



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Abbés Laghrour Khenchela
Faculté des Sciences de la Nature Et de la Vie
Département de BMC

MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du diplôme de

MASTER Académique

FILIERE : SCIENCES ACADEMIQUES BIOLOGIQUES

OPTION : BIOTECHNOLOGIE VEGETALE

Thème

**Effets du stress salin sur la
germination et la croissance
juvénile de la courgette**

Présenté par : ARIF Imane
RGUIAI Chahra Zed

Soutenu le : 19 /06/2018

Devant le jury :

Président	Dr. BENSIZRARA.D	MCB	Université Abbes Laghrour Khenchela
Encadreur	Dr. FERCHA .A	MCB	Université Abbes Laghrour Khenchela
Examineur	Mr. BOUZO.L.M	MAA	Université Abbes Laghrour Khenchela

Année Universitaire 2017/2018

Remerciements

Je remercie avant tout Dieu le tout puissant de m'avoir aidé à réaliser ce modeste travail.

Je remercie Mr BEN SIZRARA Djamel qui nous a honorés de présider notre jury.

Mon Encadreur Mr FERCHZ Azzedine pour tout l'intérêt qu'ils ont porté à ce travail.

Mes remerciements sont également pour notre enseignante Mr BOUZO Lezhar Mourad d'avoir accepté d'examiner notre travail.

A tous ceux qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail. J'adresse mes remerciements les plus profonds à toute ma famille et mes amis pour leur soutien continu.

J'exprime ma reconnaissance et ma profonde gratitude à l'égard de ceux qui de près ou de loin m'ont assistés par leurs conseils, leurs encouragements et à l'élaboration de ce modeste travail.

Dédicace

Je Dédie ce modeste travail :

A la lumière de mes jours, la flamme de mon cœur, ma vie et mon bonheur ; Ma chère et douce mère. Tu représentes pour moi le symbole de la bonté par excellence, la source de mes efforts et l'exemple du dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi Que dieu bénisse et te garde.

A mon père Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien être . Que dieu garde pour moi.

A mes frères Farid 'Azzedine', Riad, Yassine et Oussama Abd Eldjalil . Je vous remercie pour votre affection si sincère.

A mes deux nièces Aya Nour El Yakin et Meriem Nour El Imane

A ma tante qui Chikha m'a soutenu et m'a encouragé aussi, longue vie et prospérité

A Ma cousin et ma sœur Fatiha un remerciement particulier pour les moments le plus beaux et les plus dures

A mes amies, Imane Ghoudhban , Roufaida Abrouk , Khaoula Azz .

Un profond respect, merci pour les beaux moments que nous avons passés ensemble même si c'était court mais distinctif

A tout mes amies et mes collègues :Mochira , Imane M , Imane B , Lamia , Afef pour l'amitié et les souvenirs de tous moments que nous avons passés ensemble

A EXO mon groupe de musiciens préféré que je considère comme une de mes sources de bonheur, leurs paroles me me donnent de la force 'Au-dessus des cieux gris, je suis sûr qu'il y a une lumière plus brillante

Après ces nuages sombres', Merci de votre présence dans ma vie, je vous souhaite plus de succès dans votre carrière.

Arif Imane

Dédicaces

À celle qui m'a donnée la vie, à la source d'amour et d'affection et tout ce qui est cher à mon cœur ma chère mère.

À l'homme qui représente le symbole de ma vie et ma fierté, mon meilleur ami mon père.

À mes parents à qui je dois beaucoup par leurs conseils les plus précieux que ce mémoire, soit le meilleur cadeau.

À mes très chers et adorables frère et sœur : SAMIA et DONDON longue vie et prospérité

À mon fiancé BASSEM et son père, Je vous remercie pour votre affection sincère.

Sans oublier tous mes amies HAMIDA, NASSIMA, LOBNA, IMANE

À tous mes collègues.

À tous les membres de la promotion (2017-2018) et particulièrement à mes enseignants.

Rguiai Chakra Zed

Liste des abréviations :

ABA	Acide abscissique
Car	Caroténoïdes
Chl	Chlorophylle
F.A.O	Food and agriculture organization
FNAMS	Fédération Nationale des Agriculteurs-Multiplicateurs de Semences
mM	milli mole
n	nombre de graine germés
N	nombre total des graines semis
Na Cl	Chloride sodium
PF	poids frais
PFG	pourcentage final de germination
PS	Le poids sec
ROS	Reactive oxygen species
S₀	Stress salin 0
S₁	Stress salin 1
S₂	Stress salin 2
SF	La surface foliaire
TE	La teneur en eau

Liste des figures :

Figures	Pages
Figure : 1-1. Plante de Courgette avec fleurs épanouies	4
Figure 1-2. Plante de Courgette avec fleurs fanées et jeunes fruits	4
Figure 1-3. Cucurbita pepo, citrouille d'été avec tige de fruit angulaire légèrement élargie au sommet	4
Figure 1-4. Les pâtissons, comme les courgerons, sont issus de l'espèce C. pepo var. ovifera, une forme particulière de l'espèce C. pepo	5
Figure 1-5. Cucurbita pepo = courgette poivrée (acron)	5
Figure 1-6. La courgette 'Crookneck'	5
Figure 1-7. Fruit de courgettes jaunes	5
Figure 1-8. <i>Cucurbita pepo</i> courgettes blanches vert pâle tachetées, en forme de torpille	6
Figure 1-9. La courgette 'coccozzelle'	6
Figure 1-10. Fruit de courgette vert foncé	6
Figure 1-11. Parcelle de courgettes hybrides multipliées en agrobiologie, dans le Sud de la France. Photo F. Collin (FNAMS)	10
Figure 1-12. La courgette est une plante monoïque, elle porte des fleurs mâles Et femelles sur le même pied. Photo F. Collin (FNAMS)	12
Figure 1-13 : Représentation générale de la réponse au stress chez les plantes	21
Figure 1-14 : la complexité des plantes à la réponse aux différents stress abiotiques	22
Figure 1-15. Synthèse des principaux mécanismes cellulaires de perception, signalisation et réponse au stress salin (Na Cl) chez la plante.	27
Figure 2-1. Courbe d'étalonnage pour le dosage des sucres solubles (mg/g MF)	32
Figure 2-2. Courbe d'étalonnage pour le dosage de la proline (μg /mg MF)	33
Figure 3-1. impact de stress salin (0, 25, 50, 75, 100, 200 mM) sur pourcentage final de germination	35
Figure 3-2. Impact du stress salin (0, 100 et 200 mM) sur la longueur des plantes de courgette (cm)	36
Figure 3-3. Impact du stress salin (0, 100 et 200 mM) sur le poids frais des feuilles des plantes de courgette (g)	36
Figure 3-4. impact du stress salin (0, 100 et 200 mM) sur le poids sec des feuilles des plantes de courgette (g)	37
Figure 3-5. impact du stress salin (0, 100 et 200 mM) sur la surface foliaire des plantes de courgette	37
Figure 3-6. impact du stress salin (0, 100 et 200 mM) sur la teneur en eau des feuilles des plantes de courgette (g)	38
Figure 3-7. impact du stress salin (0, 100 et 200 mM) sur la teneur de chlorophylle-a des plantes de courgette (g).	39
Figure 3-8. Impact du stress salin (0, 100 et 200 mM) sur la teneur de chlorophylle-b des plantes de courgette (g)	39

- Figure 3-9.** Impact du stress salin (0, 100 et 200 mM) sur la teneur de caroténoïde des plantes de courgette (g) **40**
- Figure 3-10.** Impact du stress salin (0, 100 et 200 mM) sur la teneur en sucres solubles des feuilles des plantes de courgette (mg/g MF) **41**
- Figure 3-11.** Impact du stress salin (0, 100 et 200 mM) sur la teneur en proline des feuilles des plantes de courgette (mg/g MF) **41**

Liste des Tableaux

Titre	Page
Tableau 1-1 : Informations essentielles sur la courgette	3
Tableau 1-2 : Superficie affectée par la salinité dans le monde	17
Tableau 1-3 : la concentration des sels dans la pluie	15
Tableau 1-4 : le degré de tolérance des cultures aux sels	29

TABLE DES MATIÈRES

Remerciement

Liste d'abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

INTRODUCTION

I. Biologie de la courgette :.....	1
1. Généralités :	1
2. Description Botanique:	2
3. Types et variétés de courgette :.....	4
4. Les exigences de la culture de courgette :	7
4.1. Exigences écologiques :	7
4.2. Exigences édaphiques :	7
4.2. a. Sol favorable :.....	7
4.2. b. pH optimal :.....	7
4.3. Exigences nutritionnelle :.....	7
4.4. Exigences climatiques :.....	8
a. Températures.....	8
b. Eau et humidité :.....	8
4.5. Exigences d'irrigation :	9
5. Production des semences de Courgette dans un itinéraire Agrobiologique :.....	9
5.1. Rotation des Cultures :	9
5.2. Semis :	10
a. Temps de semis :	10
b. Densité de semis :	10
c. Profondeur de semis :	10
5.3. Conduite culturale :	10
a. Fertilisation.....	10
b. Désherbage.....	11
c. Floraison.....	12
d. Période de récolte :	13
1. Récolter les courgettes :.....	13

2. Récolter des graines ou pas ?	13
II.1..La salinité	14
1-Définition de la salinité	14
2. Définition de la salinisation	14
3. Principaux sels soluble	14
4. Répartition de soles salées	16
5. Types de salinité	17
5. a. Salinisation primaire (ou Naturelle)	17
5. b. Salinisation secondaire (ou d'origine humaine)	18
6. Composantes de la salinité	18
6. a. Le stress osmotique	Error! Bookmark not defined.
6. b. Le stress ionique	19
6. c. Le stress nutritionnel	20
6. d. Le stress oxydatif	20
II.2.La salinité et la plante	21
1. Définition de stress	21
2. Types de stress.....	22
2.1. Le stress abiotique:	22
2.1.a. Le stress hydrique:	23
2.1.b. Le stress thermique:	24
2.1.c. Le stress salin:.....	24
2.2. Le stress biotique:	24
III. Effet de la salinité sur la plante :	24
1. Effet de la salinité sur la physiologie des plantes :.....	24
1.1. Effet de la salinité sur la germination :.....	24
1.2. Effet de la salinité sur la croissance et le développement :	25
1.3. Effet de la salinité sur la photosynthèse	25
2. Effet sur la morphologie des plantes :	25
2.1. Effet de la salinité sur les racines :.....	26
2.2. Effet de la salinité sur la tige :	26
2.3. Effet de la salinité sur l'anatomie de la feuille :	26
3. Effets sur la nutrition minérale des végétaux :.....	27
IV. Mécanismes d'adaptations à la salinité	27

1. Accumulation ou exclusion des ions	27
2. Compartimentation :	28
3. Ajustements osmotiques	28
4. Régulation de la croissance	29
5. Le contrôle membranaire	29

CHAPITE II : MATERIEL ET METHODES

1. MATERIEL VEGETAL	30
2. PROTOCOL EXPERIMENTAL.....	30
1. Test de germination	30
2. Essai Sur Croissance Végétative	30
3.PARAMETRES MESURES	30
1.Test de germination :	30
2.Les paramètre de croissance :	31
3. Les paramètres biochimiques et physiologiques :	31
3. 1. La teneur des pigments chlorophylliens et des caroténoïdes :	31
3. 2. Dosage des sucres solubles (SS) :	32
3. 3. Dosage de la proline	33
4. Analyse statistique et représentation des résultats.....	34

CHAPITE III : RÉSULTATS ET DISCUSSION

1. RÉSULTATS	35
1. 1. Test de germination :	35
1.2. Paramètres de croissance :	35
1. 2. a. Longueur de la plantule :	35
1.2. b . Poids frais des feuilles :	35
1.2. c. Poids sec des feuilles :	37
1.2. d . La surface foliaire :	37
1.3. Les Paramètres Physiologiques et Biochimiques :	38
1.3.1. La teneur en eau (TRE):	38
1.3.2. Les pigments photosynthétiques :	38
a. Chlorophylles -a (Chl-a) :	38

b. Chlorophylle- b (Chl-b) :.....	38
c. Caroténoïdes (CAR) :.....	40
1.3.3. Les sucres solubles :.....	40
1.3.4. La teneur en proline :.....	40
CONCLUSION	45
RÉFÉRENCES	46..
ANNEXES	

INTRODUCTION

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 (**MERMOUD, 2006**). La salinité du sol est une contrainte abiotique majeure qui affecte négativement les aspects physiologique et biochimique de la plante, entraînant une réduction de son rendement (**RUIZ-LZANO et al. 2012 ; ALMEIDA et al., 2014**).

Le stress salin est l'un des facteurs majeurs susceptibles de limiter la productivité des plantes cultivées dans de nombreuses régions du monde, en particulier dans les régions arides et semi-arides. La salinité altère un certain nombre de fonctions métaboliques et physiologiques chez les plantes, telles que l'absorption d'eau, l'homéostasie ionique, la respiration, l'équilibre osmotique et la synthèse des protéines et des acides nucléiques. (**MUNNS, & TESTER 2008**).

Le stress salin inhibe la germination des graines, la croissance des racines et des pousses en limitant le potentiel hydrique de la solution du sol, ce qui réduit considérablement la perméabilité des membranes cellulaires et l'afflux d'eau dans la plante (**BAE, et al 2006**). D'autre part, le stress salin semble pouvoir inhiber la germination des semences via la perturbation de la synthèse des Gibbérellines (**KIM, et al. 2008**). Comme l'ont noté plusieurs auteurs auparavant, les mécanismes impliqués dans les dommages cellulaires causés par la salinité élevée pendant la germination ne sont pas entièrement compris. Il est récemment devenu extrêmement important de développer de nouvelles stratégies pour améliorer la tolérance à la salinité des plantes dans les régions semi-arides et arides. (**MUNNS, R., & TESTER, M. 2008**).

Le stress salin influe sur la croissance à travers de nombreuses facettes du métabolisme, tel que l'absorption des éléments nutritifs et leur distribution au sein de la plante, l'altération de la photosynthèse (**TAFFOUO et al., 2013**), la synthèse des protéines, l'accumulation des solutés organiques, l'équilibre hormonal et la disponibilité de l'eau (**KARUPPANASY et al., 2014**). En outre, la réduction de la croissance due à la salinité est également attribuable à la toxicité des ions et au déséquilibre nutritif. Cet état entraîne non seulement l'augmentation de l'accumulation du sodium (Na^+) et du chlorure (Cl^-) dans les plantes, mais aussi il affecte l'antagonisme de l'absorption des éléments

essentiels comme le potassium (K^+), le calcium (Ca^{+2}) et le magnésium (Mg^{+2}), en compétition avec le Na^+ et les nitrates (NO_3^-) par contraste avec le Cl^- (ZORB et al., 2005).

Les courgettes (*Cucurbita pepo* L) sont des légumes importants qui constituent une riche source de protéines, d'hydrates de carbone et de vitamines (LUCERA et al., 2010). Les graines de courgette sont aussi importantes en raison de leurs richesses en éléments minéraux, en vitamines et antioxydants (ROURA, et al., 2003). Peu d'études se sont intéressées à l'analyse de l'impact de la salinité sur la germination et la croissance de la courgette.

Ainsi, dans la présente étude nous avons entrepris d'évaluer l'impact de la salinité croissante sur la germination et la croissance de la courgette.

I. BIOLOGIE DE LA COURGETTE :

1. Généralités :

La courgette est le type le plus populaire de courge d'été que l'on peut trouver dans les couleurs sombres, moyennes et vert clair ainsi que jaune-orange. Zucchini est le nom italien de la plante, c'est pourquoi il est plus commun en Italie, en Amérique du Nord, en Australie et en Allemagne, tandis que le nom français 'courgette' est plus couramment utilisé en France, Irlande, le Royaume-Uni, la Grèce, la Nouvelle-Zélande, les Pays-Bas, la Belgique, le Portugal, l'Afrique du Sud et du Nord. La courgette a généralement une forme similaire à un concombre strié bien que certaines variétés rondes sont également disponibles (RANA, 2017).

La courgette pousse rapidement, car elle peut être récoltée entre 35 et 55 jours. La courgette est très appréciée pour sa valeur économique, en fonction de la période entre la plantation et la récolte, ainsi que du nombre de fruits produits au mètre carré. En moyenne, une plante donne 1,5 à 4,5 kg de jeunes fruits. Au cours des dernières années, la courgette a surpassé d'autres types de courges d'été en tant que légume frais et cuit. La culture est cultivée pour ses fruits tendres, qui sont disponibles dans différentes formes, couleurs et tailles pour une utilisation comme légume cuit. Les fruits à maturité deviennent impropres à la consommation (RANA, 2017).

La courgette est originaire d'Amérique Centrale où elle est connue et consommée depuis des millénaires :

Au Paléolithique (jusqu'à 9 000 à 10 000 ans avant notre ère) : Des courges sauvages, ancêtres de la courgette sont consommées par les nomades cueilleurs d'Amérique centrale, entre le Mexique et le Guatemala. Elles y seront progressivement domestiquées. La courgette, qui appartient au sous-groupe des courges dites « à moelle », a probablement été sélectionnée par les peuplades du Sud du Mexique et cultivée soit pour servir de récipients, soit pour leurs graines nutritives (elles ne contenaient alors que très peu de chair) (@ 1).

En découvrant le Nouveau Monde, les européens découvrirent également les courges. Mais ce sont les italiens qui, au 18^{ème} siècle imaginèrent la consommation des courges avant la maturité complète. Ils donnèrent ainsi naissance à la courgette (@2).

De nos jours des nouvelles variétés sont régulièrement créées et les courgettes peuvent être allongées ou rondes, vertes, jaunes ou blanches.

2. Description Botanique:

La courgette est une plante herbacée ou semi-buissonnante, annuelle, monoïque, rampante ou grimpante, appartient à la famille des *cucurbitacées*. C'est une plante potagère qui pousse au sol ; elle possède de grandes feuilles. Elle a des fleurs de couleur jaune, qui donnent le fruit appelé également courgette. On la cultive en potager ou en serre, selon le mode de production. La courgette est constituée de 62 % d'eau et de 38 % de matières organiques .

Les racines sont peu profondes et largement ramifiées avec une racine pivotante bien développée.

Les tiges sont dures et anguleuses, généralement à cinq branches, courtes à semi-dressées. Les vrilles sont constituées de deux à six rameaux, avec des vrilles simples et peu développées dans les types semi-arbustifs.

Les feuilles alternes, simples, épineuses, à poils spéculés, grandes, largement triangulaires sans ou avec des lobes aigus profonds de 20-30 × 20-35 cm, avec ou sans taches blanches et avec des marges denticulées à dentelées

Les fleurs de couleur jaune vif sont pentamères, solitaires et portées à l'aisselle des feuilles. Les fleurs mâles ont un long pédoncule de 7-20 cm, un calice campanulé de 9-12 mm, des sépales linéaires ; une corolle tubulaire/campanulée, de 5-10 cm de long, qui est divisée en cinq lobes jusqu'à un tiers ou plus de sa longueur ; avec trois étamines

Les fleurs femelles sont vigoureuses, solides, avec des pédoncules plus court de 2-5 cm ; l'ovaire est globuleux, oblong, ovoïde, cylindrique, lisse, nervuré ou verruqueux et

multiloculaire ; et le calice est très petit. La tige du fruit est anguleuse (5-8 striée) et cannelée mais non évasée au point de fixation.

Le fruit (pepo) et de forme et de taille variables: oblong, avec des bords festonnés (pâtisson ou courgeron), oblong et longitudinalement sillonné (courge poivrée), fusiforme, clavé, allongé avec des extrémités arrondies, court en forme de torpille; lisse à fortement côtelé, souvent verruqueux et, avec une peau rigide de couleur variant du blanc, du vert pâle au vert foncé, au jaune, uni à finement tacheté de crème ou de vert contrastant avec le jaune, l'orange ou bicolore. La chair est crème à jaunâtre ou orange pâle avec de nombreuses graines aplaties, ou ovoïdes à largement elliptiques, blanches à brun pâle (**BERMEJO & LEÓN, 1994**)

Tableau 1-1 : Informations essentielles sur la courgette (@2)

Nom commun féminin	Courgette, pumpkin, vegetable marrow, summer pumpkin, autumn pumpkin, koussa, zucchini,
Nom latin	<i>Cucurbita Pepo</i>
Famille	<i>Cucurbitacées</i>
Origine	Amérique Centrale
Type de végétation	Légume-fruit annuel non rustique, elle ne supporte pas les températures négatives.
Type de feuillage	Grandes feuilles caduques, lobées, pétiolées et vertes.
Mode de multiplication	Semis
Qualité du sol	Humifère, fraîche, meuble et bien drainé Elle aime les terres riches en matières organiques
Amendement et Fertilisation	Faire des apports de fumier ou de compost décomposé à la plantation car la courgette en est gourmande.
Exposition	Ensoleillée.
Hauteur	50 à 60 cm
Profondeur de plantation	2 cm de recouvrement du semis avec de la terre affinée
Période de floraison	Fleurs comestibles en forme de cornet en été



Figure 1-1. Plante de Courgette avec fleurs épanouies



Figure 1-2. Plante de Courgette avec fleurs fanées et jeunes fruits (@3)

3. Types et variétés de courgette :

Il y a beaucoup de confusion dans les épithètes courantes comme la courge, la citrouille, la moelle, etc. et plus d'un nom commun est attribué à la même espèce botanique ; cependant, en horticulture, les cultivars de courge sont divisés en deux groupes, à savoir, le type de buisson et de vigne. Le type de buisson, communément appelé courge d'été sous l'espèce *Cucurbita pepo*, ne se conserve pas bien. Le type de vigne comprend la courge d'hiver (*Cucurbita maxima*) et la citrouille (*Cucurbita moschata*) (RANA, 2017)

Selon (RANA, MAHESH KUMAR) huit groupes de variétés botaniques comestibles de *Cucurbita pepo* sont connus :



-La citrouille (*C. pepo* L. var *pepo* L. Bailey) comprend des cultivars de plantes rampantes qui produisent des fruits sphériques, ovales ou oblongs, arrondis ou plats aux extrémités. Le fruit de ce groupe est cultivé à des fins alimentaires après mûrissement et parfois il est utilisé comme fourrage.

Figure 1-3. *Cucurbita pepo*, citrouille d'été avec tige de fruit angulaire



Figure 1-4. Les pâtissons, comme les courgerons, sont issus de l'espèce *C. pepo* var. *ovifera*, une forme particulière de l'espèce *C. pepo*.

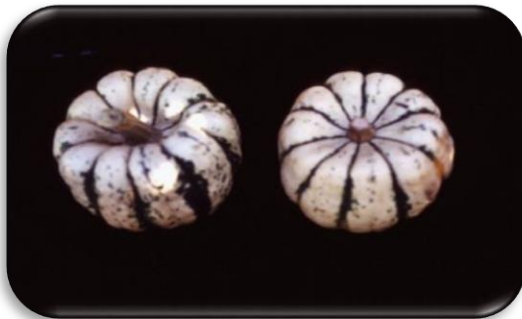


Figure 1-5. *Cucurbita pepo* = courgette poivrée (acron)



Figure 1-6. La courgette 'Crookneck'



Figure 1-7. Fruit de courgettes jaunes

-Le pâtisson (*C. pepo* L. *clypeata* Alefield) a une forme semi-arbustive de courgette. Le fruit est plat ou presque discoïde avec des ondulations ou des bordures équatoriales et il est consommé avant la maturité.

-La courge poivrée (*C. pepo* L. var *Turbinata* Paris) est une plante arbustive et rampante à fruits, obovoïde ou conique, pointue à l'apex et rainurée longitudinalement. La croûte est douce, ainsi, le fruit peut être mangé à l'état mûr.

- La courgette 'Crookneck' (*C. pepo* L. var. *Torticollia* Alefield) est un arbuste à fruits jaunes, dorés ou blancs, claviforme et courbé à l'extrémité distale ou apicale. Généralement, il a une croûte verrucose. Il est consommé non mûr puisque la croûte et la chair deviennent dures après la maturation.

- La courge à cou droit (*C. pepo* L. var. *Recticollis* Pans) est une plante arbustive aux fruits jaunes ou dorés et à la croûte verrucose semblable à celle de la var. *Torticollia*.



Figure 1-8. *Cucurbita pepo* courgettes blanches vert pâle tachetées, en forme de torpille



Figure 1-9. La courgette 'cocozzelle'



Figure 1-10. Fruit de courgette vert foncé

- La courge à moelle (*C. pepo* L. var. *Fastigata* Paris) a des caractéristiques rampantes en tant que semi-arbuste et a un fruit cylindrique court, légèrement plus large à l'apex, avec une croûte lisse, qui durcit et s'épaissit à maturité et qui varie couleur de la crème au vert foncé.

- La courgette 'cocozzelle' (*C. pepo* L. var. *Longa* Paris) a un long fruit cylindrique, mince et légèrement bulbeux à l'apex. Il est consommé à l'état non mûr et l'un de ses noms les plus courants est la cocozzelle

- La courgette 'zucchini' (*C. pepo* L. var. *Cylindrica* Paris) est actuellement le groupe de cultivars le plus commun. Comme le groupe précédent, le groupe de courgettes a une forte affinité avec la moelle végétale et son origine est récente.

4. Les exigences de la culture de courgette :

4.1. Exigences écologiques :

La courgette préfère des sols légers, neutres et riches en humus. Le sol doit être souvent frais. C'est une plante gélive qui aime le soleil et la chaleur. Il est déconseillé de planter la courgette au même endroit d'une année sur l'autre et il est important d'évitez la proximité de la pomme de terre.

4.2. Exigences édaphiques :

La courgette se développe bien sur les sols limoneux sableux bien drainés avec une haute teneur en matière organique et un pH neutre 6,0 à 6,5. Pour une culture précoce, un sol plus léger qui se réchauffe rapidement devrait être choisi. Les sols mal drainés sur lesquels des conditions d'inondation sont susceptibles de se produire devraient être évités pour sa culture.

Les sols sableux nécessitent un arrosage et une fertilisation plus fréquents que les sols argileux à texture lourde qui ne conviennent donc pas à sa culture (RANA, 2017).

4.2. a. Sol favorable :

La culture de la courgette est peu exigeante en sol. C'est une plante qui s'adapte à une gamme très large des sols. Elle préfère toutefois des sols profonds, bien aérés, souples et riches en matières organiques avec une texture franche (@4).

4.2. b. pH optimal :

Les valeurs de pH optimales se situent entre 5,6 et 6,8 (sols légèrement acides). Néanmoins, la culture de la courgette peut s'adapter à des pH compris entre 5 et 7. Des pH basiques peuvent, par contre, induire des carences nutritionnelles. Concernant la salinité, la courgette est une plante moyennement tolérante à la salinité, moins que le melon et la pastèque et plus que le concombre (@4).

1.4.3. Exigences nutritionnelles :

La culture de la courgette a notamment besoin d'une fumure abondante et anticipée ou compost avant la mise en place des semences. Environ 15 à 20 tonnes de fumier de ferme et 40 à 60 kg d'azote, 50 à 60 kg de phosphore 60 à 80 kg de potasse par ha seront suffisantes pour répondre aux besoins nutritionnels de cette culture. Le fumier de ferme devrait être incorporé dans le sol au moment de la préparation du sol et une demi-dose d'azote et une pleine dose de phosphore et de potasse devraient être appliquées au dernier labour ou lors du semis, et la moitié restante de l'azote devrait être appliquée au moment de la ramification (@4), RANA, 2017).

1.4.4. Exigences climatiques :

a. Températures

La courgette est une culture de saison chaude qui pousse bien dans presque tous les climats. Comme il s'agit d'une culture de courte saison, elle préfère les climats plus frais que les autres cucurbitacées comme les cantaloups et les pastèques. Ses graines ne devraient pas être semées tant que le danger de gel n'est pas passé. La température optimale du sol pour la germination des graines est d'environ 30 °C et il y a peu ou pas de germination en dessous de 15 °C. Les producteurs les plantent souvent avant que la température optimale soit atteinte afin d'obtenir une récolte précoce. L'utilisation de paillis de plastique, de couvre-rangées, d'orientation de rangée et/ou de transplants peut être utilisée pour surmonter les conditions de température froide et produire une récolte précoce (RANA, 2017)

Les températures optimales, minimales et maximales pour chaque stade de développement sont les suivantes (@4) :

- a. Stade de germination : Minimale 15°C - maximale 40°C - Optimale (20 à 28°C).
- b. Stade de croissance végétative : Minimale 10°C - maximale 35°C - Optimale (25 à 30°C)

b. Eau et humidité :

Pour la culture de la courgette, l'humidité de l'air doit être comprise entre 65 et 80%. Des humidités très élevées favorisent le développement des maladies foliaires et pénalisent la floraison.

Les besoins en eau d'irrigation pour la courgette sont normaux durant le stade de germination et deviennent importants et constants par la suite.

La teneur élevée des fruits en eau (95%) indique que la culture de la courgette est très exigeante en eau. Cependant, un apport excessif en eau empêche la germination et peut produire l'asphyxie racinaire. Par ailleurs, un déficit hydrique peut provoquer la déshydratation des tissus, la réduction de la croissance végétative et une fécondation déficiente à cause de la chute des fleurs (@4).

4.5. Exigences d'irrigation :

Une humidité adéquate du sol est très importante, en particulier pendant la floraison et le développement des fruits. Le sol doit rester humide. Un léger séchage entre les arrosages n'est pas un problème, mais il ne faut jamais laisser sécher complètement le sol et ne pas le laisser trop détrempé. L'engorgement devrait être évité en tout temps.

Les racines de courgettes s'étendent profondément dans le profil du sol, par conséquent, il est rarement nécessaire d'irriguer quotidiennement. L'arrosage excessif peut contribuer à des problèmes de maladie ou abaisser la qualité du fruit. Pendant les périodes de sécheresse, l'irrigation est appliquée une fois par semaine.

Les sols très sablonneux ou à faible capacité de rétention d'eau peuvent nécessiter deux irrigations par semaine. L'irrigation goutte à goutte est recommandée pour une utilisation plus efficace de l'eau et pour la gestion des maladies et des mauvaises herbes. L'arrosage à travers un système d'irrigation au goutte-à-goutte maintient la récolte non seulement propre des mauvaises herbes mais aide également à prévenir les maladies fongiques en fournissant de l'eau sans mouiller les feuilles. Pendant les après-midi chauds et ensoleillés, il est normal que les grandes feuilles succulentes flétrissent légèrement, même dans une culture suffisamment arrosée. Le flétrissement persistant le soir ou la nuit indique un déficit d'humidité du sol limitant le rendement ou des problèmes de parasites ou de maladies (RANA, 2017)

5. Production des semences de Courgette dans un itinéraire Agrobiologique :

5.1. Rotation des Cultures :

La courgette n'épuise que légèrement la terre et dans le cadre de la rotation des cultures, il faut attendre 2 ou 3 ans avant de la replanter au même emplacement. Si elle n'aime pas être plantée après d'autres cucurbitacées elle apprécie de suivre des légumes racines (@2)



Figure 1-11. Parcelle de courgettes hybrides multipliées en agrobiologie, dans le Sud de la France. Photo F. Collin (FNAMS)

5.2. Semis :

a. Temps de semis :

Les graines sont semées au cours de la dernière semaine de Février ou de la première semaine de Mars lorsque les températures nocturnes atteignent 18-20 ° C. Les pépinières peuvent également être élevées dans des structures protégées dans des plateaux de prise de 3,5 cm de la taille des cellules pendant les mois de décembre à février.

b. Densité de semis :

Le taux de semis de la courgette est d'environ 6-8 kg/ha. Les graines de cette culture sont grandes, de couleur blanc crème et ont 75-85% comme capacité de germination dans des conditions idéales. (RANA, 2017)

c. Profondeur de semis :

Les graines sont semées à 1,5 ou 2 cm de profondeur. Si le sol est suffisamment meuble, on peut envisager un semis un peu plus profond pour une meilleure implantation des porte-graine et ainsi une meilleure résistance aux passages de la herse étrille. (ABATZIAN *et al.*, 2003)

5.3. Conduite culturale :

a. Fertilisation

C'est une plante très gourmande qui nécessite un sol riche. Contrairement à d'autres légumes, elle supporte très bien les amendements encore mal décomposés.

Apportez une bonne dose de compost ou de fumier frais l'automne précédent la plantation. 3kg par pied n'est pas un luxe.

La courgette affectionne particulièrement les terres fraîches et riches en humus. L'azote joue un grand rôle dans la production de matière sèche, et l'équilibre N/K influe sur la formation des fleurs femelles. La plus forte demande se situe au début du grossissement des fruits. Les besoins en azote de la courgette sont de l'ordre de 60 à 80 unités sur tout le cycle (@5)

Exemples de fumure à apporter par hectare :

-Soit des apports annuels de 10 à 20 tonnes de fumier (composté) complété par des engrais organiques.

-Soit une fertilisation à base d'engrais du commerce : guano, farine de plume, fientes de volailles... Pour la fumure azotée, il faut également prendre en compte le taux de minéralisation des apports organiques qui varie de 30 à 60% selon les produits et les conditions climatiques de l'année.

En ce qui concerne la fertilisation phospho-potassique on apportera entre 100 et 120 unités de P sous forme de phosphate naturel (sols acides), de scorie (sols acides ou neutres), de phosphate alumino-calciq (sols basiques) ou de farine d'os (tous sols) et de 100 à 120 kg de K sous forme de vinasse de betterave ou de patentkali.

Etant très exigeante en matière organique, la courgette sera placée en tête de rotation ou après un engrais vert : féverole, moutarde, sorgho, colza. Bien qu'exigeante, la courgette n'épuise pas trop les sols. Une succession trop importante de courgettes sur la même parcelle (moins de 3 ans entre 2 cultures) pourrait entraîner des problèmes sanitaires (ex : nématodes sous abri) (ABATZIAN *et al.*, 2003).

b. Désherbage

Un paillage noir peut être envisagé pour limiter les interventions de désherbage les plastiques biodégradables se comportent bien sur cette culture d'une durée limitée. Sinon 1 ou 2 binages avant une bonne couverture des feuilles (@6)

c. Floraison

La courgette est monoïque : on trouve sur la même plante des fleurs mâles (portant des étamines) et des fleurs femelles (avec pistil). Celles-ci apparaissent sur l'axe principal selon un ordre bien précis (ABATZIAN et al., 2003):

- Les 5 à 6 premières feuilles n'axillant pas de fleur.
- Environ 40 jours après le semis, des fleurs femelles apparaissent. Ces premières fleurs "coulent" souvent et sont très sensibles au Botrytis dont elles peuvent constituer les foyers primaires. Elles ne participent pas à la production semencière.
- Une dizaine de jours après, des fleurs mâles apparaissent, les floraisons mâles et femelles alternent sans ordre apparent. Ces fleurs femelles porteront les fruits récoltés.



Figure 1-12. La courgette est une plante monoïque, elle porte des fleurs mâles Et femelles sur le même pied. Photo F. Collin (FNAMS) (ABATZIAN et al.2003)

- Période de floraison :

Fleurs comestibles en forme de cornet en été. (@ 2)

- Pollinisation :

Couper les fleurs mâles et tapoter sur les fleurs femelles fraîchement ouvertes au petit matin (meilleure fécondation des premiers fruits). Bien aérer les abris pour permettre une fécondation naturelle aux bourdons) (@6)

d. Période de récolte :

Environ deux (environ 70 jours après pollinisation) mois après le semis, soit du mois de juillet jusqu'aux gelées.

Les récoltes s'effectuent au fur et à mesure des besoins, mais il est recommandé de ne pas les laisser trop pousser car elles deviennent creuses et moins savoureuses. En règle générale, on compte un maximum de 20 cm de longueur pour les courgettes allongées et de 10 cm de diamètre pour les rondes.

Pour cuisiner les fleurs, il faut cueillir les mâles car ce sont les fleurs qui ne donnent pas naissance à des courgettes. Les fleurs mâles sont celles qui ne présentent pas de renflement à la base (@ 2)

1. Récolter les courgettes :

Pour les fruits tendres, les fruits sont récoltés à l'état immature lorsque la croûte est molle et que les graines sont sous-développées. Les fruits doivent avoir une longueur de 15 à 20 cm et un diamètre de 3,5 à 7,5 cm. Certaines variétés peuvent être comestibles même après avoir atteint leur taille normale. La récolte retardée entraîne un développement ultérieur des fruits, ce qui fait que la croûte devient dure et que les graines deviennent dures, ce qui rend les fruits de mauvaise qualité. Il est important de garder les courgettes cueillies ; sinon, la production de fruits devient lente. D'un autre côté, s'il y a tellement de fruits de courgette que même les voisins en ont assez, laissez un ou deux fruits sur la plante pour la ralentir. Pour les fleurs comestibles, la récolte se fait tôt le matin avant qu'elles soient fermes (RANA, 2017).

2. Récolter des graines ou pas ?

Toutes les variétés de *Cucurbita pepo* se croisent entre elles. Ainsi les graines issues d'une courgette ne donneront pas forcément des courgettes. Il vaut donc mieux acheter de nouvelles graines plutôt que de les semer, et se retrouver avec, par exemple, des hybrides entre une courgette et une coloquinte, sans aucun intérêt.

Actuellement, les semences de courgette commercialisées proviennent soit d'un croisement hybride soit de la multiplication d'une population (@7)

II- LA SALINITE

1-Définition de la salinité

La salinité du sol est l'un des principaux facteurs environnementaux qui affectent la production agricole dans les régions arides et semi-arides (MUNNS & JAMES, 2003)

Elle peut être définie comme un processus d'accumulation des sels solubles, qui sont représentés en grande partie par des cations (Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , et le K^+) et des anions (Cl^- , HCO_3^- , CO_3^{2-} , NO_3^-) D'autres sels moins courants et plus toxiques à faibles concentrations sont également à considérer ; ces éléments traces sont le bore, le sélénium, l'arsenic et le molybdène (KENFAOUI, 1997 ; GREGORY, 2005).

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

2. Principaux sels soluble

Les principaux sels solubles qui participent dans la formation des sols salés sont :

- **Les carbonates** : les plus rencontrés sont le carbonate de sodium (Na_2CO_3), bicarbonate de sodium (Na HCO_3), carbonate de calcium (CaCO_3) et le carbonate de magnésium (MgCO_3).
- **Les sulfates** : ce sont les sels de l'acide sulfurique et les plus fréquents sont: le sulfate de magnésium (MgSO_4), sulfate de sodium (NaSO_4) et le sulfate de calcium (Ca SO_4).
- **Les chlorures** : principalement : le chlorure de sodium (NaCl), le chlorure de calcium (CaCl_2) et chlorure de magnésium (MgCl_2) ce sont plus soluble et forte toxicité.

La présence de sels solubles en quantité importante ou d'un horizon sodique à structure dégradée, caractères qui ont une influence néfaste sur le développement de la végétation ou des cultures (AUBERT, 1982).

4. Répartition de soles salées :

La salinité est un problème écologique majeur qui touche un nombre important de région à l'échelle mondiale (**LEVIGNERON *et al.*, 1995**). Un problème mondial que l'on rencontre dans les régions arides et semi-arides (**OMRANI, 1993**) par contre, dans les régions humides la présence des sels n'atteint pas des proportions élevées car ils sont vite lessivés par les eaux de pluies et de ruissellements (**AMOKRANE, 2004**).

La salinisation des sols est non seulement liée aux conditions climatiques (fort ensoleillement et faible pluviométrie) mais également au recours souvent mal contrôlé à l'irrigation, ce qui entraîne une accumulation des sels dissous en surface (**BENNACEUR *et al.*, 2001**).

Les sols salins couvrent 397 millions d'Hectare (**FAO, 2005**). En Afrique, près de 4Mha sont affectés par la salinisation, soit près de 2% de la surface totale.

En Algérie, plus de 20% des sols irrigués sont concernés par des problèmes de salinité (**DOUAOUI & HARTANI, 2008**). D'après **OMRANI (1993)**, les sols salins se situent dans différentes régions en Algérie au Nord comme au Sud. Au Sud ils se situent dans les chotts El Chergui et El Gharbi ainsi qu'au niveau de la steppe et à Biskra. Au Nord, les régions oranaises (Messerghine, Sig, Mohammadia, Relizane, et Oued Rhiou) ainsi qu'à l'Est, Sétif, Constantine et Annaba.

Tableau 1-3: Superficie affectée par la salinité dans le monde

Régions	Superficies en millions d'hectares
Afrique	80.5
Europe	50.8
Amérique du Nord	15.7
Amérique du Sud	129.2
Asie du Sud	87.6
Australie	357.5
Mexique et Amérique Centrale	2
Asie centrale et du Nord	211.7
Asie du Sud. Est	20
Total	955

Source : (**LASRAM, 1995**)

5. Types de salinité

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).

5. a. Salinisation primaire (ou Naturelle)

Près de 80 % des terres salinisées ont une origine naturelle «édaphique», 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 (MERMOUD, 2006).

Ce type de sol est très fréquent dans les zones arides dû à une évapotranspiration potentielle qui dépasse largement la quantité d'eau arrivée au sol (ANTIPOLIS, 2003).

Tableau 1-3 : la concentration des sels dans la pluie

Teneurs moyennes des ions		dans les eaux de pluie
Sodium	Na	3,36 (station Dakar)
Potassium	K	0,57 (station Dakar)
Calcium	Ca	1,70 (station Dakar)
Magnésium	Mg	0,39 (station Dakar)
Bicarbonates	HCO ₃	2,21 (station St-Louis)
Chlorures	Cl	2,26 (station St-Louis)
Sulfates	SO ₄	2,42 (station Dakar)
Nitrates	NO ₃	0,07 (station Dakar)

Source (ENCYCLOPAEDIA BRITANNICA).

Le tableau 1-3 décrit la composition de l'eau de pluie de l'hémisphère nord. La composition de l'eau de pluie varie considérablement en fonction des vents dominants et la distance de la côte. Elle est mesurée en mg/kg ou ppm (parties par million). La conductivité électrique de l'eau de pluie est de l'ordre de 0,01 dS/m.

5. b. Salinisation secondaire (ou d'origine humaine)

Près de 20% des terres salinisées ont une origine humaine ou anthropique (**LEGOUPIL, 1977**).

La salinisation secondaire est le résultat des activités humaines qui modifient l'équilibre hydrologique du sol entre l'eau appliquée (irrigation ou de pluie) et de l'eau utilisée par les cultures (transpiration).

Les causes les plus fréquentes sont :

- Le défrichement des terres et le remplacement de la végétation pérenne avec des cultures annuelles,
- L'utilisation des eaux d'irrigation riches en sel,
- Un drainage insuffisant et un système d'irrigation déséquilibré...

Avant l'intervention des activités humaines, dans des climats arides ou semi-arides, l'eau utilisée par la végétation naturelle a été en équilibre avec la pluie. A la compensation de mode d'irrigation, nous avons distingué une modification des interrelations entre le système pédosphérique, le système hydro sphérique et le système atmosphérique qui ont été en équilibre, entre autre les précipitations d'une part, et l'eau d'irrigation sur l'autre et la physico-chimie des sols d'autre part (**FRANÇOIS, 2008**)

L'excès d'eau soulève la nappe souterraine et mobilise des sels précédemment stockés dans le sous-sol et les amène jusqu'à la zone des racines. Les plantes utilisent l'eau et laissent le sel jusqu'à ce que l'eau du sol devienne trop salée pour l'absorption d'eau par les racines des autres. L'eau s'évapore en laissant des dépôts de sels à la surface et formant ainsi «brûlure du sel» dans des cas. Le sel peut également se mobiliser latéralement vers les cours d'eau pour augmenter leur degré de salinité (**NASERI, 2001**).

6. Composantes de la salinité :

Les composantes de la salinité sont : les stress osmotique, ionique, nutritionnel et oxydatif.

6. a. Le stress osmotique :

La première conséquence de la salinisation tient à la modification du potentiel osmotique de la solution du sol, lorsque la teneur en sels croît, Ce stress peut se produire dans la racine. Les plantes ont besoin de maintenir le potentiel hydrique interne au-dessous de la concentration du milieu pour maintenir la turgescence de leurs cellules et leur alimentation en eau et leur croissance.

Donc, le stress osmotique dans les racines se produit quand il y a une forte pression osmotique de la solution autour des racines, en menant à une baisse du potentiel hydrique externe, Dans ce cas, l'effet du stress hydrique résultant est attribuable aux fortes concentrations de sel à l'extérieur de la plante plutôt que dans la plante elle-même, qui peut inhiber l'alimentation en eau ou même, en causant la déshydratation de la plante et finalement une réduction de la turgescence et la croissance (**FLOWERS *et al.*, 1977; GREENWAY et MUNNS, 1980; MUNNS et TERMAT, 1986; MUNNS *et al.*, 1995; XIONG *et al.*, 2002**).

Le stress osmotique peut se produire aussi dans l'apoplaste de la feuille, et ce mécanisme de toxicité du (Na^+) a été proposé en premier par **OERTLI (1968)**. Les fortes concentrations en (Na^+) apoplastique peuvent induire un flux d'eau des cellules, causer ainsi une baisse de la turgescence et une augmentation dans la concentration de solutés intracellulaires (**MUNNS *et al.*, 1995**).

6. b. Le stress ionique :

Ce composant supplémentaire de stress salin est attribuable au rapport (K^+/Na^+) échangeable et la concentration du (Na^+) qui sont néfastes aux plantes (**CRAMER, 2000**).

Par suite des concentrations excessives de Cl^- d'ions dans la solution du sol peuvent causer peuvent provoquer une brûlure des extrémités des feuilles et un jaunissement prématuré de celles-ci. Cependant, les symptômes de toxicités typiques aux ions sodium Na^{2+} sont des brûlures de feuilles, le dessèchement et la mort des tissus sur les bords externes des feuilles, contrairement aux symptômes causés par des ions Cl^- qui apparaissent normalement à l'extrême pointe des feuilles (**MAILLARD, 2001**).

Selon **CHINNUSAMY *et al.* (2004)** l'accumulation des ions toxiques Na^+ et Cl^- au niveau du mésophylle des feuilles, affecte la croissance et le métabolisme de la plante où le sel endommage les structures lipidiques et protéiques des membranes plasmiques. Ainsi la présence

de ces ions perturbent l'activité enzymatique cellulaire principalement dans les tissus photosynthétiques (HASEGAWA *et al.*, 2000).

CHINNUSAMY *et al.* (2004) voient que les toxicités ionique peut être le résultat du remplacement de K^+ par Na^+ au niveau des sites actifs de protéines induisant aussi un changement des structure protéiques et enzymatiques.

6. c. Le stress nutritionnel :

Selon SNOUSSI et HALITIM (1998), certains sels peuvent affecter la balance nutritionnelle chez les plantes s'ils sont présents en concentration excessive ou en proportion anormale .La présence excessive d'ions sodique, chlorique et borique peut provoquer une augmentation du pH du sol, ce qui a un effet indirect sur l'impossibilité d'absorption des ions ferreux, phosphate, zinc et manganèse indispensable pour la croissance des plantes (MAILLARD, 2001) . Des concentrations salines trop fortes dans le milieu provoquent une altération de la nutrition minérale des plantes (LEVIGNERON *et al.*, 1995; HAOUALA *et al.*, 2007) .

D'après HAOULAL *et al.* (2007) 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. Ainsi ; l'augmentation de la concentration en Na^+ s'accompagne d'une réduction de la concentration en Mg, K, N, P et Ca dans la plante. Ce déséquilibre nutritionnel est une cause possible des réductions de croissance en présence de sels lorsque des ions essentiels comme K^+ , Ca^{2+} ou NO_3^- deviennent limitant (HAOUALA *et al.*, 2007). Selon TESTER et DAVENPORT (2003) les effets osmotiques du stress salin peuvent également limiter la croissance des racines, ce qui limite les possibilités d'absorption des éléments nutritifs du sol.

6. d. Le stress oxydatif :

Selon PARENT *et al.* (2008) une conséquence des stress environnementaux, comprenant le stress salin, est l'apparition du stress oxydatif, c'est-à-dire l'accumulation d'espèces réactives d'oxygène (ROS) à des concentrations élevées, qui endommagent les structures cellulaires.

Le stress oxydatif correspond à une perturbation du statut oxydatif intracellulaire, induite soit par production excessive de radicaux libres soit par une diminution de la capacité de défense anti-oxydante. Les effets de radicaux libres sont proportionnels à l'intensité et à la durée de leur production.

Une production transitoire et modérée de radicaux libres correspond à un mécanisme de défense de la cellule lui permettant, par exemple, de détruire des microorganismes pathogènes. Lorsque cette production est récurrente ou chronique mais reste modérée dans son intensité, la balance entre production de radicaux libres et système de détoxification de la cellule est perturbée de manière continue, et on parle alors de stress oxydatif. Si la production de radicaux libres est suffisamment importante elle altère de manière irréversible des processus cellulaires vitaux et déclenche la nécrose et la mort cellulaire. (ELSTNER, 1982; HALLIWELL et GUTTERIDGE, 1984; ALLEN, 1995; ESSAH, 2000; PARIDAA *et al.*, 2005).

II. LA SALINITE ET LA PLANTE :

1. Définition de stress :

Un stress est l'ensemble des perturbations biologiques provoquées par une agression quelconque sur un organisme. Selon LEVITT (1980), c'est un facteur de l'environnement induisant une contrainte potentiellement néfaste sur un organisme vivant.

CLAUDE BERNARD fut le premier à dégager une notion physiologique du stress en 1868. Selon lui, les réactions déclenchées par le stress visaient à maintenir l'équilibre de notre organisme.

D'une façon plus générale, on peut dire qu'au niveau cellulaire, un stress est causé par la variation d'un paramètre environnemental qui entraîne la mise en place des mécanismes de régulation de l'homéostasie. Les organismes sont généralement soumis à deux types de stress : les stress biotiques (dus à une agression par un autre organisme) et les stress abiotiques (qui sont dus principalement à des facteurs environnementaux) (ZHU, 2002; VINCENT, 2006).

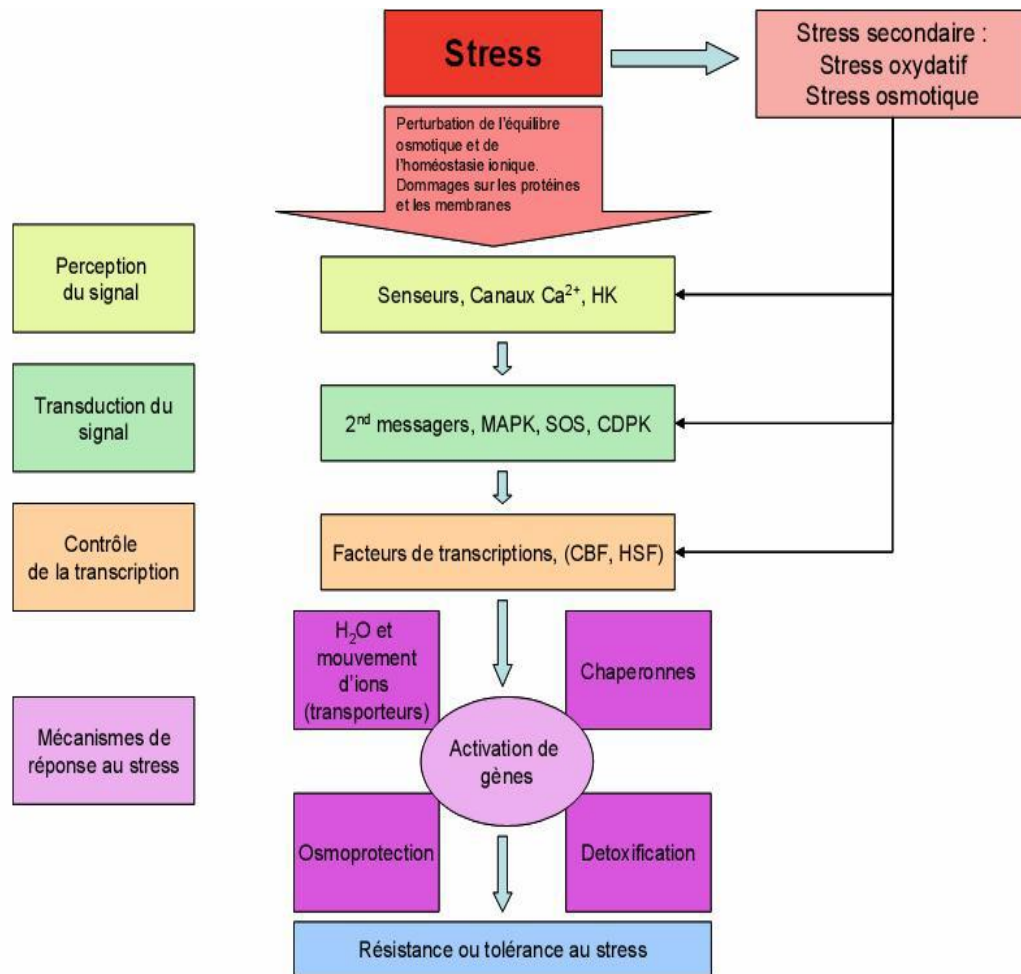


Figure 1-13 : Représentation générale de la réponse au stress chez les plantes (d'après WANG *et al.*, 2003)

2. Types de stress

On peut distinguer deux types du stress dans la nature :

2.1. Le stress abiotique:

Une contrainte environnementale qui provoque une tension interne dans l'organisme végétale exposé, ces facteurs abiotiques (sécheresse, salinité, température) affectent les conditions de développement et peuvent même provoquer la mort du végétal (HOPKING, 2003 ; GREGORY, 2005).

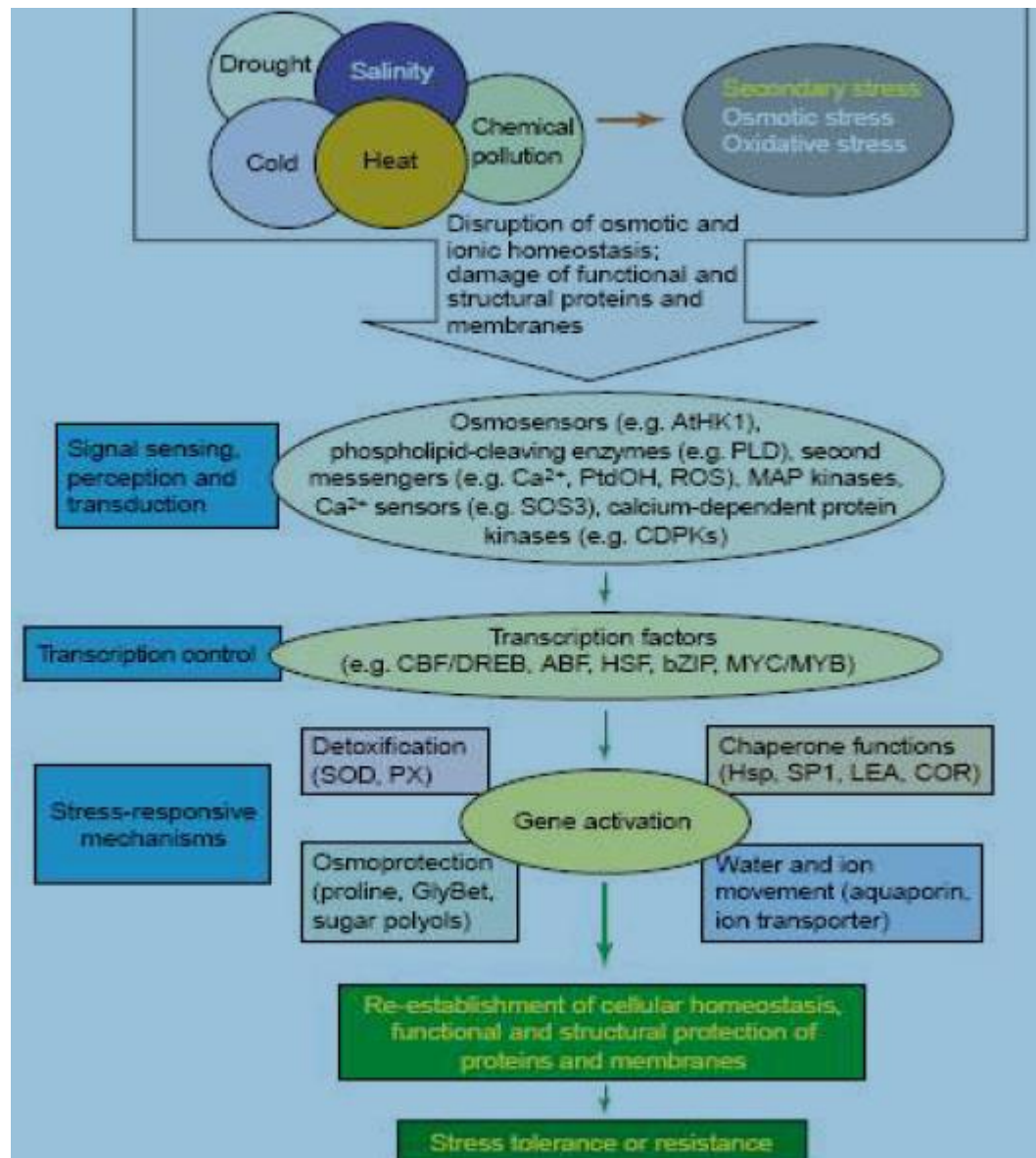


Figure 1-14 : la complexité des plantes à la réponse aux différents stress abiotiques (BARSIA & ARIE, 2005)

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

2.1.a. Le stress hydrique:

Le stress hydrique souvent provoqué par la sécheresse, se manifeste quand la quantité d'eau transpirée est supérieure à la quantité d'eau absorbée. Le manque d'eau et rareté des précipitations sont les principales du stress hydrique, ce stress affecte la croissance et le développement de la plante (KRISTA, 2003; ZRYD, 2004).

2.1.b. Le stress thermique:

Provoqué par la température, c'est l'un des facteurs les plus limitant et qui conditionne la production et la croissance des plantes (**HOPKINS, 2003**).

2.1.c. Le stress salin:

Le stress salin est défini comme une concentration excessive en sel. Le terme stress salin s'applique surtout à un excès des ions, en particulier Na⁺ et Cl⁻ (**HOPKINS, 2003**).

2.2. Le stress biotique:

Dus à une agression par un autre organisme : insectes, animal,....Etc.

III. EFFET DE LA SALINITE SUR LA PLANTE

La salinité constitue un facteur limitant non négligeable pour l'agriculture mondiale (**HILLEL, 2000**). L'effet de la salinité se manifeste généralement chez la plupart des plantes cultivées par une réduction de la croissance et le développement (**MUNNS et al ., 1983**). Cet effet néfaste se traduit par des changements morphologiques, physiologiques, biochimiques et moléculaires qui affecte négativement la croissance et la productivité végétale (**ASHRAF et HARRIS, 2004**).

III.1.Effet de la salinité sur la physiologie des plantes :

1.1. Effet de la salinité sur la germination :

La germination est régulée par des caractéristiques génotypiques mais aussi par les conditions environnementales et, en particulier, par la disponibilité de l'eau dans le sol (**NDOUR et DANTHU, 2008**), Selon **MAILLARD (2001)** , et **ABDELLY (2006)**, la plupart des plantes sont plus sensibles à la salinité durant leurs phases de germination et de levée dont l'effet nocif est de nature osmotique ou bien toxique.

La plupart des plantes sont plus sensibles à la salinité durant leurs phases de germination et de levée (**MAILLARD, 2001**) Parmi les causes de l'inhibition de la germination en présence de sel, la variation de l'équilibre hormonal a été évoquée (**UNGAR, 1978 et KABAR, 1986 in BOUCHOUKH, 2010**). Bien que les halophytes possèdent une teneur très élevée en sel dans leurs tissus au stade adulte, leurs graines ne sont pas aussi tolérantes au sel au stade germination (**BELKHODJA et BIDAI, 2004**).

Le stade germination est souvent limité par la salinité du sol et se montre le plus sensible que les autres stades (**BOUDA et HADDIOUI, 2011**).

1.2. Effet de la salinité sur la croissance et le développement :

La salinité est une contrainte majeure qui affecte la croissance et le développement des plantes (**BOUAOUINA et al, 2000**). La salinité affecterait de plusieurs manières la croissance de la plante :

La concentration élevée de Na Cl diminue également l'absorption de Ca^{2+} qui est relativement tolérante au sel, l'augmentation de la concentration en Na^+ s'accompagne d'une réduction de la concentration en Mg^{2+} , K^+ , N, P et Ca^{2+} dans la plante (**LEVITT, 1980**).

Ce déséquilibre nutritionnel est une cause possible des réductions de croissance en présence de sel lorsque des ions essentiels comme K^+ , Ca^{2+} ou NO_3^- deviennent limitant (**HAOUALA et al., 2007**).

Les effets osmotiques du stress salin peuvent également limiter la croissance des racines, ce qui limite les possibilités d'absorption des éléments nutritifs du sol (**JABNOUNE, 2008**).

1.3. Effet de la salinité sur la photosynthèse

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

Selon **MUNNS (2008)**, la réduction de la photosynthèse est liée à :

-La diminution du potentiel hydrique foliaire, qui est à l'origine de la fermeture des stomates (**PRICE & HENDRY, 1991; ALLEN, 1995**), qui cause la réduction de la conductance stomatique (**ORCUTT & NILSEN, 2000**).

-La diffusion du CO_2 à l'intérieur des stomates devient alors limitée et sa fixation au niveau des chloroplastes diminue par conséquent la régénération du RuBP (Ribulose Biphosphate) devient limitée (**ORCUTT & NILSEN, 2000**).

2. Effet sur la morphologie des plantes :

Le stress salin entraîne des modifications morphologiques mais c'est le poids de la matière sèche et la longueur des tiges qui représentent le mieux la tolérance ou la sensibilité des plantes aux sels (**BURN et al., 1980**).

La comparaison des plantes se développent dans un milieu non salé et celles des milieux salés, montre que les fortes concentrations de sels solubles dans l'environnement racinaire

provoquent la formation de plantes naines ainsi qu'une germination lente chez certaines espèces (ELMEKKAOUI, 1987).

Il existe 3 effets de la salinité sur la morphologie de la plante :

2.1. Effet de la salinité sur les racines :

La salinité affecte en particulier la croissance des racines des plantes (LAUCHLI et EPSTEIN, 1990; BAYUELO et al., 2002) ont montré qu'elle augmente le rapport PR/PA. En effet, les plantes maintiennent une croissance racinaire relativement importante sous forte contrainte saline, l'augmentation du rapport PR/PA qui s'ensuit semble être associée à une augmentation de leur tolérance au sel.

KAFKAI (1991), suggère que sous contrainte saline, la plante dépense plus d'énergie photosynthétique pour maintenir un statut hydrique élevé et pour la production de racines en vue de la recherche d'eau et/ou la réduction de la perte d'eau. Dans ces conditions, il semble que l'arrêt de la croissance foliaire soit déclenché par des signaux hormonaux (MUNNS, 2002) et qu'une part importante des photosynthétats soit alors réallouée à la croissance racinaire. C'est l'une des réponses anatomiques clefs aux stress osmotiques chez de nombreuses espèces, dont le caractère adaptatif apparaît évident puisqu'une augmentation du ratio masse des racines/masse de la canopée maximise la surface d'absorption de l'eau en diminuant la surface d'évaporation (MUNNS, 2002).

2.2. Effet de la salinité sur la tige :

Si la concentration des sels dans le sol est importante, la partie aérienne serait réduite (BRIENS, 1979 in BELOUAZANI 1994)

2.3. 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 le diamètre des cellules palissadiques dans les feuilles de l'haricot, du coton et de l'a triplex (PARIDA & DAS, 2005). La salinité réduit aussi l'espace intercellulaire dans les feuilles (PARIDA & 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 & DAS, 2005).

3. Effets sur la nutrition minérale des végétaux :

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. Des concentrations salines trop fortes dans le milieu provoquent une altération de la nutrition minérale des plantes (**LEVIGNERON et al., 1995**).

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'interaction entre les ions Na^+ et Ca^{2+} (**JENDOUBI, 1997**).

IV. Mécanismes d'adaptations à la salinité

1. Accumulation ou exclusion des ions

L'accumulation des ions, est le mécanisme primaire utilisé chez les halophytes à un niveau haut de salinité par la compartimentation des ions dans la vacuole.

L'exclusion des ions est effectué à un niveau bas ou modéré de salinité chez les glycophytes (**GREGORY, 2005 ; CALU, 2006**).

Les glycophytes sont des plantes exclusive n'accumulation pas de sodium dans leurs feuilles, car elles sont incapables d'utiliser l'ion Na^+ pour l'ajustement osmotique de leur limbe (**MASSE & NIEMAN, 1978**). L'exclusion du Na^+ par les feuilles chez Les glycophytes sensibles tel que le haricot, sont présente aussi chez les glycophytes résistants comme laurier rose (**HADJI, 1980**).

Le transport du Na^+ , à partir de cytoplasme ou sa compartimentation dans la vacuole, et du aussi à l'enzyme Na^+/H^+ antiport. Ce sont les gènes **SOS1** qui codent pour ce transporteur membranaire (**CALU, 2006**).

plante en réponse au déficit hydrique croissant dans le sol et/ou plante, en maintenant la turgescence ou en réduisant le taux de perte de celle-ci, comme réponse à la baisse du potentiel hydrique. L'ajustement osmotique se produit alors à travers une compartimentation d'ions toxiques loin du cytoplasme dans la vacuole et/ou à travers l'accumulation de solutés organiques, tel que les solutés compatibles dans le cytosol (**HASEGAWA *et al.*, 2002 in RASANEN, 2002**).

4. Régulation de la croissance

Ils été démontré que les réponses physiologiques à divers stress tels que la sécheresse ou la salinité, ont des caractéristiques similaires. Ils provoquent toute une augmentation de la concentration en ABA dans la partie aérienne ou une réduction de concentrations en cytokinines (**ITAI, 1999**).

En effet la croissance des végétaux est perturbée par de trop forte concentration de sel ; la plante montre alors des signes de stress par la production d'anthocyane ou la destruction de la chlorophylle. Des stress extrêmes conduisent au nanisme et l'inhibition de la croissance racinaire ; les feuilles deviennent sclérosées avant même d'avoir fini leur croissance et l'organisme tout entier risque de dépérir assez vite (**CALU, 2006**).

5. Le contrôle membranaire :

L'adaptation au stress salin se met en place également au niveau des membranes cellulaires (membrane plasmique, tonoplaste). La modification qualitative et quantitative des aquaporines (protéines transmembranaires) est par exemple un processus capable de modifier la conductivité hydrique de la plante et de favoriser de restreindre les mouvements d'eau (**YEO, 1998**).

En termes de transport ionique, la stratégie de résistance à la salinité est qualitative et quantitative. La sélectivité des ions à l'entrée constitue la composante qualitative qui se définit à partir des différents transporteurs membranaires récents (antiports Na^+/H^+). Dans la diffusion facilitée comme dans le transport actif, les protéines membranaires peuvent être très spécifiques de certains solutés. Néanmoins, plusieurs solutés peuvent entrer en compétition pour une même protéine de transport (Na^+ et K^+). D'un point de vue quantitative, la perméabilité membranaire au Na^+ ainsi que l'activité, la quantité, la sensibilité des antiports

Na^+/H^+ membranaire évoluent pour s'adapter à un stress sodique à long terme (NIU *et al.*, 1995 ; TYERMAN et SKERRETT, 1999).

Tableau 1-4 : le degré de tolérance des cultures aux sels

Cultures	Tolérance aux sels		
	Tolérance élevée CE 10-16 mmhos /cm	Tolérance moyenne CE 4-10 mmhos/cm	Tolérance faible CE 2-4 mmhos/cm
Arbores fruitiers	Palmier dattier	Grenadier ; Figuiers ; Vigne ; Olivier.	Poirier ; Amandier ; Abricotier ; Pommier ; Agrume.
Cultures maraîchères	Betterave ; Asperge. Epinard.	Tomate, Carotte, Laitue, Courge , Pomme de terre.	Petit pois, Haricot, Choux, Radios, Artichaut.
Grandes cultures	Colza, Coton.	Orge, Avoine, Blé (grain), Riz, Tournesol.	Vesce.
Cultures fourragères	Orge (foin).	Luzerne, Dactyle. Seigle, (foin).	Trifolium repens.

Source: (ELMEKKAOUI, 1987)

1. MATERIEL VEGETAL :

Dans cette étude nous avons utilisé des semences de courgette (*Cucurbita pepo* L.) trouvées sur le marché et largement utilisé par les agriculteurs Algériens, il s'agit de la variété hybride 'Quarantaine' produite et conditionnée en France.

2. PROTOCOL EXPERIMENTAL :

2.1. Test de germination

La mise à germination des semences stérilisées a été réalisée pendant 15 jours, sur 02 couches de papier filtre préalablement humidifiées (avec l'eau ou une solution saline de 25, 50, 75, 100 ou 200 mM) et placées dans des boîtes de Pétri (9 cm) à raison de 20 semences par boîte.

2.2. Essai sur la croissance végétative

L'essai a été conduit dans une serre en plastique avec une hygrométrie d'environ 65-80% et une température au alentour de (20-35°C), dans des pots en plastique (1Kg) remplis de tourbe.

Après désinfection à l'hypochlorite de sodium (5%) pendant 10 minutes suivie par trois rinçage à l'eau distillée et séchage, les graines de courgette (*Cucurbita pepo*. var. quarantaine) traitées ou non ont été semées à raison de 3 graines par pot.

Après l'apparition de la troisième feuille l'expérience est subdivisée en trois lots (avec trois répétitions chacun) représentant les traitements mis en jeu :

L-0 : lot témoin irrigué par l'eau de robinier ;

L-2 : lot stressé irrigué avec une solution saline (NaCl) de 100 mM de concentration pendant 15 jours

L-3 : lot stressé irrigué avec une solution saline (NaCl) à 200 mM de concentration pendant 15 jours.

3. PARAMETRES MESURES :

1. Test de germination

Le comptage des semences germées a été effectué chaque jour jusqu'à la fin de l'expérience (15 jours après semi)

le pourcentage final de germination (PFG) a été calculé selon l'équation suivante :

$$PFG = \frac{n}{N} \times 100$$

où n st le nombre de graines germés et N le nombre total des graines semis

2. Essai sur la croissance végétative

Après deux semaines de stress, les plantes ont été récoltées et les différents paramètres ont été mesurés.

2.1. Les paramètres de croissance :

La première feuille a été utilisée pour effectuer les mesures de la croissance, à savoir :

- Le poids frais (PF) et sec (PS) des feuilles
- La surface foliaire (SF)
- La teneur en eau des feuilles (TE)

Pour ce faire, la feuille est coupée au niveau de sa base et pesée, pour déterminer son poids frais PF. Le poids sec (PS) est déterminé, quant-à-lui, après un séjour de 72 heures dans une étuve ventilée à 85°C. La TE est déterminée selon la relation suivante :

$$TE = PF - PS$$

2.2. Les paramètres biochimiques et physiologiques

1. La teneur des pigments chlorophylliens et des caroténoïdes

La teneur en chlorophylle a, b et totale et en caroténoïdes a été déterminée par la méthode **D'AGARWAL et al. (1986)** avec une légère modification. Il s'agit de broyer 50mg de matière fraîche dans 20ml d'un mélange Acétone-Ethanol (v:v de 3 :1). Après filtration à l'aide du papier filtre, on mesure la densité optique au spectrophotomètre (UV-visible de type JENWAY 6300) aux longueurs d'onde suivantes : 480, 649 et 665 nm. La concentration en chlorophylle a, b et totale et en caroténoïdes est déterminée par les formules suivantes : (**TOUCHARD, 2006**)

- *Chlorophylle totale (mg/g MF) = 6.49A₆₆₅ + 17.72A₆₄₉*
- *Chlorophylle a (µg/ml) = 12.09A₆₆₅ - 3.45A₆₄₉*
- *Chlorophylle b (µg/ml) = 21.9A₆₄₉ - 5.32A₆₆₅*
- *Caroténoïdes (µg/ml) = 1000A₄₈₀ - (2.14.CHLa) - (70.16.CHLb)/220*

2. Dosage des sucres solubles (SS)

Les sucres solubles ont été déterminés suivant la méthode de **DUBOIS et al. (1956)** ou la méthode dite de *phénol/acide sulfurique*. A 50 mg de matière fraîche, placés dans des

tubes à essai propres, on ajoute 3 ml d'éthanol à 80% pour l'extraction des sucres. On laisse ces tubes à température ambiante et à l'abri de la lumière pendant 48 heures.

Au moment du dosage, les tubes sont placés dans une étuve à 80°C pour faire évaporer l'alcool. On ajoute par la suite, à chaque tube, 20ml d'eau distillée pour obtenir la solution à analyser.

Dans des tubes à essai propres, on introduit 1ml de la solution à doser auquel on ajoute 1ml de solution de phénol à 5%. Les tubes sont soigneusement agités. On ajoute par la suite 5ml d'acide sulfurique concentré à l'aide d'une burette dont le jet tombe brutalement sur la surface du liquide.

Après un séjour de 30minutes à l'obscurité (dans un bain marie 30°C), les mesures d'absorbance sont effectuées à une longueur d'onde de 485nm.

Les concentrations des sucres solubles ont été déterminées à l'aide d'une courbe d'étalonnage obtenue on utilisant le glucose pur (0-0.1mg/ml).

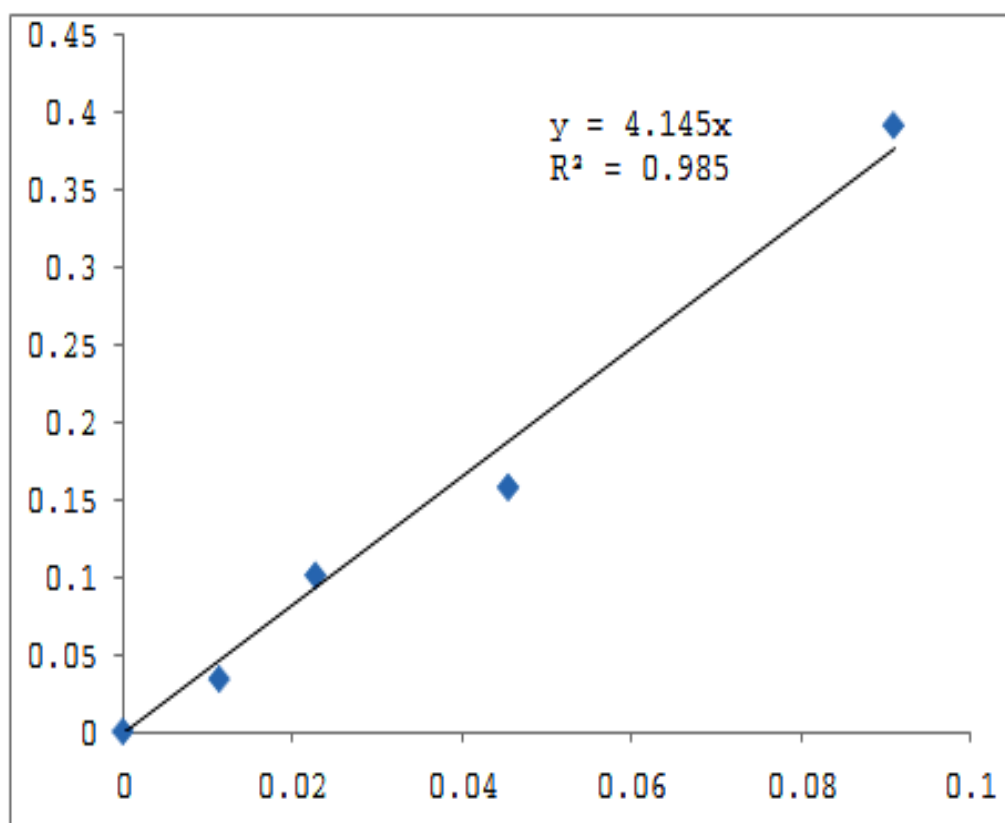


Figure. 2-1 : Courbe d'étalonnage pour le dosage des sucres solubles (mg/g MF)

3. Dosage de la proline

La technique utilisée est celle de **TROLL et LINDSLAY (1955)**, simplifiée et mise au point par **DRIER & GORING (1974)**. Elle consiste à prendre 50 mg du matériel végétal (1/3 médian de la feuille), puis ajouter 2 ml de méthanol à 40%, le tout est chauffé à 85°C dans un bain-marie pendant une heure. Après refroidissement, on prélève 1 ml d'extrait auquel on ajoute :

- 1 ml d'acide acétique.
- 25 mg de ninhydrine.
- 1 ml d'un mélange contenant : eau distillée, l'acide acétique et l'acide orthophosphorique (v : v : v et 15 :37.5 :1)

Le mélange est porté à ébullition durant 30 minutes, la solution vire au rouge. Après refroidissement, on ajoute 5ml de toluène à la solution qui, après une agitation vigoureuse, est laissé reposer jusqu'à la séparation de deux phases : une phase supérieure et une phase inférieure. Après avoir éliminé la phase inférieure, la phase supérieure est récupérée et déshydratée par l'addition d'une spatule de sulfate de sodium Na_2SO_4 . La densité optique de la solution est lue à 528nm, et la concentration de la proline est déterminée à l'aide d'une courbe d'étalonnage en utilisant la L-proline pure (0-5µg/ml).

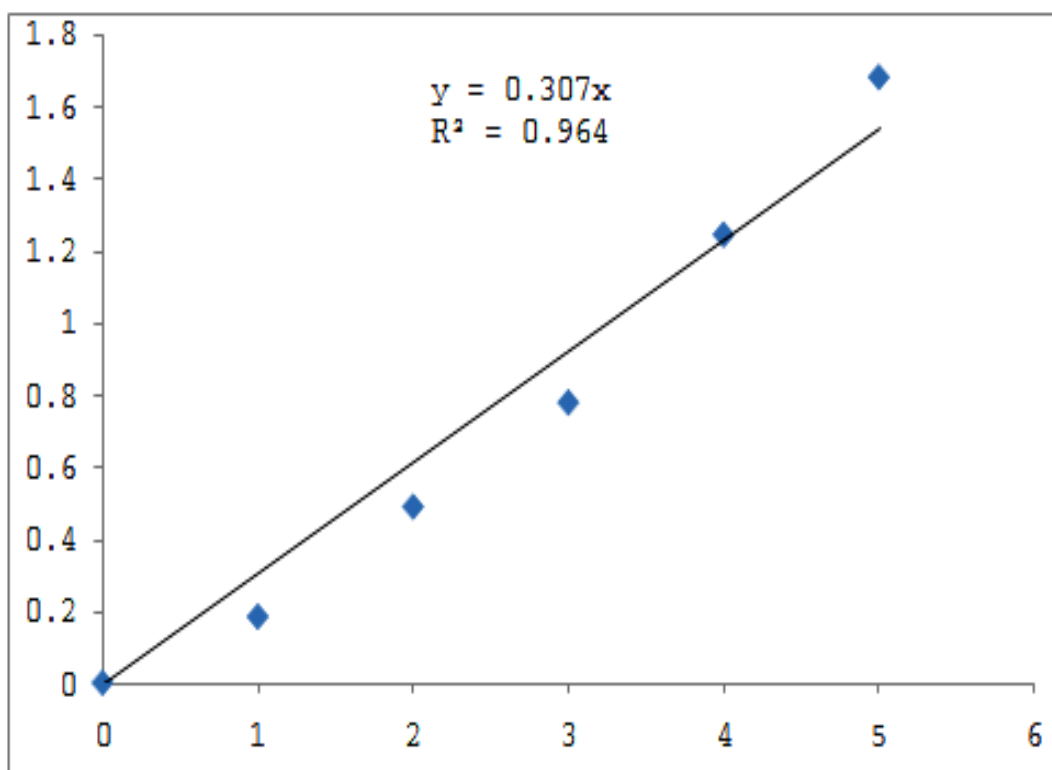


Figure 2-2 : Courbe d'étalonnage pour le dosage de la proline (µg /mg MF)

4. ANALYSE STATISTIQUE ET REPRESENTATION DES RESULTATS:

Le dispositif expérimental adopté pour cette expérience est une randomisation aléatoire complète. Les résultats obtenus sont soumis à une analyse de la variance à un seul facteur (ANOVA 1 facteur) au seuil de 5%. Cette analyse a été réalisée à l'aide du logiciel STATISTICA v.8. Les résultats sont présentés sous forme de la moyenne arithmétique \pm l'Ecart-type ($n = 3$).

RÉSULTATS ET DISCUSSION:**1. RÉSULTATS :****1. 1. Test de germination :**

Comme illustré sur le figure 3-1, la salinité a réduit significativement de 80,86 % chez S5 par rapport au témoin (lot non stressé S₀).

Cependant, Nous remarquons que le PFG de S1 est le plus élevé même par rapport à le témoin

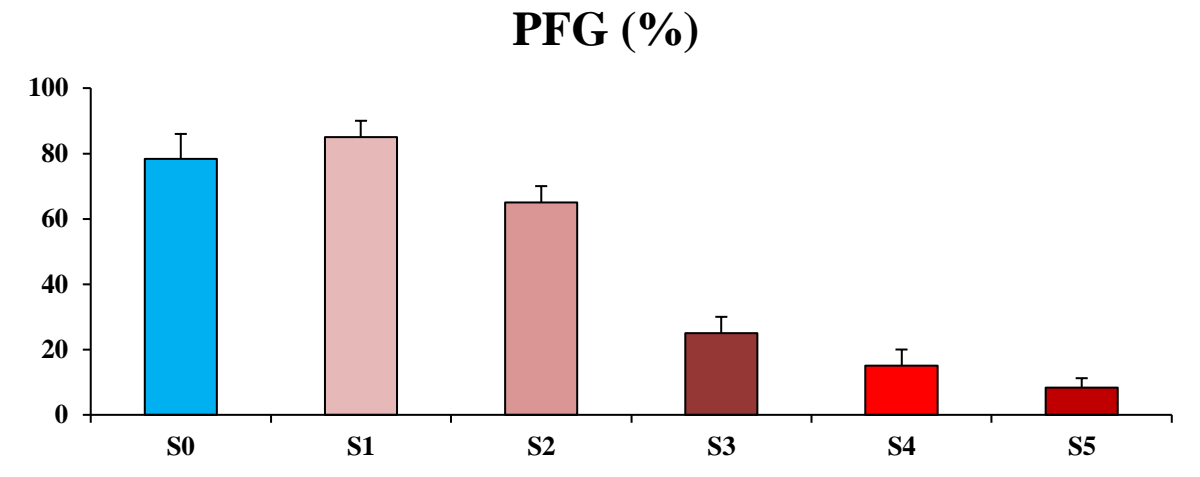


Figure 3-1 : Impact du stress salin (0, 25, 50, 75, 100,200 mM) sur le pourcentage final de germination (%)

1.2. Paramètres de croissance :**1. 2. a. Longueur de la plantule :**

Selon la figure (3-2) le stress a affect négativement la longueur des plantules.

Les mesures de Lpts nous montrent que le stress salin (100mM) opère une réduction de 11,37% de la longueur de la plantule par rapport au témoin et (200 mM) une réduction de 26,5% de Lpts

1.2. b. Poids frais des feuilles :

Bien que le stress salin a affecté négativement le poids frais des feuilles le poids frais des feuilles est diminué avec l'augmentation de la concentration de Na Cl

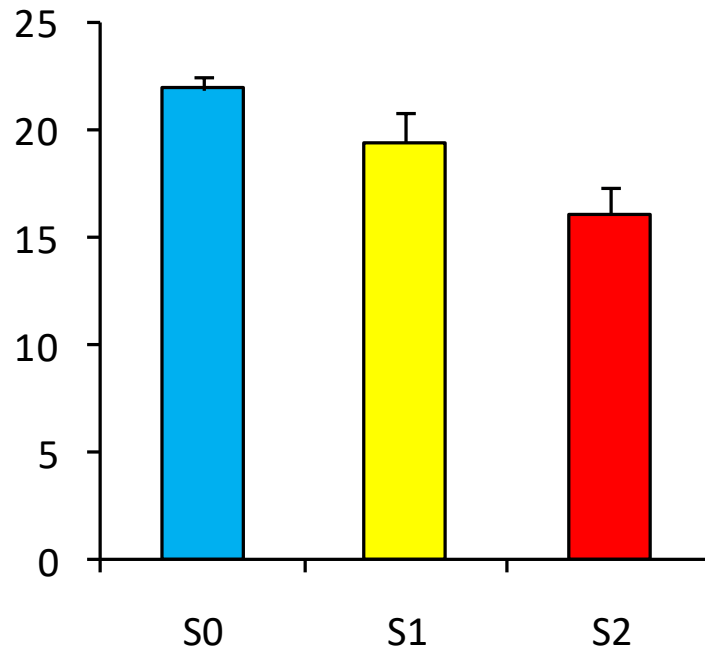


Figure3-2. Impact du stress salin (0, 100 et 200 mM) sur la longueur des plantes de courgette (cm).

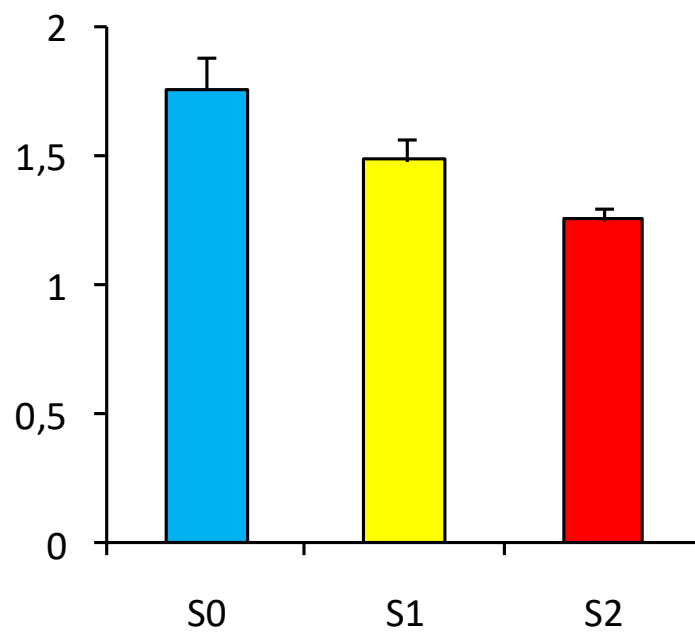


Figure 3-3. Impact du stress salin (0, 100 et 200 mM) sur le poids frais des feuilles des plantes de courgette (g).

1.2. c. Poids sec des feuilles :

A partir de figure (3-4) le stress salin diminué le poids sec des feuilles de manière significative en comparaison avec le témoin S_0

Comme peut-on le constater de la même figure, le stress salin tend à réduire le poids sec des plantules de courgette

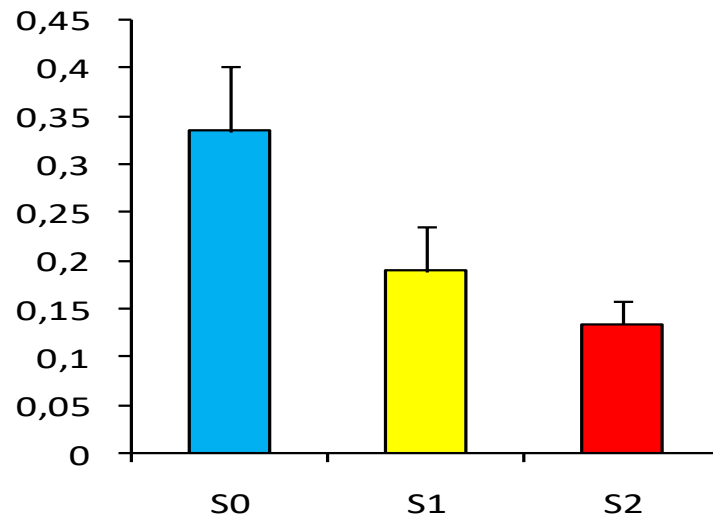


Figure 3-4. impact du stress salin (0, 100 et 200 mM) sur le poids sec des feuilles des plantes de courgette (g).

1.2. d. La surface foliaire :

A partir de la figure (3-5) la surface foliaire est affectée négativement par le stress salin

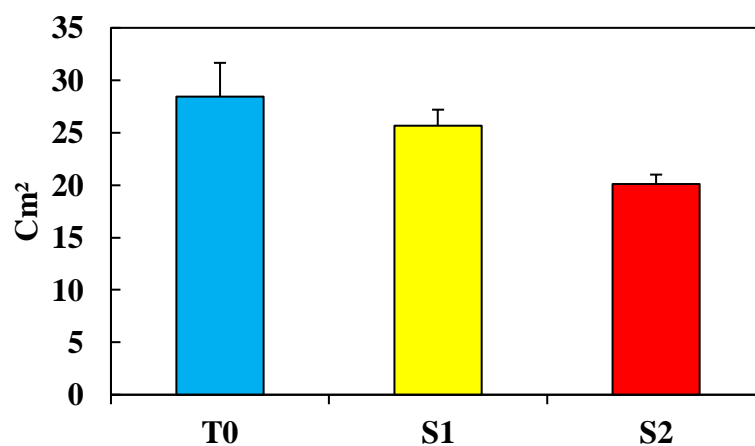


Figure 3-5. Impact du stress salin (0, 100 et 200 mM) sur la surface foliaire des plantes de courgette (cm²).

1.3. Les Paramètres Physiologiques et Biochimiques :

1.3.1. La teneur en eau (TRE):

En comparaison avec le témoin, le stress salin a induit un effet négatif sur la teneur des feuilles des plantes de courgettes en eau (Figure 3-6). Les plantules exposées au stress ont perdu presque 15,39% de leur teneur relative en eau (S1 + S2).

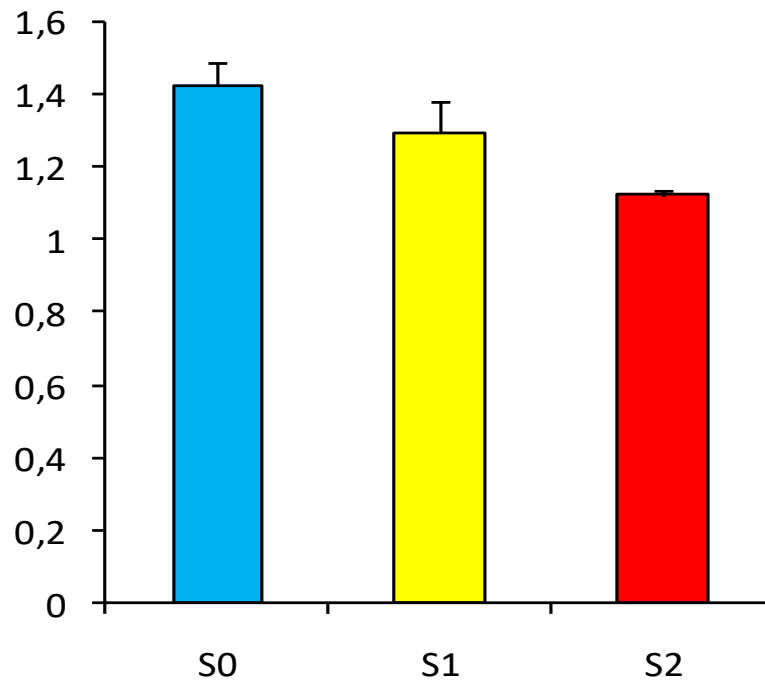


Figure 3-6. impact du stress salin (0, 100 et 200 mM) sur la teneur en eau des feuilles des plantes de courgette (g).

1.3.2. Les pigments photosynthétiques :

a. Chlorophylles -a (Chl-a) :

Selon la figure (3-7) le stress a affecté négativement la quantité de chlorophylle a (Chl-a)

Comparé au témoin, nous remarquons une diminution de 25,22% pour S₁ et de 48,45% pour S₂

b. Chlorophylle- b (Chl-b) :

Selon la figure (3-8) le stress salin aussi a affecté négativement la quantité de Chl-b et diminué le pourcentage de CHL-b par 32,48% pour S₁ et par 38.47 % pour S₂

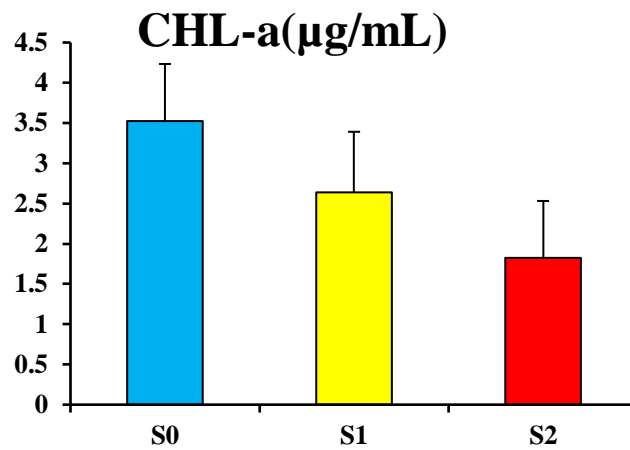


Figure 3-7. Impact du stress salin (0, 100 et 200 mM) sur la teneur de chlorophylles-a des plantes de courgette (g).

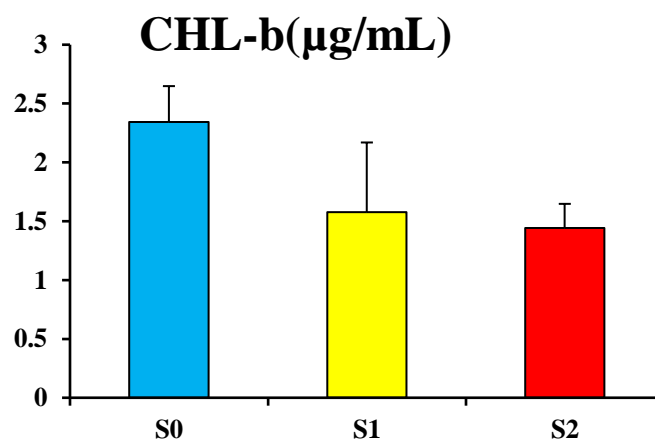


Figure 3-8. Impact du stress salin (0, 100 et 200 mM) sur la teneur de chlorophylle-b des plantes de courgette (g)

c. Caroténoïdes (CAR) :

Bien que le stress salin a affecté négativement la teneur de caroténoïde des feuilles cet effet reste non significatif

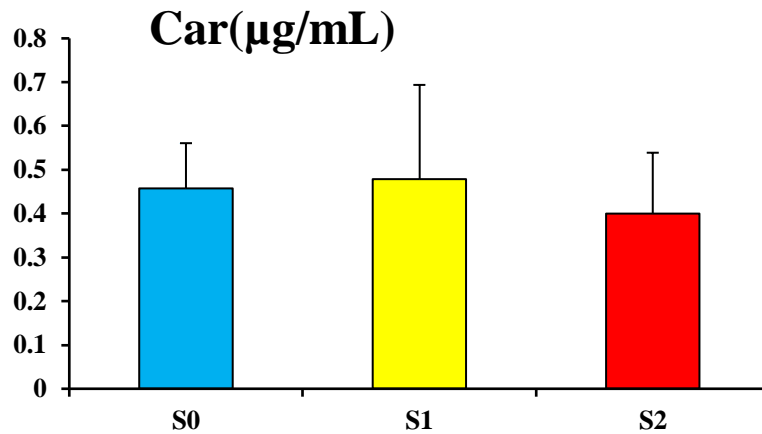


Figure 3-9. Impact du stress salin (0, 100 et 200 mM) sur la teneur de caroténoïde des plantes de courgette (g).

1.3.3. Les sucres solubles :

La présence du Na Cl dans le milieu induit l'accumulation des sucres solubles dans les feuilles figure (3-10)

En absence de stress la teneur en sucres était de 6,17 mg/g (chez le témoin)

Après application du stress salin sur les plantules de courgette la teneur des sucres solubles est passée de 6,17 mg/g chez le témoin à 12,03 mg/g chez S₁ et à 16,82 mg/g chez S₂

1.3.4. La teneur en proline :

L'application du stress salin sur les plantules de courgette provoque une augmentation de la teneur de la proline, la concentration de la proline chez S₁ est devenue presque 8 fois et 12 fois chez S₂

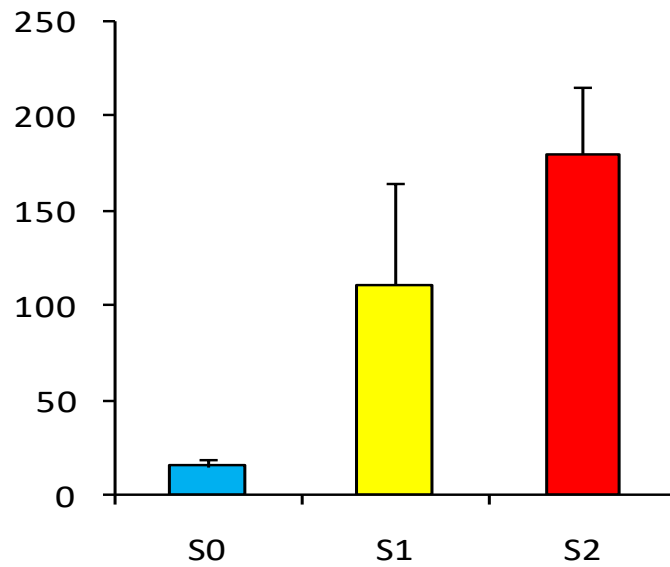


Figure 3-10. impact du stress salin (0, 100 et 200 mM) sur la teneur en proline des feuilles des plantes de courgette (mg/g MF).

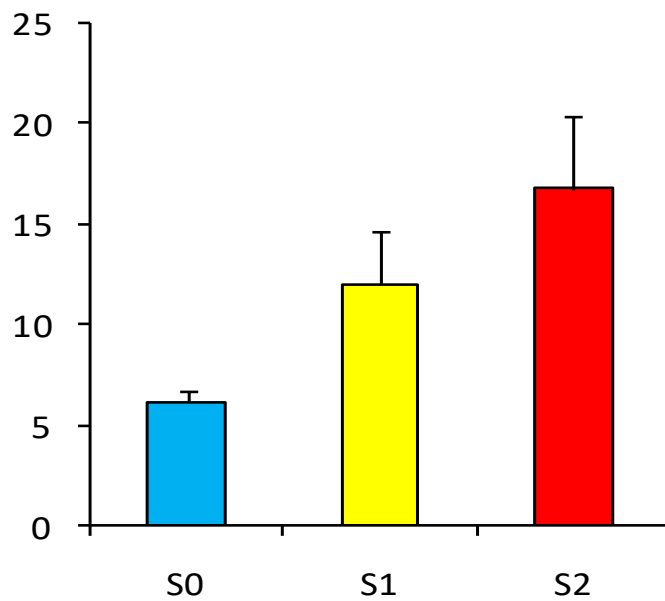


Figure 3-11. impact du stress salin (0, 100 et 200 mM) sur la teneur en sucres solubles des feuilles des plantes de courgette (mg/g MF).

2. DISCUSSION:

Les courgettes (*Cucurbita pepo* L) sont des légumes importants qui constituent une riche source de protéines, d'hydrates de carbone et de vitamines (LUCERA *et al.*, 2010). En Algérie, plus de 300 000 tonnes de courgette sous ses différentes formes sont produites chaque année (FAOSTAT, 2017). Cependant, la production des courgettes est souvent tributaire des conditions environnementales.

La germination et l'établissement des plantules constitués des étapes critiques dans la détermination de la production des courgettes (ESKANDARI & KAZEMI, 2011 ; SHAHI-GHARAHLLAR *et al.*, 2009). Ainsi l'un des facteurs majeurs qui limite la production des courgettes figure la salinité du sol (VILLORA *et al.*, 1997; VILLORA *et al.*, 1999). Peu d'études se sont intéressées à l'impact du stress salin sur la courgette notamment en Algérie ou pratiquement aucune étude n'a été publiée à ce jour. Ainsi dans le présent travail nous avons entrepris d'étudier l'impact du stress salin sur la physiologie de la courgette. Pour ce faire, deux expériences, l'une sur la germination et l'autre sur la croissance végétative, ont été réalisées.

Nos résultats indiquent qu'au fur et à mesure que la concentration du NaCl augmente le taux d'inhibition de la germination des graines de courgette augmente (Figure 3.1). Des résultats similaires ont été rapportés dans des études antérieures (BINA & BOSTANI, 2017 ; FAZLALI *et al.*, 2013 ; SHAHI-GHARAHLLAR *et al.*, 2009 ; SIDDIQUI *et al.*, 2014).

Le stress salin peut affecter la germination des graines en diminuant la facilité avec laquelle les graines absorbent l'eau, car l'activité et les événements normalement associés à la germination sont retardés et / ou progressent à un rythme réduit en présence de sels dans le milieu (YILDIRIM & GÜVENÇ, 2006). En effet, en plus d'augmenter le potentiel osmotique, la salinité entraîne une forte absorption d'ions Na⁺ et Cl⁻ pendant la germination des graines, ce qui induit une toxicité cellulaire entraînant ainsi l'inhibition ou le ralentissement de la germination (TAIZ & ZEIGER, 2002; MEHMET *et al.*, 2013).

Figures 3-2, ..., 3-10 illustrent les résultats de la deuxième expérience ou l'impact de la salinité (100 et 200 mM) sur les différents aspects de croissance et de la physiologie de la courgette. Selon ces résultats, il s'avère que le stress salin affecte négativement tous les aspects de croissance de la courgette de manière concentration-

dépendante. Ces résultats sont en accord avec ceux rapporté par **FAZLALI et al., (2013)**, **SHAHI-GHARAHLAR et al., (2009)** et **SIDDIQUI et al., (2014)**.

En effet, la salinité limite la croissance des racines et des pousses en limitant le potentiel hydrique de la solution du sol, ce qui réduit considérablement la perméabilité des membranes cellulaires et l'afflux d'eau dans la plante (**BAE et al., 2006**).

L'analyse de la teneur en chlorophylle (a) a montré qu'elle était plus sensible au stress salin que la teneur en chlorophylle (b) et caroténoïdes. D'une façon générale, il est constaté que la teneur en chlorophylle diminue avec l'augmentation de l'intensité du stress salin conformément à ce que plusieurs auteurs ont démontré (**SEVENGOR et al., 2011**).

Nos résultats montrent qu'il y a un effet stress salin sur le fonctionnement de la photosynthèse chez les plantules stressées dont le taux de chlorophylle a plus ou moins diminué par rapport au témoin (Figure 3-7). Ceci peut être expliqué par le fait que certaines plantes peuvent maintenir longtemps les stomates fermés lors d'une sécheresse physiologique suite aux fortes concentrations en sels, ce qui provoque une diminution de l'activité photosynthétique tout en compensant la réduction de l'absorption de CO₂, par leur efficacité élevée de la fixation de CO₂ et par l'absence de photo respiration qui représente normalement une perte de carbone. (**ZIANI, 2003**).

La réduction de la chlorophylle a est peut être liée à la sensibilité de l'une des étapes de sa biosynthèse au chlorure de sodium. Ce dernier affecte moins la voie de biosynthèse de la chlorophylle b (**TEWARI & SINGH, 1991**).

Nos résultats rejoignent ceux de **SIVTSEV (1973)** sur la tomate, de **TEWARI & SINGH (1991)** sur la lentille; mais différent sensiblement des résultats de **SHARAF et al. (1990)** sur la tomate. Ces derniers rapportent qu'une salinité modérée augmente la quantité de la chlorophylle a et de la chlorophylle totale.

Dans la présente étude il a été démontré que la courgette accumule la proline et les sucres solubles dans ces feuilles en réponse au stress salin ce qui explique en partie sa tolérance modérée au stress salin. Ces résultats corroborent ceux rapporté par **AROIEE et al., (2003)**.

L'accumulation de la proline et les sucres solubles dans les feuilles représente l'un des mécanismes de base de tolérance à la salinité, à savoir, l'ajustement osmotique. Ce

mécanisme d'homéostasie osmotique permet à la plante de maintenir une alimentation en eau suffisante malgré le stress (**PARIDA et *al.*, 2005**).

CONCLUSION :

Cette étude a été menée dans le but d'examiner la réponse de la courgette (*Cucurbita pepo*) au stress salin. Pour ce faire, des graines et des plantules de courgette ont été soumises à différents concentrations de NaCl (0, 25, 50, 75, 100, 200 mM). La réponse de la courgette a été déterminée par l'analyse de l'impact du stress salin sur la germination et les différents paramètres morpho-physiologiques et biochimiques.

Il ressort de ces deux expériences, ce qui suit :

- Le stress salin inhibe la germination de la courgette de manière concentration-dépendante.
- Le stress salin exerce un effet négatif sur tous les paramètres morphologiques, physiologiques et biochimiques étudiés.
- Le degré de sensibilité ou de tolérance dépend de l'intensité du stress.
- Les modifications morphologiques et physiologiques se traduisent par une:
 - Réduction de la hauteur des plantules
 - Réduction de la croissance des feuilles (PF, PS, SF)
 - Réduction de la teneur en eau des feuilles
 - Réduction de la teneur en chlorophylle a, b et caroténoïdes
- Les modifications biochimiques se traduisent par:
 - Une augmentation du taux de la proline dans les feuilles
 - Une accumulation des sucres solubles dans les feuilles

Nos résultats indiquent que la courgette est plus sensible à la salinité au stade de germination. L'accumulation de la proline et les sucres solubles explique partiellement cette tolérance modérée de la salinité au stade de croissance végétative.

Enfin, nos résultats suggèrent que la courgette est convenable pour l'exploitation des sols légèrement touchés par la salinité. Ces résultats restent, cependant, à confirmer par d'autres expériences, en utilisant par exemples différentes variétés de courgette.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

- ABDELLY C., 2006 :** Caractérisation des halophytes pour le dessalement des sols salins et le traitement des eaux salines. Rapport d'activités 2007. Centre de biotechnologie à la technopole de Bor-Cédrie, Tunisie, pp. 28- 31.
- ALEM C et al., 2002 :** Adaptations hydrique et photosynthétique du blé dur et du blé tendre au stress salin. C. R. Biologies, Vol. 325:pp1097-1109.
- ALLEN R.D., 1995:** Dissection of oxidative stress tolerance using transgenic plants. Plant Physiol. pp 1049-1054.
- AMOKRANE.M.S ,2004 :** Etude de la variabilité de germination sous stress salin chez quelques populations d'espèces de méditerranée. I ;the seing agro Ino El Harrach.
- ANTIPOLIS S., 2003 :** Les menaces sur les sols dans les pays Méditerranéens. Les cahiers du plan bleu, Vol.2 :44-49.
- AROIEE, H., AZIZI, M., et OMIBAIGI, R. 2003.** Effect of Salinity and Nitrogen Nutrition on Free Proline and Seed Oil Content of Medicinal Pumpkin (*Cucurbita pepo* subsp. *pepo* convar. *pepo* var. *styriaca*). In : III WOCMAP Congress on Medicinal and Aromatic Plants-Volume 2: Conservation, Cultivation and Sustainable Use of Medicinal and 676. p. 45-51.
- ASHRAF M et HARRIS., 2004:** Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. Plant Sci., 166: 3-6.
- AUBERT G., 1982-** les sols sodiques en Afrique du nord .Cahier O.R.S.T.O.M .Service Pédologie : 194.
- BAE, D., YONG, K., & CHUN, S. (2006).** Effect of salt (NaCl) stress on germination and early seedling growth of four vegetables species. *Journal of Central European Agriculture*, 7(2).
- BASIA .V et ARIE .A,-**Recent advance to abiotic stress: achievement and limitations. Review of current opinion in biotechnology.V16 , 123-132
- BELKHODJA M., BIDAI Y., 2004-** Réponse des graines d'*Atriplex halimus* L à la salinité au stade de la germination .Sécheresse, Vol.15 N°4 :331-335
- BELL, D. T. (1999).** Australian trees for the rehabilitation of waterlogged and salinity-damaged landscapes. *Aust.J. Bot.* (47): 697-716.
- BEN NACEUR M et al., 2001 :** Effet du stress salin sur la croissance et la production en grains de quelques variétés maghrébines de blé. *Sécheresse*, vol 12, pp 167-174.

- BERMEJO, J. ESTEBAN HERNÁNDEZ, AND JORGE LEÓN. 1994.** *Neglected crops: 1492 from a different perspective*. No. 26. Food & Agriculture Org.
- BINA, F., & BOSTANI, A. (2017).** Effect of Salinity (NaCl) stress on germination and early seedling growth of three medicinal plant species. *Advancements in Life Sciences*, 4(3), 77-83.
- BOUAOUINA, S., ZID, E. ET HAJJI, M. (2000)-** Tolérance à la salinité, transports ioniques et fluorescence chlorophyllienne chez le blé dur (*Triticum turgidum* L.) CIHEAM – Options Méditerranéennes. pp.-2.
- BOUCHOUKH I., 2010-** Comportement éco physiologique de deux Chénopodiacées des genres *Atriplex* et *Spinacia* soumises au stress salin .p 16- 29- 6 -35
- BOUDA S., HADDIOUI A -** Effet du stress salin sur la germination de quelques espèces du genre *Atriplex*. Revue « nature & technologie ». N° 05/juin 2011. P 72 à 79.
- BRADY N.C., et WEIL R., 2002** :The nature and properties of soils. Prentice Hall, Uppersaddleriver, NJ, USA.
- BURN .A.1980** ,Effets compares de différence concentration NACL sur la germination ;la croissance et la composition quelques populations de luzernes annuelles d'Algérie thèse doc eyeche Mont peller.
- CALU G. (2006):** *Arabidopsis thaliana* et *Thellungiella halophila*, plantes modèles dans l'étude du stress salin. Spectre Sciences.
- CARTER D.I., 1975:**Problems of salinity in agriculture. Plants in Saline Environments. Springer-Verlan Berlin. pp. 25-35.
- CHINNUSAMY V et al., 2004:** Molecular genetics perspectives on cross-talk and specificity in a biotic stress signaling in plants. J of Experimental Botany.pp225-236. □
- Courgette dans un itinéraire, Agrobiologique (BIO CIVAM de l'Aude), 1-4.
- CRAMER, G.R. (2000).** Sodium-calcium interactions under salinity stress. In: Salinity: Environment - Plants - Molecules. A. Lauchli and U. Lüttge (eds.). In press.
- DOUAOUI, A. ET HARTANI, T., 2008-** Impact de l'irrigation par les eaux souterraines sur la dégradation des sols de la plaine du Bas-Chellif. Scientific commons. Vol. 2, no3, p. 9.
- EI MIDAOUI M., BENBELLA M., AÏT HOUSSA A., IBRIZ M., TALOUIZTE A. (2007):**Contribution à l'étude de quelques mécanismes d'adaptation à la salinité chez le tournesol cultivé (*Hélianthes anus* L.). Revue HTE N° 136, pp.29-34.
- ELMEKAOUI.M ,1987** ,Etude de la tolérance du Na Cl chez le blé dur ,tendre et l'orge ;thèse Inge NSA MON TBELIER ;France.

- ELSTNER, E.F. (1982).**Oxygen activation and oxygen toxicity. *Annu. Rev. Plant Physiol*, (33) 73-96.
- ESKANDARI, H., & KAZEMI, K. 2011.** Effect of seed priming on germination properties and seedling establishment of cowpea (*Vigna sinensis*). *Notulae Scientia Biologicae*, 3(4), 113.
- ESKANDARI, Hamdollah et KAZEMI, Kamyar. 2011.** Effect of seed priming on germination properties and seedling establishment of cowpea (*Vigna sinensis*). *Notulae Scientia Biologicae*, vol. 3, no 4, p. 113.
- ESSAH, P. A. (2000).** Sodium Transport in *Arabidopsis thaliana*. Master of Philosophy. Department of Plant Sciences and Pembroke College, Cambridge. 80Pp.
- ESSINGTON M.E., 2004:** Soil and water chemistry, an integrative approach. CRC Press, USA.
- FAZLALI, R., DAVOOD, E. A., & PEZHMAN, M. 2013.** The effect of seed priming by ascorbic acid on bioactive compounds of naked Seed pumpkin (*Cucurbita pepo* var. *styriaca*) under salinity stress. *International Journal of Farming and Allied Science*, 2(17), 587-590.
- FLOWERS TJ., TROKE PF., YEO AR 1977-** The mechanism of salt tolerance in halophytes. *Annual Review of Plant Physiology* 28, 89–121.doi:10.1146/annurev.pp.28.060177.000513.
- FRANÇOIS R. (2008),** *Dictionnaire encyclopédique des sciences de la nature et de la biodiversité*, Edition DUNOD, Paris, 1152 pages.
- GREENWAY H., MUNNS R., 1980-.** Mechanisms of salt tolerance in non-halophytes. *Ann. Rev. Plant Physiol* 31, p. 149–190.
- GREGORY.B., 2005-**Ecophysiologie de semis de conifères ectomycorhizés en milieu salin et sodique. Thèse de mémoire. Université laval canada. Chapitre1.
- HADJI M. (1980).** La responsabilité de la racine dans la sensibilité du laurier rose au chlorure de sodium. *Physiologie végétale* 18 (3) : 505-515.
- HALLIWELL, B. and GUTTERIDGE, J.M.C.(1984).** Oxygen toxicity, oxygen radicals, transition metals and diseases. *Biochem.J.*(219):114.
- HAOUALA F., FERJANI H ., BEN EL HADJ S., 2007 -** Effet de la salinité sur la répartition des cations (Na⁺, K⁺ et Ca²⁺) et du chlore (Cl⁻) dans les parties

aériennes et les racines du ray-grass anglais et du chiendent. *Bioéthanol. Argon. Soc. Environ.* 11 (3) ,235 -244.

HAOUALA F., FERJANI H., Ben El HADJ S. (2007): Effet de la salinité sur la répartition des cations (Na⁺, K⁺ et Ca²⁺) et du chlore(Cl⁻) dans les parties aériennes et les racines du ray-grass anglais du chiendent. *Biotechnol. Agro. Soc. Environ.* 11(3).235-244.

HASEGAWA P.M., BRESSAN ., R.A., ZHU, J.-K. AND BOHNERT, H.J., 2000- Plant cellular and molécule réponses to High salinity. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 51, 463-499.

HASEGAWA, P. MAGGIO, A. MIYAZAKI S. VERONESE P. FUJITA, T. IBEAS, J.I. DAMSZ, B. NARASIMHAN, M.L. M. JOLY, R. J. and BRESSAN, R. A. (2002). Does praline accumulation play an active role in stress-induced growth reduction? *The Plant Journal* 31(6): 699-712.

HILLEL D., 2000: Salinity Management for Sustainable Irrigation. The World Bank, Washington, D.C.

HOPKIN W.G., 2003 – Physiologie végétale – traduction de la 2ed.américane par serge rambour révision scientifique de Charles-Marie Evrard Boeck univ. Bruxelles .p 445-460.

JABNOUNE M., 2008- adaptation des plantes au stress Salin : caractérisation de la transporteur de sodium et potassium de la famille HKT chez le riz .Thèse doctorat, univ Montpellier II.

JENDOUBI S. (1997). Contribution à la caractérisation physiologique et biochimique de parois racinaires.

KAFKAI U., 1991: Root growth under stress. *Plant roots: the hidden half.* New York, USA: Marcel Dekker, pp375-391.

KENFAOUIA ; 1997-la salinité des eaux d'irrigation. synthèse bibliographique réalisé par les élèves ingénieurs de l'école nationale du génie rural des eaux et des fortes de Montpellier.

KEREN R., 2000 : Salinité. Sumer M.E. Ed. livre de science du sol. pp 3-25.

KIM, S. G., LEE, A. K., YOON, H. K., & PARK, C. M. (2008). A membrane-bound NAC transcription factor NTL8 regulates gibberellic acid-mediated salt signaling in *Arabidopsis* seed germination. *The Plant Journal*, 55(1), 77-88.

KRISTA.P,2003.How and whine does water stresses impact plant growth and development sciences. *Water Quality and Irrigation Management .Montana State universe*

- risky-Bozeman American society of agronomy crop science society of America ,and soil science society of America 2003Annual Meeting in Denver, Colorado.
- LASRAM.M,1995** ;Salinity problems in the Mediterranean's area ,Ed académique de paris N°2,séances spécialisées du 22 Mars 1995.
- LEGOUPIL .J.C,1977**; Évaporation de la salure du sol sous irrigation . Aménagement et mise en valeur des sols salés .Thèse , ING.IRAT. Mostaganem. Pp33-38.
- LEGOUPIL.J,1977** ;Evaluation de la salure du sol sous irrigation .Aménagement et mise en valeur des sols .Thèse ,ING.IRAT.Mostaganem,pp33-38.
- LEVIG NERON.A ; LOPEZ.F., VANSYT.G., BERTHOMIEV.P., FOURCROY.P., et CASSE-DELBERT.F., 1995** –Les plantes face au stress salin. Synthèse cahier agricoles. 4 :263-273.
- LEVITT, J. (1980)**.Responses of Plant to Environmental Stress Chilling, Freezing and High Temperature Stresses, 2nd ed. Levitt, J. (ed.). Academic Press, New York, NY.
- LEVY G.J., 2000**: Sodality. Sumner M.E. Ed. Handbook of Soil Science. pp 27-62.
- LUCERA A, Costa C, MASTROMATTEO M, Conte A and DEL NOBILE MA. (2010)**. Influence of different packaging systems on fresh-cut zucchini (*Cucurbita pepo*). *Innovative Food Science and Emerging Technologies*; 11(2): 361–368.
- MAASE, VANDNTE MAN-R.H;1978**,Physiologie of plant tolerance to salinity –As. A , spec public 32pp 277-299.
- MAILLARD, J. (2001)**- Le point sur l'Irrigation et la salinité des sols en zone sahélienne. Risques et recommandations. Handicap International. Novembre 2001, 34 p.
- MCCREIGHT, JAMES D.** Cultivation and uses of cucurbits. In : Genetics and Genomics of Cucurbitaceae. Springer, Cham, 2016. p. 1-12.
- MEHMET DEMIR, K. A. Y. A., et ONUR İLERİ, İsmail ÖZAŞIK 2013**. Effect of dormancy breaking treatments and salinity on germination of *Melilotus alba* and *M. officinalis*. *J Appl Sci Res.*, vol. 9, p. 1293-1297.
- MERMOUD A., 2006** : Cours de physique du sol : Maîtrise de la salinité des sols. Ecole polytechnique fédérale de lausanne, 23p.
- MERMOUD A., 2006** : Cours de physique du sol : Maîtrise de la salinité des sols. Ecole polytechnique fédérale de Lausanne, 23p.

- MUNNS R and JAMES R.A., (2003).** Screening methods for salinity tolerance: a case study with tetra ploid wheat. *Plant Soil*, **253**: 201-218.
- MUNNS R et al ., 1983 :** Halotolérante eucaryotes. In *Physiological Plant Ecology. III. Responses to the Chemical and Biological Environment. Encycl. Plant Physiol.*, pp. 59-135 New Series, Vol. 12C. Springer, Berlin.
- MUNNS R., 2002:**Comparative physiology of salt and water stress; *Plant, Cell and Environment* pp239-250.
- MUNNS R., 2008:**Sodium excluding genes from durum wheat and sea barley grass improves sodium exclusion of bread wheat. 2nd International Salinity Forum Salinity, water and society-global issues, local action.
- MUNNS R., SCHACHTMAN D.P. and CONDON A.G. (1995) -** The significance of atwo-phase growth response to salinity in wheat and barley. *Australian Journal of Plant Physiology* 22, 561–56.
- MUNNS, R TERMAAT., A. (1986).** Use of concentrated macronutrient solutions to separate osmotic from Na CL -specific effects on plant growth. *Australian Journal of Plant Physiology* 13: 509-522.
- MUNNS, R., & TESTER, M. (2008).** Mechanisms of salinity tolerance. *Annu. Rev. Plant Biol.*, 59, 651-681.
- NASERI M.Y. (2001),** *Characterization of salt-affected soils for modelling sustainable land management in semiarid environment: A case study in the Gorgan region, northeast Iran.* ITC dissertation 52, International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences, Enscheda, the Netherlands.
- NDOUR P et DANTHU P., 2000 :** Effet des contraintes hydrique et saline sur la germination de quelques acacias africain. *Projet National de Semences Forestières du Sénégal.* 11 p.
- NIU X et al ., 1995 :**Ion homéostasies in Na Cl stress environnement. *Plant physiologie* pp735-742.
- OERTLI, J.J. (1968).** Extracellular salt accumulation, a possible mechanism of salt injury in plants. *Agrochimica*12: 461-469.
- OMRANI A ,1993.**Evolution spatial de la salinité st du Ca Co3 total et actif de l horizon de surface dans les sols sales de H MADNA(Relizane).thèse ISA de Tiaret .

- ORCUTTD.M. et NILSENE.T. , 2000:** Physiology of plants under stress. John Wiley & Sons Inc., New York, NY, USA.
- PARENT C et al ., 2008 :** Formes réactives de l'oxygène, stress et mort cellulaire chez les plantes. C. R. Biologies pp 255-261.polytechnique fédérale de Lausanne, 23 p.
- PARIDA A.K., DAS A.B. (2005):** Salt tolerance and salinity effect on plants: review. Ecotoxicology and Environmental Safety. Vol.60, pp. 324.
- PRICE A.H. et HENDRY G.A.F., 1991:** Iron-catalyzed oxygen radical formation and its possible contribution to drought damage in nine native grasses and three cereals. Plant Cell Environ.14:477-484.
- RANA, MAHESH KUMAR-**Vegetable Crop Science-CRC Press. 1118 pages. 63 Zucchini Ruchi Sood, Surbhi Gupta and M.K. Rana
- RASANEN, L- A. (2002).**Biotic and a biotic factors info unending the development of N2-fi Xing symbioses between rhizoid and the woody legumes *Acacia* and *Prosodies*. Academic dissertation in microbiology. Helsinki. Thesis. 80Pp.
- ROURA SI, MOREIRA MM and DEL VALLE CE. (2003).** Shelf-life of fresh-like ready-to-use diced squash. *Journal of Food Quality*; 27(2): 91–101.
- SENTENAC H et BERTHOMIEU P.,2003 :** Découverte d'un nouveau mécanisme de tolérance des plantes au sel. UMR Biochimie et physiologie moléculaire des plantes (Unité mixte Ecole nationale supérieure agronomique de Montpellier, Service Presse INRA, 34 p.
- SEVENGOR, SENAY, YASAR, FIKRET, KUSVURAN, SEBNEM, ET AL.** The effect of salt stress on growth, chlorophyll content, lipid peroxidation and antioxidative enzymes of pumpkin seedling. African Journal of Agricultural Research, 2011, vol. 6, no 21, p. 4920-4924.
- SHAHI-GHARAHILAR, Ali, FARHOUDI, Rozbeh, et MOSAVI, Morteza 2009.** Effect of seed pretreatment on summer squash (*Cucurbita pepo*) seed germination and seedling characteristics under salinity condition. Seed Science and Biotechnology, vol. 3, no 1, p. 15-23.
- SHARAF, A., LABIB, S., et EL MASSRY, R.** Effect of kinetin on the biochemical constituents of tomato plants under different levels of salinity. Zagazig Journal of Agricultural Research (Egypt), 1990, vol. 12, p. 417-441.
- SI BENNASSEUR AIAOUI** Référentiel pour la Conduite Technique de la courgette (*Cucurbita pepo* L.) May 2005 Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II

- SIDDIQUI, M. H., AL-WHAIBI, M. H., FAISAL, M., & AL SAHLI, A. A. (2014).** Nano-silicon dioxide mitigates the adverse effects of salt stress on Cucurbitapepo L. *Environmental toxicology and chemistry*, 33(11), 2429-2437.
- SIVTSEV, M. V.** Photochemical activity of chloroplasts and bond strength of chlorophyll in cultivated plants during action of herbicides, salinization and biologically active compounds. *Fiziol Rast Mosk*, 1973.
- SNOUSSI S.A et HALITIM A., 1998 :** Valorisation des eaux salines pour la nutrition minérale des plantes cultivées. *Etude et gestion des sols*, pp289- 298.
- SUN F et al., 2007:** Salt Modulates Gravity Signaling Pathway to Regulate Growth Direction of Primary Roots in Arabidopsis. *Plant Physiol.* pp178-188.
- TAIZ L., et ZEIGER E., 2002.** *Plant Physiology*. 3rd ed. Sinauer Associates, Sunderland, MA, 690.
- TESTER, M. and DAVENPORT, R. (2003).** Na⁺ Tolerance and Na⁺ Transport in Higher Plants. *Annals of Botany (91)*: 503-527.
- TEWARI, T. N. et SINGH, B. B.** Stress studies in lentil (*Lens esculenta* Moench). *Plant and soil*, 1991, vol. 136, no 2, p. 225-230.
- TYERMAN S.D. and SKERRETT IM., 1999:** Root ion channels and salinity. *Sci. Hort.* pp 175- 235.
- V. ABATZIAN, J.F. LIZOT (ITAB), F. COLLIN et L. BRUN (FNAMS)** avec la participation de **E. Laurent, L.M. Broucqsault, F. REY et M. HAEFLIGER.** decembre 2003. Produire des semences de semences
- VÍLLORA, G., MORENO, D. A., PULGAR, G., & ROMERO, L. M. (1999).** Zucchini growth, yield, and fruit quality in response to sodium chloride stress. *Journal of plant nutrition*, 22(6), 855-861.
- VILLORA, G., PULGAR, G., MORENO, D. A., & ROMERO, L. (1997).** Effect of salinity treatments on nutrient concentration in zucchini plants (*Cucurbita pepo* L. var. *Moschata*). *Australian journal of experimental agriculture*, 37(5), 605-608.
- VINCENT, R. (2006).** Recherche et étude de marqueurs moléculaires de la réponse au stress chez l'algue brune *Laminera digitata*. Thèse de doctorat. Biologie. Université de Rennes 1. 237pp.

- WANG, W.X., VINOCUR, B. and ALTMAN, A. (2003).**Plant responses to drought, salinity and extreme temperatures: towards genetic engineering for stress tolerance. *Plant* 218: 1-14.
- XIONG, L., SCHUMAKER, K.S. and Zhu, J.K. (2002).**Cell signaling during cold, drought and salt stress. *Plant Cell*. 14 Suppl: S165-83.
- YEO A., 1998:** Molecular biology of salt tolerance in the context of whole-plant physiology. *Journal of Experimental Botany*.pp915-929.
- YILDIRIM, E., & GÜVENÇ, İ. 2006.** Salt tolerance of pepper cultivars during germination and seedling growth. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 30(5), 347-353.
- ZHU, J-K (2002).**Salt and drought stress signal transduction in plants. *An. Rev. of Plant Biol.* 53: 247-73.
- ZIANI D., 2003,** L'agriculture Algérienne des défis à relever, *Agro ligne*, n°31: 4-5.
- ZRYD J-P, 2004.**l'eau et les végétaux .La biologie du stress UNIL : Université de Lausanne. Bigophoné -CH- 1015 lause Anne-suisse.

REFERENCES NETOGRAPHIQUES :

@ 1 site web <https://www.lanutrition.fr/bien-dans-son-assiette/aliments/legumes/courgettes/petite-histoire-de-la-courgette> consulté le 21/02/2018.

@ 2 http://www.homejardin.com/courgette/cucurbita_pepo.htm

@ 3 <http://www.snv.jussieu.fr/bmedia/Marche/courgette.htm>

@4 <https://www.bio-enligne.com/jardin-biologique/172-courgette.html>

@5 <http://binette-et-cornichon.com/p/courgette/>

@6 <http://www.agrobio-bretagne.org/wp-content/uploads/2010/09/Courgettes.pdf>

@7 <https://www.aujardin.info/plantes/courgette.php>

Annexe 1 : Analyses statistiques des résultats

TEST DE GERMINATION

ANOVA Table for PFG by STRESS

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	17244,4	5	3448,89	124,16	0,0000
Within groups	333,333	12	27,7778		
Total (Corr.)	17577,8	17			

Multiple Range Tests for PFG by STRESS

Method: 95,0 percent LSD

STRESS	Count	Mean	Homogeneous Groups
S5	3	8,33333	d
S4	3	15,0	d
S3	3	25,0	c
S2	3	65,0	b
S0	3	78,3333	a
S1	3	85,0	a

Contrast	Sig.	Difference	+/- Limits
S0 - S1		-6,66667	9,37614
S0 - S2	*	13,3333	9,37614
S0 - S3	*	53,3333	9,37614
S0 - S4	*	63,3333	9,37614
S0 - S5	*	70,0	9,37614
S1 - S2	*	20,0	9,37614
S1 - S3	*	60,0	9,37614
S1 - S4	*	70,0	9,37614
S1 - S5	*	76,6667	9,37614
S2 - S3	*	40,0	9,37614
S2 - S4	*	50,0	9,37614
S2 - S5	*	56,6667	9,37614
S3 - S4	*	10,0	9,37614
S3 - S5	*	16,6667	9,37614
S4 - S5		6,66667	9,37614

* denotes a statistically significant difference.

TEST DE CROISSANCE

ANOVA Table for LP by STRESS

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	51,3889	2	25,6944	21,51	0,0018
Within groups	7,16667	6	1,19444		
Total (Corr.)	58,5556	8			

Multiple Range Tests for LP by STRESS

Method: 95,0 percent LSD

STRESS	Count	Mean	Homogeneous Groups
2	3	16,1667	c
1	3	19,5	b
0	3	22,0	a

Contrast	Sig.	Difference	+/- Limits
0 - 1	*	2,5	2,18352
0 - 2	*	5,83333	2,18352
1 - 2	*	3,33333	2,18352

* denotes a statistically significant difference.

ANOVA Table for PFF by STRESS

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	0,385473	2	0,192737	24,92	0,0012
Within groups	0,0464028	6	0,0077338		
Total (Corr.)	0,431876	8			

Multiple Range Tests for PFF by STRESS

Method: 95,0 percent LSD

STRESS	Count	Mean	Homogeneous Groups
2	3	1,2576	c
1	3	1,4894	b
0	3	1,76393	a

Contrast	Sig.	Difference	+/- Limits
0 - 1	*	0,274533	0,175699
0 - 2	*	0,506333	0,175699
1 - 2	*	0,2318	0,175699

* denotes a statistically significant difference.

ANOVA Table for PSF by STRESS

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	0,0649542	2	0,0324771	13,48	0,0060
Within groups	0,0144585	6	0,00240975		
Total (Corr.)	0,0794127	8			

Multiple Range Tests for PSF by STRESS

Method: 95,0 percent LSD

STRESS	Count	Mean	Homogeneous Groups
2	3	0,134433	b
1	3	0,189667	b
0	3	0,3358	a

Contrast	Sig.	Difference	+/- Limits
0 - 1	*	0,146133	0,0980754
0 - 2	*	0,201367	0,0980754
1 - 2		0,0552333	0,0980754

* denotes a statistically significant difference.

ANOVA Table for TEF by STRESS

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	0,140667	2	0,0703335	18,59	0,0027
Within groups	0,0226952	6	0,00378254		
Total (Corr.)	0,163362	8			

Multiple Range Tests for TEF by STRESS

Method: 95,0 percent LSD

STRESS	Count	Mean	Homogeneous Groups
2	3	1,12317	c
1	3	1,29973	b
0	3	1,42813	a

Contrast	Sig.	Difference	+/- Limits
0 - 1	*	0,1284	0,122876
0 - 2	*	0,304967	0,122876
1 - 2	*	0,176567	0,122876

* denotes a statistically significant difference.

ANOVA Table for SF by STRESS

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	107,568	2	53,7842	12,50	0,0073
Within groups	25,8262	6	4,30437		
Total (Corr.)	133,395	8			

Multiple Range Tests for SF by TREATMENT

Method: 95,0 percent LSD

STRESS	Count	Mean	Homogeneous Groups
2	3	20,1267	x
1	3	25,6667	x
0	3	28,4433	x

Contrast	Sig.	Difference	+/- Limits
2 - 1	*	-5,54	4,14504
2 - 0	*	-8,31667	4,14504
1 - 0		-2,77667	4,14504

* denotes a statistically significant difference.

ANOVA Table for PRO by STRESS

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	2,41295	2	1,20648	14,47	0,0051
Within groups	0,500234	6	0,0833723		
Total (Corr.)	2,91319	8			

Multiple Range Tests for PRO by STRESS

Method: 95,0 percent LSD

STRESS	Count	Mean	Homogeneous Groups
0	3	0,121	a
1	3	0,853	b
2	3	1,384	b

Contrast	Sig.	Difference	+/- Limits
0 - 1	*	-0,732	0,576879
0 - 2	*	-1,263	0,576879
1 - 2		-0,531	0,576879

* denotes a statistically significant difference.

ANOVA Table for SS by STRESS

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	0,0183207	2	0,00916033	12,52	0,0072
Within groups	0,00438933	6	0,000731556		
Total (Corr.)	0,02271	8			

Multiple Range Tests for SS by STRESS

Method: 95,0 percent LSD

STRESS	Count	Mean	Homogeneous Groups
0	3	0,064	a
1	3	0,124667	b
2	3	0,174333	b

Contrast	Sig.	Difference	+/- Limits
0 - 1	*	-0,0606667	0,0540378
0 - 2	*	-0,110333	0,0540378
1 - 2		-0,0496667	0,0540378

* denotes a statistically significant difference.

ANOVA Table for CHLa by STRESS

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	4,34593	2	2,17296	4,16	0,0735
Within groups	3,13306	6	0,522177		
Total (Corr.)	7,47899	8			

Multiple Range Tests for CHLa by STRESS

Method: 95,0 percent LSD

STRESS	Count	Mean	Homogeneous Groups
2	3	1,82408	b
1	3	2,63793	ab
0	3	3,52568	a

Contrast	Sig.	Difference	+/- Limits
0 - 1		0,88775	1,44372
0 - 2	*	1,70161	1,44372
1 - 2		0,813857	1,44372

* denotes a statistically significant difference.

ANOVA Table for CHLb by STRESS

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	1,41187	2	0,705937	4,35	0,0679
Within groups	0,973206	6	0,162201		
Total (Corr.)	2,38508	8			

Multiple Range Tests for CHLb by STRESS

Method: 95,0 percent LSD

STRESS	Count	Mean	Homogeneous Groups
2	3	1,44245	b
1	3	1,57707	ab
0	3	2,34183	a

Contrast	Sig.	Difference	+/- Limits
0 - 1		0,764767	0,804638
0 - 2	*	0,89938	0,804638
1 - 2		0,134613	0,804638

* denotes a statistically significant difference.

ANOVA Table for CAR by STRESS

<i>Source</i>	<i>Sum of Squares</i>	<i>Df</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F-Ratio</i>	<i>P-Value</i>
Between groups	0,00998342	2	0,00499171	0,20	0,8267
Within groups	0,15244	6	0,0254067		
Total (Corr.)	0,162424	8			

Multiple Range Tests for CAR by STRESS

Method: 95,0 percent LSD

<i>STRESS</i>	<i>Count</i>	<i>Mean</i>	<i>Homogeneous Groups</i>
2	3	0,39993	a
0	3	0,457961	a
1	3	0,478604	a

Annexe 2 : Photos qui montrent les résultats du test de germination.



RESUME

L'objectif de cette étude est d'examiner la réponse de la courgette (*Cucurbita pepo*) au stress salin. Pour ce faire, des graines et des plantules de courgette ont été soumises à différents concentrations de NaCl (0, 25, 50, 75, 100, 200 mM). La réponse de la courgette a été déterminée par l'analyse de l'impact du stress salin sur la germination et les différents paramètres morpho-physiologiques et biochimiques. Nos résultats indiquent que la courgette est plus sensible à la salinité au stade de germination qu'au stade de croissance végétative. L'accumulation de la proline et les sucres solubles explique partiellement cette tolérance modérée de la salinité. L'ensemble de ces résultats suggèrent que la courgette est convenable pour l'exploitation des sols légèrement touchés par la salinité. Ces résultats restent, cependant, à confirmer par d'autres expériences, en utilisant par exemples différentes variétés de courgette.

Mots clés : *Cucurbita pepo*, stress salin, germination, croissance, tolérance.

ABSTRACT

The objective of this study is to examine the response of zucchini (*Cucurbita pepo*) to salt stress. To do this, seeds and seedlings of zucchini were subjected to different concentrations of NaCl (0, 25, 50, 75, 100, 200 mM). The response of zucchini was determined by the analysis of the impact of salt stress on germination and the various morpho-physiological and biochemical parameters. Our results indicate that zucchini is more sensitive to salinity at the germination stage than at the vegetative growth stage. The accumulation of proline and soluble sugars partially explains this moderate salt tolerance. All these results suggest that zucchini is suitable for the exploitation of soils slightly affected by salinity. These results remain, however, to be confirmed by other experiments, using for example different varieties of zucchini.

Key words: *Cucurbita pepo*, salt stress, germination, growth, tolerance.

ملخص

الهدف من هذه الدراسة هو معاينة استجابة الكوسة (*Cucurbita pepo*) للإجهاد الملحي. للقيام بذلك، تم تعريض البذور وشتلات الكوسا لتركيزات مختلفة من كلوريد الصوديوم (0، 25، 50، 75، 100، 200 ميلي مول/ل). تم تحديد استجابة الكوسة من خلال تحليل تأثير الإجهاد الملحي على إنبات البذور ومختلفة مظاهر النمو الشكلي الفسيولوجي والكيميائي حيوي. تشير نتائجنا إلى أن الكوسة أكثر حساسية للملوحة في مرحلة الإنبات منها في مرحلة النمو الخضري. يفسر تراكم البرولين والسكر القابل للذوبان جزئياً هذا التحمل المتوسط للملوحة. كل هذه النتائج تشير إلى أن الكوسة مناسبة لاستغلال التربة قليلة التأثير بالملوحة. ومع ذلك، تحتاج هذه النتائج للتأكيد بتجارب أخرى، على سبيل المثال، باستخدام أنواع مختلفة من الكوسة.

الكلمات المفتاحية: *Cucurbita pepo*؛ الإجهاد الملحي، الإنبات، النمو، التحمل.