
Total			59	50.18333333		

Tableau 2. Analyse de variance du nombre de feuilles des cinq variétés du blé dur

Source	df	Type III SS	MS	F	P	Significative
Variété	4	1.066666667	0.26666667	1.1428571	0.3504	NS
Concentration	3	2.45	0.81666667	3.5	0.0240	S
Variété * Concentration	12	4.133333333	0.34444444	1.4761905	0.1738	NS
Error	40	9.333333333	0.23333333	-----	-----	-----
Total			59	16.98333333		

Tableau 3. Analyse de variance de la longueur de racines des cinq variétés du blé dur

Source	df	Type III SS	MS	F	P	Significative
Variété	4	178.569	44.64225	4.346366	0.0052	HS
Concentration	3	27.1325	9.0441667	0.8805394	0.4593	NS
Variété * Concentration	12	293.4616667	24.455139	2.3809504	0.0199	S
Error	40	410.8466667	10.271167	----	----	----
Total			59	910.0098333		

## Annexe 2

**Tableau 4.** Analyse de variance de la longueur de feuilles des cinq variétés du blé dur

Source	df	Type III SS	MS	F	P	Signification
Variété	4	6.13125	1.5328125	0.7435574	0.5680	NS
Concentration	3	13.5125	4.5041667	2.1849419	0.1048	NS
Variété * Concentration	12	64.06041667	5.3383681	2.5896075	0.0120	S
Error	40	82.45833333	2.0614583	----	----	----
<b>Total</b>			59	166.1625		

**Tableau 5.** Analyse de variance de hauteur des plantules des cinq variétés du blé dur

Source	df	Type III SS	MS	F	P	Significative
Variété	4	7.35	1.8375	0.6733955	0.6143	NS
Concentration	3	14.55779167	4.8525972	1.7783495	0.1668	NS
Variété * Concentration	12	44.86033333	3.7383611	1.3700112	0.2203	NS
Error	40	109.1483333	2.7287083	----	----	----
<b>Total</b>			59	175.9164583		

**Tableau 6.** Analyse de variance de la surface foliaire des cinq variétés du blé dur

Source	df	Type III SS	MS	F	P	Significative
Variété	4	6.0993766667	1.5248442	5.1842524	0.0018	HS
Concentration	3	0.703706667	0.2345689	0.7975007	0.5026	NS
Variété * Concentration	12	7.10441	0.5920342	2.0128316	0.0489	S
Error	4	11.7652	0.29413	----	----	----
<b>Total</b>			59	25.67269333		

## Annexe 3

Tableau 7 : calcul de la capacité de rétention

	Pot 1	Pot 2	Pot 3	Moyenne
Poids 1	143.6g	142.8g	142.7g	143.03g
Poids 2	123.9g	122.9g	121.02g	122.9g

La capacité de rétention pour 180g de mélange de sol et terreau dans première jour est 116ml.

P0 : poids du mélange de sol et terreau : 100g

P1 : poids du mélange de sol et terreau après irrigation

P2 : poids du sol cultivé après 48h de saturation

$$C1 = (P1 - P2) = (143.03 - 122.9) = 20,13g$$

20,13 ml est la capacité de rétention pour 100g de mélange de sol et terreau. Donc 36.23 ml est la capacité de rétention pour 180g de mélange de sol et terreau.

Tableau 8 : Composition des solutions salines

Solutions	Quantités de Chlorure de sodium NaCl	Quantités de NaCl utilisée	quantités d'eau distillée
Solution 1	0 g/l	0g	3.200ml
Solution 2	6 g/l	28 ,8g	4.200ml
Solution 3	9 g/l	28 ,8g	3.200ml
Solution 4	12 g/l	19,2g	1.600ml

## Annexe 4

Tableau 9 : Analyse physico-chimique d'eau et sol

	<b>PH</b>	<b>CE (ds/m) à 25°C</b>	<b>Concentration en sels totale en (mg/l)</b>	<b>Classe</b>	<b>Type d'irrigation</b>
<b>Eau distillée</b>	4.36	1.93	500 – 1500	Légèrement saline <b>(Maillard, 2001)</b>	Eau d'irrigation
<b>Eau filtrée</b>	6.07	5.97	1500 – 7000	Modérément saline <b>(Maillard, 2001)</b>	Première eau de drainage et eau souterraine
<b>Sol</b>	8.1	4.20	//	Modérément salins <b>(Maillard, 2001)</b>	//

**Conductivité électrique (ds/m à 25°C) :  $CE \times f(t) / K$**

**K (constante de la cellule) =  $CE_1 \times f(t) / CE_2$**

**Kcl (0.02N) de conductivité électrique : 2.55ms/cm en 20.9°C**

**Conductivité électrique (ds/m à 25°C) : 2.76 ds/m**

**Concentration de sel en mg/L (ppm) =  $640 \times CE$  (ds/m)**

Concentration de sel en eau distillée : 1235.2 mg/l

Concentration de sel en eau filtrée : 3820.8 mg/l

Concentration de sel en sol : 2688 mg/l

**Le pourcentage en sels de la solution % :  $0.064 \times CE$**

Le pourcentage en sels de l'eau distillée : 0.12 %

Le pourcentage en sels de l'eau filtrée : 0.38 %

Le pourcentage en sels de sol : 0.26 %

## Annexe 5

Tableau 10 : Caractéristiques des variétés étudiées

Variétés	Origines	Caractéristiques
<b>Oued el-Bared</b>	Algérie	<p>Caractéristiques variétales :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Précoce de type hiver à tallage fort avec un rendement en grain optimal : 52,83 qx/ha et de poids de mille grain élevé,</li> <li>❖ Tolérante au froid et à la sécheresse,</li> <li>❖ Résistante à la verse.</li> </ul> <p>Caractéristiques technologiques :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ La qualité de la semoule est bonne.</li> </ul>
<b>Boussalem</b>	<p>Icarda-Syrie</p> <p>Icarda : Centre international de recherche agricole dans les zones arides, CIMMYT : Centre international d'amélioration du maïs et du blé.</p>	<p>Caractéristiques variétales :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Alternativité Hiver</li> <li>❖ Cycle végétatif mi-tardif</li> <li>❖ Tallage fort</li> <li>❖ Résistance au froid, verse et la sécheresse</li> <li>❖ Résistance à rouille jaune et rouille brune</li> <li>❖ Résistance à septoriose</li> <li>❖ Oïdium sur feuille (Moyennement sensible)</li> <li>❖ Oïdium sur épi (Résistante)</li> </ul> <p>Caractéristiques agronomiques et technologiques :</p> <p>Rendement Elevé</p> <p>Poids de mille grains (PMG) Elevé</p> <p>Qualité semoulière Bonne</p> <p>Mitadinage Résistante</p> <p>Teneur en protéines 15,01%</p>
<b>Chen's</b>	CIMMYT (Mexique)	<p>Caractéristiques variétales :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ paille courte, cycle végétatif précoce.</li> <li>❖ mieux adaptée aux régions arides, semi-arides et sahariennes (&lt; 150 mm).</li> <li>❖ résistante aux maladies cryptogamiques et à la verse</li> </ul>
		Caractéristiques variétales :

<p><b>Targui</b></p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Résistante à oïdium sur feuille et oidium sur épi.</li> <li>❖ Résistante à rouille brune.</li> <li>❖ Résistante à charbon.</li> <li>❖ Résistante à fusariose et septoriose.</li> </ul> <p>Caractéristiques agronomiques et technologiques :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Rendemen Elevé</li> <li>❖ Poids de mille grains (PMG) Elevé</li> <li>❖ Qualité semoulière Bonne</li> <li>❖ Mitadinage Résistante</li> <li>❖ Teneur en protéines 16,09%</li> </ul>
<p><b>Vitro</b></p>	<p>Espagne</p>	<p>Caractéristiques variétales :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ semi-précoce de type hiver à tallage moyen avec un rendement en grain optimal de 60qx/ha et de poids de mille grain élève</li> <li>❖ Résistante a froid</li> <li>❖ sensible à la sécheresse.</li> <li>❖ Résistante à oïdium sur feuille et épi.</li> </ul> <p>rouille brune.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Sensible à septoriose.</li> </ul> <p>Caractéristiques agronomiques et technologiques :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Rendement Elevé</li> <li>❖ Poids de mille grains (PMG) Elevé</li> <li>❖ Qualité semoulière Bonne</li> <li>❖ Mitadinage (Résistante)</li> <li>❖ Teneur en protéines 13,50%</li> </ul>

## Annexe 6

**Tableau 11** : Classification des sols salés (Maillard, 2001)

Classe	Conductivité de l'extrait de sol saturé (dS/m)
Non salins	0 – 2
Légèrement salins	2 – 4
Modérément salins	4 – 8
Fortement salins	8 – 16
Très fortement salins	> 16

**Tableau 12** : Classification de l'eau saline (Maillard, 2001)

Classe	EC en (dS/m)	Concentration en sels totale en (mg/l)	Type d'eau
Non saline	< 0.7	< 500	Eau potable et irrigable
Légèrement saline	0.7 – 2	500 – 1500	Eau d'irrigation
Modérément saline	2 – 10	1500 – 7000	Première eau de drainage et eau souterraine
Très saline	10 – 25	7000 – 15 000	Seconde eau de drainage et eau souterraine
Très fortement saline	25 – 45	15 000 – 35 000	Eau souterraine très salée
Saumure	>45	>45 000	Eau de mer



Annexe 7

Tableau 13 : culture des variétés (Ayadi et Bounegab., 2020)






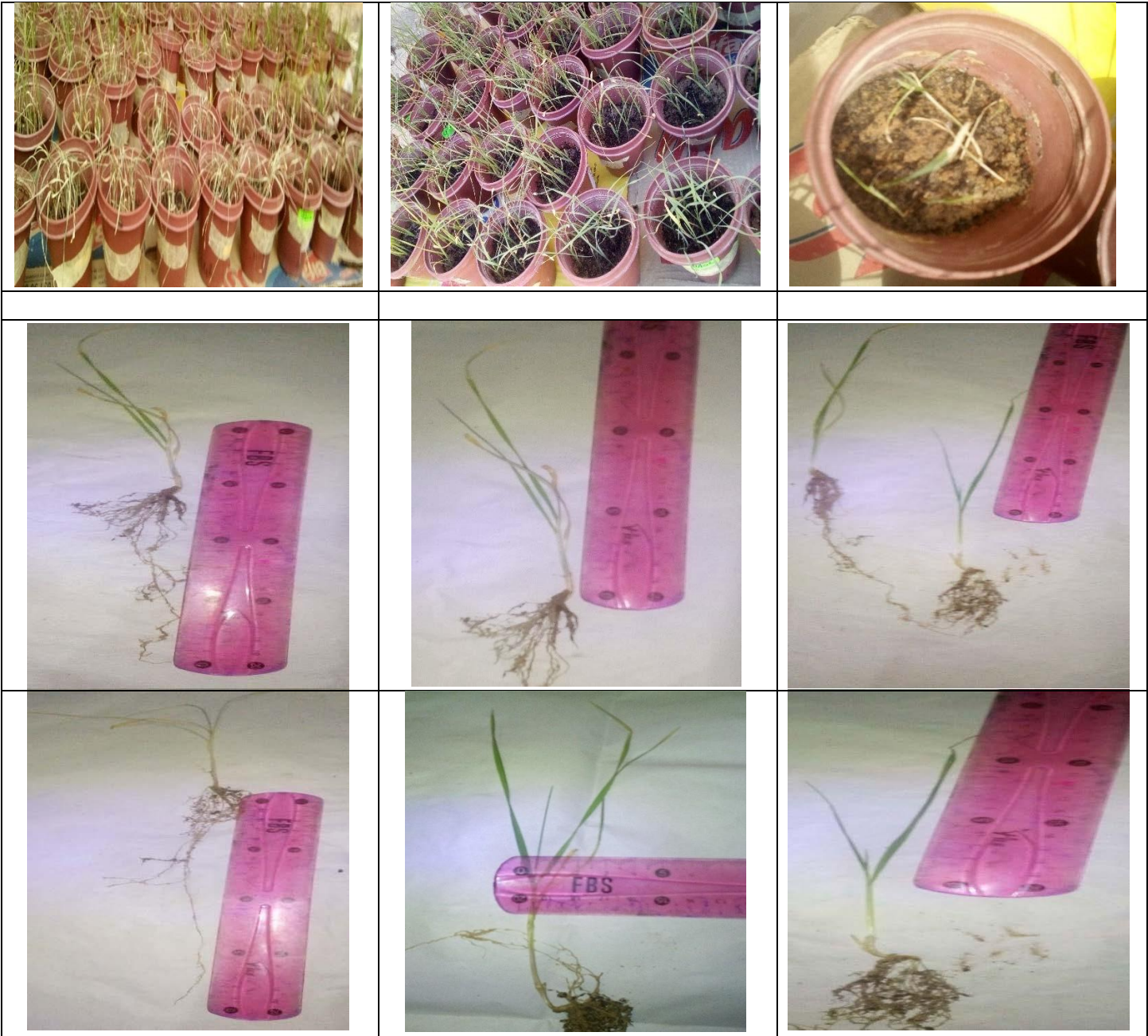
Oued Bared	Boussalem	Vitro	Chen's	Targui
				

Tableau 14 : variétés de blé dur (Ayadi et Bounegab., 2020)





## Le Résumé

Le stress salin constitue le principal stress abiotique limitant considérablement la productivité du blé dur (*Triticum durum* Desf.) en Algérie.

Dans ce travail nous avons étudié l'effet de stress salin chez cinq variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.) **Oued bared, Boussalem, Chen's, Targui et Vitro** et leurs variabilités de la réponse. D'après l'étude des différents paramètres morphologiques, physiologiques et biochimique, sous différente dose de NaCl (0Mm, 100Mm, 150Mm et 200Mm).

Les résultats obtenus montrent que le stress salin a entraîné une augmentation des longueurs des racines chez les plantules stressés et une réduction chez l'autre paramètre morphologique (nombres des racines et feuilles, longueurs des feuilles et les surfaces foliaires). De même une diminution des paramètres physiologiques (teneur en eau, chlorophylle (a et b)) et biochimiques (proline et sucre totaux).

En conclusion, l'étude a montré que la variété Chen's s'est la plus tolérance au stress salin que les autres variétés, et la variété Oued El Bared s'est la plus sensible que les autres variétés.

**Mots clés :** Blé dur (*Triticum durum* Desf.), stress salin, Paramètres morphologiques, biochimique et physiologique, NaCl. .

## Abstract

Saline stress is one of the major abiotic stresses limiting the productivity of hard wheat (*Triticum durum* Desf.) in Algeria. In this work we studied the effect of saline stress in five varieties of durum wheat (*Triticum durum* Desf.) Oued bared, Boussalem, Chen's, Targui and **Vitro** and their variability of the response.

Based on the study of the various morphological, physiological and biochemical parameters, under different doses of NaCl (0Mm, 100Mm, 150Mm, and 200 Mm).

The results obtained show that the saline stress induced a reduction of the lengths of roots in seedlings stressed and reduction in the other morphological parameters (numbers of roots and leaves, lengths of leaves and leaf surfaces). Similarly a decrease in physiological parameters (water content, chlorophyll (a and b)) and biochemical (proline and sugar total).

In conclusion, The study showed that the variety Chen's has been the most tolerant of saline stress than the other varieties, and the variety Oued El Bared has been the most sensitive than the other varieties.

**Keywords:** Durum wheat (*Triticum durum* Desf.), saline stress, morphological, biochemical and physiological parameters, saline stress, NaCl.

## المخلص

ملوحة الماء من ام العوامل البيولوجية التي لها تأثير على انتاجية القمح الصلب في الجزائر. قمنا في هذا العمل بدراسة تأثير الاجهاد الملحي على خمس انواع من القمح الصلب ود بارد, بسالم, شنس, تارقي, وفيترو وتتوع استجابهم. بعد دراسة مختلف المعايير المرفولوجية, البيوكيميائية و الفيزيولوجية, تحت مختلف تراكيز الملح (0Mm, 100 Mm, 150Mm و 200Mm).

تبين النتائج المتحصل عليها ان الاجهاد الملحي تسبب في زيادة اطوال جذور النباتات المجهده وانخفاض المعايير المرفولوجية الاخرى(اعداد الجذور والأوراق, اطوال الاوراق و سطوح الاوراق). انخفاض ايضا في المعايير الفزيولوجية (محتوى الماء, اليخضور (ا و ب) والبيوشيمية (برولين وسكر الاجمالي).

في الختام اظهرت الدراسات ان شنس هو النوع الاكثر تسامحا للاجهاد الملحي بالنسبة للأنواع الاخرى و ود بارد هو النوع الاكثر حساسية للاجهاد الملحي.

**الكلمات المفتاحية :** القمح الصلب, المعايير المورفولوجية, بيوكيميائية و الفيزيولوجية, جهاد الملحية, ملح