

Ministère de l'Enseignement Supérieur Et de La Recherche Scientifique



Université de Ghardaïa

N° d'ordre :
N° de série :

Faculté des sciences de la nature et de la vie et des sciences de la terre
Département de Biologie

Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de

MASTER

Domaine : Sciences de la nature et de la vie

Filière : Ecologie et environnement

Spécialité : Sciences de l'environnement

Par : BENABDERRAHMANE Malika

Thème

Etude de l'influence du stress salin sur les caractéristiques biométriques et physiologiques de deux variétés d'orge de l'espèce « Hordeum vulgare L ».

Soutenu publiquement le : 10/06/2013

Devant le jury :

M. AGOUN Mohamed Salah	Maître Assistant A	Univ. Ghardaïa	Président
M. HALILAT Mohamed Tahar	Professeur	Univ. Ghardaïa	Encadreur
M. HADJ SEYD Abdelkader	Maître Assistant A	Univ. Ghardaïa	Co- Encadreur
M. BEN BRAHIM Faouzi	Maître Assistant A	Univ. Ghardaïa	Examineur

Année universitaire 2012/2013

Dédicace

*À ceux qui n'ont jamais cessé de se sacrifier pour mon
avenir, À ceux que je dois mon bonheur et mes joies,*

À mes très chers parents.

*À mes chers frères pour leurs aides, leurs
encouragements et leur présence à côté de moi pendant
toute la vie universitaire ;*

*À mes fidèles sœurs pour leur présence à tout moment
et leur soutien moral ;*

*À tous les membres des
familles : BENABDERRAHMANE et
BENAMMARE*

Sans exception

*À tous mes amies, particulièrement : (Asma
,Aida ,Bouchra ,Nawel ,Fouzia ,Nadjwa ,Hasna
,Nadjet ,Sabrine),*

*À tous mes collèges de spécialité écologie et
environnement.*

BENABDERAHMANNE Malika

Remerciement

Merci à notre bon Dieu, notre guide, notre force, notre bonheur, et la raison de notre existante. C'est lui qui nous a fait comprendre le but de cette vie, et qui nous a donné le pouvoir d'aimer les gens et d'apprécier les choses. Merci qu'il soit avec nous dans les moments les plus difficiles.

*Il m'est très agréable d'exprimer toute ma gratitude, ma profonde reconnaissance et mes sincères remerciements à mon promoteur: **Mr. HALILAT Mohamed Tahar** et aussi à mon co-promoteur: **Mr. HADJ SEYD Abdelkader**, pour m'avoir dirigé, orienté, conseillé et pour sa présence le long de ce travail.*

*Mes vifs remerciements vont aussi à : **Mr. KEMASSI Abdellah** , **Mr. BEN BRAHIM Faouzi**, **Mr. HOUICHITI Rachid** et **Mr. BEN SAMOUNE Youcef** pour leurs aides et leurs précieux conseils.*

Mes remerciements s'adressent aussi aux membres de jury qui ont accepté d'examiner ce modeste travail afin de l'enrichir à travers leurs critiques et conseils.

*Merci à l'ensemble des enseignants que j'ai eu la chance de connaître durant mes études et surtout les enseignants du département **Science de la Nature et la Vie**.*

Merci à toute personne qui a contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce mémoire, que ce soit par son amitié, ses conseils ou son soutien moral.

Merci

Résumé : Etude de l'influence du stress salin sur les caractéristiques biométriques et physiologiques de deux variétés d'orge de l'espèce « *Hordeum vulgare* ».

La salinisation des sols et de l'eau, est l'un des principaux facteurs abiotiques qui limitent la productivité végétale et le rendement agricole, plusieurs études se penchent vers les comportements des plantes envers ce problème afin de créer des variétés agricoles beaucoup plus résistantes.

La présente étude a pour objectif d'évaluer l'influence du stress salin sur deux variétés d'orge (*Hordeum vulgare*): Saida et Tichidrette. L'évaluation a concerné plusieurs caractères biométriques (Longueur de la partie aérienne et souterraine, la biomasse fraîche et sèche) et physiologiques (la teneur des chlorophylles (a), (b) et (a+b) et la teneur en sucre soluble).

Les résultats obtenus ont montré que le stress salin appliqué, a affecté la majorité des paramètres étudiés. L'effet du sel s'est traduit par une baisse de la teneur en pigments chlorophylliens et d'une diminution des teneurs en sucres solubles.

Ces résultats ont été confirmés par l'analyse des variances à un critère de classification entre les moyennes mesurées des différents paramètres biométriques et physiologiques étudiés à l'ANOVA qui montrent bien que les différences deviennent significatives, hautement significatives pour les concentrations qui ne dépassent pas 100 mM et très hautement significatives au-delà concentration de 150 mM en sel pour la plupart des paramètres étudiés.

Mots clés : stress, *Hordeum Vulgare*, NaCl, physiologiques, biométriques.

المخلص : دراسة تأثير الاجهاد الملحي على الخصائص البيومترية و الفيزيولوجية لنوعين من الشعير

« *Hordeum vulgare* »

ملوحة التربة و الماء هي واحدة من بين اهم العوامل اللاحيوية التي تحد من الانتاج النباتي و المردود الفلاحي , حيث توجهت الأبحاث الحديثة نحو دراسة خصائص النباتات اتجاه مشكل الملوحة لتنتهي إلى وضع أصناف زراعية مقاومة.

تهدف هذه الدراسة الى تقييم تأثير الاجهاد الملحي على استجابة نوعين من الشعير: سعيدة و تيشدرت بتراكيز مختلفة من ملح كلور الصوديوم. ارتكز التقييم على عدة خصائص بيومترية (طولي الساق و الجذور , كتلة المادة الحية و المادة الجافة) و فيزيولوجية (كمية اليخضور (ا), (ب), و (ا+ب) و كمية السكر المذابة)

النتائج المتحصل عليها بينت ان الاجهاد الملحي المطبق له تأثير على غالبية الخصائص المدروسة. تأثير الملح كان واضحا في انخفاض مستوى الكلوروفيل و كمية السكر المذاب. كما أثبتت هذه النتائج عن طريق دراسة احصائية للمتغير ببرنامج ANOVA تسجيل تغيرات معتبرة , جد معتبرة بالنسبة للتراكيز التي لا تفوق 100 ميلي مول و أكثر اعتبارا فيما يخص تركيز يفوق 150 ميلي مول و هذا بالنسبة لغالبية الخصائص المدروسة .

الكلمات الدالة : الاجهاد, *Hordeum vulgare*, كلور الصوديوم, فيزيولوجية, بيومترية

Table des matières

Introduction	01
Chapitre I: Synthèse bibliographique	
I -Salinité.....	04
I-1 Définition.....	04
I-2 Origine de la salinité	04
I-3 Importance de la salinité.....	05
I- 4Causes de la salinisation des sols.....	05
I-4- 1Salinisation primaire	05
I-4-2 Salinisation secondaire.....	06
I- 5Lutte contre la salinisation du sol.....	06
I-5-1 Lutte contre la salinisation des sols liée à l'irrigation.....	06
I-5-2 Lutte contre la salinisation des sols liée à la remontée de la nappe phréatique	07
I-5-3 La phytoremédiation	07
I-6 Définition de sols salés (sols halomorphes)	08
I-7 Rapport entre la salinité du sol et celle de l'eau d'irrigation.....	08
I-8 Classification des sols.....	09
I-9 Caractéristiques des sols salés.....	10
I-10 Caractéristiques des eaux salées	13
I-11 Répartition géographique et importance des sols affectés par la salinité dans le monde	14
III -Salinité et la plante.....	15
III-1 Nécessite et rôle des éléments minéraux	15
III-1-1La composition minérale des végétaux	15
III-2Notion de stress	15
III -3 Catégories de stress	16
III-3-1 Stress salin	17
III-3-2Le stress hydrique.....	17
III-3-3 Le stress ionique.....	17
III-3-4 Le stress nutritionnel.....	17
III-4 Effet de la salinité sur les plantes	18

III-4-1 L'effet de la salinité sur la croissance	18
III-4-2 L'effet de la salinité sur l'eau dans la plante	19
III-4-3 L'effet de la salinité sur l'anatomie de la feuille.....	19
III-4-4 Effet de salinité sur le comportement biochimique	19
III-5 Mécanismes de résistance à la salinité	23
III-5-1 Exclusion	23
III-5 -2 Inclusion	23
III-5 -3 La réexcrétion	24
III-6- Mécanisme d'adaptation à la salinité	25
III-6-1 Adaptation morphologique	25
III-6-2 Adaptation anatomiques	25
III-6-3 Glandes sous l'effet de la salinité	25
III-6-4 Ajustement osmotique et relations hydriques dans la plante	25
VI - Généralités sur l'orge (<i>Hordeum vulgare L</i>)	27
VI-1 Description de la variété Saida	28
VI-2 Description de la variété Tichidrette	28

Chapitre II : Matériels et Méthodes

I- Protocole expérimental.....	30
I-1-Conditions de culture.....	30
I-1-1-1 Matériel végétal.....	30
II-Méthodes	30
II-1- Dispositif expérimental	30
II -2- Préparation de culture	30
II-2-1-Préparation du substrat de culture	30
II-2-2- Préparation de la solution saline.....	31
II 2-3-L'irrigations des plantes.	32
III- Paramètres mesurés.....	33
III-1- Paramètres morphologiques.....	33
III-1-1- Mesure de la croissance en longueur.....	33
III-1-2- Mesure de la croissance pondérale.....	33
III-2 Paramètres physiologiques.....	33
III-2 -1 Dosage des sucres solubles	33

III-2- 2Dosage de chlorophylle	34
IV- Analyse statistique	34

Chapitre III: résultats et discussion

I - Paramètres morphologiques.....	36
I-1 Longueur de la partie aérienne (LPA).....	37
I-2 Longueur de la partie souterraine (LPS).....	40
I-3Biomasse fraîche total	43
I-4Biomasse sèche total	46
II – Paramètres physiologiques	49
II-1-Teneur de la chlorophylle a (CHL a)	49
II- 2- Teneur de la chlorophylle b (CHL b)	52
II- 3- Teneur de la chlorophylle totale (CHL(a+b))	55
II-4- Teneur des sucres soluble.....	58
III- Discussion.....	61
Conclusion.....	64
Références bibliographiques.....	67
Annexes.....	74

Liste des figures

<i>N°</i>	<i>Titre</i>	<i>page</i>
Figure 01	Schématisation du bilan de la circulation du sodium dans les plantes incluser ou excluser	24
Figure 02	Architecture d'une plantule d'orge au stade juvénile.	27
Figure 03	Variation de la longueur de la partie aérienne (LPA) de la variété Tichidrette au cours du temps	38
Figure 04	Variation de la longueur de la partie aérienne (LPA) de la variété Saida au cours du temps	40
Figure 05	Variation de la longueur de la partie souterraine (LPS) de la variété Tichidrette au cours du temps	41
Figure 06	Variation de longueur de la partie souterraine (LPS) de la variété saida au cours du temps	43
Figure 07	Variation de la biomasse fraîche totale de la variété Tichidrette au cours du temps	44
Figure 08	Variation de la biomasse fraîche totale de variété Saida au cours du temps	46
Figure 09	Variation de la biomasse sèche totale de la variété Tichidrette au cours du temps	47
Figure 10	Variation de la biomasse sèche totale de la variété Saida au cours du temps	49
Figure 11	Variation de la chlorophylle a (chl a) variétéTichidrette au cours du temps	50
Figure 12	Variation de la chlorophylle a (CHL a) variété Saida au cours du temps	52
Figure 13	Variation de la chlorophylle b (CHL b) variété Tichidrette au cours du temps	53
Figure 14	Variation de la chlorophylle b (CHL b) variété Saida au cours du temps	55
Figure 15	Variation de la chlorophylle totale (CHL (a+b)) variété Tichidrette au cours du temps	56

Figure 16	Variation de la chlorophylle totale (CHL (a+b)) variété Saida au cours du temps	58
Figure 17	Variation de La teneur des sucres soluble de variété Tichidrette au cours du temps	59
Figure 18	Variation de la teneur des sucres soluble de variété Saida au cours du temps	60

Liste des Tableaux

<i>N°</i>	<i>Titre</i>	<i>page</i>
Tableau 01	Caractéristiques des sols salin et alcalin	10
Tableau 02	Classe de la salinité des sols	13
Tableau 03	Classification des eaux salées	14
Tableau 04	Répartition géographique des terres affectées par la salinité	14
Tableau 05	composition de la solution saline dans 1 litre de solution.	31
Tableau 06	Longueur de partie aérienne (cm) de variété Tichidrette pour différentes concentration en NaCl durant les quarante jours de stress.	38
Tableau 07	Longueur de partie aérienne (cm) de variété Saida pour différentes concentration en NaCl durant les quarante jours de stress.	39
Tableau 08	Longueur de partie souterraine (cm) de variété Tichidrette pour différentes concentration en NaCl durant les quarante jours de stress.	41
Tableau 09	Longueur de partie souterraine (cm) de variété Saida pour différentes concentration en NaCl durant les quarante jours de stress	42
Tableau 10	Biomasse fraîche totale (g) pour la variété Tichidrette pour différentes concentration en NaCl durant les quarante jours de stress.	44
Tableau 11	Biomasse fraîche totale (g) de variété Saida pour différentes concentration en NaCl durant les quarante jours de stress.	45
Tableau 12	Biomasse sèche totale (g) de variété Tichidrette pour différentes concentration en NaCl durant les quarante jours de stress.	47
Tableau 13	Biomasse sèche totale (g) de variété Saida pour différentes concentration en NaCl durant les quarante jours de stress.	48
Tableau 14	Teneur de la chlorophylle a (chl a) en ($\mu\text{g/gMF}$) variété Tichidrette pour	50

	différentes concentration en NaCl durant les quarante jours de stress.	
Tableau 15	Teneur de la chlorophylle a (chl a) en ($\mu\text{g/gMF}$) de la variété Saida pour différentes concentration en NaCl durant les quarante jours de stress.	51
Tableau 16	Teneur de la chlorophylle b (CHL b) en ($\mu\text{g/gMF}$) de la variété Tichidrette pour différentes concentration en NaCl durant les quarante jours de stress.	53
Tableau 17	Teneur de la chlorophylle b (CHL b) en ($\mu\text{g/gMF}$) de la variété Saida pour différentes concentration en NaCl durant les quarante jours de stress.	54
Tableau 18	Teneur de la chlorophylle totale (CHL (a+b)) de la variété Tichidrette pour différentes concentration en NaCl durant les quarante jours de stress.	56
Tableau 19	Teneur de la chlorophylle totale (CHL (a+b)) en ($\mu\text{g/gMF}$) de la variété Saida pour différentes concentration en NaCl durant les quarante jours de stress.	57
Tableau 20	Teneur des sucres soluble en ($\mu\text{g/g MS}$) de variété Tichidrette pour différentes concentration en NaCl durant les quarante jours de stress.	59
Tableau 21	Teneur des sucres soluble en ($\mu\text{g/g MS}$) de la variété Saida pour différentes concentration en NaCl durant les quarante jours de stress.	60

Liste des Photos

<i>N°</i>	<i>Titre</i>	<i>page</i>
Photo 01	préparation du substrat de culture.	31
Photo 02	photo du dispositif expérimental	32
Photo 03	plantes prélevées de la variété Tichidrette à la fin de l'expérimentation	36
Photo 04	plantes prélevées de la variété Saida à la fin de l'expérimentation	37

Liste des abréviations

C: Carbone.

Ca: Calcium.

CE : conductivité électrique.

CO₂:Dioxyde de Carbone.

CO₃ : Carbonate.

Cl : Chlore.

DHAR : Dés hydro ascorbate réductase.

dS.m⁻¹ : déci Semence par mètre.

ESP : Echangeable Sodium Pourcentage.

F_{obs.} : Facteur observée.

F_{the} : Facteur théorique.

g.l⁻¹ : Gramme par litre.

H: Hydrogène.

ha: Hectare.

HCO³⁻: Bicarbonate.

K : Potasse.

m : mètre.

MDHAR: La monodéshydroascorbate réductase.

Meq/l: Milli équivalente par litre.

Mg: Magnésium.

Mha : Million d'hectare.

Mo : Molybdène.

Mg/ g MF: Mili gramme par gramme matière fraîche .

MgSO₄ : Sulfate de magnésium.

mM : milli Mole.

ml: Mili litre.

Na : Sodium.

NaCl: Chlorure sodium.

Na₂ SO₄: sulfate de sodium.

Na₂CO₃: carbonate de sodium.

Nm: Nano mètre .

O : Oxygène.

P : Probabilité.

pH: Potentiel Hydrique.

ppm: partie par million.

S : Soufre .

SO₄²⁻: Sulfate.

SAR: Rapport d'Adsorption de Sodium.

µg/g MS: Micros gramme par gramme de matière sèche .

(NS) : Non significative.

(S) : Significative.

(HS) : Hautement significative.

(THS) : Très hautement significative.

Introduction

Introduction

La salinisation des sols et de l'eau, est l'un des principaux facteurs abiotiques qui limitent la productivité végétale (**AL-KARAKI, 2000; BAATOUR et al, 2004**), et le rendement agricole (**ZID et al, 1991; ZHU, 2001**).

Dans les écosystèmes arides et semi arides, elle résulte des fortes évaporations d'eau à partir du sol (**MUNNS et al, 2006**) et d'une irrégulière et insuffisante pluviométrie (**MEZNI et al, 2002**). Elle provient également de l'irrigation le plus souvent mal contrôlée (**BEN NACEUR et al, 2001**). Chaque année, les surfaces perdues à cause de la salinité des sols, varient autour de 20 millions d'ha dans le monde. Ainsi, ces surfaces sont passées de 48 millions à 265 millions d'ha de terres agricoles touchées par la salinité, les surfaces agricoles affectées dans le monde seraient de 340 millions d'ha, soit 23% des terres cultivées dans le monde (**CHEVERRY, 1995**). Selon **SZABOLCS (1994)**, un milliard d'ha est menacé, dont 3,2 millions d'ha en Algérie (**BELKHODJA et al, 2004**).

Dans ces écosystèmes, la salinisation n'est pas liée seulement aux conditions climatiques mais aussi à l'homme qui, pour des raisons économiques, a développé une agriculture intensive souvent mal contrôlée en pratiquant des techniques culturales inadéquates. Pour pallier à cette contrainte environnementale, diverses stratégies peuvent être adoptées, par exemple l'application des techniques de drainage des sels en excès, puisqu'elles exigent un volume d'eau important pour lessiver ces sels, cette technique est très coûteuse (**RHODES et al, 1990**), de ce fait l'introduction d'espèces végétales tolérantes aux stress abiotiques et de haute valeur socio-économique, constitue une des approches pour réhabiliter les sols salins. Le choix idéal d'une végétation appropriée à ces conditions, constitue la première étape pour résoudre le problème de la salinité. C'est ainsi que l'introduction des espèces halophiles qui complètent leurs cycles de vie à des niveaux de salinité élevés et qui ont l'habilité d'accumuler de fortes concentrations en micronutriments, supérieures aux niveaux normaux (**WANG et al, 1997; RAMOS et al, 2004 in SAI KACHOUT et al, 2009**) sont prometteuses pour le dessalement des sols dans les zones arides et semi-arides (**MESSEDI et al, 2004**).

Pour mesurer la tolérance au stress de la salinité, nous nous sommes intéressés au comportement hydrique d'un génotype d'orge cultivé sous régime d'une concentration croissante de NaCl. L'orge a un intérêt alimentaire pour l'homme et les différents élevages bovin, ovin, équin et avicole (**BONJEAN et al, 1990**). Néanmoins, en Algérie, les superficies qui lui sont consacrées varient d'une année à l'autre avec une moyenne, sur plus d'un siècle (1901-2005), de 1 million d'hectares, une production moyenne variant de 3 à 16 millions de tonnes et une moyenne de rendement grain de 7q ha / année. Parmi les pays du Maghreb, l'Algérie se classe en seconde

position après le Maroc, qui produit plus de 16 millions de quintaux, en moyenne. La production mondiale de l'orge varie de 120 à 178 millions de tonnes (**FAOSTAT, 2008**).

L'augmentation du taux la salinité dans plusieurs régions irriguées du globe ainsi que les quelques observations effectuées au champ ont motivé les recherches sur les interactions entre le stress salin et le développement des plantes. Ainsi, de nombreuses recherches ont été effectuées sur l'influence de la salinité sur la physiologie et la morphologie des plantes, par contre, nos connaissances sur les effets de ces perturbations sur la prédisposition des plantes aux attaques parasitaires sont encore rudimentaires.

Notre travail a pour objectif d'étudier la réponse de deux variétés (Tichidrette et saida) de la plante d'orge (*Hordeum Vulgare L*) stressées au sel NaCl à des doses croissantes de témoin ,50mM ,100mM , 150mM et 250 mM , notre étude s'est accentuée sur un suivi de la croissance de la plante d'orge pendant 40 jour sous l'effet de stress. Le contrôle est basé surtout sur les mesures des paramètres biométriques (longueur de partie aérienne et souterraine, la biomasse fraîche et sèche) et paramètres physiologiques (Chlorophylle (a), (b) et (a+b) et la teneur en sucre soluble) de la plante étudiée.

Pour réaliser notre étude, nous avons partagé le document en trois chapitres :

- Chapitre 1 : Une synthèse bibliographique sur la salinité du sol, les halophytes et une description détaillée sur les variétés étudiée (Saida et Tichidrette).
- Chapitre 2: Matériels et méthodes.
- Chapitre 3: Résultats et discussions.

L'étude est clôturée par une conclusion générale suivie de quelques recommandations et perceptives.

Chapitre 1

Synthèse bibliographique

I- Salinité :

I-1 Définition :

La salinité est la présence de concentration excessive de sels solubles dans le sol ou dans l'eau d'irrigation (MASS et NIEMAN, 1975).

Un sol ou une eau d'irrigation ou encore une solution nutritive sont salés lorsque les concentrations en Na, Ca, Mg sous formes de chlorures, carbonates, ou sulfates sont présents en concentrations anormalement élevées (ASLIUM, 1990).

D'après POLJAKOFF, *et al*, 1975 (in BENNABI, 2005) le terme salinité semble indiquer la prédominance de NaCl. La salinité des sols et des eaux constitue un obstacle majeur sur la croissance des végétaux, dans les régions arides et semi-arides.

La salinité est un facteur limitatif majeur de la productivité agricole, les charges en sels soumettent les plantes à un stress permanent (GUPTA et ABROL, 1990 in BENNABI, 2005).

I-2 Origine de la salinité :

L'accumulation des sels dans les sols a pour origine plusieurs facteurs dont les principaux sont : les eaux d'irrigation, les roches parentales plus ou moins salées, la très forte évaporation et surtout la concentration de sels dans le temps et ce, en présence d'un plan d'eau en relation étroite avec la dynamique des nappes saumâtres.

Cette concentration de sels dans les horizons de surface, s'explique par la remontée capillaire de la nappe phréatique salée avec un dépôt ascensionnel ; la manifestation la plus apparente est celle des néoformations d'efflorescences blanchâtres et parfois des croûtes à la surface du sol. La teneur en sels dans les sols, qui est une contrainte pour l'agriculture, peut être corrigée par un lessivage d'hiver. Du point de vue qualitatif, les sels solubles de l'extrait de pate saturée sont dominés par la chaleur et représentent un fort taux de saumure anionique totale. Selon les zones et parmi les cations, le sodium vient en première place. Le pH de ces sols halomorphes est souvent alcalin, résultant d'une importante teneur en gypse. (KHADRAOUI, 2007).

I-3 Importance de la salinité :

La teneur totale en sels est le seul plus important critère pour évaluer la qualité de l'eau d'irrigation, cette teneur peut être exprimée en terme de conductivité électrique ou encore en ppm ou meq/l. La concentration totale est plus importante car la plupart des cultures répondent à la concentration ionique totale du milieu de croissance (effet osmotique) plutôt qu'à un ion spécifique.

Généralement, l'augmentation de la teneur en sels dans l'eau d'irrigation résulte d'une augmentation de la salinité de la solution du sol, la vitesse et le degré de cette augmentation dépendront de :

- ✚ Lessivage, c'est -à-dire la quantité d'eau apportée par irrigation ou par des pluies en des besoins de la culture et l'efficacité du lessivage.
- ✚ La composition ionique de l'eau d'irrigation et la tendance de quelques ions, tels que Ca^{2+} , HCO_3^- et SO_4^{2-} , à précipiter après l'extraction de l'eau du sol.
- ✚ Les propriétés physique du sol tel que l'infiltration, les caractéristiques hydriques et le drainage, (ANTIPOLIS, 2003).

La salinité peut, suivant la dose, avoir un effet non stimulateur distinct sur la croissance et le développement de la plante, cet effet stimulateur à été montré par (RUDOLFS, 2001). La salinité à des niveaux très faibles (bien que non quantifiées par les auteurs) de NaSO_4 , NaCl , MgSO_4 et Na_2CO_3 (ASLOUM, 1990).

I- 4- Causes de la salinisation des sols :

Bien que l'altération des roches et les minéraux primaires soit la principale source de tous les sels, les sols salés sont rarement formés par accumulation de sels in situ. Plusieurs causes sont à l'origine de ce phénomène (MAILLARD, 2001).

I-4-1 Salinisation primaire :

Près de 80 % des terres salinisées ont une origine naturelle, on qualifie alors la salinisation de «primaire». Dans ce cas, celle-ci est due à la formation des sels pendant l'altération des roches ou à des apports naturels externes :

- ✓ Dans les régions côtières, intrusion de l'eau salée ou submersion des terres basses.
- ✓ Inondation périodique par de l'eau de mauvaise qualité.

- ✓ Remontée d'une nappe phréatique salée près de la zone racinaire (MERMOURD, 2006).

I-4-2 Salinisation secondaire :

Près de 20% des terres salinisées ont une origine humaine ou anthropique et sont qualifiées de «secondaires». L'irrigation est la principale cause anthropique de la salinisation des sols dans environ la moitié des situations, le développement de l'irrigation s'est accompagné de l'apparition de processus de salinisation, sodisation ou alcalinisation des sols d'importance variable. Si les situations apparaissent très diverses en raison des caractéristiques du milieu naturel, des pratiques agricoles ou de la gestion de l'eau, ces dégradations ne sont pas inéluctables et apparaissent pour l'essentiel comme la résultante de mode de gestion inappropriée des ressources en sol et en eau. L'irrigation altère le bilan hydrique du sol en générant un apport d'eau supplémentaire; cet apport est toujours associé à un apport de sels. En effet, même une eau douce de la meilleure qualité contient des sels dissous et, si la quantité de sels apportée par cette eau peut sembler négligeable, les quantités d'eau apportées au fil du temps entraînent un dépôt cumulé de sels dans les sols qui peut s'avérer considérable (MARLET, 2005).

I-5 Lutte contre la salinisation des sols :

I-5-1 Lutte contre la salinisation des sols liée à l'irrigation :

- ✓ La prévention par le drainage des terres irriguées permet d'éviter la concentration des sels qui diminueraient les potentialités productives de terres irriguées mais génère des effluents qu'il faut gérer. Les externalités associées à la salinisation ne sont pas immédiates; en général, il faut au moins une décennie pour qu'elles se manifestent (baisse des rendements...)
- ✓ La réhabilitation des terres salinisées. Cette opération est coûteuse, elle peut représenter de 65% à 100% des coûts d'investissements. Elle est parfois impossible techniquement.
- ✓ Lorsque l'eau d'irrigation utilisée est saumâtre, les solutions curatives possibles sont :

- a) l'augmentation de la fréquence des irrigations et l'accroissement de l'apport d'eau aux plantes en considérant les besoin de lessivage et/ou l'association de différentes sources d'eau;
- b) la réhabilitation par modification des pratiques culturales;
- c) le drainage de surface;
- d) le drainage artificiel souterrain vertical;
- f) le drainage artificiel souterrain horizontal (**BOUCHOUKH , 2009**).

I-5-2 Lutte contre la salinisation des sols liée à la remontée de la nappe phréatique :

✓ L'abaissement du niveau de la nappe grâce à :

- a) la surélévation des terres;
- b) un système de drainage artificiel souterrain horizontal;
- c) la réhabilitation par modification des pratiques culturales: jachère et travail du sol, utilisation de plantes résistantes à la salure.

✓ Le biodrainage (**BOUCHOUKH , 2009**).

I-5-3 La phytoremédiation :

L'idée d'utiliser des plantes pour extraire les métaux lourds et leurs composantes fut introduite en 1983 bien que le principe soit connu depuis 300 ans. C'est dans les années 1990 que le concept de la remédiation (bio et phytoremédiation) émerge comme une nouvelle technologie qui utilise les plantes vertes et des microorganismes associés (bactéries, champignons) pour le nettoyage d'un environnement pollué. La phytoremédiation comprend plusieurs techniques : la phytoextraction, la phytovolatilisation, la phytostabilisation, la phytodégradation et la rhizofiltration (**AOUN, 2009**).

Plusieurs études ont identifié des espèces végétales hyperaccumulatrices, principalement des halophytes très prometteuses pour le dessalement des sols salins. Cette capacité de dessalement a été principalement estimée par des mesures effectuées en sols salins et des expérimentations consistant à cultiver des halophytes sur sol salin et à établir le bilan de l'exportation du sel par ces

plantes. La comparaison de la salure des sols en début et à la fin de l'expérimentation a également montré l'aptitude des halophytes à extraire une quantité appréciable de sel (ABDELLY, 2006)

A titre d'exemple, une approche réalisée en Tunisie a consisté à déterminer les effets de la pré-culture des halophytes sur la croissance de glycophytes sur le même sol. Les sols ayant servi à la culture des halophytes seront utilisés pour cultiver des glycophytes. Trois plantes ont été retenues. L'orge, glycophyte tolérante, succèdera aux halophytes. On utilisera par la suite une légumineuse fourragère, *Medicago sativa*, espèce moyennement sensible au sel et enfin le Haricot ou le Pois Chiche, réputés très sensibles au sel. La comparaison des croissances des plantes cultivées sur les deux types de pots (témoins, et support des halophytes dans l'expérience précédente) permettra d'évaluer l'efficacité biologique de ce procédé de désalinisation. Des dosages de Na^+ et Cl^- dans les différents organes permettent éventuellement d'évaluer l'effet des changements attendus de disponibilité de ces ions entre les deux sols (ABDELLY, 2006).

Les résultats ont montré que sur la base de plusieurs paramètres (croissance, nutriments minérale et hydrique), les plantes cultivées sur sols salinisés ayant servi au préalable aux cultures des halophytes sont significativement plus productives par comparaison (ABDELLY, 2006).

I-6 Définition de sols salés (sols halomorphes) :

Ce sont des sols formés sur des alluvions deltaïques. Ils sont argileux et ils présentent aussi des caractéristiques hydromorphes, ils sont marqués par de fortes teneurs en sels solubles qui précipitent en surface en saison sèche (KHOUMA ,2000).

I-7 Rapport entre la salinité du sol et celle de l'eau d'irrigation :

L'étude pédologique nous a montré que la plupart des sols irrigués sont affectés par la salinité. Cette dernière est liée à la salinité de l'eau d'irrigation. La salinité développée au niveau du sol va de paire avec celle de l'eau d'irrigation. Plus la conductivité électrolytique de l'eau d'irrigation est forte plus la teneur en sodium augmente, provoquant ainsi un enrichissement net en sodium soluble. Lorsque la conductivité croît, le faciès chimique passe du type (Ca, Cl) au type (Na, Cl).

Les résultats ont montré que la salinisation était la conséquence d'une irrigation avec des eaux assez concentrées en sel. Bien que dans certains endroits, les eaux ne soient pas très salées, ce sont pourtant elles qui ont donné naissance aux différentes manifestations de salinisation à cause des caractéristiques spécifiques des sols (sols argileux). (MORSLI, 2007).

I-8 Classification des sols salés :

Basée sur la concentration en sel et le rapport Na : (Ca + Mg), les sols ont été classifiés comme salin, sodique ou salin-sodique. La concentration totale en sels est habituellement mesurée par la conductivité électrique EC dans les unités de dS.m⁻¹, où 1 dS.m⁻¹ est approximativement égal à une concentration de 10 mM du sel qui se dissocie en deux ions monovalents quand ils sont en solution (par exemple NaCl). Les sols salins sont généralement définis en tant que ces sols ayant une CE de 4 dS.m⁻¹ ou plus. Des sols sodiques sont définis en tant que ces sols qui ont un rapport d'adsorption de sodium (SAR) supérieur à 15. Le SAR est calculé comme suit :

$$\text{SAR} = \frac{r \text{Na}^+}{[(r \text{Ca}^{++} + r \text{Mg}^+)/2]^{1/2}} \quad (\text{KHADRAOUI}, 2007)$$

Avec :

[] : Concentration des ions en meq/l.

Na: Sodium.

Ca: Calcium.

Mg: Magnesium.

Le S.A.R est subdivisé en quatre classes:

- S.A.R < 10 : eau utilisée avec peu de danger d'alcalinisation des sols.
- 10 < S.A.R < 18 : eau utilisée avec un danger appréciable d'alcalinisation.
- 18 < S.A.R < 26 : eau pouvant provoquer un danger d'alcalinisation.
- S.A.R > 26 : eau présentant un danger d'alcalinisation très fort.

I-9 Caractéristiques des sols salés :

La formation des sols salés est en relation étroite avec la présence de l'ion sodium Na^+ sous l'une ou l'autre de ses formes: soluble (NaCl , Na_2SO_4) ou échangeable, parfois les deux. Les sols salés sont riches en sels solubles (Sols salins) ou en sodium adsorbé (sols sodiques ou alcalins) :

- ✓ Les sols salins ont pour principales caractéristiques leur richesse en sels de sodium neutres (NaCl chlorure de Sodium, Na_2SO_4 sulfate de sodium) mais contenant également des quantités appréciables d'ions chlorites et de sulfates de sodium, calcium et magnésium. Ces sols sont généralement dominants dans les régions arides et semi - arides.
- ✓ Les sols alcalins sont riches en sodium échangeable et en revanche pauvres en sels solubles (sels alcalins, carbonates et bicarbonates de sodium, Na_2CO_3 principalement) Les sols alcalins se trouvent plutôt dans les zones semi - aride et sub - humide.

Ces deux types de sols ont en fait des propriétés chimiques et physiques distinctes, d'où des effets sur les plantes, des traitements pour leur remise en valeur, une distribution géographique et une qualité des aquifères adjacents différents (MAILLARD, 2001). Le tableau 01 ci-après représente les caractéristiques de ces deux types de sols.

Tableau 01: Caractéristiques des sols salins et alcalins (MAILLARD, 2001).

Caractéristiques	Sols salins	Sols alcalins
<i>Chimique</i>	Dominé par des sels solubles neutres : chlorure et sulfates de sodium, calcium et magnésium.	Peu de sels solubles neutres mais généralement des quantités appréciables de sels capables d'hydrolyse alcaline telle que les carbonates de sodium (Na_2CO_3).
	pH de l'extrait de sol saturé généralement de moins de 8.2 (8.7 dans d'autres ouvrages).	Le pH de l'extrait de sol saturé de plus de 8.2 (ou 8.7) et atteignant souvent 9 ou 10
	Une électro –conductivité (EC) de l'extrait de sol saturé de plus de 4	Le pourcentage de Sodium échangeable

	dS/m à 25°C est en général la limite acceptée. Cependant le "Soil Science Society of America" établit une limite à 2 dS/m	(Echangeable Sodium Pourcentage ou ESP) de 15 est la limite admise au-delà de laquelle le sol est qualifié d'alcalin. La C E est généralement de moins de 4 dS/m mais peut être plus important au cas où des quantités de Na ₂ CO ₃ seraient présentes.
	Généralement pas de relation bien définie entre le pH de l'extrait de sol saturé et l'ESP ou le coefficient d'absorption du Sodium (Sodium Absorption Ratio ou SAR) de l'extrait de sol saturé.	Bonne relation entre le pH du sol et l'ESP ou CAS de telle sorte que le pH peut être utilisé comme index approximatif du degré d'alcalinité.
	Des quantités appréciables de composés calciques solubles peuvent se trouver (tel que le gypse).	Le gypse est pratiquement toujours absent
Physique	En présence excessive de sels solubles neutres. La fraction argileuse est floculée et le sol est stable.	Un excès en Sodium échangeable couplé à des valeurs de pH élevées rend l'argile dispersée et une instabilité structurale du sol.
	La perméabilité à l'eau et à l'air de ces sols est généralement comparable à ceux des sols «normaux».	La perméabilité à l'eau et l'air est restreinte. Les propriétés physiques de ces sols s'aggravent avec l'augmentation du pH et du

		sodium échangeable.
<i>Effet sur la croissance des plantes</i>	La croissance des plantes est affectée par l'action des sels solubles sur la pression osmotique de la solution du sol résultant en une diminution de disponibilité en eau	La croissance des plantes est affectée par l'action de dispersion du sodium échangeable dégradant les propriétés physiques du sol.
	Toxicité des ions tels que les ions Na, Cl, B, etc.	A travers un pH élevé du sol causant des déséquilibres nutritionnels incluant notamment une déficience en Calcium A travers la toxicité d'ions tels que les ions Na, CO ₃ , Mo, etc.
<i>Amélioration du sol</i>	L'amélioration des sols salins se fait par le lessivage des sels solubles dans la zone racinaire du sol. L'application d'amendements n'est généralement pas nécessaire.	L'amélioration des sols alcalins se fait essentiellement par remplacement du Sodium sur le complexe échangeable du sol par du Calcium à travers des amendements, le lessivage et le drainage des sels après réaction avec l'amendement et le Sodium échangeable
<i>Distribution Géographique</i>	les sols salins dominant dans les régions arides à semi – arides	Les sols alcalins se trouvent principalement dans les régions semi –arides et sub – humides

Tableau 02 : Classe de la salinité des sols (MAILLARD, 2001).

Classe du sol	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

I-10 Caractéristiques des eaux salées :

Toutes les eaux naturelles contiennent des minéraux dissous et des matières gazeuses.

(MOUGHLI, 2004 in GHODBENE, 2006) .L'accumulation des sels dans une eau dépend de son origine :

- ✓ Eau de pluie: gaz atmosphérique dissous et sels cycliques.
- ✓ Eau de surface: sa composition et sa concentration varie dans l'espace et dans le temps; cette variation dépend de :
 - a) la géologie du bassin versant;
 - b) le climat: la neige contient moins de sel que la pluie;
 - c) l'évaporation : la concentration de solution augmente avec l'augmentation de l'évaporation, ceci entraîne une variation de la salinité d'un cours d'eau avec la saison.
- ✓ Eaux souterraines : en général, leur composition est assez variable d'une année (ou saison) à l'autre s'il n'y a pas d'interventions notables de l'homme.

La composition et la concentration de l'eau en sels dépendent de la formation géologique qu'elle traverse, de sa température et de la composition de l'eau de recharge s'il y en a. Le tableau 03 suivant montre les classes des eaux salées.

Tableau 03 : Classification des eaux salées (RHOADES *et al*, 1992 in MAILLARD, 2001).

Classe d'eau	CE (dS/m)	Concentration en sel (mg/l)	Type d'eau
Non salée	< 0,7	< 500	L'eau potable et d'irrigation.
Légèrement salée	0,7 – 2	500 - 1500	L'eau d'irrigation.
Modérément salée	2 – 10	1500 – 7000	L'eau de drainage primaire et de la nappe phréatique.
Fortement salée	10 – 25	7000 – 15.000	L'eau de drainage secondaire et de la nappe phréatique.
Très salée	25 – 45	15.000 – 35.000	Nappe phréatique très salée.
Extrêmement salée	> 45	> 45.000	L'eau de mer.

I-11 Répartition géographique et importance des sols affectés par la salinité :

La salinité est localisée en grande partie dans les régions d'Australie et Asie du nord et centrale avec respectivement 37,42% et 22,17% de sols salés. Cette classification fait suivre les régions d'Amérique du sud avec 13,53%. Les surfaces des autres régions sont relativement réduites puisqu'elles représentent des taux bien en dessous de 10%.

Tableau 04 : Répartition géographique des terres affectées par la salinité (I.E.D ,1987).

Région	Million d'hectare	%
Australie	357,3	37,42
Asie du Nord et Centrale	211,7	22,17
Amérique du Sud	129,2	13,53
Asie du Sud	87,86	9,17
Afrique	80,5	8,43
Europe	50,8	5,32
Amérique du Nord	15,7	1,64
Mexique et Amérique Centrale	20	2,09
Asie du Sud Est	2	0,2

En Algérie, la superficie des sols salés augmente de plus en plus chaque année, plusieurs milliers d'hectares sont touchés par la salinité sur l'ensemble du pays avec 28 Wilayat sérieusement affectées par les sels (MAP, 1996 in DOUAOUI *et al*, 2001).

II – Interaction entre la salinité et la plante :

II-1 Nécessité et rôle des éléments minéraux :

II-1-1 La composition minérale des végétaux :

La plupart des plantes exigent outre que les éléments C, O, H, S et P, des ions métalliques comme le K et Ca. ...et aussi des éléments comme le B, Mn, Zn ... ces éléments minéraux sont classés, selon leur importance pondérale en deux groupes :

- **Les macroéléments** : Les macroéléments sont ceux qui sont requis en grande quantité par la plante afin d'assurer sa croissance et son développement. Les macroéléments sont l'azote, le phosphore et le potassium.
- **Les oligoéléments** : Les oligoéléments sont des minéraux indispensables, souvent à très faible concentration, aux organismes tant végétaux qu'animaux.

Ces minéraux sont généralement associés à des molécules indispensables (chlorophylle, hémoglobine, coenzymes, prions, accepteurs d'hydrogène, etc.) (BOUCHOUKH, 2009).

II-2 Notion de stress :

On appelle stress toute pression dominante exercée par un paramètre, perturbant le fonctionnement habituel de la plante. Par ailleurs, la réponse du végétal dépend, entre autres, de ces paramètres environnementaux, (le type de contrainte, son intensité et sa durée) et génétiques (espèce et génotype) (HOPKINS, 2003).

Selon DUTUIT *et al* (1994), le stress est le dysfonctionnement (rupture d'un équilibre fonctionnel) produit dans un organisme ou dans un système vivant, par exemple par une carence.

Le stress est un ensemble de conditions qui provoquent des changements de processus physiologiques résultant éventuellement en dégâts, dommages, blessures, inhibition de croissance ou de développement. D'après JONES *et al* (1989): "C'est une force ou influence hostile qui tend à empêcher un système normal de fonctionner". Au niveau d'un écosystème par exemple, toute

contrainte externe qui limite la productivité en deçà de la potentialité génétique d'une plante peut être considérée comme stress (**GRIME., 1979**).

II -3 Catégories de stress :

Les plantes sont souvent confrontées à des conditions environnementales défavorables qu'on peut dénommer « stress » et qui ont pour conséquence une diminution de la croissance. Tous les stress impliquent des réactions de signalisations capables d'aboutir à la mise en place de défense ou de déclencher une mort cellulaire programmée (**LACLERC, 1999**).

On distingue deux grandes catégories de stress:

- ✚ Biotique: imposé par d'autres organismes (insectes, herbivores...).
- ✚ Abiotique: provoqué par un défaut ou excès de l'environnement physico-chimique comme la sécheresse, les températures extrêmes, la salinité...

Les stress abiotiques ou environnementaux affectent la croissance et le rendement des plantes, contrairement aux animaux qui peuvent se déplacer lorsque les conditions de vie ne leur sont plus favorables. Les plantes ont développé des stratégies d'adaptation pour répondre aux chocs chimiques ou physiques, engendrés par l'environnement en contrôlant et en ajustant leur système métabolique (**LACLERC, 1999**).

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

Pour survivre, la plante doit échapper ou éviter le stress. Nous citerons le cas des géophytes et des hémicryptophytes en hiver, grâce à leurs parties souterraines ou très proches du sol, également les thérophytes printanières qui évitent de pousser pendant la saison froide et la saison chaude (**LACLERC, 1999**).

Dans le cas du stress salin, la présence de fortes concentrations de sels dans le milieu crée une pression osmotique élevée dans l'environnement racinaire, réduisant la disponibilité de l'eau du sol pour la plante. A ce déficit hydrique s'associe un stress ionique dont l'ampleur dépend de la perméabilité des membranes végétales vis-à-vis des ions, et du niveau de toxicité de ces ions pour l'espèce végétale considérée (**HAMZA, 1980**). Le maintien des processus vitaux dans ces

conditions de forte salinité passe donc par une résistance de la plante à la déshydratation, par une adaptation de son potentiel osmotique afin de rétablir les relations hydriques et d'assurer une alimentation en eau convenable, ainsi que par un contrôle efficace des flux ioniques intracellulaires (CHRETIEN, 1992).

II-3-1 Stress salin :

Le stress salin est un excès d'ions, en particulier, mais pas exclusivement, aux ions Na^+ et Cl^- (HOPKINS, 2003). Le stress salin est dû à la présence de quantités importantes de sels. Il réduit fortement la disponibilité de l'eau pour les plantes, on parle alors de milieu "physiologiquement sec" (TREMBUN, 2000).

La quantité de sels dans le sol que les plantes peuvent supporter, sans grand dommage pour leur culture, varie avec les familles, les genres et les espèces, mais aussi les variétés considérées (LEVIGNERON et al, 1995).

Ces mêmes auteurs précisent que, les conséquences d'un stress salin peuvent résulter de trois types d'effets que le sel provoque chez les plantes :

II-3-2 Stress hydrique :

Une forte concentration saline dans le sol est tout d'abord perçue par la plante comme une forte diminution de la disponibilité en eau. Cela nécessite un ajustement osmotique adapté, afin que le potentiel hydrique cellulaire demeure inférieur à celui du milieu extracellulaire et à celui du sol. Ce phénomène assure d'une part, la poursuite de l'absorption de l'eau du sol, et d'autre part, la rétention de l'eau intracellulaire et le maintien de la turgescence. Lorsque l'ajustement osmotique n'est pas suffisant, l'eau a tendance à quitter les cellules, ce qui provoque un déficit hydrique et la perte de la turgescence (BABA SIDI-KACI, 2001).

II-3-3 Stress ionique:

En dépit d'un ajustement osmotique correct, la toxicité ionique survient lorsque l'accumulation de sels dans les tissus perturbe l'activité métabolique (BABA SIDI-KACI, 2001).

II-3-4 Stress nutritionnel:

Des concentrations salines trop fortes dans le milieu, provoquent une altération de la nutrition minérale, en particulier vis-à-vis des transporteurs ioniques cellulaires. Le sodium entre en

compétition avec le potassium et le calcium, et le chlorure avec le nitrate, le phosphore et le sulfate. (BABA SIDI-KACI ,2001).

II-4 Effet de la salinité sur les plantes :

La salinité du sol ou de l'eau est causée par la présence d'une quantité excessive de sels. Généralement un taux élevé de Na⁺ et Cl cause le stress salin.

Depuis que le stress salin implique aussi bien le stress osmotique qu'ionique (HAYASHI et MURATA, 1998 in PARIDA et DAS, 2005), l'arrêt de la croissance est directement relié à la concentration des sels solubles ou au potentiel osmotique de l'eau du sol (GREENWAY et MUNNS, 1980 in PARIDA et DAS, 2005). La salinité est donc un facteur environnemental très important qui limite la croissance et la productivité (ALLAKHVERDIEV et al, 2000 in PARIDA et DAS, 2005).

Durant le début et le développement du stress salin à l'intérieur de la plante, tous les processus majeurs tels que : la photosynthèse, la synthèse des protéines, les métabolismes énergétiques... sont affectés. La première réponse est la réduction de la vitesse d'extension de la surface foliaire, suivi par l'arrêt de l'extension avec l'intensification du stress (PARIDA et DAS, 2005).

II-4-1 Effet de la salinité sur la croissance :

La réponse immédiate au stress salin est la réduction de la vitesse de l'expansion de la surface foliaire ce qui conduit à l'arrêt de l'expansion si la concentration du sel augmente (WANG et NIL, 2000). Le stress salin résulte aussi dans la diminution de la biomasse sèche et fraîche des feuilles, tiges et racines (CHARTZOULAKIS et KLAPAKI, 2000). La salinité accrue est accompagnée par une réduction significative dans la biomasse racinaire, la hauteur de la plante, le nombre de feuilles par plante, la longueur des racines et la surface racinaire (MOHAMMAD et al, 1998).

Le taux élevé de NaCl se manifeste par une croissance dans la biomasse des racines, tiges et feuilles et une augmentation dans le ratio partie racinaire/partie aérienne chez le coton (MELONI et al, 2001).

II-4-2 Effet de la salinité sur l'eau dans la plante :

Le potentiel hydrique et le potentiel osmotique des plantes deviennent de plus en plus négatifs avec l'augmentation de la salinité ainsi que la pression de la turgescence (ROMEROARANDA *et al.*, 2001 in PARIDA et DAS, 2005).

Dans les conditions de concentrations élevées de salinité accrue, le potentiel hydrique de la feuille et la vitesse d'évaporation diminuent significativement chez l'halophyte *S. salsa* alors qu'il n'y a pas de changement dans le contenu relatif en eau (Lu *et al.*, 2002 in PARIDA et DAS, 2005).

II-4-3 Effet de la salinité sur l'anatomie de la feuille :

La salinité cause une augmentation de l'épaisseur de l'épiderme, l'épaisseur du mésophile, la longueur des cellules palissadiques et leur diamètre dans les feuilles de l'haricot, du coton et de l'atriplex (LONGSTRETH et NOBEL, 1979 in PARIDA et DAS, 2005). La salinité réduit aussi l'espace intercellulaire dans les feuilles (DELPHINE *et al.*, 1998 in PARIDA et DAS, 2005).

L'épaisseur du mésophile et de l'épiderme ainsi que l'espace intercellulaire diminuent significativement dans les feuilles traitées avec le NaCl de la mangrove *B. parviflora* (PARIDA et DAS, 2005).

Le stress salin cause : Le développement de la vacuolisation et un gonflement partiel du réticulum endoplasmique, le gonflement de la mitochondrie, la vésiculation et la fragmentation du tonoplaste et la dégradation du cytoplasme par le mélange de la matrice cytoplasmique et vacuolaire des feuilles de la patate douce (*Ipomoea batatas*) (MITSUYA *et al.*, 2000 in PARIDA et DAS, 2005).

II-4-4 Effet de salinité sur le comportement biochimique :

A-Effet de la salinité sur les pigments photosynthétiques et les protéines :

Le taux de la chlorophylle et des caroténoïdes des feuilles diminue en général sous les conditions de stress salin. Les feuilles les plus âgées commencent à développer une chlorose et finissent par tomber pendant une période prolongée de stress salin (AGASTIAN *et al.*, 2000). Par contre, WANG et NIL (2000) ont rapporté que le contenu de la chlorophylle augmente sous les conditions de la salinité chez *Amaranthus*. Chez *Grevilea*, la protochlorophylle, la chlorophylle et les caroténoïdes diminuent significativement sous le stress salin, mais la vitesse du déclin de la protochlorophylle, la chlorophylle est plus importante que celle de la chlorophylle *a* et les

caroténoïdes. Les pigments anthocyanines augmentent significativement dans ce cas de stress salin (**KENNEDY et DE FILLIPPIS, 1999 in PARIDA et DAS, 2005**).

Le contenu des protéines solubles des feuilles diminue en réponse à la salinité (**PARIDA et al, 2002**). (**AGASTIAN et al 2000**) ont rapporté que les protéines solubles augmentent à des niveaux bas de salinité et diminuent en hautes concentrations de salinité chez les murs.

B-Effet de la salinité sur les lipides :

Les lipides sont la source la plus efficace du stockage de l'énergie, ils fonctionnent comme des isolateurs des hormones et organes délicats, et jouent un rôle important comme des constituants des structures de la plupart des cellules membranaires (**SINGH et al, 2002**).

Ils ont aussi un rôle vital dans la tolérance à différents stress physiologiques chez une variété d'organismes comme les cyanobactéries.

L'instauration des acides gras contrecarre le stress salin ou hydrique. (**WU et al, 1998**) ont analysé le changement de la composition des lipides soumis à un stress salin dans la membrane plasmique des racines chez *Spartina patens* et ont rapporté que les pourcentages molaires des stérols et les phospholipides diminuent avec l'augmentation de la salinité, mais le ratio stérols/phospholipides n'est pas affecté par le NaCl.

C-Effet de la salinité sur le taux des ions :

L'absorption des hautes concentrations de NaCl engendre une compétition avec l'absorption d'autres ions, spécialement le K^+ , ce qui conduit à une déficience en K^+ . Le traitement accru de NaCl induit une augmentation dans le taux du Na^+ et Cl^- et une diminution dans le taux du Ca^{2+} , K^+ et le Mg^{2+} chez de nombreuses plantes (**KHAN, 2001 in HAOUALA et al, 2007**). La salinité fait augmenter le contenu de Na^+ , Ca^{2+} et Cl^- chez *Vicia faba* et le rapport K^+/Na^+ diminue (**GADALLAH, 1999 in HAOUALA et al, 2007**).

Les effets nutritionnels de la salinité incluent les deux actions primaires du sel sur les plantes: la toxicité directe due à l'accumulation excessive des ions dans les tissus et un déséquilibre nutritionnel provoqué par l'excès de certains ions. L'accumulation des ions Na^+ dans la plante limite l'absorption des cations indispensables tels que K^+ et Ca^{2+} . Il y aurait une compétition entre Na^+ et Ca^{2+} pour les mêmes sites de fixation apoplasmique.

L'accumulation des ions Na^+ affecte l'absorption de K^+ et ceci en fonction de la concentration du premier élément, cependant, la présence de Na^+ en faible concentration peut augmenter l'absorption de K^+ , tandis qu'une concentration élevée en Na^+ diminue l'absorption de K^+ chez le riz (LEVITT, 1980 in HAOUALA et al, 2007) et la canne à sucre (NIMBALKAR, JOSHI, 1975 in HAOUALA et al, 2007). Cette absorption peut même s'arrêter complètement chez le haricot (HAMZA, 1977 in HAOUALA et al, 2007) et le laurier rose (HAJJI, 1980 in HAOUALA et al, 2007) cultivés en présence de chlorure de sodium (NaCl) à 12 g.l^{-1} .

D-Effet de la salinité sur les enzymes antioxydantes :

En cas de stress biotique ou abiotique, on observe chez les plantes une production rapide et massive d'espèces réactives de l'oxygène. De nombreuses études ont été menées, notamment chez les plantes, afin de préciser quels facteurs entraînent ce phénomène.

Plusieurs conditions environnementales ont ainsi été définies : la sécheresse, les stress thermiques (hautes et basses températures), l'exposition aux métaux lourds, aux ultraviolets, aux polluants aériens tels que l'ozone et le SO_2 , les stress mécaniques, les carences en nutriments, les attaques de pathogènes, la salinité et les fortes expositions à la lumière (BEN NACEUR et al, 2005).

Le stress salin cause un déficit hydrique comme conséquence à l'effet osmotique sur les activités métaboliques des plantes. Ce déficit hydrique cause un stress oxydatif à cause de la formation des espèces réactives de l'oxygène comme les superoxydes, les radicaux hydroxyles et peroxyde (JENSEN, 1996 in PARIDA et DAS, 2005). Les plantes se défendent contre ces espèces réactives de l'oxygène par l'induction de l'activité de certaines enzymes antioxydantes comme la catalase, la peroxydase, la glutathion réductase et le super oxyde dismutase, qui éliminent les espèces réactives de l'oxygène. L'activité des enzymes antioxydantes comme l'acrobate peroxydase, la glutathion réductase, la monodéshydroascorbate réductase (MDHAR) et la déshydroascorbate réductase (DHAR) augmentent sous les conditions de stress salin chez le blé alors que l'acrobate total et le contenu de la glutathion diminuent (HERNANDEZ et al, 2000 in PARIDA et DAS, 2005).

E- Effet de la salinité sur les halophytes et les glycophytes :

L'eau est une source indispensable pour les végétaux. Sa présence est une condition incontournable pour que toute la plante puisse se développer et assurer ses fonctions physiologiques

vitales. (CALU, 2006). Cependant, cette ressource n'est pas toujours facile d'accès dans le sol, suivant le milieu naturel. Ainsi les plantes présentes sur des surfaces sèches ou salées vont se retrouver exposées à un stress hydrique important, contre lequel elles devront lutter pour survivre. Dans le cas d'un stress salin, une double problématique se pose à l'organisme végétal: d'un côté la présence du sel, en abaissant le potentiel hydrique du sol, menace l'approvisionnement en eau de la plante. De l'autre, l'absorption du sel dans les tissus menace le bon fonctionnement physiologique des cellules.

Suivant la production de biomasse des végétaux en présence de sel, quatre grandes tendances ont été discernées:

- **Les halophytes vraies:** dont la production de biomasse est stimulée par la présence de sels. Ces plantes présentent des adaptations poussées et sont naturellement favorisées par ces conditions citons comme exemple: *Salicornia europaea*, *Suaeda maritima*
- **Les glycophytes :** sensibles à la présence de sel: *Phaseolus vulgaris*, *glycine max...*

La réduction dans le taux de la chlorophylle observé avec l'intensité du stress salin pourrait être attribuée aux conditions dans lesquelles se trouvent les stomates car durant le stress salin, la concentration du CO₂ diminue dans le chloroplaste à cause de la réduction dans la conductance stomatique. (GAMA et al., 2007)

- **Les halophytes facultatives :** montrant une légère augmentation de la biomasse à des teneurs faibles en sels: *Plantago maritima*, *Aster tripolium...* (CALU, 2006)
- **Les non-halophytes résistantes :** supportant de faible concentration de sel (CALU, 2006).

II-5 Mécanismes de résistance à la salinité :

La résistance d'une plante à la salinité s'exprime par sa capacité à survivre et à produire dans des conditions de stress salin (PIRI *et al*, 1994). Les plantes développent plusieurs stratégies pour limiter le stress salin (figure 01), qui diffèrent selon la catégorie de la plante (BERTHOMIEU *et al*, 2003).

Chez les plantes sensibles au NaCl, le Na⁺ s'accumule dans les racines, puis exclu des feuilles, ces plantes sont dites « excluser ». A l'inverse, les plantes tolérant le NaCl, sont dites « incluser » car elles ont en général des feuilles plus chargées en Na⁺ que les racines lorsqu'elles sont cultivées en présence de sel (HAOUALA *et al*, 2007) (figure 1).

III-5-1 Exclusion :

La plante empêche le sel de remonter dans la sève jusqu'aux feuilles. La présence de l'endoderme dans les racines ainsi que le transport sélectif, leur permet d'absorber les ions nutritifs utiles et de réexcréter les ions Na⁺ (GENOUX *et al*, 1991). Quelques halophytes peuvent empêcher l'absorption excessive de sel par exclusion de celui-ci au niveau des racines et de la partie inférieure de la tige. Dans ce cadre, la sortie de Na⁺ des vaisseaux du xylème en échange d'une entrée de K⁺ venant des cellules parenchymateuses du xylème et du parenchyme avoisinant, joue un rôle important dans la tige et les racines (LUTTGE *et al*, 2002).

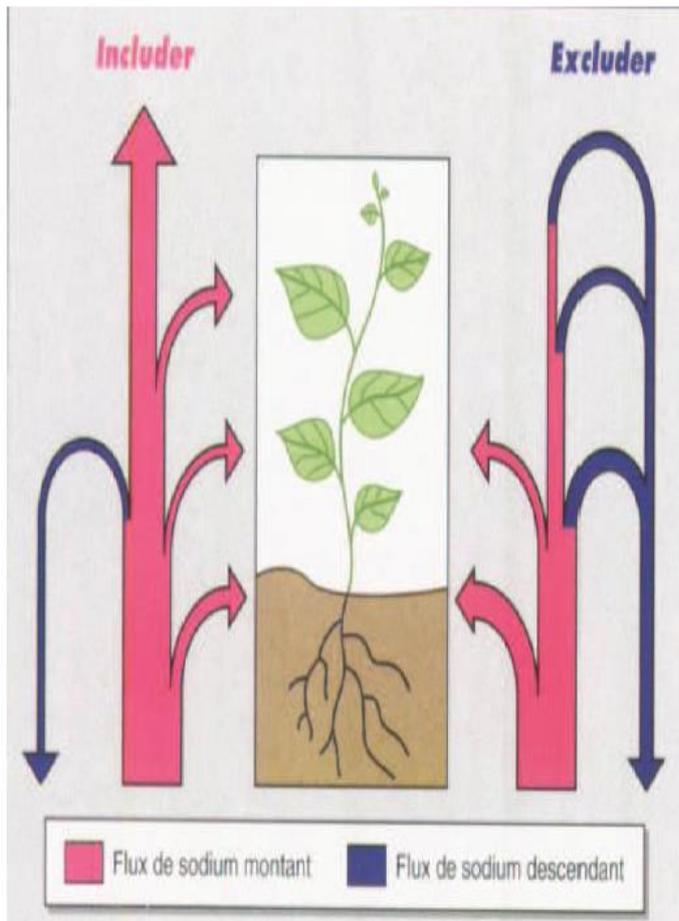
III-5 -2 Inclusion :

La plante retient le sel qui parvient aux feuilles au même titre que l'eau, par le mouvement ascendant de la sève dans les vaisseaux. A l'intérieur des cellules, le sel est alors stocké dans les vacuoles grâce à des systèmes de pompes moléculaires. Les vacuoles sont des compartiments fermés au sein de la cellule, le sel est ainsi isolé des constituants cellulaires vitaux (BERTHOMIEU *et al*, 2003), ou excrété par des glandes vers l'extérieur (ALEM *et* AMRI, 2005).

L'excrétion dans les glandes à sel est très spécifique ; d'abord Na⁺, Cl⁻ et HCO₃⁻ sont excrétés contre le gradient de concentration, alors que des ions comme Ca⁺⁺, NO₃⁻, SO₄⁻⁻ et H₂PO₄⁻ sont maintenus contre leur gradient (HOPKINS, 2003).

III-5 -3 La réexcrétion :

La plante a la capacité de réexpédier aussitôt l'excès de sel parvenu jusqu'au feuilles vers ses racines, par l'intermédiaire de sa sève descendante par le phloème. Les racines peuvent ensuite réexcréter le sel à l'extérieur et l'éliminer vers le sol (BERTHOMIEU *et al*, 2003).



Chez les plantes de types incluser, les flux de sodium sont essentiellement ascendants (en rose) et le sel est accumulé dans les parties aériennes. Chez celles de type excluser, la plus grande partie du sodium véhiculé vers les feuilles est réexporté vers les racines via le phloème (en bleu). Les intensités relatives des flux sont symbolisées par la largeur des traits.

Figure 01 : Schématisation du bilan de la circulation du sodium dans les plantes incluser ou excluser (LEVIGNERON *et al*, 1995).

II-6- Mécanisme d'adaptation à la salinité :

II-6-1 Adaptation morphologique :

La succulence , qui se traduit par une accumulation d'eau dans les cellules constitutives des tissus des organes aériens , est l'un des caractères les plus communs aux halophytes .La succulence des cellules foliaires augmente , se traduisant par augmentation de l'épaisseur des feuilles sont l'une des modifications qui apparait de façon plus importante chez les espèces les plus tolérantes .On note de plus la réduction de la surface foliaire par exemple chez *Cressa cretica* et *Tamarix gallica* (RAACHE et KARBOUSSA ,2004) .

II-6-2 Adaptation anatomiques :

Des modifications anatomiques apparaissent au niveau des différents organes lors d'un stress salin. On observe des modifications du cortex qui , chez les halophytes est constitué de deux à trois couches des cellules seulement ainsi qu'une diminution du diamètre de la stèle au niveau des racines du blé et chez la tige de la tomate , où le cortex devient épais alors que le nombre des vaisseaux conducteurs diminue (POLJAKOFF-MAYBER ,1975) .D'autres modifications s'observent sous l'effet de la salinité comme la raréfaction des stomates , la présence de tissus de soutien et l'abondance du parenchyme aquifère (BENHAMIDA et DJEGHBALA ,2004).

II-6-3 Glandes sous l'effet de la salinité :

Les plantes ont développé différentes stratégies leur permettant de réguler les concentrations internes en ions. Lors d'un stress salin, les halophytes sont capables de compartimenter les ions Na⁺ et Cl⁻ au niveau vacuolaire .Certaines halophytes possèdent des structures spécialisées, les glandes à sel, lorsque la charge minérale des tissus est excessive (THOMSON ,1975). Ces glandes sont constituées de une à plusieurs cellules et sont protégées par une mince cuticule perforée de pores.

II-6-4 Ajustement osmotique et relations hydriques dans la plante :

a-Absorption et répartition des ions :

Les halophytes accumulent les ions jusqu'à 800 mM . Les glycophytes le font entre 300 à 600 mM selon leur degré de résistance (GREENWAY et MUNNS ,1980 *In* BIDAI, 2001). L'intégration de ces ions dans l'organisme entier est complexe et fait intervenir des mécanismes

d'absorption et répartition dans les tissus de la plante .Cette intégration repose sur des processus de transport actifs et sélectifs d'ions contre les gradients de concentration .Par exemples ,chez l'orge (*Hordeum vulgare*) comme chez la plupart des glycophytes , la sensibilité au sel est tributaire de la capacité de rétention du Na dans les racines et les tiges , et du transport préférentiel des ions K^+ dans les feuilles .En outre la présence d'ion calcium joue un rôle important dans la réponse à la salinité puisqu'il augmente la sélectivité sur potassium aux dépens de sodium (**COLMER et al , 1996 in HERNANDEZ ,1997**), où il agirait comme second messager (**NIU et al ,1995**).Le Ca^{2+} externe permet ainsi l'extrusion du Na^+ et aide à maintenir la concentration en K^+ des tissus racinaires des plantes non halophytes , surtout au niveau de la zone en croissance (**COLMER et al , 1996 in HERNANDEZ ,1997**).Le calcium pénètre dans la cellule de façon passive par des canaux ioniques (**NIU et al,1995**).

L'entrée des ions Na^+ dans la cellule peut, en effet, être limitée par l'intermédiaire des ions Ca^{2+} qui régulent la perméabilité membranaire (**COLMER et al, 1997**), ou dans les cellules de *citrus sinensis* adaptées à la croissance en présence de sel et caractérisées par une faible absorption de Na^+ (**BENHAYYIM et al, 1987**).

Les ions peuvent également s'accumuler préférentiellement dans des cellules, ou des tissus spécialisés de la racine, de la tige ou de la feuille, comme chez le sorgho (*sorghum bicolor*) exposé au NaCl , qui concentre les ions Cl^- dans les cellules parenchymateuses de la gaine foliaire (**BOURRSIER et LAUCHLI ,1989**).

III - Généralités sur l'orge (*Hordeum vulgare L.*) :

L'orge cultivée (*Hordeum vulgare L.*), de constitution génomique diploïde ($2n=14$), est une espèce dont les origines remontent à celles de l'agriculture elle-même. L'orge est une monocotylédone, appartenant à la famille des Poaceae. Sa classification est basée sur la fertilité des épillets latéraux, la densité de l'épi et la présence ou l'absence des barbes (**RASMUSSEN ,1992**). Au stade herbacé, elle se distingue principalement des autres céréales par un feuillage vert clair, la présence d'une ligule très développée, et des oreillettes glabres (figure 2). Le grain est vêtu par des glumelles qui ne s'en séparent pas lors du battage, ce qui améliore la teneur en cellulose brute. (**KADI ,2012**).

L'orge est cultivée en Algérie là où le blé ne peut donner de bon rendement, c'est-à-dire dans les zones semi-arides. Elle occupe les moins bonnes terres, parmi celles réservées aux blés. Comme on peut trouver dans les zones marginales à sol plus ou moins pauvres et cela grâce à sa rusticité (**DIFALLAH ,2009**). Parmi les principales variétés d'orge cultivées en Algérie on trouve Saida et Tichidrette.



Figure 2 : Architecture d'une plantule d'orge au stade juvénile (**KADI ,2012**)

III-1 Description de la variété Saïda :

Saïda est une orge à 6 rangs, issue de la sélection généalogique pratiquée à l'intérieure des populations locales, de l'Ouest du pays. Elle est de type printemps, à paille haute, sensible à l'Helminthosporiose (**BENMAHAMMED *et al*, 2001**).

Saïda est cultivée sous un large éventail d'environnements, occupant ainsi une importante proportion de la sole réservée à la culture de l'orge (**BENMAHAMMED *et al*, 2001**).

III-2 Description de la variété Tichidrette :

Tichedrette est une orge à 6 rangs, issue de la sélection à l'intérieure des populations locales des hautes plaines de l'Est (**BENMAHAMMED *et al*, 2001**). C'est une variété de type demi-hiver, rustique, s'adaptant plus aux conditions environnementales des hauts plateaux de l'Est du pays où elle est largement adoptée (**BOUFENAR *et al*, 2004**).

Comparativement à Saïda, Tichedrette présente une longue phase végétative associée à des besoins en vernalisation plus prononcés (**BENMAHAMMED *et al*, 2001**). De plus elle privilégie d'investir plus de matière sèche dans les talles que dans les épis, produisant plus de paille que de grain (**BAHLOULI *et al*, 2005**).

Chapitre 2 :

Matériels et Méthodes

Chapitre II : Matériels et Méthodes

Le présent travail a été entrepris en vue de déterminer les modifications éco-physiologiques chez deux variétés d'orge (Tichidrette et Saida) soumises à différents traitements de NaCl. Les différentes doses de NaCl déterminent le seuil de tolérances pour chaque variété dans nos conditions expérimentales après mesure et analyse des modifications physiologiques pour chaque seuil de tolérance.

I- Protocole expérimental :

I-1-Conditions de culture :

1-1-1Matériel végétal :

Le matériel végétal utilisé dans notre étude concerne des graines de deux variétés d'orge « Saida et Tichidrette » recueilli au près d'une station locale de la wilaya de Ghardaïa.

II-Méthodes :

II-1- Dispositif expérimental :

Les expériences sont menées au niveau de laboratoire et protégée des intempéries ; les plantes d'orge des deux variétés Tichidrette et Saida sont traitées avec des solutions salines préparées à partir du chlorure de sodium (NaCl) extra pure (Biochem chemopharma) à des concentrations différentes, à savoir : 0 mM (témoin) ,50mM, 100mM, 150mM et 250mM en sel.

II -2- Préparation des cultures :

II-2-1-Préparation du substrat de culture :

Comme substrat de culture nous avons utilisé une matière organique (Terreau), afin d'éviter l'utilisation des solutions nutritives pendant le traitement. Ce dernier a été remplis dans des caissettes en plastiques. La mise en semence des graines dans les conteneurs est effectué à raison de trois (3) graines de chaque variété d'orge par caissette à une profondeur de 3 fois de la longueur de la graine (3 cm à peu près).



Photo 01: préparation du substrat de culture.

II-2-4- Préparation des solutions salines :

Les solutions salines utilisées dans l'irrigation des plantes ont été préparées au laboratoire à partir du chlorure de sodium NaCl par dilution de celui-ci dans l'eau distillée, ainsi des quantités de ce sel ont été pesées à l'aide d'une balance de précision et mises en solution selon la concentration de la solution saline voulue, le tableau suivant renferme les quantités de sel pesées et leurs équivalent en milli moles (mM) dans un litre de solution.

Tableau 05: composition de la solution saline dans 1 litre de solution.

Dans 1 L de NaCl aqueux	concentration	témoin	50mM	100mM	150mM	250mM
	poids (g)	0	2.922	5.844	8.766	14.61

II 2-5- L'irrigation des plantes :

Les plantes ont été irriguées d'une façon régulière et par la même quantité d'eau préparée (jour par jour).

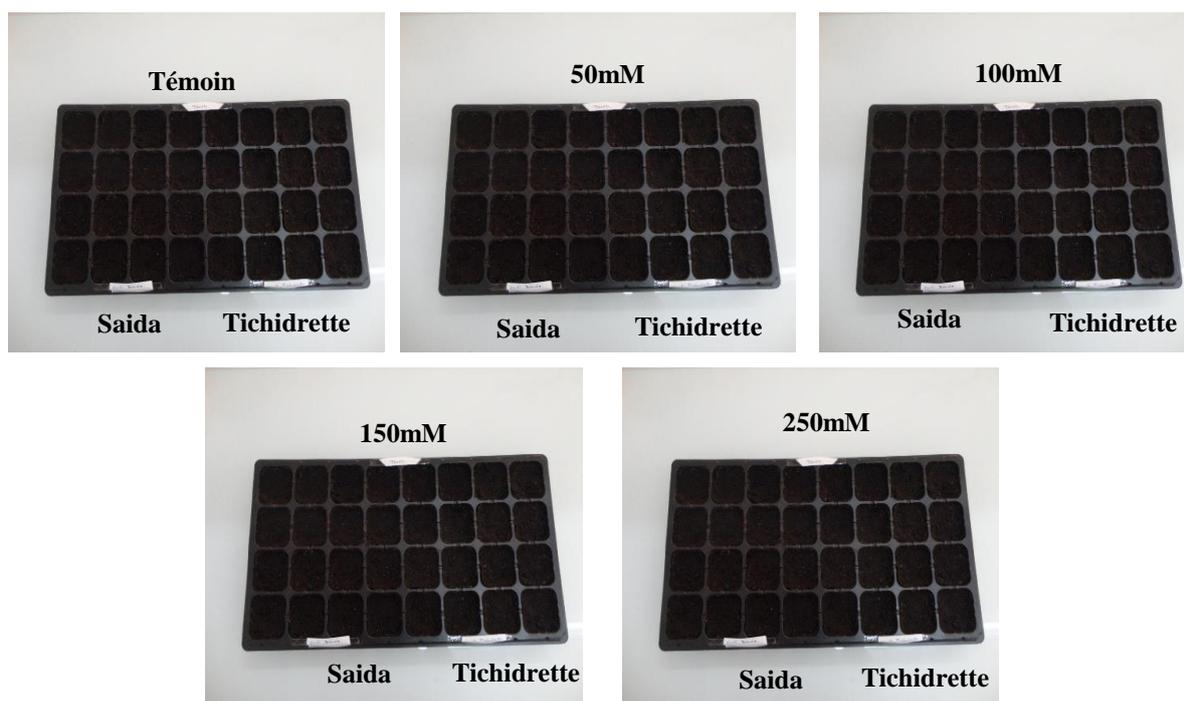


Photo 02 : photo du dispositif expérimental

III- Paramètres mesurés :

Il est difficile de suivre le comportement d'une plante à partir d'un seul paramètre, en effet le suivi du comportement des plantes vis-à-vis du stress salin a été basé sur plusieurs paramètres morphologiques et physiologiques.

III-1- Paramètres morphologiques :

III-1-1- Mesure de la croissance en longueur :

Les plants ont été récoltés en séparant les racines des tiges. Les systèmes racinaires ont été lavés soigneusement à l'eau puis essorés rapidement. Les longueurs des parties aériennes et souterraines ont été mesurées à l'aide d'une règle graduée.

III-1-2- Mesure de la croissance pondérale :

La biomasse exprimée en gramme a été effectuée par pesée de la matière fraîche, à l'aide d'une balance de précision de type : KERN. Puis la matière sèche après étuvage dans une étuve réglée à 78 °C durant 12 heures et repesés à l'état sec sur la même balance.

III-2 Paramètres physiologiques :

La connaissance des seuils de tolérance des espèces nécessite la connaissance de leurs aptitudes écophysiologiques. De nombreux travaux ayant déjà porté sur ces paramètres les considèrent comme indicateurs de la résistance à la salinité, notre travail étant orienté dans ce sens a pour objectif de contribuer à une meilleure connaissance des caractéristiques éco physiologiques.

III-2 -1 Dosage des sucres solubles :

Nous avons procédé au dosage des sucres solubles dans les feuilles des plantes selon la méthode de **Dubois, (1956)**. Pour l'extraction des sucres solubles :

- ✚ Mètre 100 mg de matière fraîche dans des tubes à essai puis ajouter 2 ml d'éthanol à 80%.
- ✚ Le tout est laissé au repos pendant 48 H.
- ✚ Ensuite évaporer le totale de l'alcool en mettant les tubes à essai dans un bain marie à 70°.

- ✚ Après refroidissement, Mettre dans chaque tube à essai 20 ml d'eau distillée, prendre ensuite 1 ml de la solution et ajouter 1 ml de phénol à 5 % en prenant soin de bien agiter.
- ✚ Enfin ajouté 2 ml d'acide sulfurique concentré, et déposé les tubes à essai dans un bain de glace, et laissez les reposer 25 min, puis procéder à la lecture au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 490 nm.
- ✚ Le calcul se fait à partir de l'équation déduite de la gamme d'étalonnage.

III-2- 2 Dosage de chlorophylle :

- ✚ Prélever 50 mg des feuilles des plantes puis broyées dans de l'acétone à 80%.
- ✚ Répéter plusieurs fois le broyage.
- ✚ L'extrait obtenu est centrifugé à 2500 tours pendant 5 min.
- ✚ procéder à la lecture des densités optiques des solutions à l'aide d'un spectrophotomètre à deux longueurs d'ondes (646 et 663 nm), après étalonnage de l'appareil avec la solution témoin d'acétone à 80%. Les concentrations en chlorophylles (CHL (a) et CHL (b) et CHL_T (a+b)), sont déduites à partir des formules ci-après :

$$\text{CHL (a)} (\mu\text{g/gMF}) = 12,7 \text{ DO}_{(663)} - 2,59 \text{ DO}_{(645)} \times V / (1000 \times W).$$

$$\text{CHL (b)} (\mu\text{g/gMF}) = 22,9 \text{ DO}_{(645)} - 4,68 \text{ DO}_{(663)} \times V / (1000 \times W).$$

$$\text{CHL(t)} = \text{Ch (a)} + \text{Ch (b)}.$$

Avec: **V** : Volume de la solution extraite.

W : Poids de la matière fraîche de l'échantillon.

IV- Analyse statistique :

Les données obtenues sont soumises à une analyse de la variance à un facteur de classification, les moyennes sont comparées à l'aide du test de Fisher à $\alpha = 5 \%$, réalisés par le logiciel MINITAB version 13.31. Les facteurs de corrélations (F) expérimentaux ont été déduit et comparés aux facteurs théoriques, on considère que les résultats sont significatifs quand $P \leq \alpha$.

Chapitre 3 :

Résultats et discussion

Chapitre III : Résultats et discussions :

I – Effet de la salinité sur les paramètres biométriques :

La salinité a un effet sur la croissance et le développement des végétaux. Dans notre étude, nous nous sommes intéressés en premier lieu à étudier l'effet des différentes concentrations de NaCl (Témoin, 50mM, 100 mM, 150mM et 250 mM) sur la croissance et le développement de deux variétés d'orge (Tichidrette et Saïda) pour y parvenir, nous avons mesuré des paramètres biométriques tels que la longueur de la partie aérienne et de la partie souterraine, ainsi que la biomasse sèche totale. Les photos ci-dessous montrent l'état des plantes à la fin de l'expérimentation.(après 40 jours de traitements).

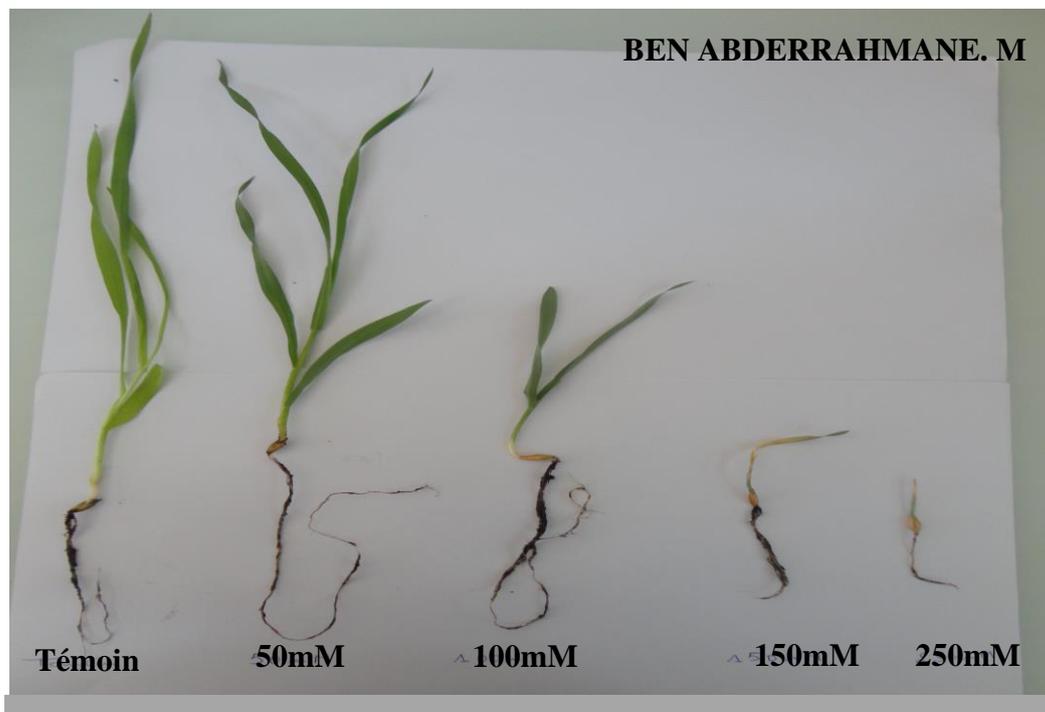


Photo03: plantes prélevées de la variété Tichidrette à la fin de l'expérimentation.

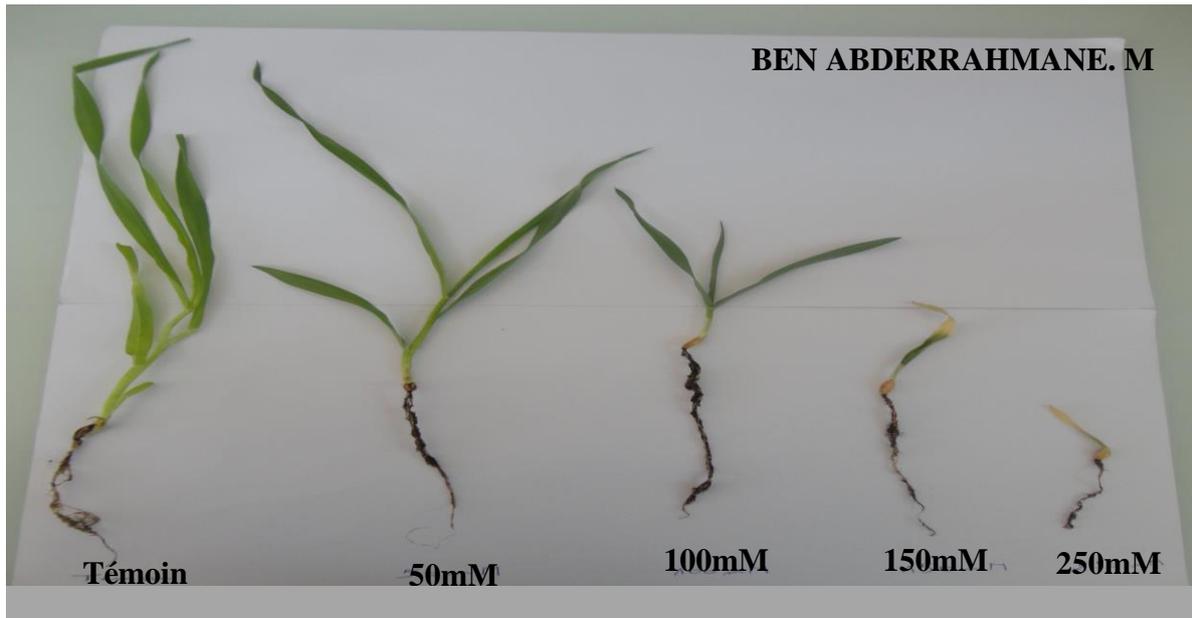


Photo 04 : plantes prélevées de la variété Saida à la fin de L'expérimentation.

I-1 Longueur de la partie aérienne (LPA) :

I-1-1 Longueur de la partie aérienne pour la variété Tichidrette :

L'analyse des résultats de suivi de la variation de la longueur de la partie aérienne en fonction du stress, révèle que celle-ci décroît au dépend de la concentration en sel (Tableau 06), la LPA de cette variété atteint un maximum d'environ 30 cm pour le témoin et un minimum de 2 cm pour la plus forte concentration en sel (250 mM) au dernier jour du stress, ce qui représente environ 6.66 % par rapport au témoin. Les variations de la longueur de la partie aérienne (LPA) pour les différentes concentrations en sel, durant les quarante jours de traitement, sont illustrées dans la figure 03 ci-dessous.

L'analyse de la variance à un critère de classification montre qu'il y a une différence non significative (Annexe 02 , tableau 01) entre les différentes moyennes mesurées de la longueur de la partie aérienne (LPA) de la variété Tichidrette en présence du stress salin pour la concentration 50 Mm , hautement significative pour la concentration 100 mM de NaCl, celle-ci devient très hautement significative au-delà de cette concentration (150 mM et 250 mM).

Tableau 06: Longueur de partie aérienne (cm) de la variété Tichidrette pour différentes concentration en NaCl durant les quarante jours de stress.

	[NaCl]	Témoin	50mM	100mM	150mM	250mM
Jours de traitement	12 jour	11	7,7	5,46	3,8	2,5
	20 jour	21,3	12,5	9,2	7,3	5
	27 jour	25	19	10,5	7,9	4,3
	34 jour	29	17,5	10,5	6,5	3
	40 jour	30	25	12	5,5	2

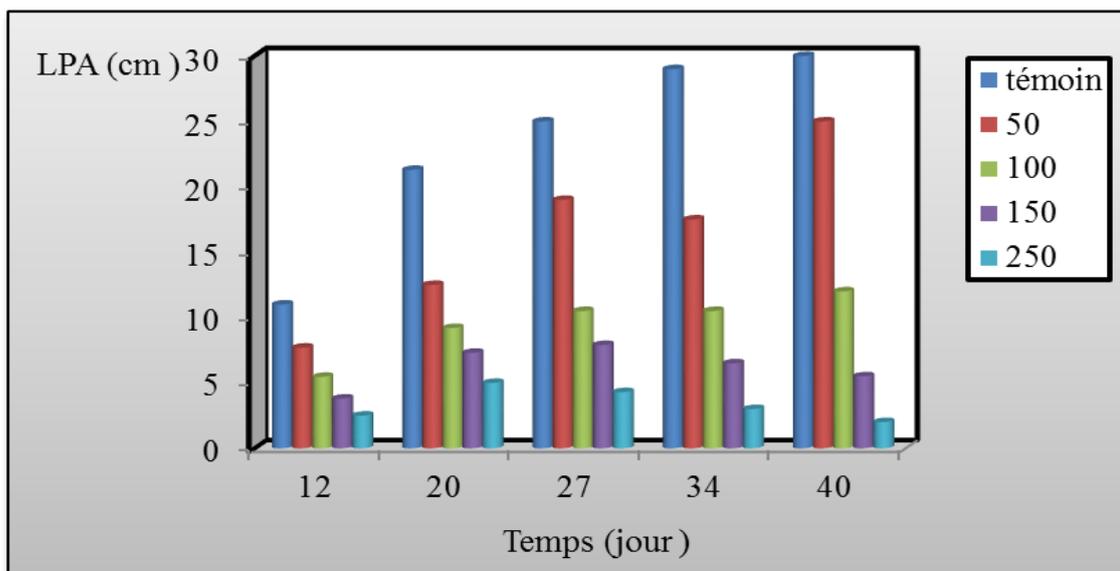


Figure 03 : Variation de la longueur de la partie aérienne (LPA) de la variété Tichidrette au cours du temps

I-1-2 Longueur de la partie aérienne pour la variété Saida :

Les résultats obtenus montrent que les différentes concentrations de NaCl ont un effet sur la croissance en longueur des tiges chez la variété Saida. La longueur la plus importante (30 cm) a été enregistrée pour le témoin pendant que la plus faible longueur a été marquée par la plus forte concentration (250 mM) d'environ 3 cm après quarante jours de stress (tableau 07 et figure 04), ce qui représente d'environ 10% par rapport au témoin.

L'analyse de la variance à un critère de classification montre qu'il y a une différence très hautement significative pour les concentrations qui dépassent 100 mM (Annexe 02 , tableau02) entre les différentes moyennes mesurées de la longueur de la partie aériennes de cette variété ce qui met en évidence l'influence du NaCl .

Tableau 07: Longueur de la partie aérienne (cm) de variété Saida pour différentes concentration en NaCl durant les quarante jours de stress.

	[NaCl]	Témoin	50mM	100mM	150mM	250mM
Jours de traitement	12 jour	9,93	7,83	6,5	4,96	3,5
	20 jour	18,5	12,3	9,5	7,5	2,3
	27 jour	21,5	16,5	11,3	7	3
	34 jour	24	19	11	7	3,5
	40 jour	30	25	11,5	6,5	3

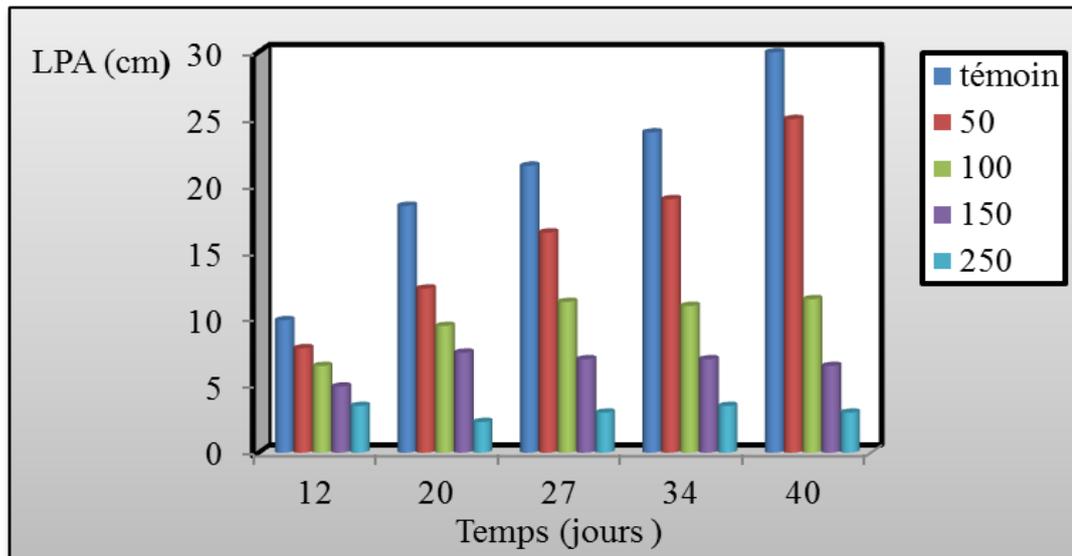


Figure 04: Variation de la longueur de la partie aérienne (LPA) de la variété Saida au cours du temps

I-2 Longueur de la partie souterraine (LPS) :

I-2-1 Longueur de la partie souterraine pour la variété Tichidrette :

Les résultats obtenus montrent que le stress salin induit par les différents traitements de NaCl n'influe pas que sur la croissance en longueur de la partie aérienne, mais également celle de la partie souterraine (figures 05). L'allongement le plus important de la racine a été obtenu, pour la concentration 100 mM, environ 33 cm chez la variété Tichidrette avec un taille minimale de 4 cm (tableau 08) a été enregistrée à la très forte concentration (250 mM)

D'autre part, l'analyse de la variance à un critère de classification montre qu'il y a une différence non significative pour les concentrations 50 mM, 100 mM et 150 mM, et significative pour la plus forte concentration 250 mM (Annexe 02, tableau 03) entre les différentes moyennes mesurées de la longueur de la partie souterraine (LPS) de la variété Tichidrette en présence du stress salin.

Tableau 08: Longueur de la partie souterraine (cm) de variété Tichidrette pour différentes concentration en NaCl durant les quarante jours de stress.

	[NaCl]	Témoin	50mM	100mM	150mM	250mM
Jours de traitement	12 jour	17.66	14.33	33	11.5	8
	20 jour	31.5	18	15.5	11	7.5
	27 jour	12.5	8	22	16	7
	34jour	10	12	12.5	11	4.5
	40 jour	14	24	22	6.5	4

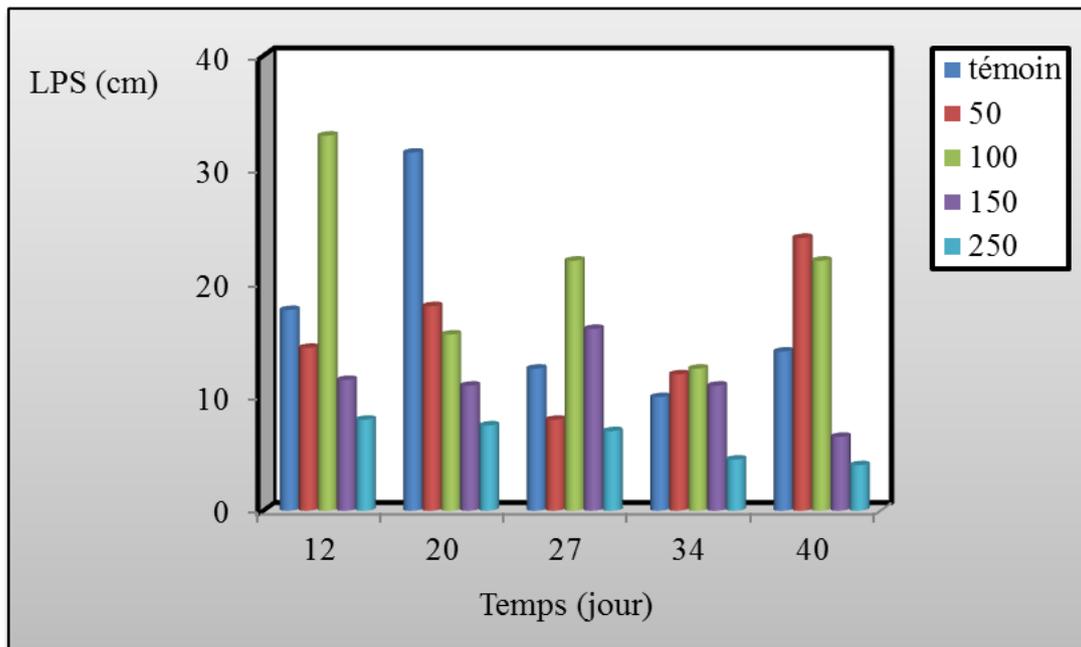


Figure 05 : Variation de la longueur de la partie souterraine (LPS) de la variété Tichidrette au cours du temps

I-2-2 Longueur de la partie souterraine pour la variété Saida :

Les résultats obtenus montrent que les différentes concentrations de NaCl dans le milieu ont un effet sur la croissance en longueur de la partie souterraine chez la variété Saida (figures 06). L'allongement le plus important de la racine (20 cm) a été obtenu, pour le témoin et la plus faible concentration en sel (50 mM), et un minimum de 5cm pour la plus forte concentration en sel (250 mM) après 34 jour du stress .Ces variations sont présenté au tableau 09 ci-dessous.

Ces résultats sont confirmés par l'analyse de la variance à un seul critère de classification (Annex 02, tableau 04) qui montre une différence non significative entre les moyennes de la longueur des racines pour les traitements qui ne dépassent pas 150 mM da NaCl , celle-ci devient hautement significative au-delà de cette concentration.

Tableau 09: Longueur de partie souterraine (cm) de la variété Saida pour différentes concentration en NaCl durant les quarante jours de stress.

	[NaCl]	Témoin	50mM	100mM	150mM	250mM
Jours de traitement	12 jour	12.66	13.5	14.75	13	6.5
	20 jour	20	20	13	14	5.5
	27 jour	12	11.5	11.6	10	6.8
	34jour	8.5	7.5	9	12	5
	40 jour	13	13	12	10.3	5.5

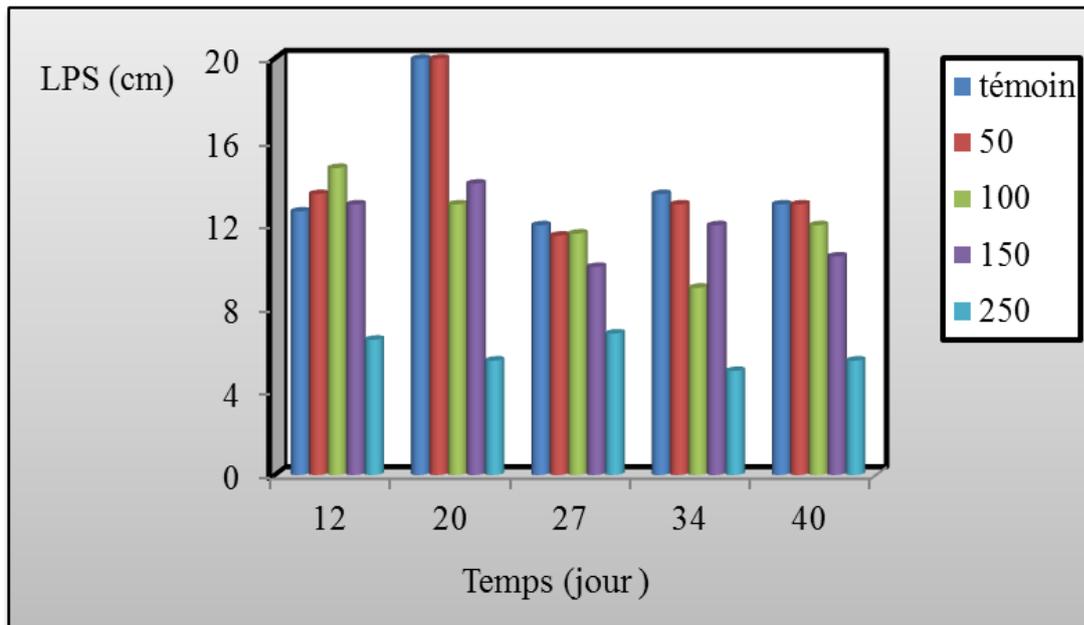


Figure 06: Variation de longueur de la partie souterraine (LPS) de la variété saïda au cours du temps

I-3- La biomasse fraîche totale (BFT):

I-3-1- La biomasse fraîche totale pour la variété Tichidrette :

Les résultats obtenus montrent que la croissance pondérale fraîche augmente en fonction de la concentration de NaCl. La biomasse fraîche maximale est obtenue par le témoin. Au-delà de ces concentrations, la biomasse fraîche diminue en fonction de l'intensité du stress salin jusqu'à un minimum de 0.070 g pour la concentration la plus élevée en sel (250 mM). Le tableau 10 et la figure 07 ci-après montrent ces variations.

Ces résultats sont confirmés par l'analyse statistique de la variance de la biomasse fraîche totale par l'ANOVA à un facteur contrôlé (Annexe 02, tableau 05), on note bien qu'il y a une différence non significative pour les concentrations 50mM, 100 mM, significative pour la concentration 150 mM et très hautement significative pour la dernière concentration 250 mM.

Tableau 10: Biomasse fraîche totale (g) pour la variété Tichidrette pour différentes concentration en NaCl durant les quarante jours de stress.

	[NaCl]	Témoin	50mM	100mM	150mM	250mM
Jours de traitement	12 jour	0.245	0.14	0.139	0.102	0.09
	20 jour	0.426	0.209	0.173	0.1319	0.0946
	27 jour	0.888	0.635	0.452	0.309	0.165
	34 jour	0.5345	0.5417	0.506	0.263	0.1119
	40 jour	0.5854	0.587	0.386	0.0794	0.0705

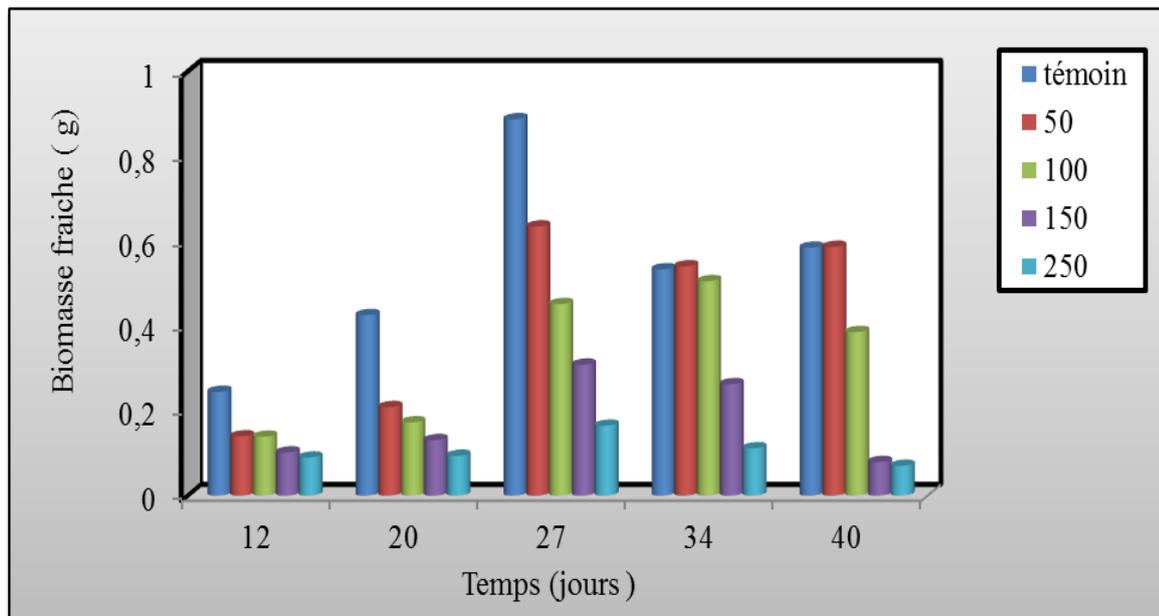


Figure 07: Variation de la biomasse fraîche totale de la variété Tichidrette au cours du temps

I-3- 2- La biomasse fraîche totale pour la variété Saida :

Les différentes concentrations de NaCl influent sur la croissance pondérale fraîche de la variété Saida. La moyenne la plus élevée de la biomasse fraîche est aussi obtenue par le témoin d'environ de 0.718 g, la biomasse décroît en fonction de concentration de sel jusqu'à un minimum de 0.071 g pour la plus forte concentration de NaCl (250 mM) après 40 jours de traitements. Ces résultats sont représentés dans le tableau 11 et la figure 08 ci-dessous.

D'autre part, l'analyse de la variance à un critère de classification montre que la différence entre les différentes moyennes mesurées de la biomasse sèche totale de l'orge devient hautement significative au-delà d'une concentration de 250 mM en sel (Annexe 02, tableau 06).

Tableau 11: Biomasse fraîche totale (g) de la variété Saida pour différentes concentrations en NaCl durant les quarante jours de stress.

	[NaCl]	Témoin	50mM	100mM	150mM	250mM
Jours de traitement	12 jour	0.213	0.170	0.137	0.111	0.1
	20 jour	0.465	0.25	0.173	0.151	0.102
	27 jour	0.5145	0.552	0.462	0.209	0.102
	34 jour	0.520	0.580	0.452	0.281	0.1326
	40 jour	0.718	0.668	0.346	0.1173	0.0719

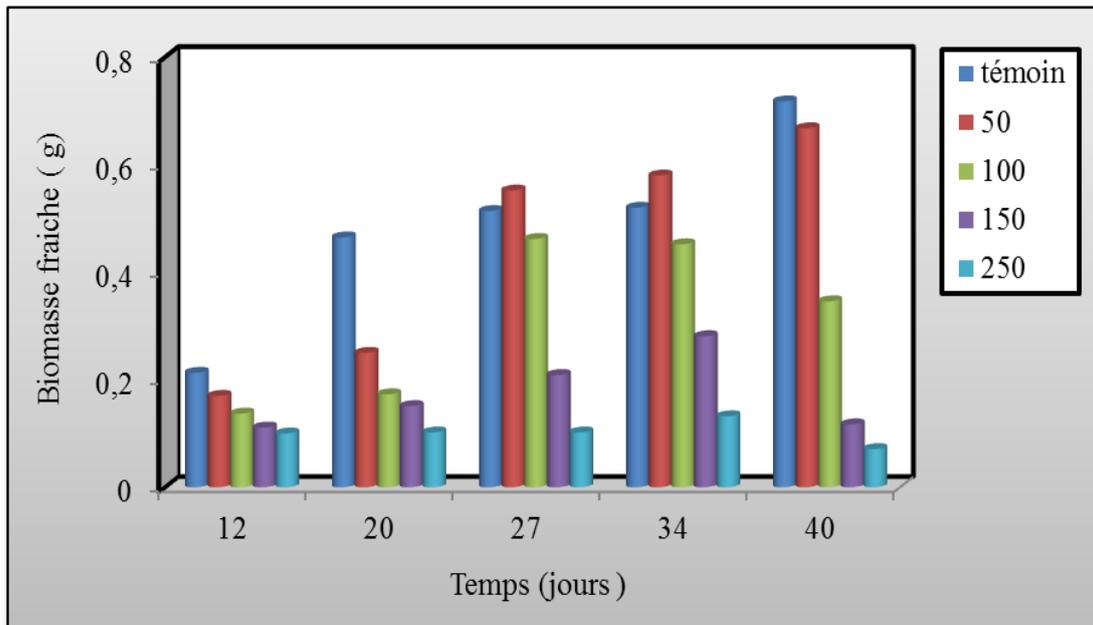


Figure 08: Variation de la biomasse fraîche totale de variété Saida au cours du temps

1-4- La biomasse sèche totale :

1-4-1 La biomasse sèche totale pour la variété Tichidrette :

L'analyse des résultats de la variation de la biomasse sèche totale de variété Tichidrette en fonction du stress, montre que celle-ci décroît au fur et à mesure que la concentration de sel augmente, elle atteint un maximum de 0,964 g à la première concentration de 50 Mm après 27 jours de traitement et une valeur de 0,0325 g à la fin du stress pour une concentration de 250 mM en sel. Les résultats sont illustrés dans la figure 09 et tableau 12 ci-dessous.

D'autre part, l'analyse de la variance à un critère de classification montre que la différence entre les différentes moyennes mesurées de la biomasse sèche totale de cette variété devient très hautement significative au-delà d'une concentration de 150 mM en sel (Annexe 02, tableau 07).

Tableau 12: Biomasse sèche totale (g) de la variété Tichidrette pour différentes concentration en NaCl durant les quarante jours de stress.

	[NaCl]	Témoin	50mM	100mM	150mM	250mM
Jours de traitement	12 jour	0.042	0.042	0.041	0.039	0.035
	20 jour	0.078	0.049	0.045	0.044	0.042
	27 jour	0.090	0.096	0.070	0.064	0.058
	34 jour	0.089	0.086	0.074	0.054	0.047
	40 jour	0.081	0.106	0.084	0.033	0.032

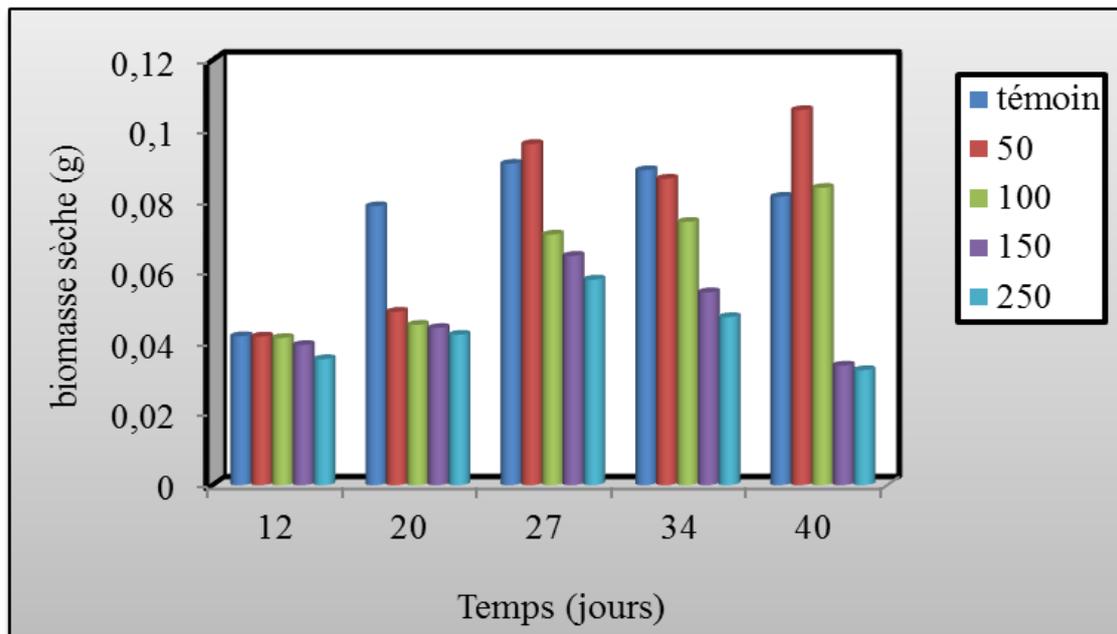


Figure 09 : Variation de la biomasse sèche totale de la variété Tichidrette au cours du temps

I-4-1 La biomasse sèche totale pour la variété Saida :

D'après les résultats du tableau 13 ci-dessus, la biomasse sèche totale de cette variété décroît en fonction de la concentration en sel, elle atteint un maximum d'environ 0,100 g pour une concentration de 50 mM en sel et un minimum de 0,0385 g pour la plus forte concentration en sel (250 mM) à la dernière jour du stress ce qui représente environ 35 % par rapport au témoin .Les résultats sont représentés dans le figure 10 ci-après.

D'autre part, l'analyse de la variance à un critère de classification entre les différentes moyennes mesurées de la biomasse sèche en présence du stress salin montre qu'il y a une différence non significative pour les concentrations 50 mM , significative pour 100 mM , et très hautement significative pour 150mM , 250mM ce qui met en évidence l'influence du NaCl (Annexe 02 , tableau 08).

Tableau 13: Biomasse sèche totale (g) de la variété Saida pour différentes concentration en NaCl durant les quarante jours de stress.

	[NaCl]	Témoin	50mM	100mM	150mM	250mM
Jours de traitement	12 jour	0.062	0.054	0.041	0.041	0.036
	20 jour	0.084	0.059	0.047	0.050	0.045
	27 jour	0.089	0.099	0.086	0.051	0.046
	34 jour	0.091	0.097	0.075	0.070	0.044
	40 jour	0.107	0.100	0.083	0.053	0.038

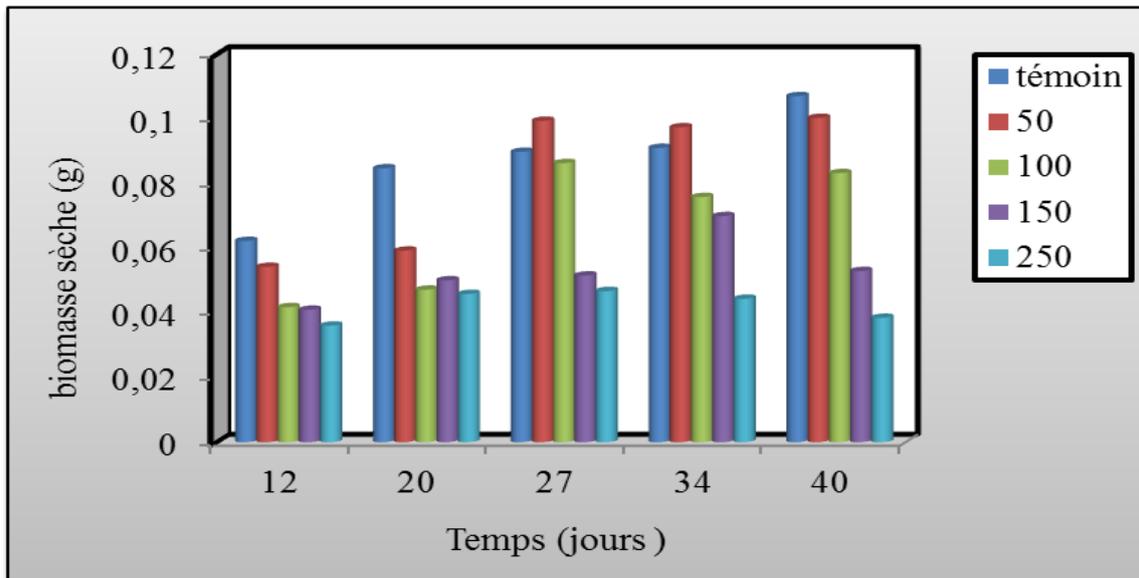


Figure 10: Variation de la biomasse sèche totale de la variété Saida au cours du temps

II – Effet du stress salin sur les paramètres physiologiques :

II-1-Teneur de la chlorophylle a (CHL a) :

II-1- 1 Teneur de la chlorophylle a (CHL a) pour la variété Tichidrette :

Les moyennes les plus élevées de la teneur en chlorophylle (a) sont enregistrées pour le témoin ,50 Mm et 100 Mm d'environ 0.404 $\mu\text{g/gMF}$, 0.252 $\mu\text{g/gMF}$ et 0.222 $\mu\text{g/gMF}$ respectivement , par contre ,la teneur la plus faible en chlorophylle (a) a été marquée par la concentration la plus élevée 250 mM environ de 0.028 $\mu\text{g/gMF}$. Le taux de variation de la moyenne de la teneur en chlorophylle (a) dosées par rapport au témoin en fonction du stress salin est illustré au tableau 14 et figure 11 ci-après.

En ce qui concerne la teneur de la chlorophylle a (CHL a) de la variété Tichidrette l'analyse de la variance à un critère de classification montre qu'il y a une différence non significative pour les concentrations qui ne dépassent pas 150 mM (Annexe 02, tableau 09), celle-ci devient significative pour des concentrations de l'ordre de 250 Mm.

Tableau 14 : Teneur de la chlorophylle a (CHL a) en ($\mu\text{g/gMF}$) de la variété Tichidrette pour différentes concentration en NaCl durant les quarante jours de stress.

	[NaCl]	Témoin	50mM	100mM	150mM	250mM
Jours de traitement	20 jour	0.270	0.182	0.222	0.153	0.121
	27 jour	0.100	0.252	0.154	0.099	0.066
	34 jour	0.204	0.196	0.145	0.176	0.05
	40 jour	0.09	0.132	0.151	0.052	0.028

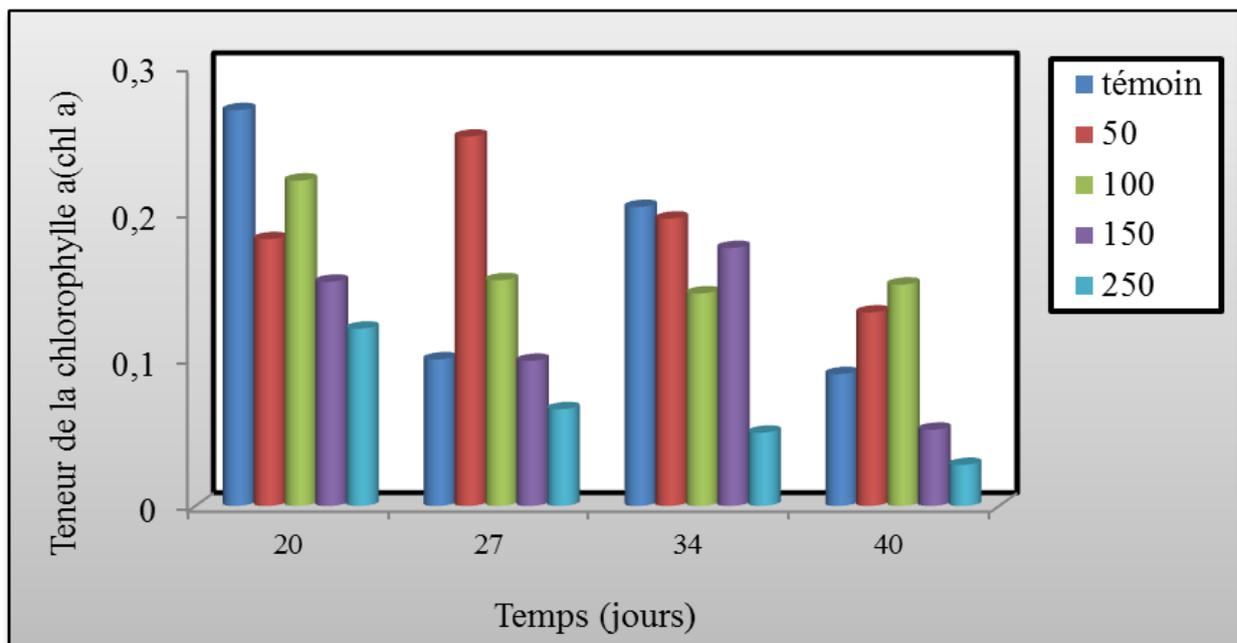


Figure 11 : Variation de la chlorophylle a (CHL a) variété Tichidrette au cours du temps

II-1- 2 Teneur de la chlorophylle a (CHL a) pour la variété Saida :

Les résultats de tableau ci-après montrent que la teneur la plus élevée de CHL (a) de variété saida a été enregistré pour la concentration de 50 mM environ de 0.279 $\mu\text{g/gMF}$, et un minimum de 0.049 $\mu\text{g/gMF}$ à 250 mM. Le taux de variation de la moyenne de la teneur en chlorophylle (a) dosées par rapport au témoin en fonction du stress salin est illustré au tableau 15 et la figure 12 ci-dessous.

L'analyse de la variance à un critère de classification entre les différentes moyennes mesurées de la teneur de la chlorophylle a (CHL a) de la variété Saida, montre qu'il y a une différence non significative pour les concentrations qui ne dépassent pas 150 mM (Annexe 02, tableau 10), significative pour la plus forte concentration 250 Mm.

Tableau 15 : Teneur de la chlorophylle a (CHL a) en ($\mu\text{g/gMF}$) de la variété Saida pour différentes concentration en NaCl durant les quarante jours de stress.

	[NaCl]	Témoin	50mM	100mM	150mM	250mM
Jours de traitement	20 jour	0.214	0.218	0.162	0.283	0.080
	27 jour	0.088	0.193	0.224	0.109	0.07 4
	34 jour	0.198	0.279	0.141	0.072	0.057
	40 jour	0.065	0.105	0.117	0.078	0.049

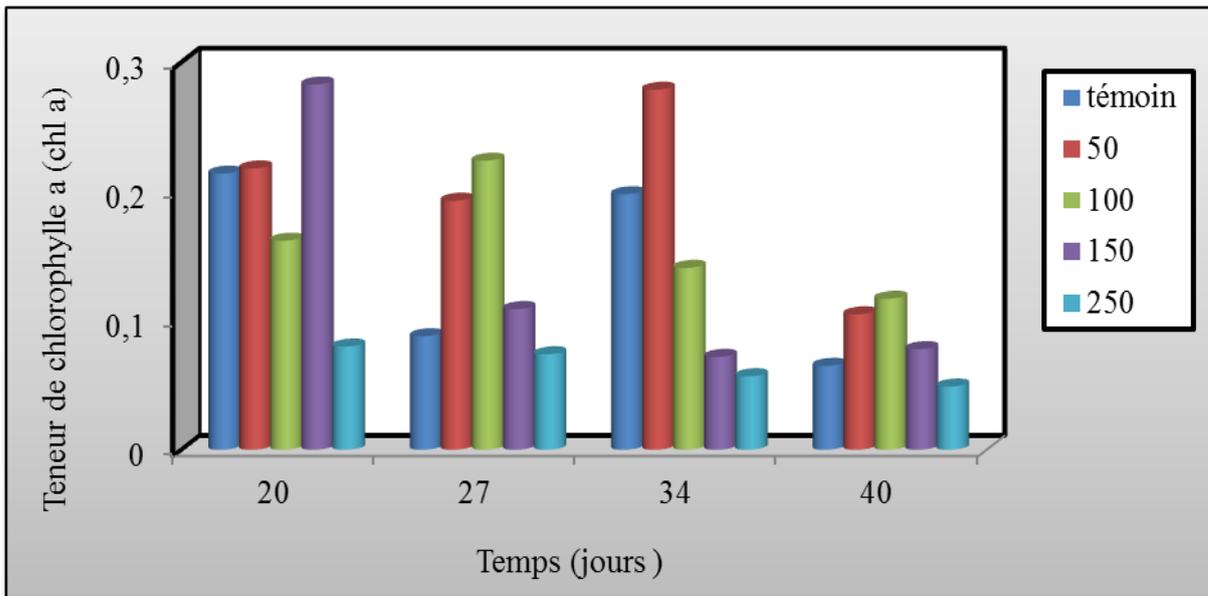


Figure 12: Variation de la chlorophylle a (CHL a) variété Saida au cours du temps

II- 2- Teneur de la chlorophylle b (CHL b) :

II- 2- 1 Teneur de la chlorophylle b (CHL b) pour la variété Tichidrette :

Chez la variété Tichidrette, le témoin montre une augmentation très importante de la teneur en chlorophylle (b) environ de $0.440 \mu\text{g/gGMF}$; cette teneur diminue à un stress salin sévère par un traitement de 250 mM jusqu'à $0.017 \mu\text{g/gGMF}$. Le taux de variation de la moyenne de la teneur en chlorophylle par rapport au témoin en fonction du stress salin est présenté au tableau 16 et figure 13 ci-après.

L'analyse de la variance à un critère de classification entre les différentes moyennes mesurées de la teneur de la chlorophylle b (CHL b) de la variété Tichidrette montre qu'il y a une différence non significative pour les concentrations qui ne dépassent pas 150 mM (Annexe 02, tableau 11), significative pour la plus forte concentration 250 Mm.

Tableau 16: Teneur de la chlorophylle b (CHL b) en ($\mu\text{g/gMF}$) de la variété Tichidrette pour différentes concentration en NaCl durant les quarante jours de stress.

	[NaCl]	Témoin	50mM	100mM	150mM	250mM
Jours de traitement	20 jour	0.440	0.150	0.274	0.118	0.164
	27 jour	0.077	0.037	0.278	0.079	0.064
	34 jour	0.423	0.236	0.102	0.208	0.05
	40 jour	0.045	0.05	0.102	0.031	0.017

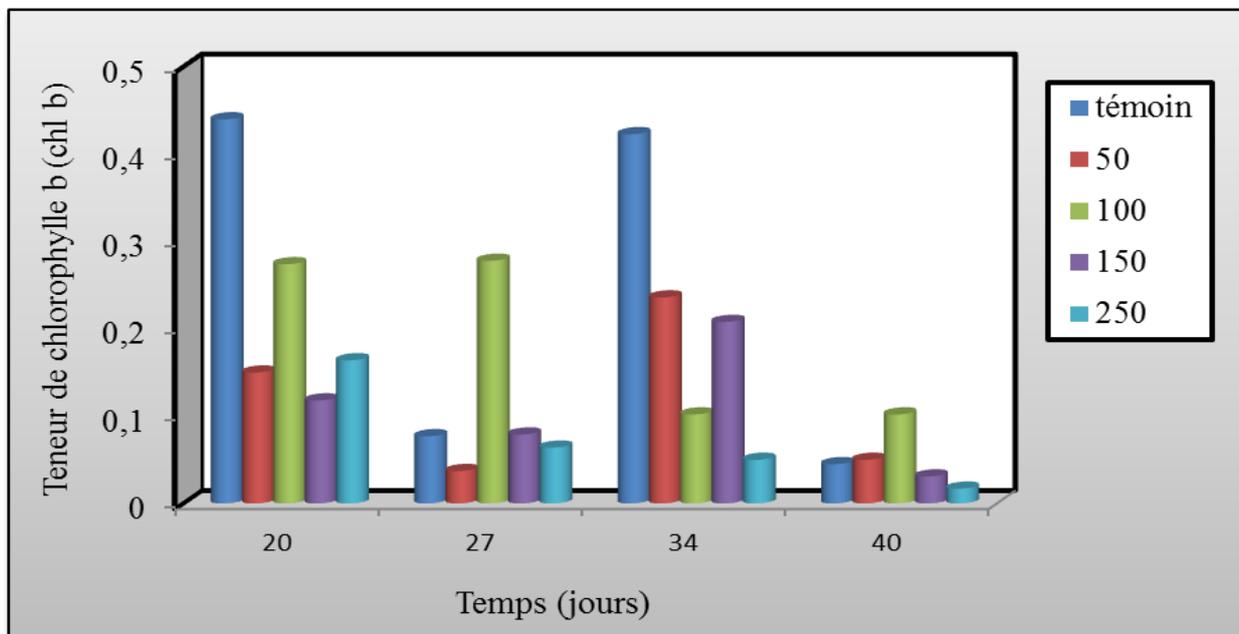


Figure13: Variation de la chlorophylle b (CHL b) variété Tichidrette au cours du temps

II- 2- 2 teneur de la chlorophylle b (CHL b) variété Saida :

Les résultats de la teneur de chlorophylle b de cette variété illustrée dans le tableau (17) ci-après montrent qu'il y'a une variation entre les différentes concentrations de NaCl . La valeur la plus élevée de la teneur de CHL (b) a été enregistrée pour la première concentration de sel (50 mM) d'environ de 0.249 $\mu\text{g}/\text{GMF}$ par contre, la valeur la plus faible a été marquée pour la concentration de 150 mM à la dernière journée de stress, (Figure 14).

Chez la variété Saida, le stress salin ne cause pas de grandes variations de la teneur en chlorophylle (b). L'analyse de la variance à un critère de montre l'absence d'une différence significative dans les moyennes du critère étudié (Annexe 02, tableau 12).

Tableau 17: Teneur de la chlorophylle b (CHL b) en ($\mu\text{g}/\text{gMF}$) de la variété Saida pour différentes concentration en NaCl durant les quarante jours de stress.

	[NaCl]	Témoin	50mM	100mM	150mM	250mM
Jours de traitement	20 jour	0.131	0.186	0.091	0.0262	0.191
	27 jour	0.066	0.185	0.168	0.077	0.194
	34 jour	0.149	0.249	0.123	0.068	0.181
	40 jour	0.049	0.054	0.055	0.048	0.06

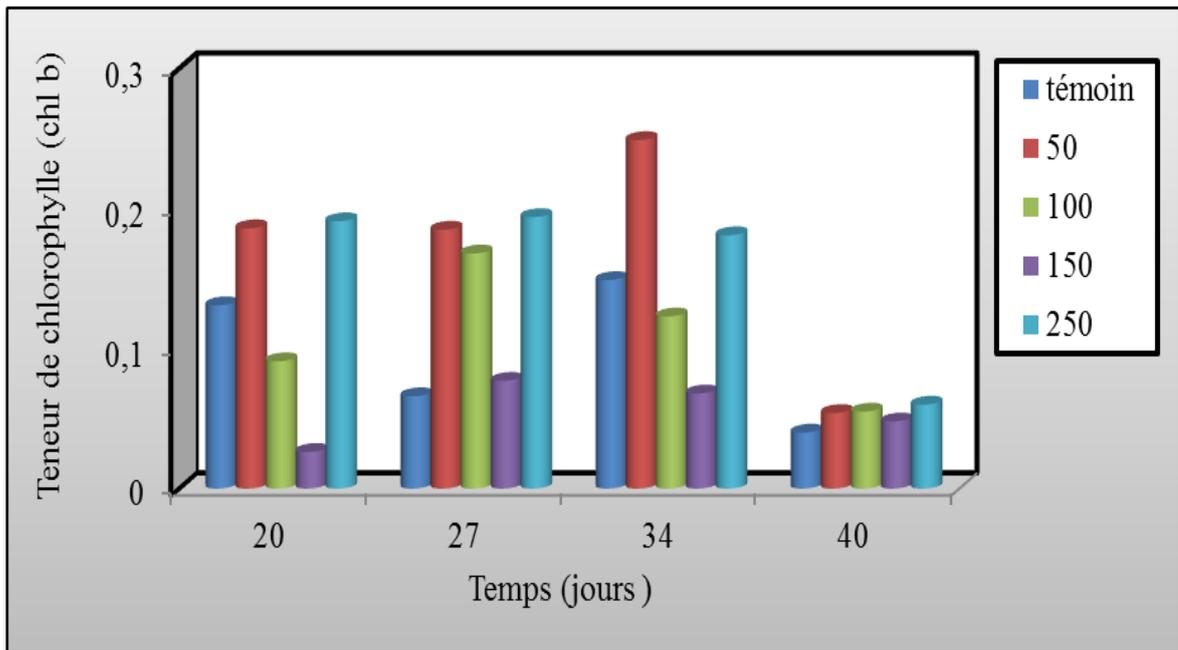


Figure 14: Variation de la chlorophylle b (CHL b) variété Saida au cours du temps

II- 3- Teneur de la chlorophylle totale (CHL (a+b)) :

II- 3- 1Teneur de la chlorophylle totale (CHL (a+b)) pour la variété Tichidrette :

Les résultats illustrés dans le tableau 18ci-dessous montrent que la teneur en chlorophylle totale (CHL (a + b)) atteint un maximum d'environ de 0.827 $\mu\text{g/gMF}$ pour le témoin et un minimum de 0.045 $\mu\text{g/gMF}$ pour la concentration la plus élevée en NaCl (250 mM), (Figure 15).

L'analyse de la variance à un critère de classification montre qu'il y a une différence non significative pour les concentrations 50 mM et 100 mM, celle-ci devient significative au-delà de ces concentrations (Annexe 02, tableau 13) entre les différentes moyennes mesurées de la teneur de la chlorophylle totale (CHL a+b) de la variété Tichidrette en présence du stress salin.

Tableau 18: Teneur de la chlorophylle totale (CHL (a+b)) en ($\mu\text{g/gMF}$) de la variété Tichidrette pour différentes concentration en NaCl durant les quarante jours de stress.

	[NaCl]	Témoin	50mM	100mM	150mM	250mM
Jours de traitement	20 jour	0.71	0.332	0.496	0.271	0.285
	27 jour	0.177	0.289	0.432	0.178	0.13
	34 jour	0.627	0.432	0.247	0.384	0.1
	40 jour	0.135	0.182	0.253	0.083	0.045

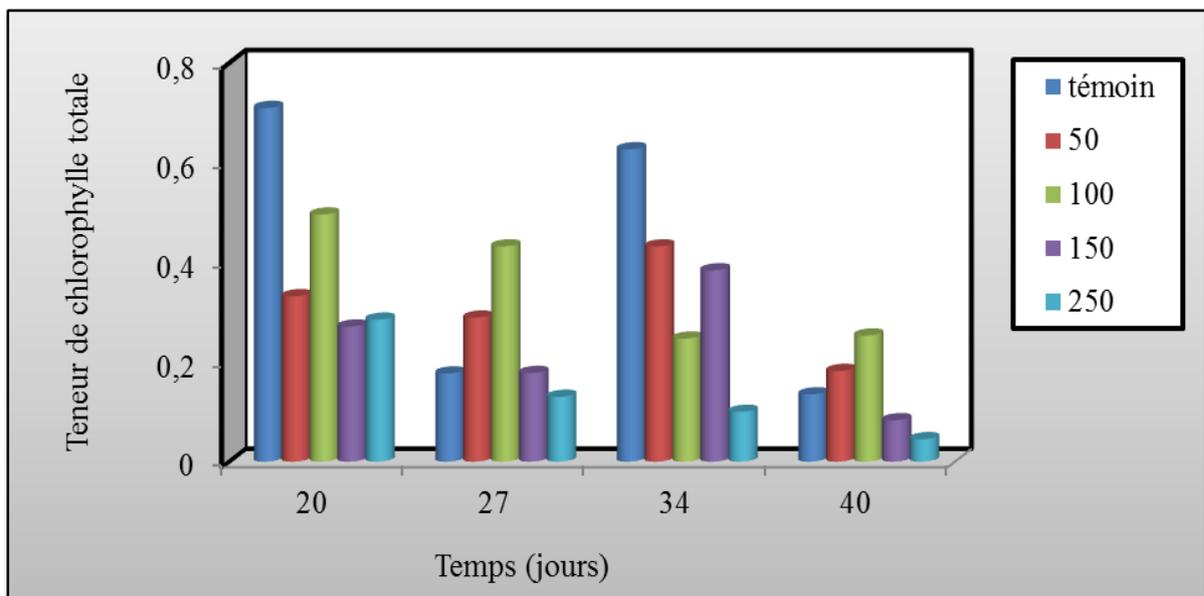


Figure 15: Variation de la chlorophylle totale (CHL (a+b)) variété Tichidrette au cours du temps

II- 3- 2- Teneur de la chlorophylle totale (CHL (a+b)) pour la variété Saida :

La teneur de la chlorophylle totale de la variété Saida variée en fonction des différentes concentrations en sel, révèle que cette teneur atteint un maximum pour la première concentration de NaCl (50 mM) d'environ de 0.528 $\mu\text{g/gMF}$ (tableau 19) et un minimum de 0.109 $\mu\text{g/gMF}$. Ces variations sont représentées dans la figure 16 ci-après.

L'analyse de la variance à un critère de classification montre qu'il y a une différence non significative (Annexe 02, tableau 14) entre les différentes moyennes mesurées de la teneur de la chlorophylle totale (CHL (a+b)) variété Saida en présence du stress salin.

Tableau 19 : Teneur de la chlorophylle totale (CHL (a+b)) en ($\mu\text{g/gMF}$) de la variété Saida pour différentes concentration en NaCl durant les quarante jours de stress.

	[NaCl]	Témoin	50mM	100mM	150mM	250mM
Jours de traitement	20 jour	0,345	0,404	0,253	0,309	0.271
	27 jour	0,154	0,378	0,392	0,186	0.268
	34 jour	0,347	0,528	0,264	0,14	0.38
	40 jour	0,115	0,159	0,172	0,126	0.109

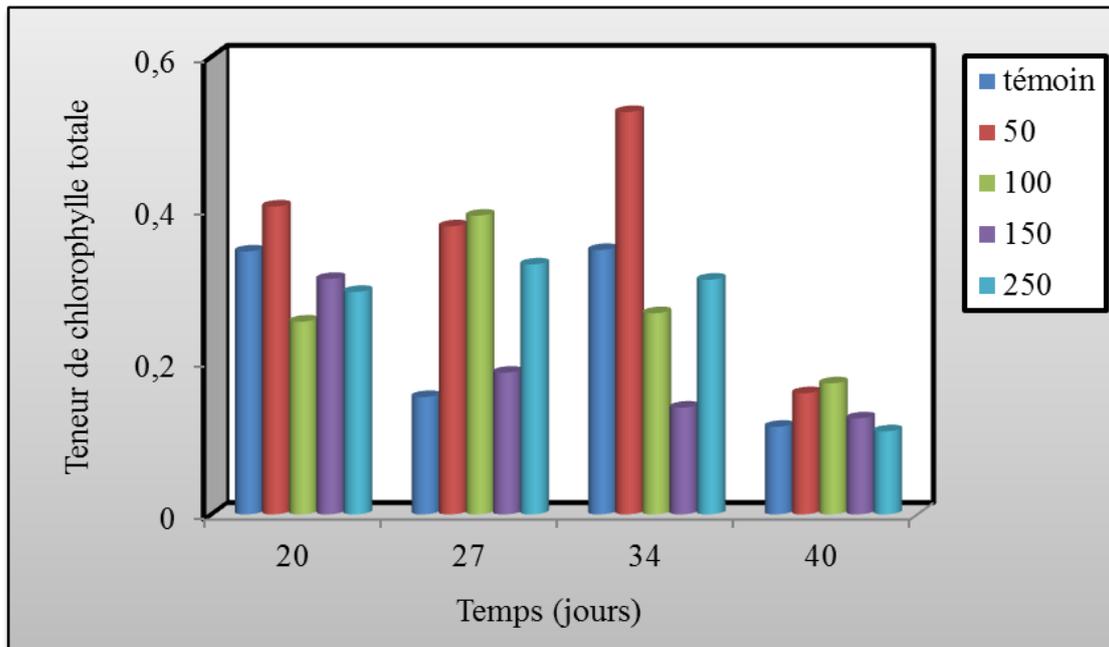


Figure 16: Variation de la chlorophylle totale (CHL (a+b)) variété Saïda au cours du temps

II-4- Teneur des sucres solubles ($\mu\text{g/g MS}$) :

Les résultats obtenus montrent que la teneur en sucres solubles accumulés dans les plantes chez les deux variétés étudiées varie en fonction du stress salin. Le taux de variation de la teneur totale des sucres solubles par rapport au témoin est enregistré dans les tableaux ci-dessous:

II-4- 1 Teneur en sucres solubles pour la variété Tichidrette :

Les résultats enregistrés dans le tableau 20 ci-dessous et illustrés dans la figure 17, montrent qu'il n'y a pas une accumulation progressive des sucres solubles en fonction du stress salin. L'accumulation la plus importante a été remarquée pour le témoin dans l'ordre de $137.1 \mu\text{g/g MS}$. La plus faible accumulation $12 \mu\text{g/g MS}$ est enregistré au niveau de la plus forte concentration de NaCl (250 mM) à la fin du traitement, ce qui représente 1.4 % par rapport au témoin.

Ces résultats sont confirmés par l'analyse de la variance à un critère de classification qui montre qu'il n'y a pas une différence significative aux concentrations qui ne dépassent pas 100 mM de sel, celle-ci devient significative au-delà de ces concentrations (Annexe 02, tableau 15).

Tableau 20: La teneur des sucres soluble en ($\mu\text{g/g MS}$) de la variété Tichidrette pour différentes concentration en NaCl durant les quarante jours de stress.

	[NaCl]	Témoin	50mM	100mM	150mM	250mM
Jours de traitement	20 jour	98.4	88.9	65.7	48.2	23.91
	27 jour	114.6	87.3	88.81	28.9	40.12
	34 jour	45.3	90.2	84.4	28.9	35
	40 jour	137.1	72.4	69.7	16.7	12

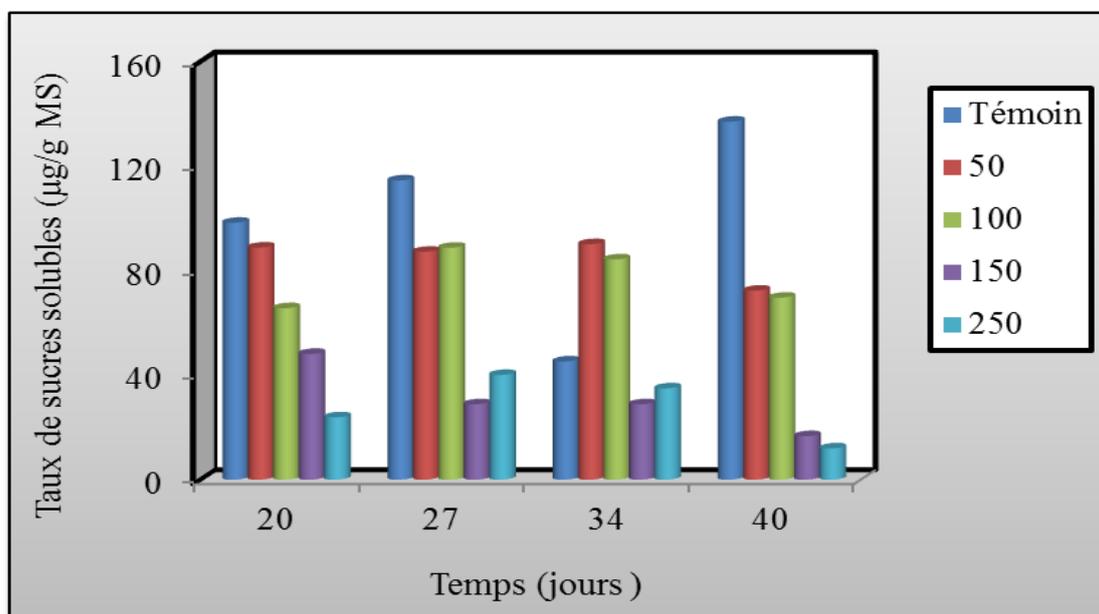


Figure 17: Variation de La teneur des sucres soluble de variété Tichidrette au cours du temps

II-4- 2 La teneur des sucres solubles de variété Saida :

L'accumulation de la teneur de sucres solubles de cette variété, varie en fonction de stress salin, le tableau 21 montre que la teneur la plus élevée a été enregistrée par le témoin 104.8 $\mu\text{g/g MS}$, cette dernière a marqué une diminution régressive au dernier jour de l'expérimentation jusqu'à la valeur minimal 20.8 $\mu\text{g/g MS}$ pour 250 mM de sel, (Figure 18).

Cet résultat est confirmé par l'analyse de la variance à un critère de classification qui montre qu'il n'y a pas une différence significative pour 50mM de NaCl, significative à 100 mM et hautement significative pour les concentrations qui dépassent 150mM. (Annexe 02, tableau 15).

Tableau 21: La teneur des sucres soluble en ($\mu\text{g/g MS}$) de la variété Saida pour différentes concentration en NaCl durant les quarante jours de stress.

	[NaCl]	Témoin	50mM	100mM	150mM	250mM
Jours de traitement	20 jour	95.1	95.95	82.28	73.6	70.44
	27 jour	80	89.1	76.9	61.6	56.5
	34 jour	104.8	71.8	82	60.8	37.9
	40 jour	88.1	74.2	67.7	52.4	20.8

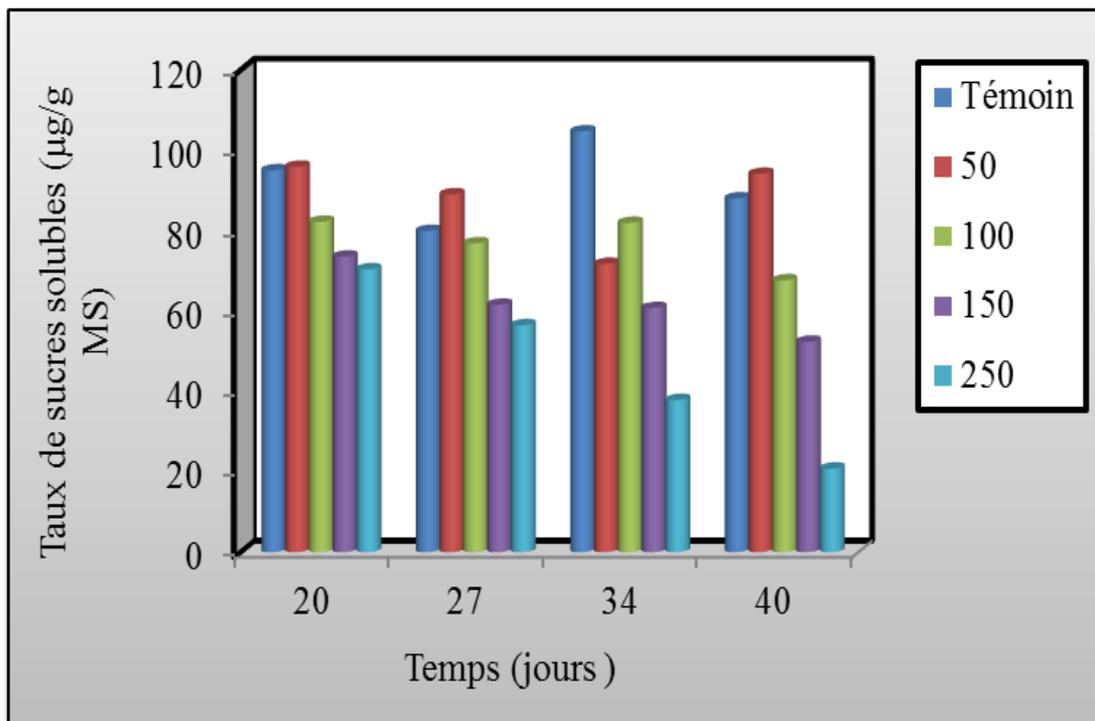


Figure 18: Variation de la teneur des sucres soluble de variété Saida au cours du temps

III- Discussion :

Les stress abiotiques sont responsables d'une perte de rendement pour les cultures les plus réponsives (**BRAY et al. 2000 in VINCENT, 2006**). Ils constituent donc des facteurs limitant non négligeables. Ces stress se traduisent par des changements morphologiques, physiologiques, biochimiques et moléculaires qui affectent négativement la croissance de la plante et sa productivité (**BEN NACEUR et al., 1994, 1997, 1998, 2001 ; SEMMADI et RAHMOUNE, 1995; WANGET al.,2001**).

Notre étude a été menée sur deux variétés d'orges (Saida et Tichidrette) stressé au NaCl à différents traitements (Témoin ,50 mM, 100mM ,150mM et 250mM) pendant 40jours.

Nos résultats montrent que les variétés étudiées résistent au stress salin en tolérant une concentration de NaCl dans le milieu, allant jusqu'à 150 mM.

BEN NACEUR et al., (2001) ont étudié l'influence du stress salin sur six variétés de blé sélectionnées par les programmes nationaux des trois pays du Maghreb: Algérie, Maroc et Tunisie. L'étude a été menée au laboratoire et au champ et a permis de mettre en évidence l'influence d'un taux de salinité variable sur différents paramètres caractéristiques: taux de germination, longueur de l'épicotyle, longueur de la racine ainsi que le rendement. Ainsi ont pu être sélectionnées les variétés susceptibles de mieux valoriser les zones salines ou n'ayant que des ressources en eau saumâtre. Lorsqu'elles ont été irriguées à l'eau fortement salée (8 g/l), toutes les variétés ont subi une chute de croissance par rapport au témoin. La croissance en hauteur et de la surface foliaire est affectée par le NaCl. Pour le rendement, le stress salin a

induit une réduction du nombre d'épis par unité de surface. Cette réduction varie d'une variété à une autre et d'une intensité à une autre (**BEN NACEUR et al., 2001**).

Concernant les paramètres physiologiques, en fonction de l'intensité du stress salin chez les deux variétés d'*Hordum vulgare* (teneur en chlorophylles, et sucres solubles).Nos résultats montrent une dégradation de tous les paramètres étudiés le long des jours de stress.

Ceci a été confirmé par les travaux **RAJ et al., (1993)** qui ont examiné la pertinence d'utiliser les cinétiques de la fluorescence de la chlorophylle (a) comme marqueur fiable pour le tamisage in vivo de variétés tolérantes au sel (sulfate de sodium) et ce, en comparant deux variétés de blé (*Triticum aestivum*L.) ils se sont intéressés à l'effet de la salinité sur la teneur en chlorophylles (a),(b) et totale des plantes : une variété sensible et une autre tolérante aux sels. Ils ont

constaté que les taux de la chlorophylle (a), mesurés sur des sections de feuilles, diminuent significativement chez la variété sensible, comparativement à la variété résistante, au fur et à mesure que la concentration en sel augmente. Le contenu total en chlorophylle de la variété tolérante augmente significativement suite au stress salin, avec une augmentation de la chlorophylle (a) aussi bien que de la chlorophylle (b), alors que chez la variété sensible, il n'y a pas de variations significatives.

Nos résultats suggèrent que la teneur en chlorophylle (a+b) ne varie pas en fonction des traitements de NaCl, ces variétés ne tolérant pas une forte intensité de stress salin en élaborant une diminution de l'activité photosynthétique et la production de la matière organique.

Conclusion

Conclusion :

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. 10 à 15% des surfaces irriguées (20 à 30 millions d'hectares) souffrent, à des degrés divers, de problèmes de salinisation.

La caractérisation physiologique de la tolérance des végétaux à la salinité résulte des processus qui permettent au végétal d'absorber l'eau et les sels minéraux à partir de substrats à faibles potentiels hydriques, mais aussi de vivre en acceptant la présence importante de sels dans ses tissus; tels que les halophytes qui accumulent le plus de sels, en particulier le chlorure de sodium, se signalent ainsi par une forte capacité d'élaboration de composés organiques, ce qui permet le maintien d'une haute pression osmotique interne qui favorise les échanges d'eau entre les compartiments externes et cellulaires de la plante .

Notre travail a porté sur l'analyse de l'effet de différentes concentrations de NaCl sur la croissance et le développement de deux variétés d'orge (*Hordum vulgare*L) très cultivées en Algérie afin de préciser leurs limites de tolérance à la salinité. Ces analyses réalisées par une étude des paramètres biométriques (longueur de la partie aérienne, longueur des racines, biomasse totale fraîche et biomasse totale sèche) et aussi aux caractères physiologiques (l'accumulation des pigments chlorophylliens et l'accumulation des sucres solubles.).

D'une façon globale, les résultats indiquent clairement l'influence de la salinité sur les paramètres biométriques, révélant une diminution de tous ces paramètres en fonction de la concentration en sel pendant la durée de stress. Ainsi la plante n'a pas pu résister au stress pour des concentrations dépassant 150 mM en sel.

Concernant les paramètres physiologiques, les résultats obtenus montrent clairement une nette évidence de l'influence du stress salin. Au niveau de la chlorophylle, ces traitements ont successivement provoqué une augmentation dans leurs teneurs aux doses de NaCl faibles (50 mM et 100mM), puis une baisse des teneurs aux doses plus élevées (150mM et 250mM). Le NaCl induit des diminutions des teneurs des sucres solubles au dernier jour de stress.

Les résultats trouvés ont confirmé, par l'analyse des variances à un critère de classification entre les moyennes mesurées des différents paramètres biométriques et physiologiques étudiés à l'ANOVA, que les différences deviennent significatives, à hautement significatives pour les concentrations qui ne dépassent pas 100 mM et très hautement significatives au-delà de 150 mM de sel, pour la plupart des paramètres biométriques et physiologiques étudiés.

D'autre part, La comparaison des résultats obtenus pour les deux variétés (Tichidrette et Saida) montre que la variété Tichidrette s'est révélé la moins résistante aux conditions de stress salin appliqué alors que la variété Saida serait la mieux adaptée à ce stress.

On peut dire que les deux variétés d'orge, objet de notre étude, peuvent être classifiées comme des plantes glycophytes et par suite elles peuvent s'adapter à des eaux d'irrigation de la région saharienne classifiées comme saumâtres.

Sachant que l'orge est la céréale la plus résistible à la salinité, d'autres céréales comme le blé par exemple doivent être irriguées par des eaux moins salées. L'orge peut être considérée comme un indicateur de stress salin pour les autres céréales.

Afin d'avoir une idée plus succincte sur l'effet du stress salin sur les variétés d'orge étudiées, il serait souhaitable d'élargir l'étude en contrôlant aussi la variation d'autres critères additivement aux critères biométriques et physiologiques ciblées dans notre étude, notamment les dosages relatifs à l'ADN, l'ARN, proline et saccharose.

Références Bibliographiques

Références bibliographique

- **ABDELLY C , (2006) :** Caractérisation des halophytes pour le dessalement des sols salin et le traitement des eaux salines. Rapport d'activités 2007. Centre de biotechnologie à la technopole de Borj-Cedria, Tunisie, pp. 28- 31.
- **AGASTIAN P, KINGSLEY S.J, VIVEKANANDAN M , (2000):** Effect of salinity on photosynthesis and biochemical characteristics in mulberry genotypes. *Photosynthetica* 38, 287–290.
- **ALEM C, AMRI A, 2005:** Importance de la stabilité des membranes cellulaires dans la tolérance à la salinité chez l'orge. *Reviews in Biology and Biotechnology* .
- **ANTIPOLIS S, (2003) :** les menaces sur les sols dans les pays méditerranée étude bibliographique ; les cahiers du pleur bleu 2 .pp 44-48
- **AOUN M, (2009) :** Action du cadmium sur les plants de moutarde indienne (*Brassica juncea L. Czern*) néoformés à partir de couches cellulaires minces et issus de semis. Analyses physiologiques et rôle des polyamines. Thèse de doctorat en science, université de Bretagne occidentale. 135 p.
- **ASLOUM H, (1990) :** Elaboration d'un Système de production maraicher (tomates).
- **BAHLOULI F, BOUZERZOUR H, BENMHAMMED A, HASSOUS KL, 2005:** Selection of high yielding and risk efficient durum wheat (*Triticum durum Desf*) cultivars under semi- arid conditions. *Pakistan Journal of Agronomy*.
- **BELKHODJA M, BIDAI Y, (2004) :** Réponse des graines d'*Atriplex halimus L.* à la salinité au stade de la germination. *Sécheresse*, Vol. 15, No. 4 pp 331-335
- **BENHAMIDA et DJEGHBALA H ; (2005) :** Contribution à la caractérisation biométrique de la végétation halophile dans les dépressions salées de la cuvette de Ouargla (cas du chott Ain El-Beida et sebkha de Bamendil).Ingénieur d'état en biologie .Ouargla 714p.
- **BENHAYYIM G, KAFKAFI U et GANMORE –NEUMANN R,(1987) :**Rôle of internal potassium in maintaining growth of cultured citrus cells on increasing NaCl and CaCl₂ conventions .*Plant physiol* .85.pp434-439.
- **BEN NACEUR M, RAHMOUNE C, SDIRI H, MADDAH M, SELMI M, (2001):** Effet du stress salin sur la germination, la croissance et la production en grains de quelques variétés maghrébines de blé. *Sécheresse* 12 (3) pp 167-174.
- **BENMAHAMMED A, HASSOUS KL, BOUZERZOUR H, 2001 :** Synthèse des performances des nouvelles sélections d'orge (*Hordeum vulgare L.*) réalisées par les stations

ITGC de Saida, Sidi Bel Abbés, Tiaret, Beni Slimane, Oued Smar, Khémis Miliana, Sétif et Khroub, au cours de la période 1980/81 à 1996/97. Céréaliculture, 36: 13-20.

- **BERTHOMIEU P., CONEJERO G., NUBLAT A., BRACHENBURY W.J., LAMBERT C., SAVIO C., UOZUMI N., OIKI S., YAMADA K., CELLIER F., GOSTI F., SIMONNEAU T., ESSAH P.A. , TESTER M., VERY A.A., SENTENAC H., CASSE F., 2003:** Functional analysis of *AtHKT1* in *Arabidopsis* shows that Na^+ recirculation by the phloem is crucial for salt tolerance. *EMBO Journal*.
- **BIDAI Y, (2001) :** Le métabolisme de la proline chez l'atriplex *halimus* L. stressé à la salinité. Mémoire de Magistère en Physiologie Végétale, Université d'Oran Senia ,83p.
- **BOUCHOUKH Imane, 2009 :** Comportement écophysio­logique de deux Chénopodiacées des genres *Atriplex* et *Spinacia* soumises au stress salin. Mémoire magistère en Biologie végétale. Université Mentouri – Constantine
- **Boufenar- Zaghouane F, Zaghouane O, 2004 :** Guide des principales variétés de céréales à paille en Algérie. Ed. ITGC-ICARDA., Alger.
- **BOURRISER P et LAUCHLI A, (1989):** Mecanism of chloride partitioning in the leaves of it stressed sorghum *bicolor* L *Plant Physiol* .77 .pp 537-544.
- **BOUZID S, (2010):** Étude de l'effet de la salinité et de la présence du molybdène sur le comportement écophysio­logique de deux variétés de plantes de l'espèce *Phaseolus vulgaris* L . memoire : D.E.S en Biologie Végétale. Université de Mentouri.Constantine
- **CALU G, (2006):** *Arabidopsis thaliana* et *Thellungiella halophila*, plantes modèles dans l'étude du stress salin. *Spectro Sciences*.
- **CECCARELLI, S. & GRANDO, S, (1996).** *Hordeum vulgare* L. In: Grubben, G.J.H. & Partohardjono, S. (Editors). *Plant Resources of South-East Asia No 10. Cereals*. Backhuys Publishers, Leiden, Netherlands. pp. 99–102.
- **CHARTZOULAKIS K, KLAPAKI G, (2000):** Réponse of two greenhouse pepper hybrides to NaCl salinity during different growth stages. *Sci. Hortic*. 86, pp 247–260.
- **CHRETIEN D., 1992:** La résistance au sel chez le jojoba (*Simmondsia chinensis* LS), croissance et modification du contenu lipoprotéique de cals cultivés en présence d'une teneur élevé en NaCl . Thèse doct. Univ. Paris.
- **COLMER TD, FAN TWM, HIGASHI, LAUCHLI A, (1996):** Interactive effects of Ca^{+2} and NaCl salinity on the ionic relation and proline accumulation in the primary roots tip of sorghum *bicolor* .*Physiol .Plant* .97.424p.

- **CRAMER GR, (2002):** Sodium-Calcium interactions under salinity stress. In“Salinity. Environment-Plants-Molecules”. Eds. A. Läuchli and U. Lüttge. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp 205-227 (2002).
- **DIFALLAH S, (2009) :** Etudes bibliographique de la genétique de résistance à drechslera terres. mémoire de diplôme d'études supérieures Université Mohamed Boudiaf de M'sila .Algérie.
- **DUBOIS J , (1991) :**Les chocs thermiques et leurs applications. L'amélioration des plantes pour l'adaptation aux milieux arides. Ed. AUPELF-UREF. John Libbey Eurotext. Paris, France.
- **FAOSTAT, 2008:** Statistical database of the food and agriculture organization of the United Nations.
- **FRANCIET A et LE HOUGROU H N , (1971) :**Les Atriplex en Tunisie et en Afrique du Nord .Rome : Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), 127 p.
- **I.E.D., 1987:** World Rescusses (1987) Inst .International of Envirennement Développement and the World ressources Institute New York.
- **GAMA P. B. S, INANAGA S, TANAKA K, NAKAZAWA R, (2007):** Physiological response of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seedlings to salinity stress.African Journal of Biotechnology Vol. 6 (2), pp 79-88.
- **GENOUX C., PUTZOLA F., MAURIN G., 1991:** Thème général: la lagune méditerranéenne, TPE: Les plantes halophytes.
- **GRIME J P., 1979:** Plant strategies and vegetation processes. New York: John Wiley and Sons.
- **GUPTA R, ABROL P, (1990) :**Salts affected Soils :Their reclamation and management for trop production .Adv Soil Science .pp 273-87 .
- **HAMZA M., 1980:** Réponse des végétaux à la salinité. *Physiol., Vegetal.*
- **HOPKINS W G., 2003:** *Physiologie végétale.* 2ème édition. De Boeck, Brussels's.
- **JONES H G., FLOWERS T J., JONES M B., 1989:** *Plants under stress.* Cambridge, Cambridge University Press.
- **KADI Zahia ,2012 :** Selection de l'orge (*Hordeum vulgare l.*) pour la tolerance aux stress abiotiques .Mémoire de diplôme de Doctorat en Sciences, Université Ferhat Abbas Sétif.
- **KHADRAOUI, (2004) :**Eau et impact environnemental dans le Sahara Algérien. DPU Algeria.

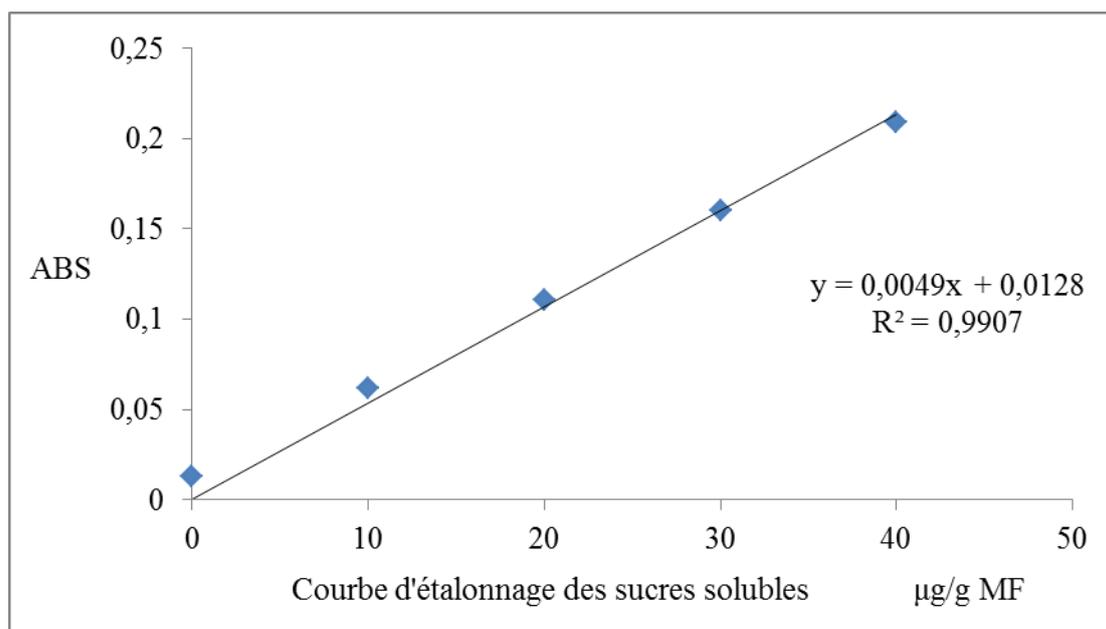
- **KHOUMA M , (2000) :**Les glands types de sols du Sénégal quatorzième réunion du sous continent africain de corrélation des sols pour la mise en valeur des terres , archives de doucement de la FAO.
- **LACLERC J C., 1999:** Ecophysiologie végétale. Publication de l'université SAINT ETIENNE
- **LEVIGNERON A., LOPEZ F., VANSUYT G., BERTHOMIEU P., FOURCROY P., CASSE-DELBART F., 1995:** Les plantes face au stress salin. Cahiers Agricultures.
- **LEVITT, J, (1980):** Responses of Plant to Environmental Stress Chilling, Freezing and High Temperature Stresses, 2 nd ed. Levitt, J. (ed.). Academic Press, New York, NY.
- **LUTTGE U., KLUGE M., BAUER G., 2002:** Botanique. 3ème édition, Tec et Doc-Lavoisier, Paris
- **MAASTRICHT EV ET NIEMAN RH, (1975) :**Physiology tolerance to salinity .32pp277-299 .In G.S.JUNG : "Group tolérance to suoptimal Imand condition".
- **MAILLARD J, (2001):** Le point sur l'Irrigation et la salinité des sols en zone aride: Risques et Recommandations. Handicap International. Novembre 2001. 35p
- **Mermoud, A. (2006):** Cours de physique du sol : Maîtrise de la salinité des sols. Ecole polytechnique fédérale de Lausanne, 23 p.
- **MELONI D.A., OLIVA M.A., RUIZ H.A., MARTINEZ C.A. (2001):** Contribution of proline and inorganic solutes to osmotic adjustment in cotton under salt stress. J.Plant Nutr. 24, pp599–612.
- **MENACER F ,2007 :** Contribution à l'étude de l'effet de la salinité sur un marqueur biochimique : cas de la proline chez *Atriplex halimus* L .et *atriplex canescens* (pursh) Nutt .Mémoire de D.E .S.en Biologie option Biochimie, Université de Khasdi MERBAH Ourgla.
- **MORSLI B, (2007):** Étude de l'intrusion marine et de ses répercussions sur la dégradation des sols : cas des zones côtières d'Alger Est. Actes des JSIRAUF.
- **MUNNS R, HUSAIN S, RIVELLI A.R, JAMES R.A, CONDON A.G.T, LINDSAY M. P,LAGUDAH E.S, SCHACHTMAN D.P, HARE R. A. (2002):** Avenues for increasing salt tolerance of crops, and the role of physiologically based selection traits. Plant and Soil 247 pp 93–105.
- **NELSON DE, RAMMESMAYER G et BOHNERT HJ, 1998** –Regulation of cell specific inositol metabolism and transport in plant salinity tolerance .Plant cell 10(5), pp753-764.

- **NIU X , BRESSAM RA , HASEGAWA PM ,(1995)** :Ion homeostasis in NaCl stress environnement plant physiol .109.pp 735-742.
- **PARIDA A, DAS A.B, DAS P. (2002)**: NaCl stress causes changes in photosynthetic pigments, proteins and other metabolic components in the leaves of true mangrove, *Bruguiera arvilla*, in hydroponic cultures. *J. Plant Biol.* 45pp 28–36.
- **PARIDA A.K., DAS A.B, (2005)**: Salt tolerance and salinity effect on plants: review. *Ecotoxicology and Environmental Safety.* Vol.60, pp. 324-349.
- **PAUL SCHANENBERG ET FERDINAND PARIS** -Guide des plantes médicinales : analyse, description et utilisation de 400 plantes. delachaux et niestlé pp309-310.
- **PIRI K., ANCEAU C., EL JAAFARI S., LEPOIVRE P., SEMAL J., 1994**:Sélection in vitro de plantes androgénétiques de blé tendre résistantes à la salinité. L'amélioration des Plantes. Ed. AUPELF-UREF, Paris
- **RAACHE I., KERBOUSSA –HALOUA R , (2004)** :Caractérisation morphologique et anatomique de quelques espèces halopytes dans la cuvette de Ourgla ..Mémoire d'Ingénieur Université Kasdi Marbach Ouargla .66p.
- **RAJ, S. K., MAWSON, B. T., YEUNG, E. C. et THORPE, T. A. (1993)** Utilization of induction and quenching kinetics of chlorophyll a fluorescence for in vivo salinity screening studies in wheat (*Triticum aestivum* vars. Kharchia-65 and Fielder). *Can. J. Bot.* Vol. 71, n°1, pp. 87- 92.
- **RHODES D., 1987**: Metabolic response to stress. In «the biochemistry of plants » (DD davies ed). Vol. 12. Academic press, New York
- **RASMUSSEN DC, 1992**: Barley breeding at present and in the future. In Munck L (ed.): *Barley Genetics VI*, vol. II,. Munksgaard Int. Publ. Ltd., Copenhagen.
- **TREMBLIN G., 2000** : Comportement auto-écologique de *Halopeplis amplexicaulis*: plante pionnière des sebkhas de l'ouest algérien. Sécheresse
- **SINGH S.C, SINHA R.P, HADER D.P. (2002)**: Rôle of lipids and fatty acids in stress tolerance in cyanobacteria. *Acta Protozool.* 41, pp297–308.
- **VINCENT, R, (2006)**: Recherche et étude de marqueurs moléculaires de la réponse au stress chez l'algue brune *Laminaria digitata*. Thèse de Doctorat en Biologie. Université de Rennes 1. 237p.
- **ZHU, J-K ,(2002)**: Salt and drought stress signal transduction in plants. *An. Rev. of Plant Biol.* 53pp 247- 73.

- **WANG Y, NIL N, (2000):**. Changes in chlorophyll, ribulose biphosphate carboxylase–oxygenase, glycine betaine content, photosynthesis and transpiration in *Amaranthustricolor* leaves during salt stress. *J. Hortic. Sci. Biotechnol.* 75,pp 623–627.
- **WU J.L, SELISKAR D.M, and GALLAGHER J.L, (1998):** Stress tolerance in the marsh plane *Spartina patens*: impact of NaCl on growth and root plasma membrane lipid composition. *Physiol. Plant.* pp102, 307–317.

Annexes

Annexe 01



Annexe 02

Analyses statistiques

Longueur de la partie aérienne(LPA) :

Tableau 01 -variété Tichidrette :

Concentration NaCl en (mM)	source	DL	SC	CM	F _{obs}	P	signification
0 - 50	Facteur	1	119,7	119,7	2,35	0,164	NS
	Erreur	8	408,4	51,0			
	total	9	528,1				
0 - 100	Facteur	1	471,1	471,1	14,49	0,005	HS
	Erreur	8	260,2	32,5			
	total	9	731,4				
0 - 150	Facteur	1	727,6	727,6	23,66	0,001	THS
	Erreur	8	246,0	30,7			
	total	9	973,6				
0 - 250	Facteur	1	990,0	990,0	32,75	0,000	THS
	Erreur	8	241,8	30,2			
	total	9	1231,9				

Tableau 02 -variété Saïda :

Concentration NaCl en (mM)	source	DL	SC	CM	F _{obs}	P	signification
0 - 50	Facteur	1	54,3	54,3	1,12	0,322	NS
	Erreur	8	389,4	48,7			
	total	9	443,7				
0 - 100	Facteur	1	293,0	293,0	9,92	0,014	S
	Erreur	8	236,2	29,5			
	total	9	529,3				
0 - 150	Facteur	1	503,7	503,7	18,10	0,003	THS
	Erreur	8	222,6	27,8			
	total	9	726,3				
0 - 250	Facteur	1	785,5	785,5	28,59	0,001	THS
	Erreur	8	219,8	27,5			
	total	9	1005,3				

Longueur de la partie souterraine(LPS)**Tableau 03 -variété Tichidrette :**

Concentration NaCl en (mM)	source	DL	SC	CM	F obs	P	signification
0 - 50	Facteur	1	8.7	8.7	0,16	0,700	NS
	Erreur	8	436.9	54.6			
	total	9	445.6				
0 - 100	Facteur	1	37.4	37.4	0,56	0,477	NS
	Erreur	8	537.3	67.2			
	total	9	574.8				
0 - 150	Facteur	1	88	88	2.11	0,185	NS
	Erreur	8	334.1	41.8			
	total	9	422.1				
0 - 250	Facteur	1	298.8	298.8	7.91	0,023	S
	Erreur	8	302.1	37.8			
	total	9	600.9				

Tableau 04 -variété Saïda :

Concentration NaCl en (mM)	source	DL	SC	CM	F obs	P	signification
0 - 50	Facteur	1	00	00	0.0	0.963	NS
	Erreur	8	151.8	19.0			
	total	9	151.8				
0 - 100	Facteur	1	3.4	3.4	0.31	0.594	NS
	Erreur	8	87.8	11			
	total	9	91.2				
0 - 150	Facteur	1	4.7	4.7	0.46	0.517	NS
	Erreur	8	81.9	10.2			
	total	9	86.6				
0 - 250	Facteur	1	135.87	135.87	15.02	0.005	HS
	Erreur	8	72.39	9.05			
	total	9	208.25				

La biomasse fraîche totale(BFT):**Tableau 05 -variété Tichidrette :**

Concentration NaCl en (mM)	source	DL	SC	CM	F obs	P	signification
0 - 50	Facteur	1	0.0321	0.0321	0.59	0.465	NS
	Erreur	8	0.4349	0.0544			
	total	9	0.4670				
0 - 100	Facteur	1	0.1046	0.1046	2.51	0.152	NS
	Erreur	8	0.3332	0.0417			
	total	9	0.4379				
0 - 150	Facteur	1	0.3217	0.3217	9.71	0.014	S
	Erreur	8	0.2651	0.0331			
	total	9	0.5868				
0 - 250	Facteur	1	0.4609	0.4609	16.15	0.004	THS
	Erreur	8	0.2283	0.0285			
	total	9	0.6892				

Tableau 06 -variété Saïda :

Concentration NaCl en (mM)	source	DL	SC	CM	F obs	P	signification
0 - 50	Facteur	1	0.0044	0.0044	0.11	0.749	NS
	Erreur	8	0.3238	0.0405			
	total	9	0.3282				
0 - 100	Facteur	1	0.0740	0.0740	2.65	0.143	NS
	Erreur	8	0.2239	0.0280			
	total	9	0.2980				
0 - 150	Facteur	1	0.2439	0.2439	12.9	0.007	HS
	Erreur	8	0.1511	0.0189			
	total	9	0.3949				
0 - 250	Facteur	1	0.3694	0.3694	22.29	0.002	THS
	Erreur	8	0.1326	0.0166			
	total	9	0.5020				

La biomasse sèche totale(BFS):**Tableau 07 -variété Tichidrette :**

Concentration NaCl en (mM)	source	DL	SC	CM	F obs	P	signification
0 - 50	Facteur	1	0.00	0.00	0.00	0.978	NS
	Erreur	8	0.0048	0.00061			
	total	9	0.0048				
0 - 100	Facteur	1	0.00043	0.00043	1.17	0.31	NS
	Erreur	8	0.0029	0.000372			
	total	9	0.0034				
0 - 150	Facteur	1	0,002105	0,002105	7,72	0,024	S
	Erreur	8	0,002182	0,000273			
	total	9	0,004288				
0 - 250	Facteur	1	0,002756	0,002756	11,09	0,010	S
	Erreur	8	0,001988	0,000248			
	total	9	0,004743				

Tableau 08 -variété Saïda :

Concentration NaCl en (mM)	source	DL	SC	CM	F obs	P	signification
0 - 50	Facteur	1	0,000059	0,000059	0,15	0,712	NS
	Erreur	8	0,003212	0,000401			
	total	9	0,003270				
0 - 100	Facteur	1	0,001012	0,001012	2,90	0,127	NS
	Erreur	8	0,002792	0,000349			
	total	9	0,003804				
0 - 150	Facteur	1	0,002873	0,002873	15,45	0,004	THS
	Erreur	8	0,001487	0,000186			
	total	9	0,004360				
0 - 250	Facteur	1	0,004995	0,004995	35,22	0,000	THS
	Erreur	8	0,001135	0,000142			
	total	9	0,006130				

La teneur de la chlorophylle a (CHL a) :**Tableau 09 -variété Tichidrette :**

Concentration NaCl en (mM)	source	DL	SC	CM	F obs	P	signification
0 - 50	Facteur	1	0,0012	0,0012	0,24	0,640	NS
	Erreur	6	0,0297	0,0049			
	total	7	0,009				
0 - 100	Facteur	1	0,00001	0,00001	0,00	0,967	NS
	Erreur	6	0,02632	0,00439			
	total	7	0,02633				
0 - 150	Facteur	1	0,00423	0,00423	0,80	0,405	NS
	Erreur	6	0,03168	0,00528			
	total	7	0,03591				
0 - 250	Facteur	1	0,01990	0,01990	4,40	0,081	S
	Erreur	6	0,02712	0,00452			
	total	7	0,04702				

Tableau 10 -variété Saida :

Concentration NaCl en (mM)	source	DL	SC	CM	F obs	P	signification
0 - 50	Facteur	1	0,00661	0,00661	1,21	0,314	NS
	Erreur	6	0,03280	0,00547			
	total	7	0,03941				
0 - 100	Facteur	1	0,00078	0,00078	0,20	0,671	NS
	Erreur	6	0,02347	0,00391			
	total	7	0,02425				
0 - 150	Facteur	1	0,00007	0,00007	0,01	0,930	NS
	Erreur	6	0,04696	0,00783			
	total	7	0,04703				
0 - 250	Facteur	1	0,01163	0,01163	3,92	0,095	S
	Erreur	6	0,01779	0,00296			
	total	7	0,02942				

Teneur de la chlorophylle b (CHL b):**Tableau 11 -variété Tichidrette :**

Concentration NaCl en (mM)	source	DL	SC	CM	F obs	P	signification
0 - 50	Facteur	1	0,0327	0,0327	1,20	0,316	NS
	Erreur	6	0,1640	0,0273			
	total	7	0,1968				
0 - 100	Facteur	1	0,0066	0,0066	0,23	0,646	NS
	Erreur	6	0,1682	0,0280			
	total	7	0,1748				
0 - 150	Facteur	1	0,0377	0,0377	1,46	0,272	NS
	Erreur	6	0,1548	0,0258			
	total	7	0,1925				
0 - 250	Facteur	1	0,0595	0,0595	2,38	0,017	S
	Erreur	6	0,1500	0,0250			
	total	7	0,2095				

Tableau 12 -variété Saïda :

Concentration NaCl en (mM)	source	DL	SC	CM	F obs	P	signification
0 - 50	Facteur	1	0,01037	0,01037	2,20	0,188	NS
	Erreur	6	0,02824	0,00471			
	total	7	0,03861				
0 - 100	Facteur	1	0,00033	0,00033	0,13	0,731	NS
	Erreur	6	0,01499	0,00250			
	total	7	0,01531				
0 - 150	Facteur	1	0,00348	0,00348	2,17	0,191	NS
	Erreur	6	0,00960	0,00160			
	total	7	0,01308				
0 - 250	Facteur	1	0,0242	0,0242	2,26	0,184	NS
	Erreur	6	0,0644	0,0107			
	total	7	0,0886				

Teneur de la chlorophylle totale(CHL T):**Tableau 13 -variété Tichidrette :**

Concentration NaCl en (mM)	source	DL	SC	CM	F obs	P	signification
0 – 50	Facteur	1	0,0487	0,0487	0,70	0,434	NS
	Erreur	6	0,4147	0,0691			
	total	7	0,4634				
0 – 100	Facteur	1	0,0222	0,0222	0,31	0,599	NS
	Erreur	6	0,4307	0,0718			
	total	7	0,4529				
0 – 150	Facteur	1	0,1088	0,1088	1,51	0,026	S
	Erreur	6	0,4326	0,0721			
	total	7	0,5414				
0 – 250	Facteur	1	0,2077	0,2077	3,01	0,013	S
	Erreur	6	0,4146	0,0691			
	total	7	0,6223				

Tableau 14 -variété Saida :

Concentration NaCl en (mM)	source	DL	SC	CM	F obs	P	signification
0 – 50	Facteur	1	0,0335	0,0335	1,69	0,241	NS
	Erreur	6	0,1187	0,0198			
	total	7	0,1523				
0 – 100	Facteur	1	0,0021	0,0021	0,17	0,691	NS
	Erreur	6	0,0729	0,0121			
	total	7	0,0750				
0 – 150	Facteur	1	0,0045	0,0045	0,39	0,554	NS
	Erreur	6	0,0688	0,0115			
	total	7	0,0734				
0 – 250	Facteur	1	0,0295	0,0295	0,79	0,409	NS
	Erreur	6	0,2250	0,0375			
	total	7	0,2546				

Taux sucres solubles :**Tableau 15-variété Tichidrette :**

Concentration NaCl en (mM)	source	DL	SC	CM	F obs	P	signification
0 – 50	Facteur	1	400	400	0,50	0,505	NS
	Erreur	6	4785	797			
	total	7	5185				
0 – 100	Facteur	1	942	942	1,14	0,327	NS
	Erreur	6	4954	826			
	total	7	5896				
0 – 150	Facteur	1	9296	9296	3,42	0,016	S
	Erreur	6	5088	848			
	total	7	14383				
0 – 250	Facteur	1	10108	10108	12,02	0,013	S
	Erreur	6	5047	841			
	total	7	15156				

Tableau 16 -variété Saïda :

Concentration NaCl en (mM)	source	DL	SC	CM	F obs	P	signification
0 – 50	Facteur	1	171	171	1,38	0,284	NS
	Erreur	6	740	123			
	total	7	91				
0 – 100	Facteur	1	436,9	436,9	5,56	0,057	S
	Erreur	6	471,8	78,6			
	total	7	908,7				
0 – 150	Facteur	1	1788,0	1788,0	19,13	0,005	HS
	Erreur	6	560,9	93,5			
	total	7	2349,				
0 – 250	Facteur	1	4157	4157	14,33	0,009	HS
	Erreur	6	1740	290			
	total	7	5897				

Annexe 03

Photos des plantules prélevées.

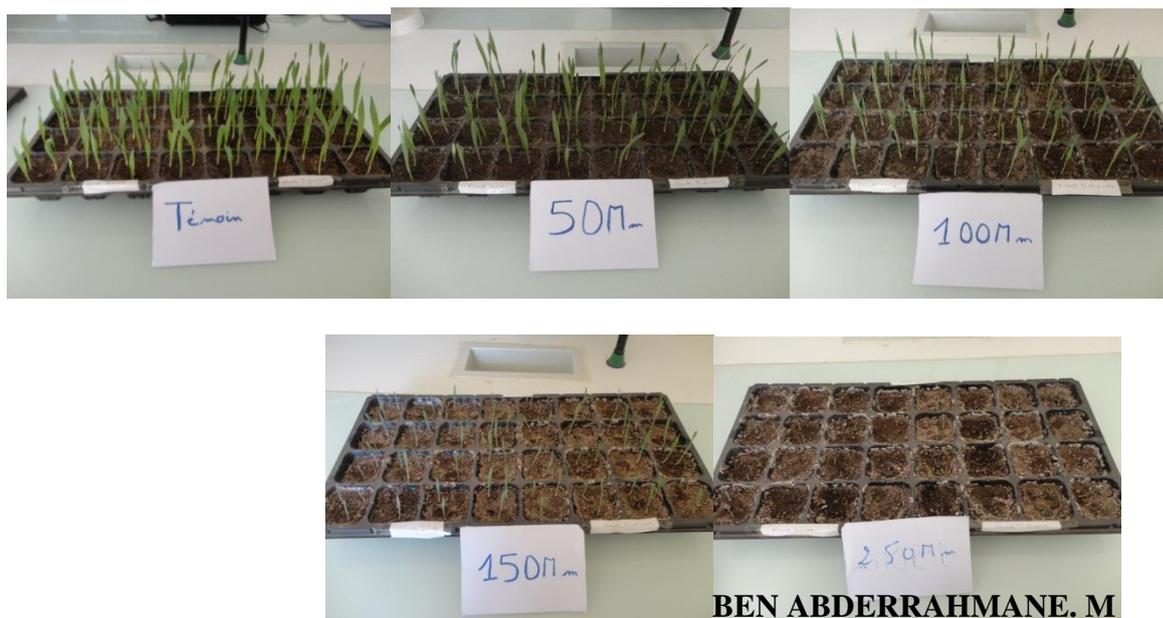


Photo 01 : les plantes dans les pots après 12 jours



Photo 02 : plantes prélevées après 12 jours de stress de la variété Tichidrette



Photo 03 : plantes prélevées après 12 jours de stress de la variété Saida



Photo 04 : les plantes dans les pots après 20 jours

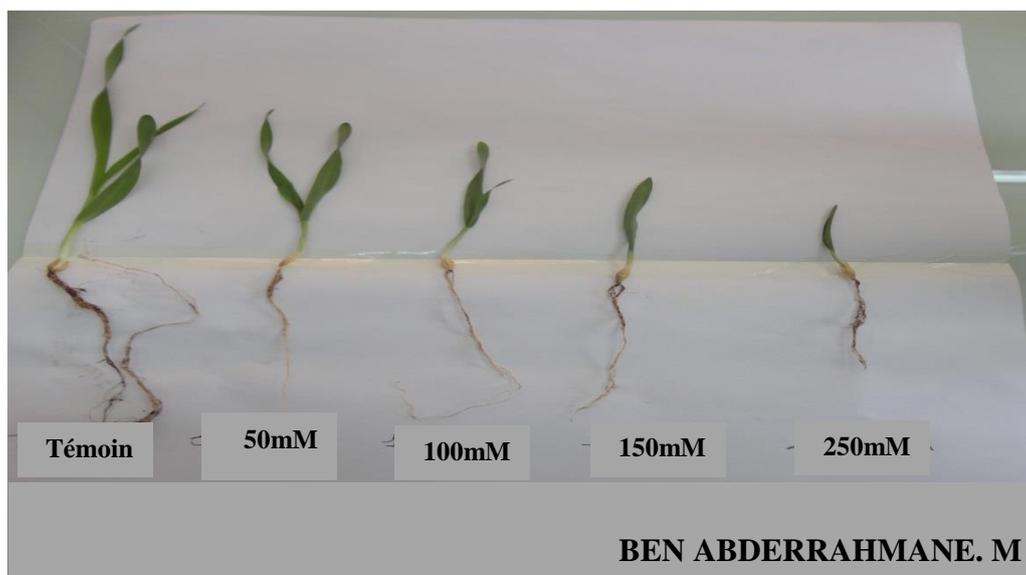


Photo 05: plantes prélevées après 20 jours de stress de la variété Tichidrette

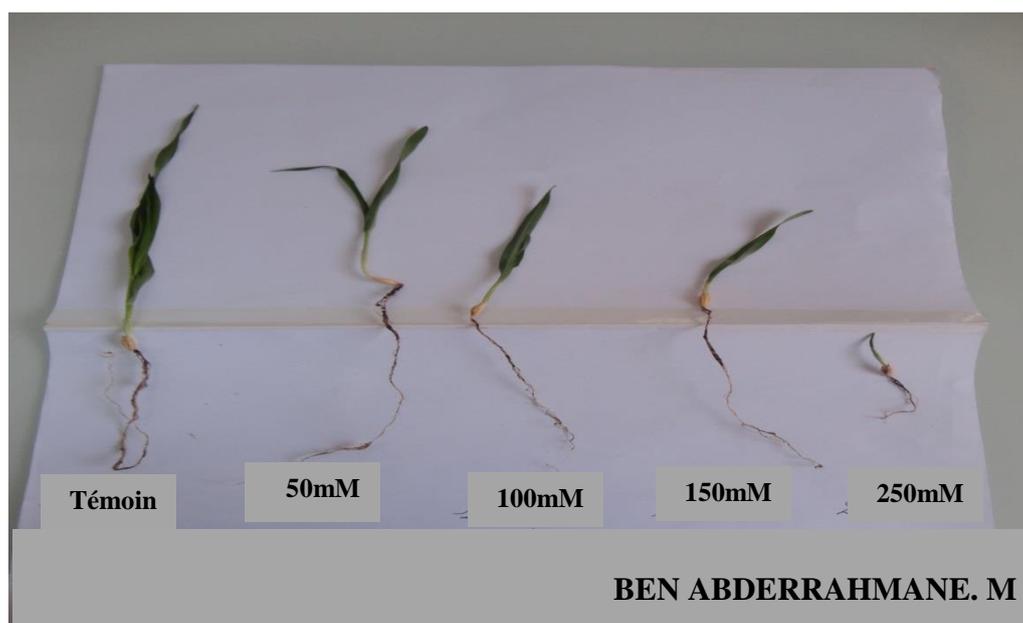


Photo 06: plantes prélevées après 20 jours de stress de la variété Saïda

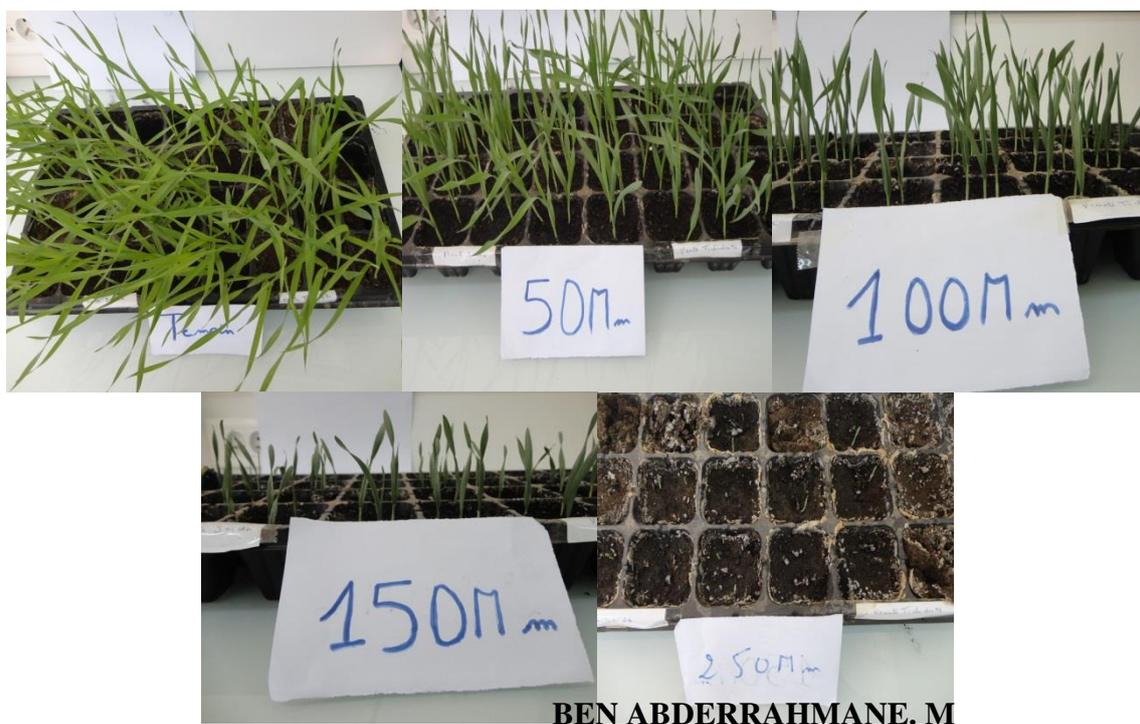


Photo 07: les plantes dans les pots après 27 jours

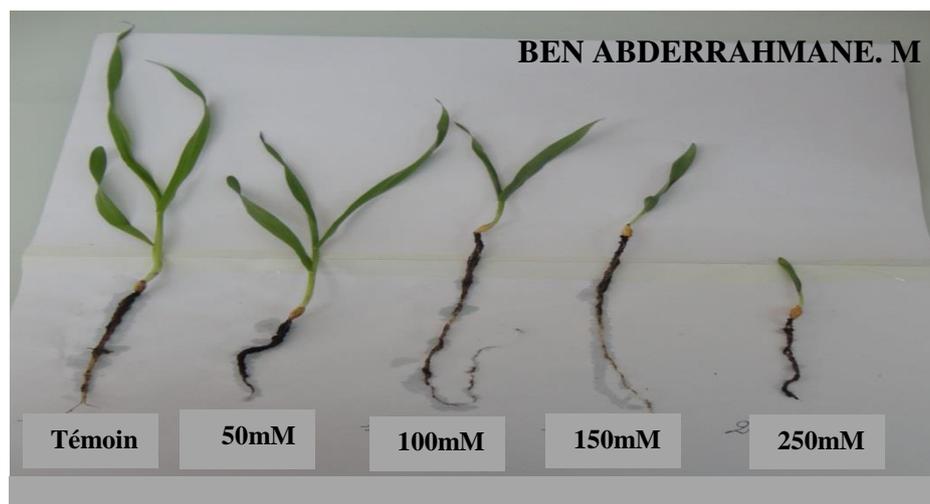


Photo 08: plantes prélevées après 27 jours de stress de la variété Tichidrette



Photo 09: plantes prélevées après 27 jours de stress de la variété Saida

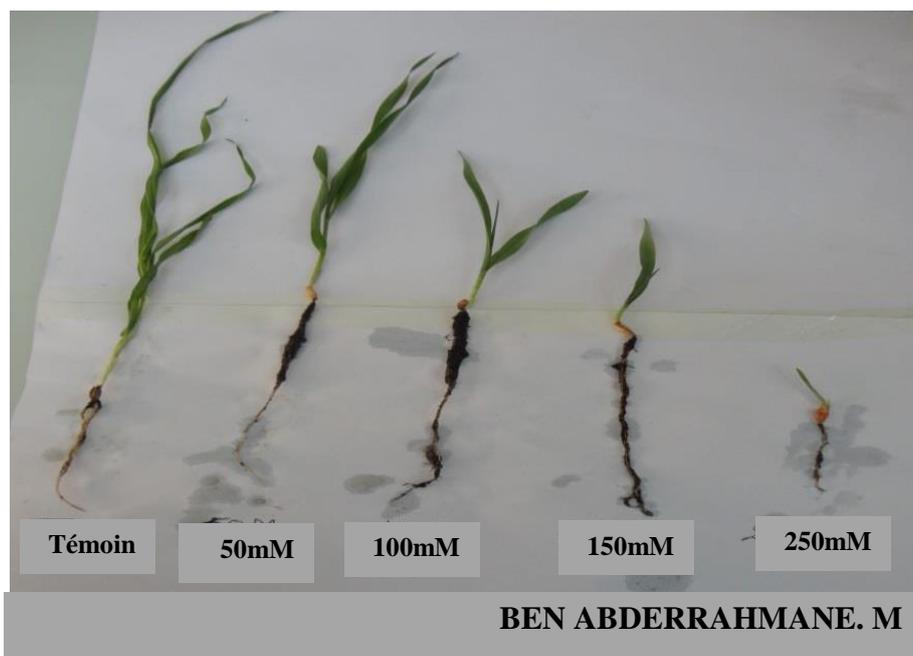


Photo 10: plantes prélevées après 34 jours de stress de la variété Tichidrette

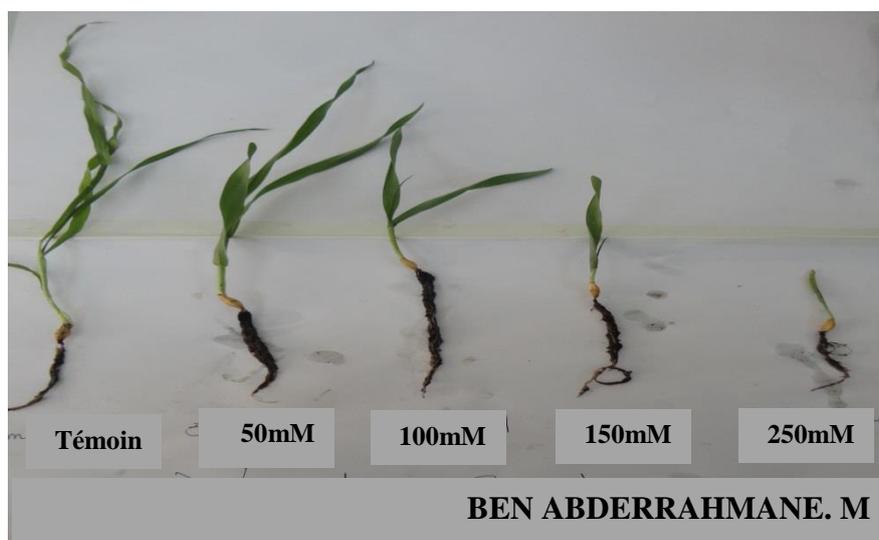


Photo 11: plantes prélevées après 34 jours de stress de la variété Saïda



Photo 12: plantes prélevées après 40 jours de stress de la variété Tichidrette

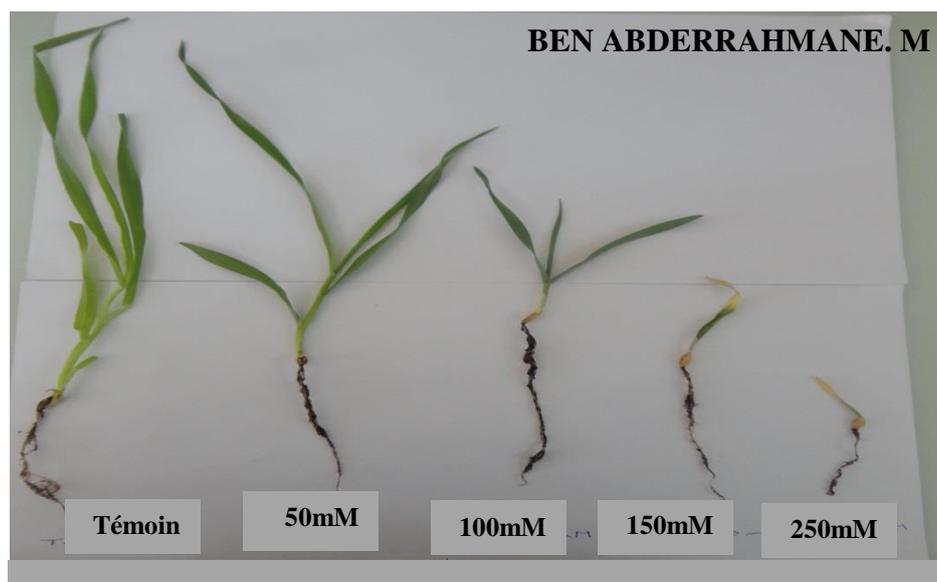


Photo 13: plantes prélevées après 40 jours de stress de la variété Saida