



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



UNIVERSITÉ ABBES LAGHROUR KHENCHELA
FACULTÉ DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
DÉPARTEMENT DE BIOLOGIE MOLECULAIRE ET CELLULAIRE

MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du diplôme de

MASTER Académique

FILIERE : SCIENCES ACADEMIQUE BIOLOGIQUE

OPTION : BIOTECHNOLOGIE VEVEETALE

Thème

**Effet du prétraitement avec FENGIB
sur la germination et
la croissance de la courgette
sous stress salin**

**Présenté par : MELLAL Khaoula
RADJHI Widad.**

Soutenu le :

Jury de Soutenance

Présidente	Dr. HALIMI S.	MCB	Université Abbes Laghrour Khenchela
Encadreur	Dr. FERCHA A.	MCB	Université Abbes Laghrour Khenchela
Examinatrice	Mm. MAMEN.N	MAA	Université Abbes Laghrour Khenchela

Année Universitaire 2017/2018



Remerciement

On remercie dieu le tout puissant de nous avoir donné la santé et la volonté d'entamer et de terminer ce mémoire.

Tout d'abord, ce travail ne serait pas aussi riche et n'aurait pas pu avoir le jour sans l'aide et l'encadrement de DR. FERCHA, Nous avons eu l'honneur d'être vos élèves et de bénéficier de votre enseignement.

Vos qualités pédagogiques et humaines sont pour nous un modèle.

Votre compétence, votre encadrement ont toujours suscité notre profond respect.

Nous vous remercions pour votre gentillesse, et votre disponibilité permanente et vos conseils.

Veuillez recevoir DR Fercha nos remerciements pour le grand honneur que vous nous aviez fait d'accepter l'encadrement de ce travail.

Nous sommes conscientes de l'honneur que nous a fait « DR Hamli S » en étant présidente du jury et « Mm Mamen » d'avoir accepté d'examiner ce travail.





Dédicaces

A la mémoire de ma Mère

Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours eu pour vous.

Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien être.

Ce travail est le fruit de tes sacrifices que tu as consentis pour mon éducation et ma formation.

A l'homme de ma vie, mon exemple éternel, mon soutien moral et source de joie et de bonheur, celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir, que dieu te garde dans son vaste paradis, à toi mon père.

UNE SPECIALE DEDICACE A CETTE PERSONNE QUI COMPTE DE JA ENORMEMENT POUR MOI, ET POUR QUI JE PORTE BCP DE TENDRESSE ET DE RESPECT.

A MON Fiancé YOUCEF

Aux personnes dont j'ai bien aimé la présence dans ce jour, à tous mes frères et mes sœurs, mes nièces Chouchou et Nanny, Sifana et Ilyana, et à mon neveu Missou, je dédie ce travail dont le grand plaisir leurs revient en premier lieu pour leurs conseils, aides, et encouragements.

****KHAOULA****

TABLE DES MATIÈRES :

Liste des Abréviations
Liste des figures
Liste des tableaux

INTRODUCTION	i
CHAPITRE I : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE	
I. Biologie de la courgette	01
1. Généralités	01
1.1. Aperçu historique	01
1.2. Botanique	02
1.3. Origine et types de courgette	03
2. Production des semences de courgette dans un itinéraire Agrobiologique	07
2.1. La production de semences	07
2.1.1. Exigences de la culture	07
❖ Type de sol	07
❖ Climat	07
❖ Place dans la rotation	08
❖ Isolement	08
❖ Mise en place de la culture	08
❖ Choix de la parcelle	08
❖ Préparation du sol	08
❖ Semis	08
❖ Précautions particulières	09
❖ Conduite de la culture	10
❖ Fertilisation	10
❖ Désherbage	11
❖ Floraison	11
❖ Pollinisation et castration	12
❖ Irrigation	13
• Contrôle de l'irrigation	13
❖ Récolte : Récolte (extraction des semences)	14
❖ Séchage	15
❖ Quelques précautions à prendre	15
❖ Agréage	16
3. Principaux problèmes phytosanitaires	16
4. Composition de la courgette et utilisation des composants	17
a. Utilisations médicinales	17
b. Les principes actifs de la courgette	18
c. En prévention des cancers	18
d. En prévention des maladies cardiovasculaires	18
e. En pratique	19
II. Stress salin et la croissance/production des plantes cultivées	19
1. Généralité sur stress salin	19
1.1. Notion de la salinisation	20
2. Définitions du stress	20
2.1. Qu'est-ce qu'un stress salin ?	21

3. Types de stress	21
❖ Les stress abiotiques	21
• Le stress hydrique	21
• Le stress thermique	21
• Le stress salin	22
❖ Le stress biotique	22
4. Effets du stress salin sur les plantes	22
4.1. Effets sur la germination	22
4.2. Effets sur la croissance	22
4.3. Effets sur l'absorption	22
4.4. Effets sur le comportement biochimique de la plante	23
4.5. Effet de la salinité sur les processus physiologiques de la plante	23
5. La tolérance des plantes à la salinité	24
5.1. L'absorption sélective, compartimentation et exclusion des ions	25
5.2. Biosynthèse de solutés compatibles	26
5.2.1. Les sucres solubles	26
5.2.2 Les polyols	27
5.2.3. La proline	28
5.2.4. La Glycine bêtaïne	28
5.3. Induction des enzymes antioxydant	29
5.4. Induction des hormones végétales	29
III. Les régulateurs de la croissance végétale et l'adaptation des plantes aux stress abiotiques	30
1. Généralités	30
2. Types de régulateurs de croissance et adaptation des plantes aux stress abiotiques	30
2.1. Auxines (IAA)	31
2.1.1. Métabolisme de l'auxine	31
2.1.2. Localisation	33
2.1.3. Transport	33
2.1.4. Effets de l'auxine sur l'adaptation des plantes aux stress abiotiques	34
1.1. Les gibbérellines (AG)	35
1.1.1. Métabolisme	37
1.1.2. Transport des Gibbérellines	37
1.1.3. Effets des gibbérellines	38
IV. L'amorçage des semences (seed priming)	39
1. Généralités	39
2. Techniques d'amorçage des semences	40
2.1. Amorçage hydrique (Hydro-priming)	40
2.2. Amorçage salin ou Halo-priming	40
2.3. Amorçage osmotique ou Osmoprimering	40
2.4. Amorçage hormonal (hormono-priming)	41
3. Aspects physiologiques et biochimiques de l'amorçage des graines	41
CHAPITRE II : MATÉRIEL ET MÉTHODES	
1. MATÉRIEL VÉGÉTAL	44
2. PROTOCOL EXPERIMENTAL	44
2.1. Le prétraitement des graines de courgette	44
2.2. Test de germination	44
2.3. Essai sur la croissance végétative	44
3. PARAMETRES MESURES	44
3.1. Test de germination	44

3.2.	Essai sur la croissance végétative	45
A.	Les paramètres de croissance	45
B.	Les paramètres biochimiques et physiologiques	45
a-	La teneur des pigments chlorophylliens et des caroténoïdes	45
b-	Dosage des sucres solubles (WSC)	46
c-	Dosage de la proline	47
4.	ANALYSE STATISTIQUE ET REPRESENTATION DES RESULTATS	48
CHAPITRE III : RÉSULTATS & DISCUSSIONS		
1.	RÉSULTATS	49
1.1.	Test de Germination	49
1.2.	Paramètres de croissance	50
1.2.1.	Poids frais des feuilles	50
1.2.2.	Le poids Sec de feuilles	50
1.2.3.	La surface foliaire	52
1.3.	Les Paramètres Physiologiques et Biochimiques	52
1.3.1.	La teneur en eau des feuilles (TE)	52
1.3.2.	Les pigments photosynthétiques	53
a.	Chlorophylle a (Chl-a)	53
b.	Chlorophylle b (Chl-b)	53
c.	Caroténoïdes (CAR)	53
1.2.3.	La teneur des sucres solubles	54
1.2.4.	La teneur de la proline	55
II. DISCUSSION		57
CONCLUSION		60
RÉFÉRENCES		61
ANNEXES		

Liste des abréviations :

% : .	pourcentage.
°C :	degré Celsius
2,4-D :	l'acide 2,4-dichlorophénoxyacétique
ABA :	acide abscissique
ADN :	acide desoxyribonucléique
ANA :	l'acide naphthalène acétique
APA :	l'acide phénylacétique
Ca :	calcium
CAR	Caroténoïdes
Chl-a	Chlorophylle a
Chl-b	Chlorophylle b
Cl- :	Ion chlorure
cm :	centimètre
g :	gramme
GGDP :	géranylgeranyldiphosphate
Glu :	glutamate
H :	hectare.
H₂O₂ :	L'eau oxygénée
IAA :	acide indole3-acétique
IAOx :	d'indole-3-acétaldoxime
IPA :	indole-3- pyruvate
K :	le potassium
KO :	ent-kaurène oxydase
L :	litre
m :	mètre
M6PR :	mannose-6-phosphate réductase
Mg :	magnésium
ml :	millilitre
mM :	milli mole
mm :	millimètre
Na⁺ :	ions Sodium
Na So :	sulfate de sodium

NaCl: le chlorure de sodium
OH : radicaux hydroxyle
OH : radicaux hydroxyle
PEG : polyéthylène glycol
PF : poids frais
PFG : *le pourcentage final de germination*
ProDH : proline déshydrogénase
PS : poids sec
RCV : Régulateur de Croissance Végétale
ROS : formes réactives de l'oxygène
SF : surface foliaire
SOS : salt overly sensitive.
T0 : Témoin
TAA1 : enzyme tryptophane aminotransférase,
TE : teneur en eau des feuilles

Listes des Figures

Figure.1-1 : La citrouille (<i>C. pepo L. var pepo L. Bailey</i>).	4
Figure.1-2 : Le pâtisson (<i>C. pepo L. clypeata Alefield</i>).	4
Figure.1-3 : La courge poivrée (<i>C. pepo L. var Turbinata Paris</i>).	5
Figure.1-4 : La courgette ‘Crookneck’ (<i>C. pepo L. var. Torticollia Alefield</i>).	5
Figure.1-5 : La courge à cou droit (<i>C. pepo L. var. Reticollis Pans</i>).	5
Figure.1-6 : La courge à moelle (<i>C. pepo L. var. Fastigata Paris</i>).	6
Figure.1-7 : La courgette ‘cocozzelle’ (<i>C. pepo L. var. Longa Paris</i>).	6
Figure.1-8 : La courgette ‘zucchini’ (<i>C. pepo L. var. Cylindrica Paris</i>).	6
Figure.1-9 : Parcelle de courgettes hybrides multipliées en agrobiologie, dans le Sud de la France. Photo F. Collin (FNAMS).	7
Figure.1-10 : La durée de la culture est d'environ 4 mois.	10
Figure.1-11 : La courgette est une plante monoïque, elle porte des fleurs mâles et femelles sur le même pied.	12
Figure.1-12 : Une rayure réalisée sur des fruits issus d'une hybridation croisée assure une récolte de semence de la qualité variétale recherchée.	13
Figure.1-13 : L'extraction des graines de courgette peut se faire au champ, mais nécessite un équipement adapté.	15
Figure. 1-14 : Sols affectés par la salinité.	20
Figure. 1-15 : Schéma mettant en évidence le mécanisme du phénomène de salinisation des sols.	24
Figure. 1-16 : Synthèse des principaux mécanismes cellulaires de perception, signalisation et réponse au stress salin (Na Cl) chez la plante.	26
Figure. 1-17 : L'homéostasie et le maintien de la turgescence cellulaire.	27
Figure. 1-18 : Structures moléculaires de quelques solutés compatibles communément identifiés chez les végétaux, les bactéries et les champignons.	28

Figure.1-19 : Voies de biosynthèse de l'acide 3-indole acétique (AIA) chez les plantes et les microorganismes ainsi que les différents modes de conjugaison.	32
Figure.1- 20 : Transport polaire de l'auxine et signalisation auxinique dans la cellule.	34
Figure.1-21 : Structure de l'auxine (IAA).	35
Figure.1-22 : Voie de biosynthèse des gibbérellines.	36
Figure.1-23 : schématisation du transport des Gibbérellines.	37
Figure.1-24 : Production d'AG en réponse aux conditions de stress abiotique.	38
Figure.1-25 : la germination et l'induction des semences.	39
Figure. 2-1 : Courbe d'étalonnage pour le dosage des sucres solubles (mg/g MF).	46
Figure. 2-2 : Courbe d'étalonnage pour le dosage de la proline (μg /mg MF).	47
Figure. 3-1. Effet interactif du prétraitement au FENGIB et la salinité (200 mM NaCl) sur le taux de germination chez la courgette.	49
Figure. 3-2. Effet interactif du prétraitement avec le FENGIB et la salinité sur le poids frais de la feuille (g) de la courgette.	50
Figure. 3-3. Effet interactif du prétraitement et la salinité sur le poids sec de la feuille (g) de la courgette.	51
Figure. 3-4. Effet interactif du prétraitement et la salinité sur la surface foliaire (cm^2) de la courgette.	51
Figure. 3-5. Effet interactif du prétraitement et la salinité sur la TE (g) des feuilles de la courgette.	52
Figure. 3-6. Effet interactif du prétraitement (FENGIB) et la salinité (200 mM NaCl) sur le contenu des pigments photosynthétiques.	54
Figure. 3-7. Effet interactif du prétraitement et la salinité sur le contenu des sucres solubles.	55
Figure. 3-8. Effet interactif du prétraitement (FENJIB)et la salinité sur le contenu de la proline.	56

Liste des Tableaux

Tableau.1-1 : BESOINS DE LA CULTURE (unité ou Kg/ha)	10
Tableau.1-2 : les principaux problèmes phytosanitaires et leurs moyens de lutte.	16
Tableau.1-3 : Composition nutritionnelle de la courgette.	17

INTRODUCTION

Problématique

INTRODUCTION

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 & TESTER, 2008**).

L'effet promoteur des régulateurs de la croissance végétale (RCV) sur la croissance et le développement des plantes dans les conditions de stress est bien documenté (**FAHAD et al., 2015**). Ainsi, il est important de déterminer le rôle potentiel d'un mélange de deux RCV largement utilisé en agriculture et connu sous l'appellation de FENGIB dans la tolérance des plantes au stress salin par l'analyse des fonctions physio-biochimiques des plantes.

La courgette (*Cucurbita pepo* var. *pepo*) est un légume important qui constitue une riche source de protéines, d'hydrates de carbone et de vitamines (**LUCERA et al., 2010**). Bien que peu d'études se sont intéressées à l'impact du stress salin sur la courgette il est largement admis que celle-ci est moyennement tolérante à la salinité. Ainsi, dans la présente étude nous avons entrepris d'analyser la possibilité d'améliorer la tolérance de la courgette au stress salin via le prétraitement des semences avec un RCV appelé FENGIB.

CHAPITRE I

Synthèse Bibliographique

CHAPITRE I : Synthèse Bibliographique

I. BIOLOGIE DE LA COURGETTE.

1. Généralités :

La courgette est une plante herbacée de la famille des *Cucurbitaceae*, c'est aussi le fruit comestible de cette plante. La courgette est un légume courant en été, la fleur de courgette est aussi utilisée en cuisine. Les différentes variétés de courgettes sont des cultivars de l'espèce *Cucurbitapepoet* de la sous-espèce *C.pepopepo* dont fait partie aussi la véritable citrouille. Elle se nomme également *zucchini* (prononcé :tsuk ki ni), substantif masculin emprunté à l'anglais et venant de l'italien. La courgette, comme toutes les *Cucurbita*, est originaire des Amériques ; des sélections successives ont abouti au XVIIIe siècle, en Italie, à la courgette.

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 (BANKAJI et al., 2017).

On dénomme le fruit de cette plante par le même nom. La courgette, plus allongée et plus petite, est une courge cueillie très jeune, bien avant sa maturité, d'où son nom qui en est le diminutif (formé à l'aide du suffixe-ette) (ANDRES et al., 1995)

La courgette est une courge d'été, ce qui signifie que les fruits ont une peau douce et comestible. La courge d'été 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. Elle 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 (WIDJAJA & SUKPRAKARN S, 1993).

1.1.Aperçu historique [1]:

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).

CHAPITRE I : Synthèse Bibliographique

Au Néolithique : Au gré des échanges entre les peuples amérindiens, la courge s'est rapidement disséminée vers le nord comme vers le sud. Des variétés ayant plus de chair et une saveur plus fruitée sont développées.

Jusqu'au XV^e siècle : Les courges, ancêtres de la courgette, étaient cultivées avec le maïs et les fèves par les Aztèques, les Incas et les Mayas, peuples de l'Amérique latine, si bien qu'à l'arrivée des conquérants espagnols, sa culture était largement répandue sur le continent.

XVI^e siècle : Les conquistadores découvrent l'askuta squash des Indiens du Nouveau Monde. Ils en décrivent rapidement de très nombreuses variétés, et en rapportèrent en Europe pour les jardins botaniques, avant de les cultiver comme légume. Pendant 400 ans : La courge « à moelle », la préférée des européens fait l'objet pendant 400 ans de sélections successives dans le but d'obtenir une floraison hâtive, des plants compacts et des fruits uniformes. Elle est rapidement adoptée en Afrique et en Asie où elle symbolise l'abondance et la fécondité. Les États-Unis, la Chine, le Moyen-Orient et l'Amérique du Sud produisent de leur côté, des cultivars adaptés à leur cuisine et à leur climat respectifs.

Au XVIII^e siècle : les Italiens contrairement aux français n'ont jamais boudé les courges. Ils ont l'idée, d'en consommer une certaine variété, brillante et aqueuse, avant complète maturité pour en faire la courgette que nous connaissons aujourd'hui. Il était alors d'usage de laisser les courges parvenir à complète maturité avant de les consommer, ce qui permettait d'obtenir de meilleurs rendements, et de faciliter leur conservation.

XX^e siècle : La courgette remonte la France depuis la méditerranée où on la trouve depuis deux siècles. 1929 : Le terme « courgette » apparaît dans la langue française qui la nommait jusque-là « courge d'Italie ».

Aujourd'hui : Légume d'été, la courgette se retrouve toute l'année sur les étals, grâce aux serres chauffées, comme en Île-de-France, et aux importations d'Espagne, d'Italie et du Maroc et tout récemment de l'Algérie.

1.2.Botanique :

Selon (**BADR et al, 2010**), la courgette est une plante herbacée ou semi-buissonnante, annuelle, monoïque, rampante ou grimpante. Les racines sont peu profondes et largement ramifiées avec une racine pivotante bien développée.

CHAPITRE I : Synthèse Bibliographique

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 spiculés, 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 sont de couleur jaune vif, pentamère, solitaire 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 courts 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 (NKOSI et al, 2 010).

1.3.Origine et types de courgette :

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 et 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 (BENNACEUR et al., 2001; BOUCHOUKH, 2010).

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

CHAPITRE I : Synthèse Bibliographique

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*) (ABATZIAN et al, 2003).

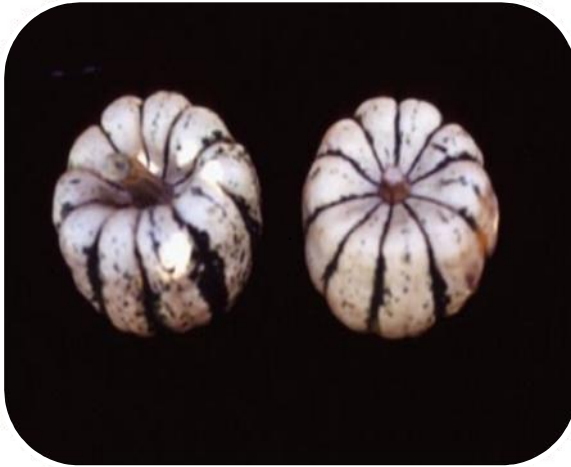
Selon les enregistrements archéologiques, (*Cucurbita pepo*) semble être l'une des premières espèces domestiquées. Les restes les plus anciens ont été trouvés au Mexique, dans la vallée d'Oaxaca (8750 av. JC à 700 ap. JC) et dans les grottes d'Ocampo, Tamaulipas (7000 à 500 avant JC). Sa présence aux États-Unis remonte également à longtemps, comme l'indiquent les enregistrements du Missouri (4000 av. JC) et du Mississippi (1400 av. JC). Cette espèce peut avoir été domestiquée au moins à deux occasions et dans deux régions différentes, à savoir, au Mexique et dans l'est des États-Unis, ayant dans chaque cas respectivement (*Cucurbita fraterna*) et (*Cucurbita texana*) comme pro-géniteurs possibles. Huit groupes de variétés botaniques comestibles de (*Cucurbita pepo*) sont connus (BADR et al, 2010 ; WINKLER et al, 2005):



- **Figure.1-1:** 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.1-2:** 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.



- **Figure.1-3:** 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.



- **Figure.1-4:** 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.



- **Figure.1-5:** 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*.

CHAPITRE I : Synthèse Bibliographique



• **Figure.1-6:** 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.



• **Figure.1-7:** 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.



• **Figure.1-8:** 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, au 19^{ème} siècle. Ses plantes sont généralement semi-arbustives et son fruit cylindrique ne s'élargit pas ou ne s'élargit que légèrement. Il est mangé comme un légume cuit à l'état non mûr (SARKAR et BUHA, 2008).

En ce qui concerne les cultivars traditionnels, il est courant de voir une représentation équitable des cultivars ayant des caractéristiques similaires à celles de chacun des groupes commerciaux dans un seul domaine cultivé par les paysans mésoaméricains. La question de l'origine des cultivars originaires de la zone maya dans les zones moyennes et basses du Chiapas et de la péninsule du Yucatán doit encore être résolue. Ces cultivars, dont les fruits sont sans ou avec des côtes non apportées et ont des graines plutôt arrondies et ovales, sont cultivés à partir d'un peu au-dessus du niveau de la mer jusqu'à près de 1800 m.

La distribution de *Cucurbita pepo* en dehors de l'Amérique est probablement la mieux documentée de ce genre. On sait que certains cultivars ont atteint l'Europe environ un

CHAPITRE I : Synthèse Bibliographique

demi-siècle après 1492 et il est même dit que d'autres provenaient de ce continent (**SARKAR et BUHA, 2008**)

Contrairement à la présence de longue date de *Cucurbitapepo* dans l'Ancien Monde, il semble que son arrivée en Amérique du Sud ait été très récente. Actuellement, le fruit de certains cultivars, par exemple la courgette et la cocozzelle, a un rôle nutritionnel et commercial dans plusieurs régions du monde (**ANDRES et TUKEYJR, 1995**).

2. Production des semences de courgette dans un itinéraire Agrobiologique :

2.1. La production de semences :

Actuellement, les semences de courgette commercialisées proviennent soit d'un croisement hybride soit de la multiplication d'une population (**ABATZIAN et al, 2003**).

2.1.1. Exigences de la culture :

❖ *Type de sol :*

La courgette préfère les sols profonds, souples, se réchauffant rapidement mais suffisamment drainant et bien pourvus en matière organique.

❖ *Climat :*

La courgette est exigeante en chaleur. Elle gèle à 0°C. La croissance de la plante est pratiquement nulle à 5°C et les températures optimales de croissance et de fructification sont de 16 à 24°C. Au-delà de 30-35°C et selon les conditions d'alimentation hydrique, la plante peut faner de manière plus ou moins irréversible (**ABATZIAN et al, 2003**).



Figure.1-9 : Parcelle de courgettes hybrides multipliées en agrobiologie, dans le Sud de la France. Photo F. Collin (FNAMS)(**ABATZIAN et al, 2003**).

CHAPITRE I : Synthèse Bibliographique

❖ *Place dans la rotation :*

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**).

❖ *Isolement :*

Des distances d'isolement sont à respecter entre les parcelles de production de semences de courgette, courge, citrouille, giraumon, pâtisson et les autres cucurbitacées du genre *pepo*, mais aussi avec les productions maraîchères et les potagers privés.

Ces distances sont de :

- 2 000 m entre les productions d'hybrides de courgette
- 1 000 m entre les productions de populations de courgette
- 2 000 m entre les productions de courgette semence et les autres *Cucurbitapepo*.

❖ *Mise en place de la culture :*

En général, la production de semences de courgettes se fait en plein champ par semis.

❖ *Choix de la parcelle :*

- Préférer les sols bien drainés
- Respecter les distances d'isolement (**ABATZIAN et al, 2003**).

❖ *Préparation du sol :*

Un labour pourra être effectué avant l'hiver pour ameublir le sol et profiter de l'effet du gel et dégel en sol argileux.

Afin de favoriser un bon enracinement (pour éviter les stress hydriques), il est conseillé de travailler le sol avec des outils à dent en conditions sèches. L'objectif est d'obtenir une structure grumeleuse et aérée ainsi qu'une couche superficielle fine et humide pour une bonne germination, car la courgette a de gros cotylédons dont il faut favoriser l'émergence.

La mise en place se faisant assez tard dans la saison, il est possible et conseillé de pratiquer plusieurs faux-semis (**ABATZIAN et al, 2003**).

❖ *Semis :*

Le semis est effectué au semoir pneumatique muni de chasse-mottes et avec des disques de 18 trous de 2,5 mm de diamètre.

CHAPITRE I : Synthèse Bibliographique

➤ *Date de semis :*

Le semis se fait à partir du 15 mai, dès que le sol est suffisamment réchauffé (température du sol d'environ 18°C). Dans le cas de la production d'un hybride, pour être sûr d'avoir une bonne concordance de floraison, prévoir de semer les mâles quelques jours avant les femelles. Ceci implique de pouvoir passer 2 fois dans la parcelle en quelques jours. Ce décalage est déterminé par le semencier car il dépend de la caractéristique des lignées. Toutefois, si on n'a pas pu mettre en œuvre ce décalage, on perdra les 2 ou 3 premières fleurs femelles, mais la production sera assurée sur les suivantes. En production biologique cela alourdira le poste main-d'œuvre pour l'élimination des premières fleurs (**ABATZIAN et al, 2003**).

➤ *Densité de semis :*

L'alternance des rangs de lignées femelles et mâles ainsi que la densité de semis sont définis par le technicien de l'établissement semencier (sachant qu'après la nouaison des femelles, les lignées mâles seront détruites). Le plus souvent les écartements minimum conseillés entre lignes sont de :

- 80 cm entre femelles récoltées à la main
- 50-60 cm entre femelles récoltées à la machine
- 120 cm entre mâles et femelles

Dans le cas d'une population l'écartement pourra être de 80 cm. La densité de semis sera de 5 plants au m².

➤ *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**).

❖ *Précautions particulières :*

➤ Précautions à prendre lors de l'implantation d'hybrides :

- Toujours commencer et finir par des lignées mâles autour de la parcelle, pour réduire les problèmes de pollution pollinique provenant de l'extérieur (sauf sous abri, voir avec le technicien).
- Respecter scrupuleusement les schémas d'implantation indiqués par l'établissement multiplicateur (schéma d'implantation : 2 x 1, 4 x 2, 6 x 2...).
- Laisser un large espace entre mâles et femelles pour faciliter la destruction des lignées mâles (120 cm).

CHAPITRE I : Synthèse Bibliographique

➤ Précautions à prendre lors de l'implantation de toutes cultures :

- Laisser des bandes non implantées pour assurer les passages en cours de culture : irrigation, insecticides, fongicides ou stimulateurs de croissance (ABATZIAN et al, 2003).

❖ *Conduite de la culture :*

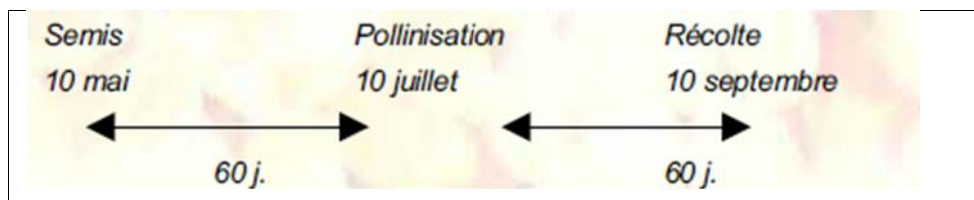


Figure.1-10 : La durée de la culture est d'environ 4 mois(ABATZIAN et al, 2003)

❖ *Fertilisation*

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.

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 aluminocalcique (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 (SILVEIRA NA et al, 1996).

Tableau.1-1 : BESOINS DE LA CULTURE (unités ou Kg/ha) (LAMENTIN, 2007)

PERIODE D'APPORT	TYPE D'ENGRAIS	QUANTITE (kg/ha)
FUMURE DE FOND		
Préparation du sol	DAP + Urée	220, 150
FUMURE DE COUVERTURE		
15 jours après plantation	Nitrate de potasse	160
30 jours après plantation	Nitrate de potasse	160

CHAPITRE I : Synthèse Bibliographique

❖ *Désherbage :*

Des faux semis sont réalisés avant la mise en place de la culture, et au plus tard 4 à 5 jours avant le semis. Un passage de herse étrille ou de désherbeuse thermique sera effectué en post-semis prélevée de la culture et sur des adventices au stade plantule.

Dès le stade 3-4 feuilles un ou plusieurs binages à l'aide d'une bineuse guidée (si possible équipée de dents Le lièvre) pourront être mis en œuvre. La herse étrille peut aussi être utilisée avec un réglage peu agressif des peignes (de préférence avec des dents de 6 mm de diamètre) et une vitesse d'avancement de 4 à 6 km/h voire plus.

Le développement rapide de la courgette et sa couverture importante freineront rapidement la sortie des adventices en cours de culture.

Rappelons qu'une culture bien implantée, suffisamment profond, peut résister aux passages des engins mécaniques et permet un binage plus près des plantes (**V. ABATZIAN et al, 2003**).

Remarque : lors d'un binage profond de l'inter-rang, les racines superficielles peuvent être endommagées, ce qui induit un flétrissement très rapide des feuilles. Cependant, si une irrigation est effectuée rapidement après, les porte-graine se remettent très vite et cela favorise même un enracinement profond. Avec un système d'irrigation 'goutte à goutte', il peut également être envisagé de planter les rangs femelles sur un paillage pour limiter le développement des adventices sur le rang. Mais cette technique est plus onéreuse et la destruction des paillages est toujours problématique (**MILDE et al, 2004**).

❖ *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 :

- les 5 à 6 premières feuilles n'axillent 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.1-11 : 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).

❖ *Pollinisation et castration :*

Cette période commence à l'apparition de la deuxième série de fleurs femelles environ 60 jours après le semis. La production de semences hybrides consiste à polliniser les fleurs femelles des lignées femelles avec le pollen des lignées mâles. Pour éviter les autofécondations et assurer la pureté variétale du lot, il est indispensable de castrer les lignées femelles. Cette opération consiste à éliminer toutes les fleurs mâles justes avant la floraison des fleurs des lignées femelles. En agriculture biologique la castration se fait manuellement (ce qui, d'ailleurs, augmente légèrement le rendement par rapport à la castration chimique qui provoque un stress). Les jours de forte chaleur et luminosité, les fleurs s'ouvrent à partir de 5 h et se referment vers 10 - 11 h. Le temps de pollinisation est très court et il faut en tenir compte en cas de pollinisation manuelle sous abri (ABATZIAN et al., 2003).

Il est impérative de ne pas pratiquer d'aspersion pendant ce laps de temps, car elle humidifierait les fleurs et empêcherait la libération du pollen. Par contre l'irrigation 'goutte à goutte' est à privilégier. La pollinisation est réalisée en plein champ avec les abeilles ; il faut mettre 4 ruches hectare et apporter les ruches début floraison. Le porte-graine « accrochera » 1 à 2 fruits au maximum, suivant la variété et les conditions de production. Les fleurs suivantes coulent (BERMEJO et al., 1994).

Toutefois en plein champ, il faut contrôler pendant une dizaine de jours que des fruits naturels ne se forment pas ou marquer les fruits hybrides (rayures) pour ne récolter qu'eux (ABATZIAN et al, 2003).



Figure.1-12: Une rayure réalisée sur des fruits issus d'une hybridation croisée assure une récolte de semence de la qualité variétale recherchée. Photo F. Collin (FNAMS) (ABATZIAN et al, 2003).

Une technique consiste à écimer les plantes une fois les deux fruits recherchés fécondés. Cette technique n'est pas à conseiller car elle réduit la vigueur et la surface foliaire des plantes. De plus en cas d'attaque d'oïdium, la plante n'aura plus de nouvelles feuilles pour assurer le remplissage des graines (HUANG HY et al, 2004).

❖ *Irrigation :*

On distingue 4 phases de besoin en eau au cours du cycle de la courgette :

- du semis à la levée

Le terrain doit être frais au moment du semis. Un manque d'eau provoquerait une levée irrégulière.

- l'installation de la culture : Cette phase végétative dure jusqu'au stade 4 -5 feuilles. C'est la période la plus importante. Un stress hydrique précoce aura des répercussions sur l'enracinement, l'homogénéité de la végétation et le nombre de fruits par plante.

- la floraison : Elle s'étale sur environ 4 semaines. La courgette est très sensible au manque d'eau en début de floraison.

- la maturation : Elle débute à partir de la fin de la floraison. Durant cette phase, l'irrigation n'a aucun effet. Elle est stoppée avant la fin de la floraison (BAZZANO et al, 2003).

CHAPITRE I : Synthèse Bibliographique

- **Contrôle de l'irrigation :**

- Sans outil :

En tenant compte du climat, il est conseillé de réaliser des apports limités : 15 à 20 mm, 1 fois par semaine jusqu'au début de la floraison. Ensuite, selon la réserve utile du sol, il ne sera plus nécessaire d'arroser (**WANG et al, 2007**).

- Par le bilan climatique hebdomadaire : ETP – pluies.

Durant la phase d'installation, l'irrigation est indispensable dès que le bilan excède 10 mm et 25 à 30 mm pendant les quelques jours précédant la floraison. La dose d'irrigation est équivalente à ce déficit.

- Par l'utilisation de tensiomètres :

La sonde est placée à 30 cm de profondeur. Déclencher les irrigations (25 à 30 mm) dès que la tension atteint 50 centibars pendant l'installation de la culture, ou 80 centibars en début de floraison (**WANG et al, 2007**).

- ❖ **Récolte : Récolte (extraction des semences)**

Le fruit est mûr environ 70 jours après pollinisation. A maturité, la graine doit se détacher très facilement des tissus qui l'entourent, surtout dans le cas d'une récolte mécanique. Récoltés, les fruits peuvent se conserver 2 mois avant d'en extraire la graine. Par contre, les courgettes doivent être extrêmement saines, car quelques fruits pourris ça et là dans un "tas" peuvent rapidement compromettre une partie de la récolte (**WANG et al., 2007**).

La récolte peut se faire :

- avec une batteuse spécifique qui récolte et bat les fruits directement au champ.
- manuellement puis extraction des graines avec une machine à poste fixe dans la parcelle ou à l'exploitation. Le ramassage des fruits demande 120 à 150 h de travail /ha. Pour les petites quantités, l'extraction des semences peut se faire manuellement. Quelle que soit la méthode utilisée :
- récupérer les graines et la pulpe
- les laisser fermenter dans de l'eau entre 24 h (conditions chaudes) et 36 h (temps froid) pour obtenir une destruction des fibres.
- laver les graines pour évacuer la pulpe.
- faire sécher les graines.



Figure.1-13: L'extraction des graines de courgette peut se faire au champ, mais nécessite un équipement adapté. Photo F. Collin (FNAMS) (ABATZIAN et al, 2003).

❖ *Séchage :*

Le séchage est une étape très importante pour les semences. Il peut être réalisé à l'air ambiant lors des premières récoltes (septembre). Lorsque les conditions climatiques se détériorent, il faut utiliser un réchauffeur d'air. (MILDE et al., 2004).

❖ *Quelques précautions à prendre :*

- placer les semences sur des grilles et ne pas dépasser 15 cm de hauteur.
 - utiliser un ventilateur hélicoïdal (gros volume d'air, faible pression).
 - ne jamais attaquer le séchage à l'air chaud, ventiler 5 à 6 heures avec de l'air ambiant.
 - 10 à 15 h. avec de l'air chaud à 30°C doivent suffire à stabiliser un lot à l'humidité souhaitée.
- Plus un lot contient d'impuretés plus il sera long à sécher. Même si les téguments (à l'extérieur) sont secs, l'embryon (à l'intérieur) n'est pas forcément assez déshydraté. Lorsque les semences ne sont pas bien séchées, des champignons saprophytes peuvent alors se développer et altérer au moins la présentation du lot (AZEVEDO-MELEIRO & RODRIGUEZ-AMAYA, 2007).

A savoir :

- Un fruit donne de 130 à 180 graines.
- Le Poids de Mille Grains est de 130 à 150 g.
- Une plante produit de 20 à 30 grammes de semences, compte tenu qu'une plante produit en moyenne 1,5 fruit. (MILDE J et al, 2004),

CHAPITRE I : Synthèse Bibliographique

❖ Agréage

L'agriculteur a le choix entre :

- un agréage sur les résultats "usine", mais il demeure sans recours en cas de litige.
- un agréage sur échantillon ; cette procédure doit être prévue au contrat (pour plus d'information se reporter à la convention type de multiplication ou appeler votre ingénieur régional FNAMS ou le responsable régional du GNIS).
- La norme d'agréage de la faculté germinative pour les courgettes est de 85 %.
- Les lots doivent être stabilisés à 13 % d'humidité (MILDE et al., 2004).

3. Principaux problèmes phytosanitaires :

Tableau.1-2 : les principaux problèmes phytosanitaires et leurs moyens de lutte (LAMENTIN, 2007).

MALADIES	SYMPTOMES	MOYENS DE LUTTE / RECOMMANDATIONS
Plusieurs virus dont : ZYMV CMV - PRSV	Importants dégâts sur les feuilles (déformations, présence mosaïque ...)	- Retarder l'apparition des maladies et/ou des ravageurs par la mise en œuvre de bonnes pratiques agricoles. - Observer régulièrement l'état sanitaire de la culture afin d'intervenir le plus tôt possible.
OIDIUM		- Contacter un technicien ou le laboratoire de diagnostic phytosanitaire, en cas de doute sur les symptômes observés.
BOTRYTIS		
RAVAGEURS	SYMPTOMES	
PUCERONS	Feuilles crispées. Présence de fumagine.	- Eviter les traitements chimiques systématiques. N'utiliser que des produits autorisés, en respectant les précautions d'usage obligatoires : période d'application, délai avant récolte, dose autorisée
CHENILLES	Défoliations diverses du feuillage	Consulter le guide phytosanitaire local sur le site Internet : http://e-phy.agriculture.gouv.fr http://www.fredon972.fr Important !: l'utilisation d'un produit phytosanitaire engage la responsabilité de l'agriculteur vis à vis des méfaits éventuels sur sa santé, celle du consommateur et l'environnement.

CHAPITRE I : Synthèse Bibliographique

4. Composition de la courgette et utilisation des composants :

La courgette est une riche source de nutriments, en particulier les antioxydants naturels bêta-carotène, acide folique et vitamines C et E. Elle contient également des minéraux sains, y compris le potassium, le fer, le calcium, le magnésium, le phosphate et le zinc. Une demi-tasse de courgette bouillie a seulement 18 calories, 0,3 g de matières grasses et 1,0 mg de sodium. Chaque portion de demi-tasse contient 0,8 g de protéines, 3,9 g de glucides et 1,3 g de fibres alimentaires. La composition nutritionnelle de la courgette est donnée au tableau suivant (MAJID GHORBANI et al., 2011):

Tableau.1-3 : Composition nutritionnelle de la courgette (par 100 g de la partie comestible)

Constituant	Valeur	Constituant	Valeur
Eau (g)	95.3	Fer (mg)	0.4
Sucres (g)	2.9	Zinc (mg)	0.2
Protéines (g)	1.2	Vitamine A (UI)	340
Lipides (g)	0.14	Thiamine (mg)	0.07
Fibres alimentaire(g)	1.2	Riboflavine (mg)	0.03
Calcium (mg)	15.0	Acide folique (µg)	22.0
Potassium (mg)	32.0	Vitamine C (mg)	9.00
Magnésium (mg)	22.0	Energie (kJ)	59.0

a. Utilisations médicinales :

Les recherches ont montré que les graines de la courgette contiennent des traces de substances anticancéreuses, connues sous le nom d'inhibiteurs de la protéase-trypsine, qui inhibent l'activation des virus et des agents cancérigènes dans le tube digestif humain (BOYLE et al., 2000)

La courgette (*Cucurbita pepo*) est utilisée traditionnellement comme traitement du rhume et comme analgésique. Elle possède des propriétés antioxydantes, anti-cancer, anti-inflammatoires, antivirales, antimicrobiennes et antidouleur (YU et al., 2005).

CHAPITRE I : Synthèse Bibliographique

b. Les principes actifs de la courgette :

La courgette contient des caroténoïdes, qui sont des pigments qui donnent aux végétaux leur couleur jaune-orange : lutéine, zéaxanthine, bêta-carotène. La courgette jaune renferme plus de lutéine que les autres variétés.

La courgette contient aussi de la vitamine C (et sa forme oxydée, l'acide déshydroascorbique). Composé phénolique de la famille des flavonoïdes, la rutine se trouve aussi dans la courgette (et dans la peau des citrons et des oranges, des poivrons verts). La rutine est en fait constituée de l'association d'un flavonol connu, la quercétine, et d'une sucre, le rutinose.

Tous ces composés possèdent une activité anti-oxydante et anti-inflammatoire (**MARTINEZ-VALDIVIESO, 2017**).

c. En prévention des cancers :

Expérimentalement, la peau et la chair de la courgette s'opposent aux étapes cellulaires qui peuvent conduire au cancer, la courgette verte étant semble-t-il supérieure à la courgette jaune. En revanche, la courgette jaune paraît plus active pour freiner la croissance des tumeurs (**MURKOVIC et al., 1996**).

En prévention des maladies de l'œil, la rutine a d'ailleurs été utilisée avec succès comme adjuvant pour faire baisser la tension intraoculaire.

Les flavonoïdes ne sont pas les seuls antioxydants de la courgette qui auraient des propriétés bénéfiques sur l'œil. Les caroténoïdes seraient eux aussi efficace. Ainsi, La courgette contient de grandes quantités de lutéine, mais aussi de zéaxanthine (**ANDLAUER et al., 2003**). Elles s'accumulent dans la macula et la rétine de l'œil, le protégeant ainsi des attaques oxydatives des radicaux libre responsables de dommages. La consommation de caroténoïdes protégerait contre certaines maladies de l'œil tel la cataracte (**SOMMERBURG et al., 1998**) et la dégénérescence maculaire.

d. En prévention des maladies cardiovasculaires :

La présence de composés phénoliques dans les légumes et les fruits pourrait diminuer le risque de maladies cardiovasculaires et d'autres maladies chroniques comme l'arthrose, particulièrement grâce à leur rôle d'antioxydants. La courge ainsi que ses graines

CHAPITRE I : Synthèse Bibliographique

possèdent une teneur en composés phénoliques ainsi qu'une activité antioxydante élevés (SEDDON et al, 1994)

e. En pratique :

Pour conserver à la courgette ses principes actifs et ses qualités, il vaut mieux l'acheter bio, éviter de l'éplucher et la faire cuire à température pas trop élevée, avec peu d'eau si on en utilise. Les études montrent que des courgettes cuites dans de grands volumes d'eau perdent une bonne partie de leurs principes actifs (JACQUES et CHYLACK, 1991).

Les flavonoïdes facilitent, comme la vitamine C, le métabolisme du collagène. Or, le collagène est la protéine la plus abondante du corps, et surtout dans l'œil où elle donne force et intégrité au tissu oculaire. Des membres de la famille des bioflavonoïdes, comme la rutine, connus sous le nom de proanthocyanidines, se lient au collagène, augmentant son élasticité et sa flexibilité, et protègent la matrice du collagène contre les attaques radicalaires et les ruptures enzymatiques, en augmentant le débit d'oxygène et de sang vers l'œil (BONE et al, 1988).

II. STRESS SALIN ET LA CROISSANCE DES PLANTES CULTIVEES :

1. Généralité sur stress salin

La salinité du sol est l'une des principales contraintes environnementales auxquelles l'agriculture moderne est confrontée. Souvent associée avec la sécheresse, la salinité constitue une menace sérieuse pour les cultures dans les régions arides et semi-arides du monde.

La plupart des cultures sont sensibles à la salinité (LAUCHLI & LUTTGE, 2002). L'agriculture irriguée est actuellement très largement touchée par ce phénomène (20% des terres cultivées et 50% de terres irriguées sont affectées par la salinité) (JABNOUNE, 2008), en particulier dans les pays d'Asie et d'Afrique.

L'impact de la salinité est plus grave dans les pays où la production de la plupart des produits agricoles est basée sur l'irrigation (Egypte, Pakistan, Tunisie, etc.) et où l'agriculture est une importante partie prenante de l'économie nationale. La salinité n'entraîne pas seulement des pertes de rendement, mais elle peut aussi être à l'origine de beaucoup de problèmes d'ordre économique, environnemental, social et politique (LAUCHI & LUTTGE, 2002). L'Algérie à l'instar de ses voisins méditerranéens est touchée par ce phénomène, étant

CHAPITRE I : Synthèse Bibliographique

donné qu'actuellement près de 3,2 millions d'hectares sont menacés de salinisation (BENMAHIOUL et al., 2009).

1.1. Notion de la salinisation

C'est un processus d'enrichissement d'un sol en sels solubles qui aboutit à la formation d'un sol (IPTRID, 2006). Une salinisation trop importante accompagnée parfois d'une alcalinisation du complexe absorbant des sols (IRD, 2008). Ce sont là les types de dégradation les plus fréquentes et souvent liées à la désertification. Plus l'aridité est forte, plus l'irrigation est incontournable à la culture, et plus son usage est risqué.

La salinisation peut avoir une origine naturelle: faible précipitations, évaporation intense, existence d'une roche mère salée (FORSTER et al., 1990),

Elle peut aussi provenir d'une eau d'irrigation saumâtre voire même de l'utilisation excessive d'engrais, et la remontée capillaire des eaux souterraines salines (FORSTER et al., 1990).



Figure.1-14 : Sols affectés par la salinité (AISSANI T et al., 2013).

2. Définitions du stress :

Selon (LEVITT, 1980), le terme stress désigne un facteur de l'environnement induisant une contrainte potentiellement néfaste sur un organisme vivant. D'après DUTUIT et al. (1994), Le stress est le dysfonctionnement (rupture d'un équilibre fonctionnel) produit

CHAPITRE I : Synthèse Bibliographique

dans un organisme ou dans un système vivant, Le stress est donc, un ensemble de conditions qui provoquent des changements de processus physiologiques résultant éventuellement de dégâts, dommages, blessures, inhibition de croissance ou de développement.

2.1. Qu'est-ce qu'un stress salin ?

La salinité a été définie par **LAUCHLI & LUTTGE (2002)**: « Comme la concentration des sels minéraux dissous présentent dans les sols (solution du sol) et les eaux. Les sels minéraux dissous constituent un électrolyte mixte de cations et anions. Les principaux cations dans les solutions de sol salin sont Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} et K^+ , et les anions majeurs Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^{2-} , et NO_3^{2-} ».

Les effets délétères de la salinité sur la croissance des plantes sont associés à un faible potentiel osmotique de la solution du sol (stress hydrique), un déséquilibre nutritionnel, l'effet d'ions spécifiques (stress salin), ou une combinaison de ces facteurs. Tous ces derniers entraînent des effets négatifs sur la croissance des plantes et le développement à différents niveaux physiologiques, biochimiques et même moléculaire (**PESSARAKLI, 2011**).

3. Types de stress :

On peut distinguer deux types du stress dans la nature :

- ❖ **Les stress abiotiques** : ils sont dus principalement à des facteurs environnementaux comme la sécheresse, les températures extrêmes, l'excès d'eau (asphyxie racinaire), la salinité...

Parmi ces types de stress abiotiques qui peuvent influencer la croissance des végétaux, nous citons:

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

CHAPITRE I : Synthèse Bibliographique

- **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⁻ (**HOPKIN, 2003**).
- ❖ **Le stress biotique:** est dus à une agression par un autre organisme : insectes, animaux,...etc.

4. Effets du stress salin sur les plantes :

4.1. Effets sur la germination :

La germination est régulée par des caractéristiques génotypiques mais aussi par les conditions environnementales et, en particulier, par la disponibilité de l'eau dans le sol et la présence de sel (**SHARMA, 1973, GUTTERMAN, 1993 in NDOUR & DANTHU, 2000**). Ainsi, la germination des graines est le stade le plus sensible aux stress salin et hydrique (**BOULGHALAGH et al., 2006**). On peut considérer que la plupart des plantes sont plus sensibles à la salinité durant leurs phases de germination et de levé (**MAILLARD, 2001**). Parmi les causes de l'inhibition de la germination en présence du sel, la variation de l'équilibre hormonal a été évoquée (**UNGAR, 1978 ; KABAR, 1986 in DEBEZ et al., 2001**). Plusieurs auteurs ont montré un retard de la germination causé par la salinité chez plusieurs espèces (**NDOUR & DANTHU, 2000, BOULGHALAGH et al., 2006, BENATA et al., 2006**),

4.2. Effets sur la croissance

Les effets de la salinité sur la croissance des plantes varient en fonction du type de salinité, de la concentration du sel, de l'espèce, de la variété, de l'organe de la plante, ainsi que de son stade végétatif (**LEVIGNERON et al., 1995**). Les effets de la salinité se manifestent principalement par une diminution de la croissance de l'appareil végétatif, caractérisé par la faible ramification, le faible diamètre des organes, le nombre réduit des nœuds et les réductions du nombre de feuilles et de la longueur de la tige et par conséquent l'augmentation du rapport racine/tige. Une baisse des poids de matières fraîche et sèche est aussi démontrée (**RUSH et al., 1981**). Cette inhibition de la croissance des plantes se fait selon trois manières principales : par une toxicité ionique (surtout de Na⁺ et Cl⁻), un stress osmotique et une perturbation nutritionnelle (**LEVIGNERON et al., 1995**).

4.3. Effets sur l'absorption :

Chez les végétaux stressés par le sel, les concentrations des solutés organiques et inorganiques varient, selon les espèces, selon l'âge de la plante et selon le traitement salin. Chez les plantes cultivées sur milieu témoin sans sel, la concentration totale de la solution

CHAPITRE I : Synthèse Bibliographique

foliaire en solutés organiques tend à diminuer avec l'avancement en âge des plantes : alors qu'un effet opposé est noté pour la concentration inorganique totale de la feuille (**RAHMOUNE *et al.*, 1997 ; BENNACER *et al.*, 2002**).

La sensibilité à la salinité des espèces végétales est due notamment à l'absorption et à l'accumulation d'une quantité relativement élevée de (Na^+) et (Cl^-) au niveau des feuilles (**BELL, 1999 ; CIÇEK *et al.*, 2002**). La grande accumulation de Cl^- dans les feuilles peut contribuer au maintien d'un gradient osmotique en condition de salinité modérée. C'est au niveau des feuilles que se visualise le plus l'effet toxique des ions chlorures. Les dégâts observés sur la végétation sont dus à la toxicité des chlorures (Cl^-) et non aux ions sodium (Na^+) qui sont généralement inoffensifs vis-à-vis de la plupart des plantes, et la surface foliaire nécrosée est souvent directement proportionnelle à l'accumulation des chlorures (**GARREC *et al.*, 1989**). Celui-ci s'exprime à partir de 20 mm de Cl dans la solution du sol pour les espèces sensibles, et jusqu'à 80 à 100 mm chez les plantes résistantes.

4.4. Effets sur le comportement biochimique de la plante :

Sous les conditions salines il y a un changement dans le modèle d'expression des gènes, et des changements qualitatifs et quantitatifs dans la synthèse des protéines (**REYNOLDS *et al.*, 2001**).

Le stress salin induit une perturbation de la composition lipidique et protéique au niveau de la membrane cellulaire, affectant ainsi sa stabilité (**ALEM & AMRI, 2005**). La présence du sel en forte concentration inhibe principalement le métabolisme cellulaire et la photosynthèse (**TREMBLIN & COUDRET, 1986**) par l'imposition d'un stress osmotique (**HAYASHI & MURATA., 1998**) sur la cellule et par la toxicité du sodium (**NIU *et al.*, 1995**) et du chlorure dans le cytoplasme.

Chez diverses espèces, plus ou moins résistantes, on a observé une augmentation des sucres totaux résultant d'un blocage de la glycolyse ou du saccharose provenant d'une forte hydrolyse de l'amidon (**ASLOUM, 1990**).

4.5. Effet de la salinité sur les processus physiologiques de la plante :

Un excès de sel dans le protoplasme conduit à des modifications dans la balance ionique, des perturbations des enzymes, membranes et autres macro-molécules. Ces perturbations entraînent une faible production d'énergie par la phosphorylation et la photorespiration, une assimilation de l'azote est perturbée, et un dérèglement de nombreuses

CHAPITRE I : Synthèse Bibliographique

voies métaboliques. Si la concentration en sel excède le niveau de tolérance de la plante, des perturbations fonctionnelles apparaissent au niveau de la photosynthèse, par effet du sel dans le stroma des chloroplastes qui perturbe le transport des électrons.

La glycolyse et le cercle de Krebs sont aussi affectés. L'acquisition de nutriments minéraux, comme le potassium, les nitrates ou le calcium est également réduite. La plante montre alors des signes de stress par la production d'anthocyanes ou la destruction de la chlorophylle. Si chez certaines halophytes, la croissance est stimulée par un apport modéré de sel, ce phénomène reste limité par un niveau de tolérance.

Des stress extrêmes conduisent au nanisme et à l'inhibition de la croissance. Les feuilles deviennent sclérosées avant même d'avoir fini leur croissance, et l'organisme tout entier risque de dépérir assez vite.

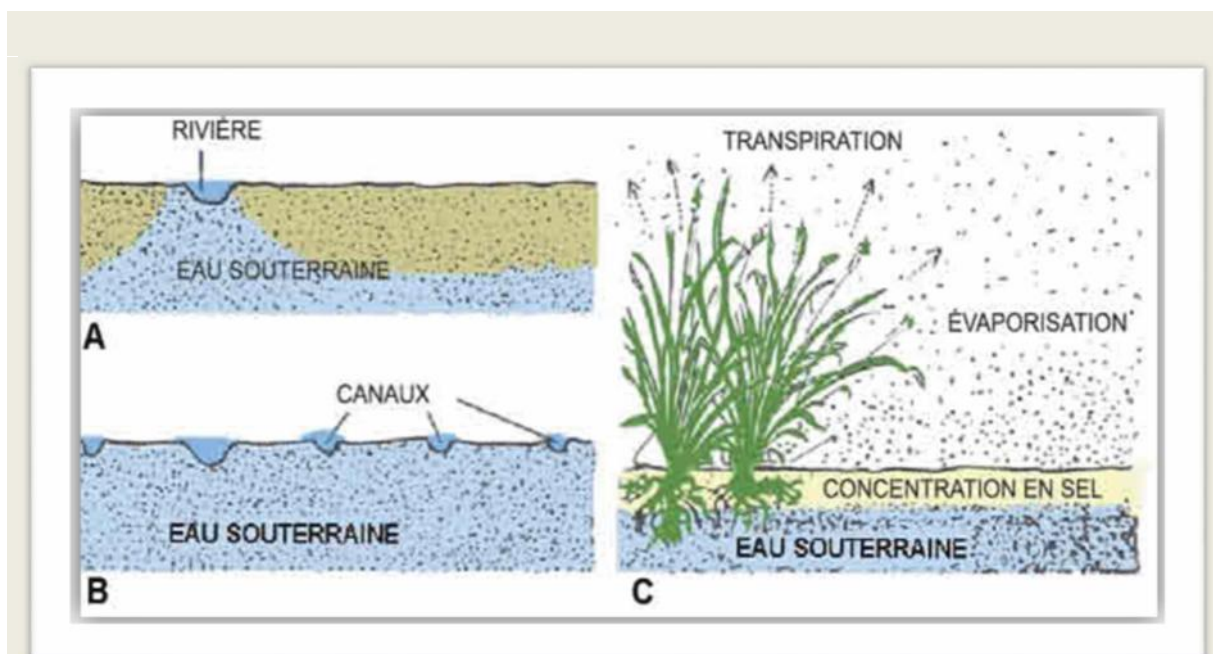


Figure. 1-15 : Schéma mettant en évidence le mécanisme du phénomène de salinisation des sols. L'irrigation (A) entraîne une stagnation de l'eau dans les sols (B) due au manque de drainage d'où résulte l'accumulation des sels en surface par suite de l'évaporation (C) (D'après RAMADE, 2008).

5. La tolérance des plantes à la salinité

La tolérance à la salinité est l'aptitude des plantes à se reproduire et à compléter leur cycle de vie sur un milieu riche en sels solubles (TUTEJA et al., 2011). Au cours de leur évolution, les plantes ont développé de nombreux mécanismes biochimiques et cellulaires permettant de faire face au stress salin. Les stratégies biochimiques comprennent, entre autres:

CHAPITRE I : Synthèse Bibliographique

- 1) *l'accumulation sélective ou l'exclusion des ions,*
- 2) *le contrôle de l'absorption racinaire des ions et leur transport dans les feuilles*
- 3) *la compartimentation des ions au niveau cellulaire et au niveau de la plante entière*
- 4) *la synthèse de solutés compatibles*
- 5) *modification de la voie de photosynthèse*
- 6) *l'altération de la structure membranaire*
- 7) *l'induction des enzymes antioxydant*
- 8) *l'induction des hormones végétales (MUNNS & TESTER, 2008).*

5.1. L'absorption sélective, compartimentation et exclusion des ions:

L'absorption ionique et la compartimentation des ions sont deux processus importants aussi bien pour la croissance normale que la croissance en situation de stress salin. Les plantes qu'elles soient glycophytes ou halophytes, ne peuvent tolérer des concentrations en sel élevées dans leur cytoplasme, et par conséquent sous des conditions de salinité, elles limitent l'excès de sel dans la vacuole ou compartimentent ces ions dans les différents tissus pour protéger leurs activités métaboliques (ZHU, 2003).

Les glycophytes limitent l'absorption ou la translocation du sodium dans les tissus âgés qui servent de compartiments de stockage, et qui sont éventuellement sacrifiés (CHEESEMAN, 1988 in PARIDA & DAS, 2005). Cependant, l'exclusion du sodium du cytoplasme ou la compartimentation dans la vacuole est réalisée par l'action combinée d'une série de protéines de type SOS (« saltoverly sensitive ») (ZHU, 2003). SOS1, qui est également un antiport Na^+ / H^+ mais localisé au niveau de la membrane plasmique, joue un rôle primordial dans ce mécanisme d'exclusion de sodium vers le milieu extérieur (SHI et al. 2000, 2003; ZHU, 2003; MAHAJAN et al. 2008). SOS2 et SOS3 assurent conjointement la régulation de l'activité de SOS1 mais également celle de l'antiport vacuolaire NHX1 (LIU et al., 2000; ZHU 2002; QIU et al., 2004).

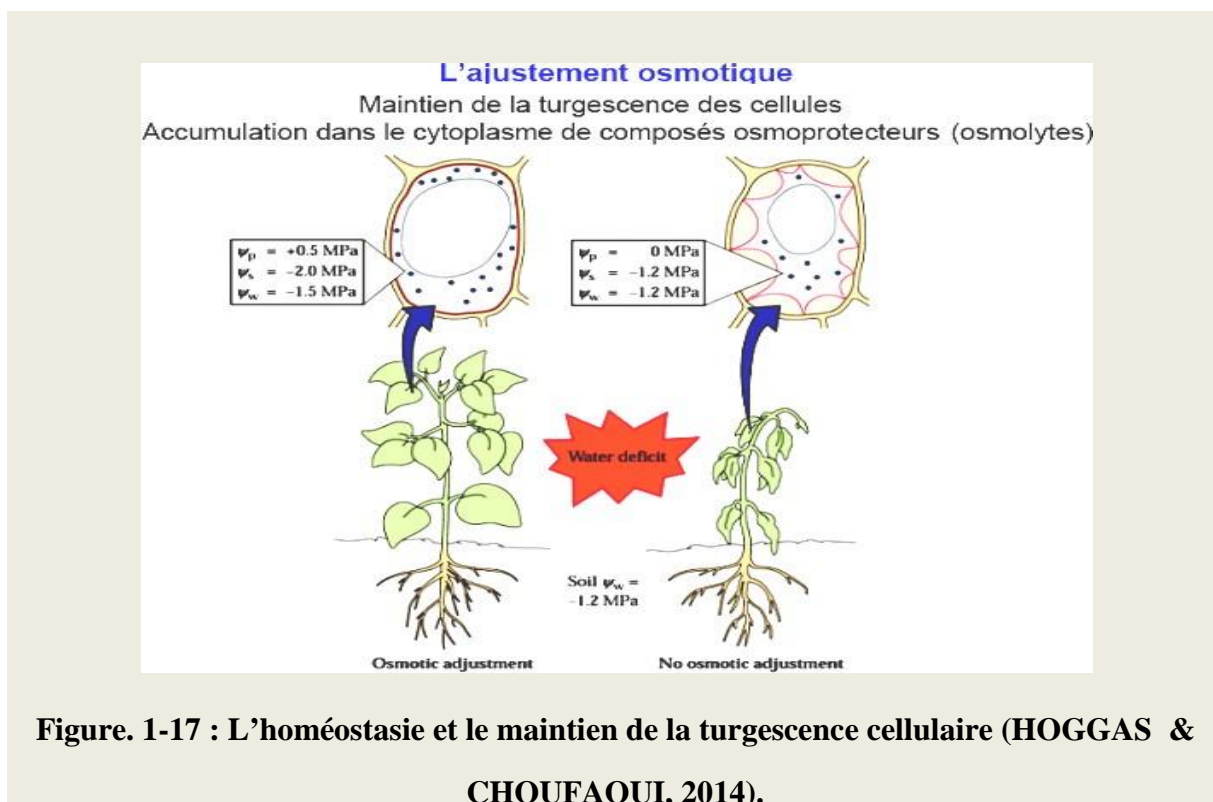
CHAPITRE I : Synthèse Bibliographique

carboniques de l'ATP pour les voies anaérobiques telles que la synthèse des acides gras et les acides nucléiques; comme ils jouent un rôle important dans l'osmo-régulation et l'osmo-protection (YIN et al., 2010).

5.2.2 Les polyols :

Les polyols sont classifiés comme acycliques (mannitol) et cyclique (pinitol). Ils compensent la perte de l'eau pendant le stress (PARIDA & DAS, 2005). Ces sucres alcooliques s'accumulent en faible quantité lors d'un stress abiotique (BOHNERT et al., 1996). Le mannitol, un sucre qui sert comme soluté soluble pour faire face au stress salin, est synthétisé via l'action de la mannose-6-phosphate réductase (M6PR) chez le céleri (PARIDA & DAS, 2005). Les polyols agissent en deux manières qui sont difficile à séparer : ce sont l'ajustement osmotique et osmo-protection.

Dans l'ajustement osmotique, ils agissent comme des osmolytes pour faciliter la rétention de l'eau dans le cytoplasme et permettant la séquestration du Na^+ au sein de la vacuole ou l'apoplaste. Le point commun entre les solutés compatibles est que ces composés peuvent être accumulés à des taux élevés sans pour autant perturber la biochimie intracellulaire (PARIDA & DAS, 2005).

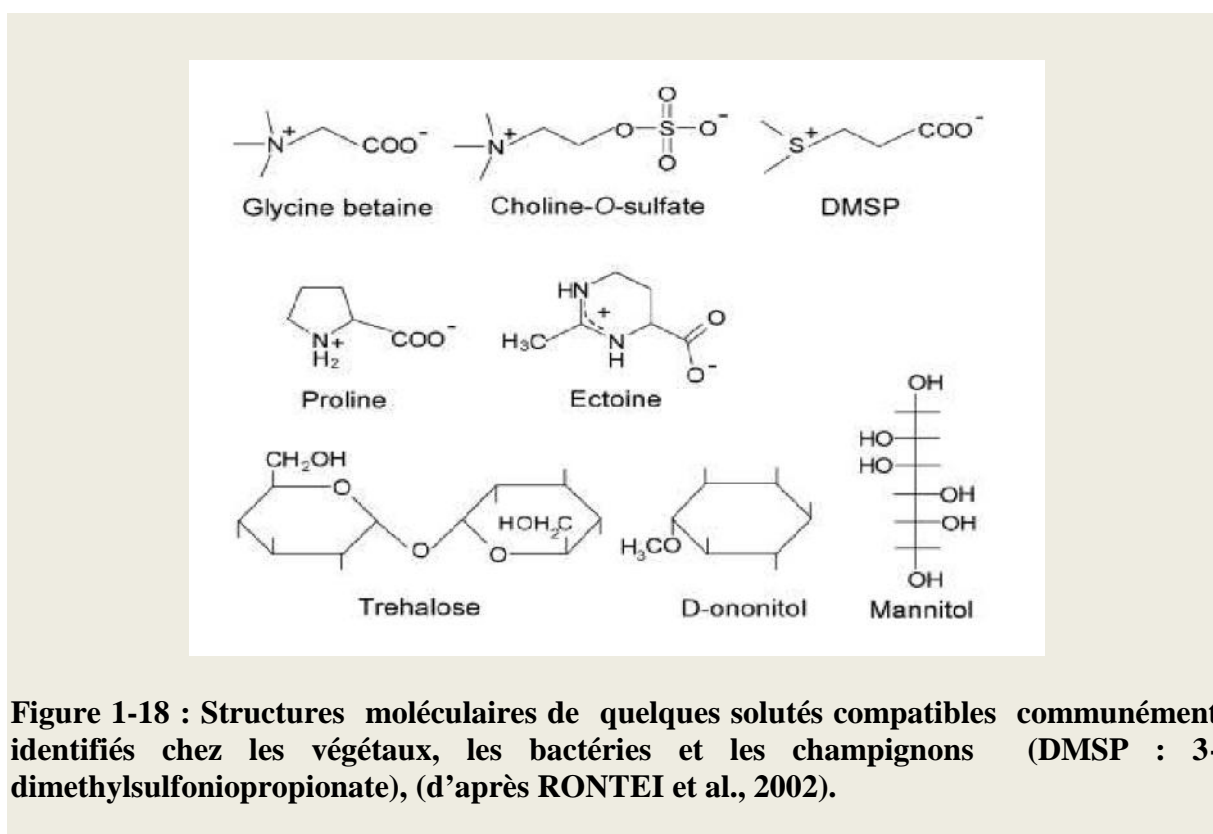


CHAPITRE I : Synthèse Bibliographique

5.2.3. La proline :

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

La dégradation de proline chez les plantes a lieu dans les mitochondries et est catalysée par la proline déshydrogénase (ProDH), également appelée proline oxydase. On a démontré que la dégradation de la proline est fortement inhibée par les conditions de stress hydriques et salins. Une diminution dans le niveau de ProDH ARNm et de l'activité de ProDH a pour conséquence l'accumulation de la proline (MESSEDI et al. 2006).



5.2.4. La Glycine bêtaïne :

Ethylamine trouvée chez de nombreuses plantes supérieures et algues, son accumulation lors du stress hydrique résulte d'une hausse de sa synthèse dans les tissus chlorophylliens à

CHAPITRE I : Synthèse Bibliographique

partir de la choline ensuite transportée dans les tissus jeunes. Son rôle est le maintien de la quantité d'eau à l'intérieur de la cellule par la stabilisation de la structure quaternaire des protéines et par l'ajustement osmotique (CHEN et al., 2001).

5.3. Induction des enzymes antioxydant:

Le stress salin est complexe et implique un déficit hydrique à cause des effets osmotiques sur une large variété d'activités métaboliques (PARIDA & DAS, 2005). Ce déficit hydrique conduit à la formation des espèces réactives d'oxygène (ROS) comme le superoxyde, le peroxyde d'hydrogène (H₂O₂), le radical hydroxyl (OH) et l'oxygène singulet (O₂) (PARIDA & DAS, 2005). Les espèces d'oxygènes cytotoxiques activées peuvent perturber sérieusement le métabolisme à travers un dommage oxydatif des lipides, des protéines ou des acides nucléiques (PARIDA & DAS, 2005). Les plantes se défendent contre ces espèces réactives de l'oxygène avec l'induction des activités de certaines enzymes antioxydantes comme la catalase, peroxydase, glutathion réductase et la superoxyde dismutase ce qui élimine les ROS.

5.4. Induction des hormones végétales

La concentration élevée du sel déclenche une augmentation dans les taux des hormones végétales, comme l'ABA et les cytokinines (PARIDA & DAS, 2005). L'acide abscissique est responsable de l'altération des gènes induits par le stress salin. Les gènes inductibles de l'ABA sont prévus de jouer un rôle important dans le mécanisme de la tolérance au sel chez le riz (PARIDA & DAS, 2005). Pendant le stress salin il y a une augmentation au niveau de la production de l'ABA et l'éthylène chez *Citrus sinensis* (PARIDA & DAS, 2005). Il s'est avéré que l'ABA vient alléger l'effet inhibiteur du NaCl sur la photosynthèse, croissance et la translocation des assimilats (PARIDA & DAS, 2005).

L'ABA favorise le passage de la forme C3 à la forme CAM chez *M. crystallinum* pendant le stress salin (PARIDA & DAS, 2005). L'ABA favorise la fermeture des stomates en changeant le flux des ions dans les cellules de gardes sous les conditions de stress salin. On a montré que l'augmentation de l'absorption de Ca²⁺ est liée à l'augmentation de l'ABA dans le cas du stress salin et donc contribue au maintien de l'intégrité membranaire, ce qui permet aux plantes de réguler l'absorption et le transportant le cas d'excès de la salinité à long terme (CHEN et al., 2001). Il a été rapporté que l'ABA réduit la libération de l'éthylène et l'abscission foliaire en condition de stress chez le *Citrus* probablement en diminuant l'accumulation de l'ion toxique Cl dans les feuilles (GOMEZ-CADENAS et al., 2002).

III. REGULATEURS DE LA CROISSANCE VEGETALE ET L'ADAPTATION DES PLANTES AUX STRESS ABIOTIQUES :

1. Généralités :

Un régulateur de croissance végétale (ou RCV) est une substance active ou une préparation qui, appliquée sur tout ou une partie d'un végétal, agit sur les mécanismes physiologiques, notamment la différenciation ou l'élongation cellulaires, sans nuire à la plante d'un point de vue agronomique (@2).

Il s'agit le plus souvent d'hormones végétales, qui sont des produits naturels, mais ils peuvent être également synthétisés, qui se trouvent dans toutes les plantes et qui, s'ils sont appliqués correctement, peuvent faire de vraies "miracles".

A partir de ces substances, on obtient des préparations, simples ou complexes, qui peuvent accélérer la formation des racines ou stimuler la croissance des feuilles ou des fruits.

Les premières phytohormones, qui ont été découvertes en 1934, faisaient partie de la classe des auxines et les gibbérellines tandis que les cytokinines ont été découvertes plus tard, dans les années '50. Ces trois types de régulateurs de croissance ont une action stimulatrice sur le métabolisme cellulaire.

Il y a aussi des substances ayant un effet inhibiteur sur la croissance et le développement des cellules végétales, telles que l'acide abscissique, identifié en 1965, et les substances phénoliques, identifiées quelques années plus tard. Ces substances sont endogènes, ce qui signifie qu'elles sont synthétisées par les plantes. Il y a également des phyto-régulateurs de croissance artificielle, dont les formules chimiques sont semblables à celles des phytorégulateurs de croissance naturels, ayant une action physiologique similaire (@3).

2. Types de régulateurs de croissance et adaptation des plantes aux stress abiotiques :

Aux auxines et aux gibbérellines, il faut ajouter actuellement les cytokinines, l'acide abscissique et une substance dont le mode d'action se rapproche de celui des hormones, l'éthylène. Par ailleurs, d'autres substances sont encore hypothétiques, par exemple l'hormone de floraison ou florigène et l'hormone de blessure; la première a certains liens avec les gibbérellines, la seconde avec les cytokinines ou l'acide traumatique découvert bien avant. Et l'on peut encore supposer l'existence de phytohormones de nature inconnue qui expliqueraient certaines réactions. (@4).

CHAPITRE I : Synthèse Bibliographique

2.1. Auxines (IAA) :

Les auxines constituent l'une des catégories de substances de croissance, encore appelées hormones végétales ou phytohormones, bien que certaines, comme l'AIA, existent dans d'autres clades comme les champignons. Les auxines jouent un rôle essentiel dans de nombreux processus du développement et de la croissance, tout au long de la vie de la plante **(SKOOG & MILLER, 1957)**.

Le membre le plus important de la famille des auxines est l'AIA (acide indole-3-acétique), capable à lui seul de générer la plupart des effets auxiniques dans la plante intacte. C'est l'auxine native la plus puissante. Parmi les auxines naturelles on rencontre également l'acide 4-chloro-indoleacétique, l'acide phénylacétique (APA) et l'acide indole-3-butyrique **(HALIMI et al., 2011)**.

Les principales auxines de synthèse sont l'acide naphthalène acétique (ANA), l'acide 2,4-dichlorophénoxyacétique (2,4-D), l'acide 2,4,5-trichlorophénoxyacétique (2,4,5-T).

2.1.1. Métabolisme de l'auxine :

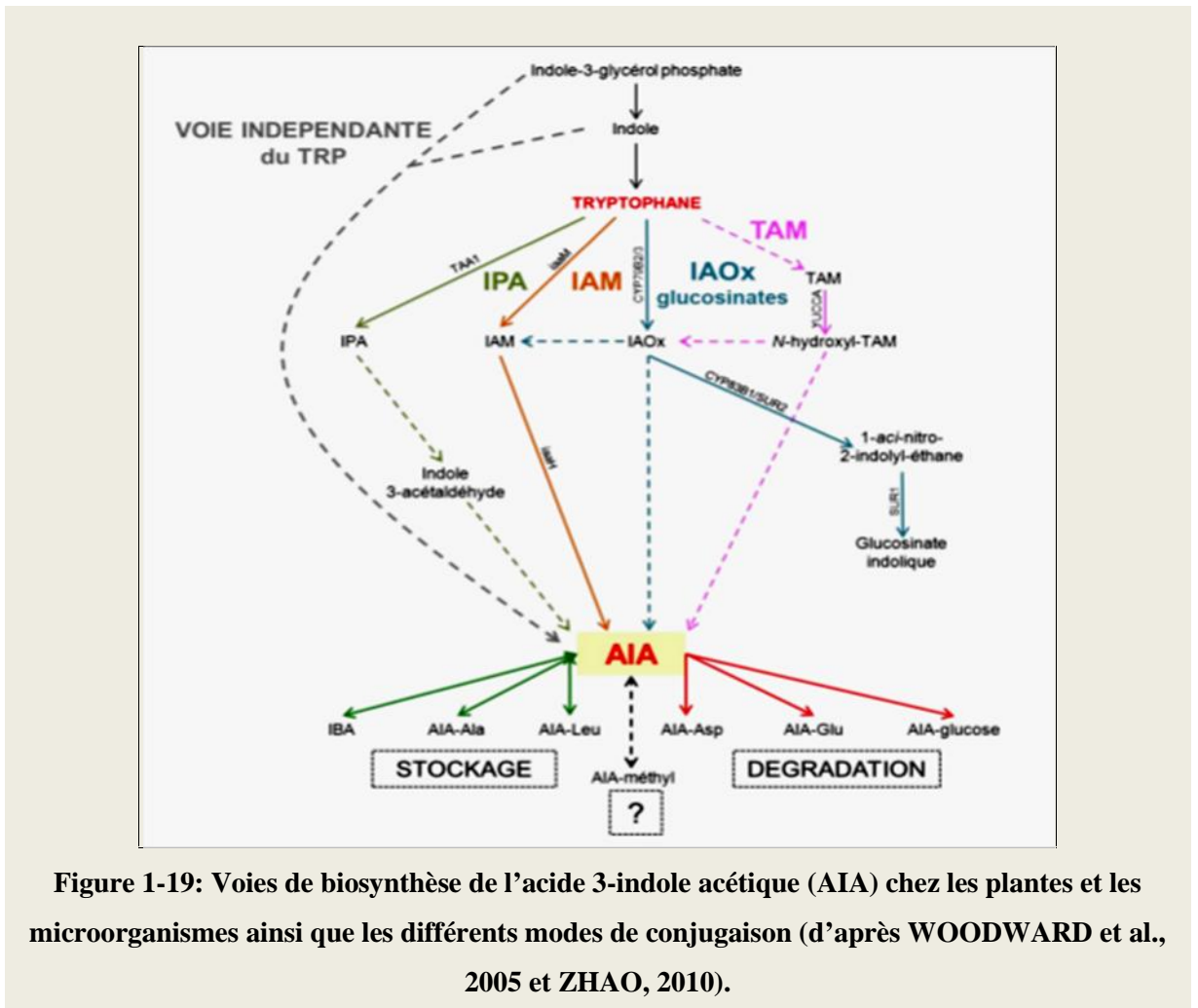
La biosynthèse de l'auxine est complexe car il existe cinq voies différentes menant à la production de novo des auxines, quatre dépendantes du tryptophane et une indépendante du tryptophane **(HOTTON & CALLIS, 2008)**.

Les premières avancées sur la découverte des voies de biosynthèse de l'auxine proviennent de l'étude de pathogènes de plantes utilisant l'auxine pour détourner les éléments nécessaires à sa croissance. Ainsi, les espèces des genres *Pseudomonas* et *Agrobacterium* utilisent une tryptophane-2-monooxygénase, *iaaM*, pour convertir le tryptophane en indole-3-acétamide (IAM) qui sera hydrolysé en AIA par une hydrolase, *iaaH*. Cette voie est entièrement dépendante du tryptophane mais elle ne semble pas être utilisée chez les plantes. Cependant, la molécule IAM a été isolée d'extraits de plante et a été suggérée comme étant un intermédiaire dans la conversion d'indole-3-acétaldoxime (IAOx) en AIA. **(HOTTON & CALLIS, 2008)**.

Les analyses génétiques chez *Arabidopsis* ont conduit à l'identification de trois voies. La voie «IAOx et glucosinate» aboutit à la formation d'AIA et de glucosinateindolique par l'intermédiaire de IAOx. La molécule IAM semble être un intermédiaire important dans cette voie mais les enzymes convertissant IAOx en IAM ne sont pas encore connues. La deuxième voie est la voie «TAM» faisant intervenir les gènes *YUCCA*. Cette famille de gènes comprend onze membres codant des enzymes qui, pour certaines, possèdent des fonctions redondantes. **(SCHOOF et al., 2000)**.

CHAPITRE I : Synthèse Bibliographique

Le substrat des enzymes YUCCA est la tryptamine (TAM) qui sera transformée, à son tour, en IAOx. Enfin, la dernière voie à citer ici, est la voie IPA (indole-3- pyruvate). Une enzyme tryptophane aminotransférase, TAA1, convertit le tryptophane en IPA qui sera converti en AIA par le biais d'autres intermédiaires (**ZHAO, 2010**). La voie indépendante du tryptophane se branche en amont du tryptophane, au niveau d'un précurseur indole-3-glycérol phosphate ou indole (Figure1-19) (**JULIE LEBLOND, 2011**).



Les flèches pleines représentent les étapes de la voie de synthèse dont les enzymes sont connues alors que les flèches en pointillés représentent des étapes dont les enzymes ne sont pas encore identifiées. La voie indépendante du tryptophane (TRP) est représentée en gris alors que la voie bactérienne IAM est en orange. La voie «IAOx et glucosinates» (bleu) fait intervenir trois enzymes connues. Ainsi, deux isoformes des cytochromes P450 monooxygénases (CYP79B2 et CYP79B3) oxydent le tryptophane en IAOx alors que la cytochrome P450 monooxygénase, CYP83B1, codé par le gène SUR2 (SUPERROOT2)

CHAPITRE I : Synthèse Bibliographique

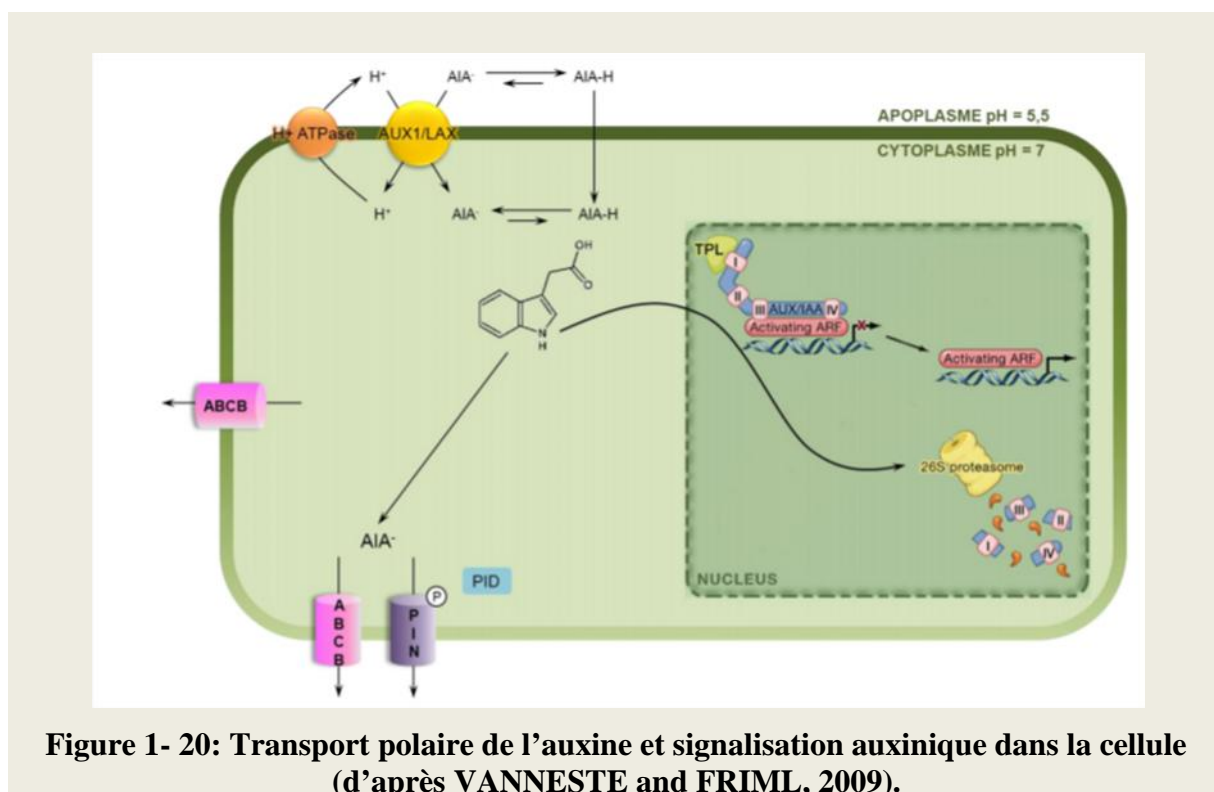
synthétise la molécule de 1-aci-nitro-2-indolyl-éthane transformée par SUR1 en glucosinolate indolique. La voie TAM (rose) fait intervenir une tryptophane décarboxylase qui convertit le tryptophane en tryptamine (TAM). Puis, les enzymes YUCCA, qui portent une activité flavine monooxygénase convertissent, vraisemblablement, la tryptamine en N-hydroxyl tryptamine qui deviendra l'acide 3-indole acétique par l'intermédiaire IAOx ou d'autres intermédiaires. La voie IPA (vert) est composée d'une enzyme tryptophane aminotransférase, TAA1, qui convertit le tryptophane en IPA. Puis, l'IPA décarboxylase catalyse la conversion de l'IPA en indole-3 acétaldéhyde qui sera lui-même transformé en AIA. La conjugaison de l'AIA à l'alanine (Ala) et à la leucine (Leu) ainsi que l'acide 3-indole butyrique (IBA) sont des molécules pouvant libérer de l'AIA et servent au stockage de l'AIA alors que la conjugaison de l'AIA à l'aspartate (Asp), au glutamate (Glu) et au glucose n'est pas réversible et représentent des intermédiaires de dégradation de l'AIA. (**WOODWARD et al., 2005 et ZHAO, 2010**)

2.1.2. Localisation :

L'auxine est synthétisée dans les tissus méristématiques des tiges et racines, dans les jeunes feuilles et très faiblement dans les feuilles âgées. Il est également possible que l'auxine soit synthétisée en faible quantité dans les cellules âgées de la racine. (**REZA FAZLALI, 2013**)

2.1.3. Transport :

Bien que l'AIA puisse être synthétisé dans de nombreux tissus, le transport de l'auxine est complexe et finement régulé. L'auxine a été découverte au niveau du méristème apical laissant penser à une forte production dans cette structure. En effet, il apparaît que l'auxine est accumulée dans les territoires présomptifs des primordia de feuilles dans le méristème apical. (**JULIE LEBLOND, 2011**).



L'auxine traverse la membrane plasmique soit de manière passive car elle peut être protonée dans l'apoplasme (AIA-H), soit de manière active via un symport effectué par les protéines AUX1/LAX. Les protons sont exportés de la cellule grâce à l'action d'une pompe à protons ATP-dépendante (H^+ ATPase). Dans la cellule, l'auxine est uniquement sous la forme AIA⁻ et ne peut être exportée que par l'action de transporteurs: les transporteurs ABCB et les transporteurs PIN. Les protéines PIN permettent un flux unidirectionnel de l'auxine et sont positionnés de manière précise grâce à l'action de la protéine à activité kinase, PINOID (PID). En absence d'auxine, les protéines Aux/IAA interagissent avec les protéines ARF au niveau de leurs domaines communs III et IV et empêchent ainsi l'activation des gènes de réponse à l'auxine grâce à l'action du domaine répresseur I, potentiellement aidé du co-répresseur TOPLESS (TPL). Lorsque l'auxine pénètre dans la cellule, elle permet d'entraîner la dégradation des protéines Aux/IAA par le protéasome 26S et de libérer les protéines ARF engendrant ainsi l'activation des gènes de réponse à l'auxine.

2.1.4. Effets de l'auxine sur l'adaptation des plantes aux stress abiotiques :

L'AAI est responsable de promouvoir la croissance et le développement des plantes. Chez les plantes, l'auxine régule principalement l'élongation cellulaire, le développement du tissu vasculaire et la dominance apicale (NAZIMA et al, 2016).

CHAPITRE I : Synthèse Bibliographique

Les hormones végétales améliorent la tolérance au sel dans les cultures des conditions de stress abiotique dans les plantes cultivées, mais les connaissances sur les conditions de stress et les relations avec le niveau de l'auxine sont limitées. La concentration d'IAA montre une variabilité sous les conditions de stress et la réduction de la croissance des plantes est due à une distorsion au niveau hormonal (TRAN et al. 2007). Ainsi, l'application externe des phytohormones fournit un mécanisme frappant pour surmonter l'effet du stress.

La concentration élevée en chlorure de sodium réduit considérablement le niveau d'auxine dans les plants de riz et il a été constaté que l'application de GA3 surmonte les effets néfastes de la salinité sur l'auxine (HONG et al., 2011). L'auxine appliquée à l'extérieur a eu un effet positif sur la croissance des pousses, poids des pousses et le poids des semis des variétés de blé exposées au stress salin (TRAAS & VERNOUX, 2002). Les graines de blé amorcées à l'aide de l'auxine surmonte les limites de la croissance induites par la salinité (GUSMAROLI et al., 2007). Alors que la salinité induit le ralentissement de la germination des graines de blé, cet impact négatif du sel était surmonté par l'application de l'IAA (NAZIMA et al., 2016).

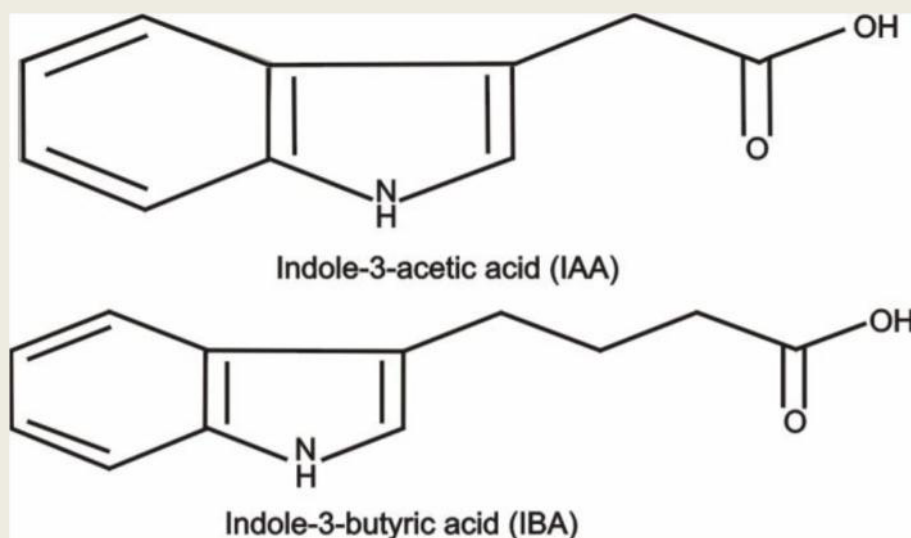


Figure 1-21: Structure de l'auxine (IAA). (GUSMAROLI et al., 2004).

2.2. Les gibbérellines (AG):

La gibbérelline désigne une hormone végétale de croissance, une phytohormone régulatrice de croissance pour les plantes et végétaux, de type terpénique et issu de l'acide mévalonique. La gibbérelline est une phytohormone produite dans la zone apicale, les fruits et les graines (JABNOUNE, 2008).

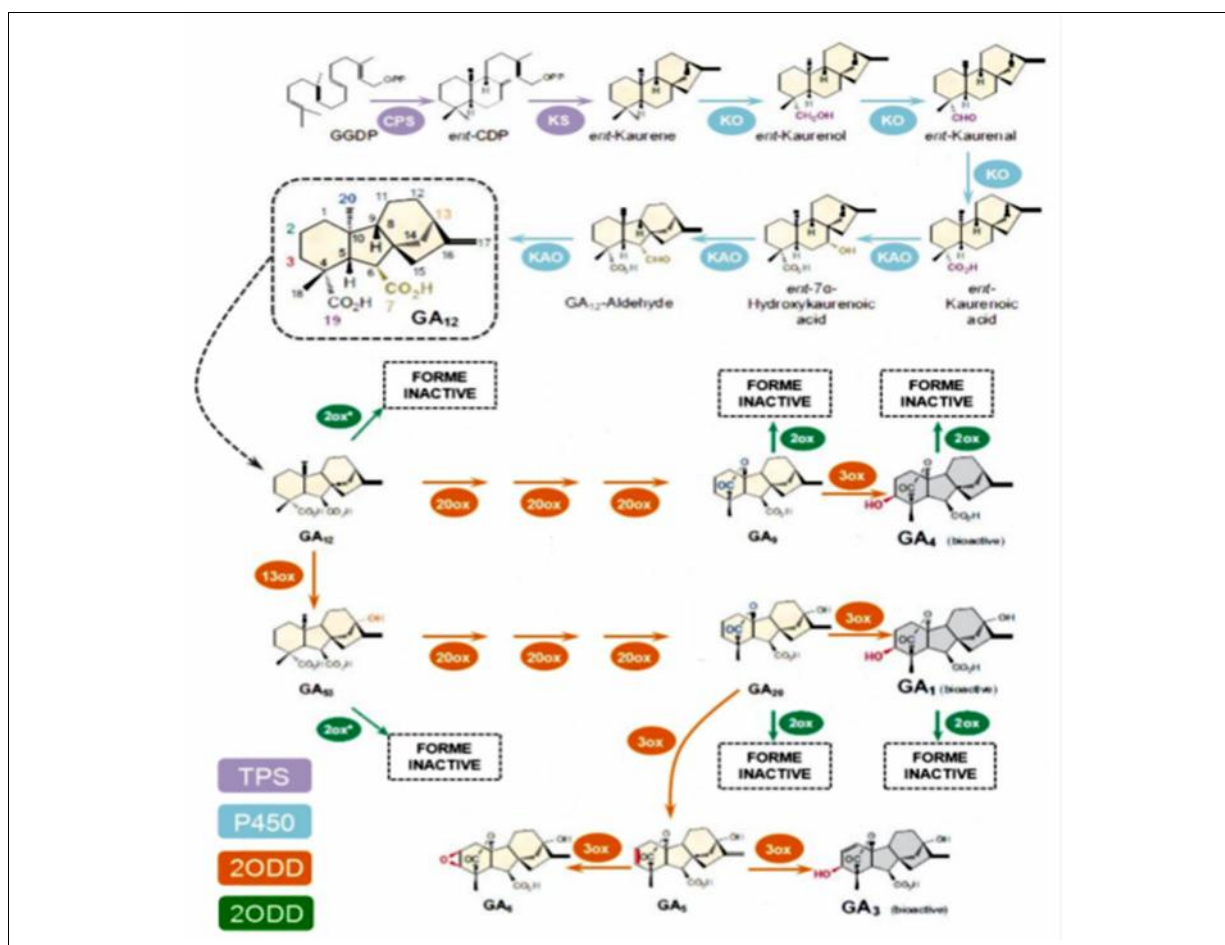


Figure.1-22 : Voie de biosynthèse des gibbérellines (d'après YAMAGUCHI, 2008).

Les formes biologiquement actives, GA1, GA3, GA4 et GA7 ont en commun un groupe hydroxyl sur leur C3, un groupe carboxyl sur leur C6 et une lactone entre leur C4 et leur C10. Le groupe hydroxyl en C3 peut être remplacé par d'autres groupes entre le C2 et le C3 pour former les molécules GA5 et GA6 qui sont, elles aussi, biologiquement actives. Deux enzymes TPS (mauve) sont nécessaires à la conversion du GGDP en ent-kaurène, un intermédiaire hydrocarboné tétracyclique. La première enzyme TPS est l'ent-copalylidiphosphatesynthase (CPS) et la seconde, l'ent-kaurènesynthase (KS). Ensuite, deux enzymes P450 (bleu) interviennent. L'enzyme CYP701A ou ent-kaurène oxydase (KO) va produire l'acide ent-kaurénoïque et l'enzyme CYP88A ou l'acide ent-kaurénoïque oxydase (KAO) va produire la molécule GA12. A partir du GA12, toutes les formes bioactives peuvent être synthétisées grâce à l'action des enzymes 2-oxoglutarate-dépendante dioxygénases (2ODD orange) et notamment la GA20ox (20ox), la GA3ox (3ox) et la GA13ox (13ox). Cependant, d'autres enzymes 2ODD (vert) servent à l'inactivation des molécules bioactives, c'est le cas de la GA2ox (2ox). (YAMAGUCHI, 2008).

CHAPITRE I : Synthèse Bibliographique

On connaît actuellement 70 dérivés de ce type qui ont des rôles importants dans la germination des semences, la croissance des racines, des feuilles et des fruits, la floraison, l'activité cambiale, l'expression des sexes et la sénescence. Voir régulateur de croissance, substance de croissance. C'est donc une hormone végétale du groupe des diterpènes cycliques (20 C) synthétisée dans les méristèmes apicaux, dans les jeunes feuilles et les embryons, c'est à dire dans les zones de divisions actives. Elle favorise la germination, le bourgeonnement, la croissance de la tige et des feuilles, la floraison et la fructification (JABNOUNE, 2008).

2.2.1. Métabolisme :

Il existe une centaine de molécules de gibbérellines (AG) chez les plantes. Cependant seul un petit nombre de ces molécules sont biologiquement actives. Les autres iso formes de l'AG peuvent être des précurseurs des formes actives ou des formes inactives.

Les gibbérellines sont des diterpènestétracycliques synthétisées à partir de géranylgeranyldiphosphate (GGDP), un précurseur à 20 atomes de carbone (C20) de la classe des diterpénoïdes. Les quatre formes biologiquement actives prédominantes sont GA1, GA3, GA4 et GA7. La molécule GA1 est la forme bioactive la plus répandue mais GA4 semble être l'isoforme majoritaire chez Arabidopsis (LEBLOND, 2011).

2.2.2. Transport des Gibbérellines :

Une fois synthétisées dans les feuilles, les Gibbérellines seront transportées dans toute la plante vers le bas grâce au phloème. Le phloème est la sève élaborée tandis que le xylème est la sève brute.

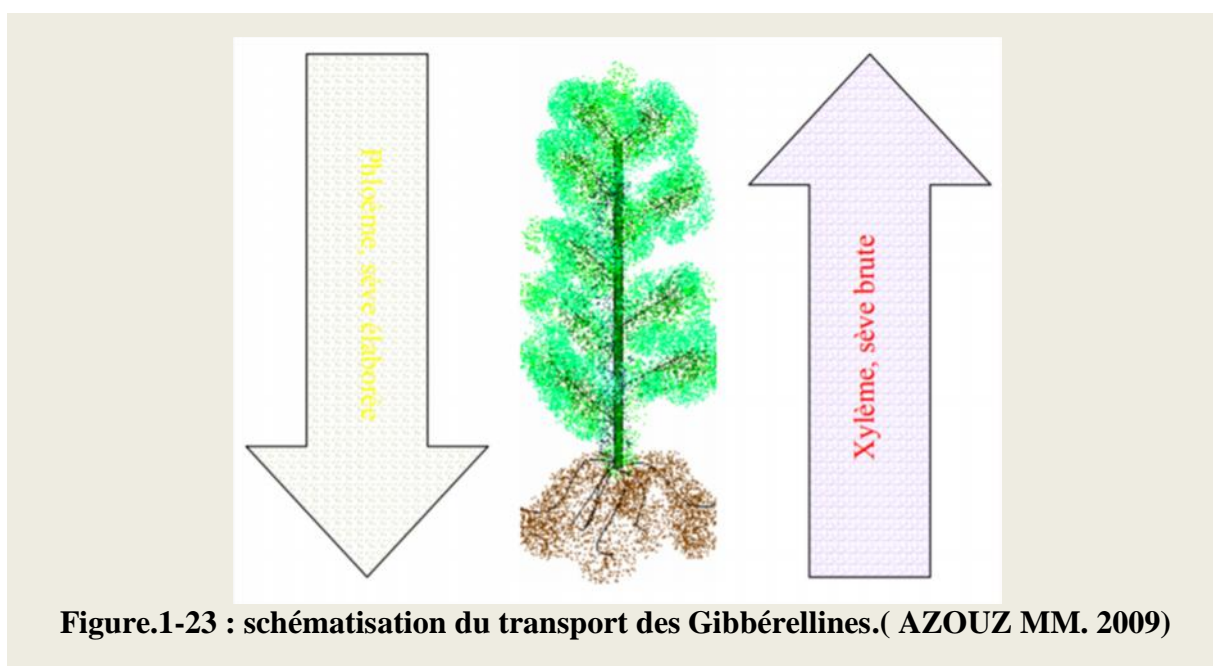


Figure.1-23 : schématisation du transport des Gibbérellines.(AZOUZ MM. 2009)

CHAPITRE I : Synthèse Bibliographique

A l'état libre, les Gibbérellines sont actives, elles peuvent être stockées en se liant avec du glucose et deviennent ainsi inactives.

2.2.3. Effets des gibbérellines :

L'acide gibbérellique régule généralement la croissance des plantules, l'expansion des cellules, la croissance des tiges et la formation des fleurs. (ZHAO et al., 2001) ont identifié l'homéostasie et le métabolisme de la gibbérelline dans lesquels le gène *EUI* code un cytochrome P450 monooxygénase, époxydes GA1 et GA4. Des Découvertes par différents scientifiques suggèrent qu'il existe un lien entre la production d'AG et les effets du stress abiotique sur le développement des plantes. (NAZIMA et al., 2016),

Des études récentes ont montré que la déstabilisation de la protéine DELLA est favorisée par l'acide gibbérellique, mais qu'elle est altérée par la concentration élevée en sel et la lumière. GA régule également la signalisation des autres hormones végétales. Dans les conditions de stress biotiques et abiotiques, l'AG s'accumule rapidement dans les plantes et surmonte les effets létaux des sels dans le sol. Dans le blé et le riz cultivés sous des conditions salines, l'AG₃ a été considéré comme utile pour éliminer les effets nocifs du stress salin.

La germination des semences, la croissance des plantes et le rendement en grains diminuaient avec l'augmentation de la concentration en sels, mais la croissance des plantes augmentait relativement lorsque l'amorçage des semences avec l'AG₃ était effectué (IQBAL & ASHRAF, 2006). NAZIMA et al. (2016) ont signalé que l'amorçage des semences de blé avec l'AG₃ augmente son rendement.

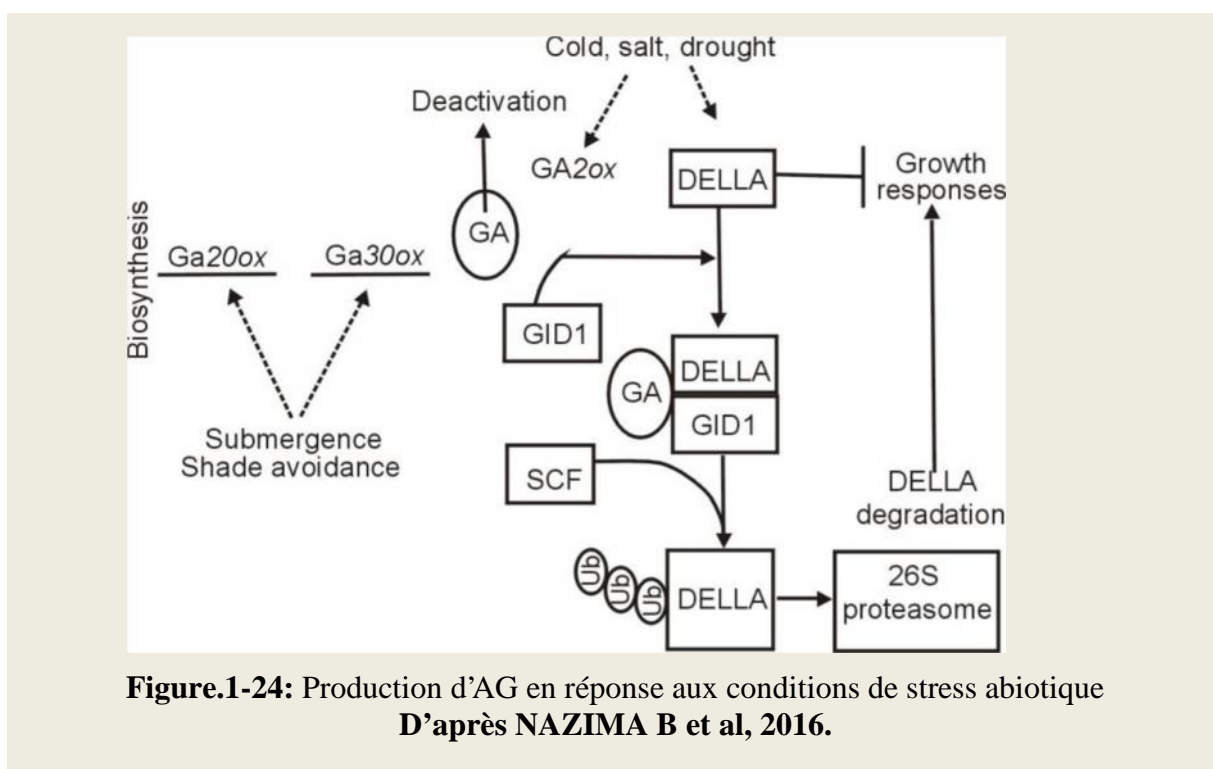


Figure.1-24: Production d'AG en réponse aux conditions de stress abiotique
D'après NAZIMA B et al, 2016.

IV. L'AMORÇAGE DES SEMENCES (SEED PRIMING) :

1. Généralités :

Le 'Priming' ou le *prétraitement*, le traitement *pré-germinatif*, *l'induction*, *l'amorçage* ou encore *l'endurcissement* des semences, est une technique biotechnologique appliquée de plus en plus fréquemment en agriculture pour améliorer les rendements et synchroniser les levées (**DI GIROLAMO & BARBANTI, 2012**).

Développée par **HEYDECKER** en **1973**, le seed-priming consiste à placer des semences en contact de solutions aqueuses de polyéthylène glycol, de sels, d'hormones, de vitamines, etc., pour des durées de temps inférieures à celles nécessaires pour la germination. Par control de la concentration, la durée de traitement et la température, on réalise une imbibition partielle de la graine, suffisante pour permettre la mise en œuvre des processus pré-germinatifs, mais insuffisante pour assurer l'émergence de la radicule.

Le priming des semences est un traitement pré-germinatif qui peut considérablement améliorer l'efficacité de la germination de diverses espèces végétales, y compris les céréales, les légumes et les plantes ornementales (**AFZAL et al., 2006; KHAN et al., 2009 ; TAYLOR et al., 1998**). Il déclenche les processus métaboliques associés à la germination tandis que les graines restent encore dans la phase de latence de germination (Figure 1-25).

L'émergence de la radicule est empêchée par le potentiel hydrique du milieu d'imbibition ou la durée d'imbibition. Quand le priming est achevé, la graine sera desséchée jusqu'à ce qu'elle trouve sa teneur en eau initiale. Diverses techniques sont utilisées pour contrôler l'hydratation des semences.

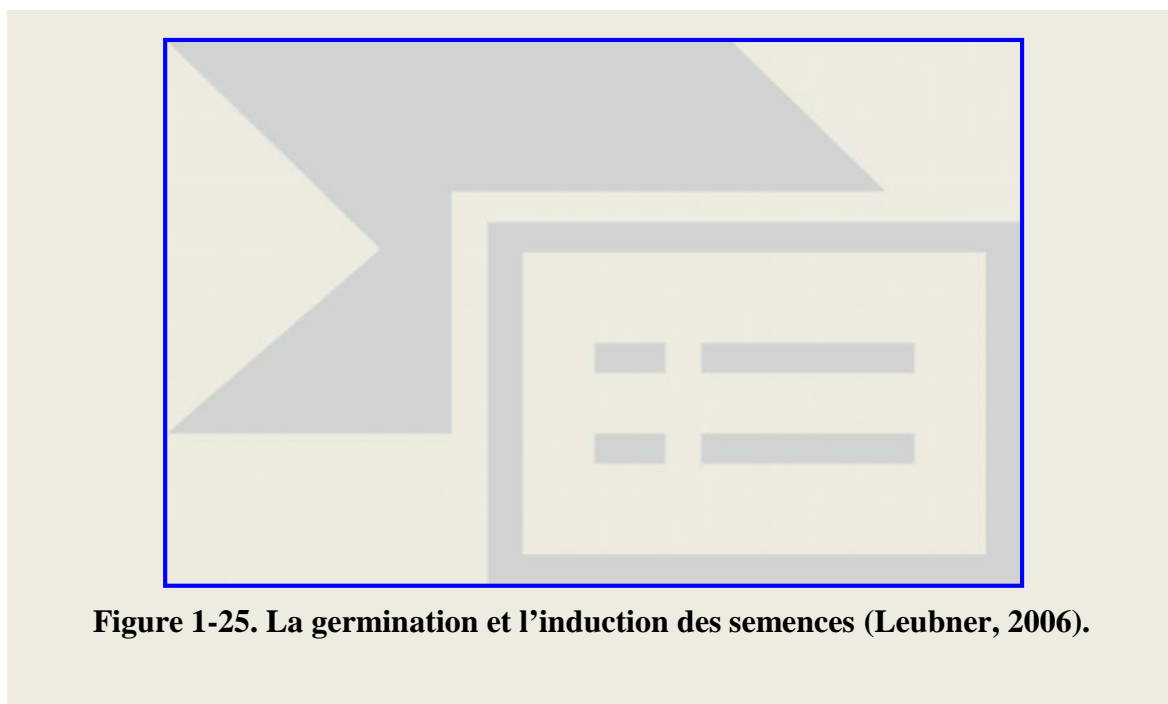


Figure 1-25. La germination et l'induction des semences (Leubner, 2006).

CHAPITRE I : Synthèse Bibliographique

2. Techniques d'amorçage des semences:

Plusieurs techniques d'amorçage des semences sont actuellement utilisées, à savoir :

2.1. Amorçage hydrique (Hydro-priming):

L'hydro-priming consiste à tremper les graines dans l'eau avant de les semer (**PILL & NECKER, 2001**) et peut ou non être suivi d'un séchage des graines à l'air. Dans de nombreuses zones agricoles, l'une des principales causes de l'établissement de peuplements médiocres et du faible rendement des cultures sont les conditions environnementales défavorables à la germination des graines et à l'émergence des semis. Cependant, des semis à germination rapide pourraient émerger et produire des racines profondes avant que les couches supérieures du sol ne se dessèchent et ne se croissent, ce qui peut entraîner un bon établissement des cultures et un meilleur rendement des cultures. **RAFIQ et al. (2006)** ont signalé que l'amorçage des graines réduit l'effet de la salinité sur le paramètre morphologique des plantes.

2.2. Amorçage salin ou Halo-priming:

L'halo-priming se réfère au trempage des graines dans des solutions de sels inorganiques, c'est-à-dire NaCl, KNO₃, CaCl₂, CaSO₄, etc. Un certain nombre d'études ont montré une amélioration significative de la germination des graines, de l'émergence et de l'établissement des semis, et du rendement final des cultures dans les sols affectés par le sel en réponse à l'halo-priming (**MCDONALD, 2000**).

2.3. Amorçage osmotique ou Osmoprimering:

Ceci est également connu comme osmo-conditionnement ou conditionnement osmotique. Dans cette technique, les graines sont trempées pendant une certaine période dans des solutions de sucre, de polyéthylène glycol (PEG), de glycérol, de sorbitol ou de mannitol, puis séchées à l'air avant le semis. L'osmoprimering améliore non seulement la germination des graines, mais améliore également les performances générales des cultures en conditions non salines ou salines. Le faible potentiel hydrique de la solution de traitement permet une hydratation partielle des graines de sorte que les processus métaboliques pré-germination commencent mais la germination est inhibée. Lorsque les graines amorcées sont plantées dans le champ, elles présentent habituellement une germination rapide et uniforme. L'osmoprimering améliore non seulement la germination des graines, mais améliore également les

CHAPITRE I : Synthèse Bibliographique

performances générales de la culture dans des conditions non salines ou salines (**BENNETT et al., 1992, MCDONALD, 2000, PILL et NECKER, 2001**).

2.4. Amorçage hormonal (hormono-priming):

L'amorçage hormonal est le traitement pré-semis avec différentes hormones, à savoir l'acide salicylique, les gibbérellines, les cytokinines, les auxines, etc. ce qui favorisent la croissance et le développement des plantules notamment en conditions de stress (**AFZAL et al., 2006 ; ASHRAF et al. 2002 ; HAMADA & AI-HAKIMI, 2001**).

3. Aspects physiologiques et biochimiques de l'amorçage des graines:

Les effets positifs du priming sur les performances de germination de nombreuses espèces sont attribués à l'induction des mécanismes biochimiques de réparation cellulaire, la reprise de l'activité métabolique peut restaurer l'intégrité cellulaire, grâce à la synthèse des acides nucléiques (ADN et ARN), des protéines (**BEWLEY & BLACK, 1994**) et l'amélioration du système de défense antioxydant.

Dans la synthèse des protéines, un mécanisme de compensation a été élucidé. La synthèse des protéines, une condition essentielle pour la germination, commence quelques minutes après l'hydratation (**CHEUNG et al., 1979**). A ce stade, osmo-priming déprime la synthèse des protéines dans les tissus d'embryons et de réserve, comparativement aux semences trempées dans l'eau pendant le même temps. Ensuite, le priming induit un niveau plus élevé de synthèse de protéines dans les phases ultérieures de germination. En fait, **BRAY (1995)** a montré que la quantité de protéine synthétisée observée 2 jours après la germination de la graine de poireau induite était la même que celle observée 4 jours après la germination de la graine non-induite.

D'autre part, l'induction ne semble pas induire la synthèse de protéines spécifiques, comme cela a été démontré par l'analyse qualitative du profil des protéines dans les graines de pois (**DELL'AQUILA & BEWLEY, 1989**).

Le traitement initial des grains avec les différents types d'hormones et les régulateurs de croissance est très effectif pour contrecarrer les effets négatifs de la salinité sur les plantes aux différents stades de croissance notamment au stades de croissance précoce comme il a été montré qu'il augmente la germination des plantes cultivées sous conditions de stress salin (**ASHRAF & FOOLAD, 2005; ASHRAF et al, 2008**).

CHAPITRE I : Synthèse Bibliographique

De même, l'augmentation des taux d'émergence de semences traitées avec l'acide salicylique et exposées à un stress salin est probablement due un prélèvement renforcé de l'oxygène et à une mobilisation efficace des nutriments depuis les tissus de stockage jusqu'à l'embryon (**KARTHIRESAN et al., 1984**).

CHAPITRE II

Matériel & Méthodes

Chapitre II : Matériel et Méthodes

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. Le prétraitement des graines de courgette :

A l'exception du témoin, les semences de courgette ont subi un traitement qui consiste au trempage dans des solutions aqueuses additionnées de FENGIB à raison de 0.1%, 0.5%, 1% et 5%, et ce, pendant 12 ou 24 heures.

2.2. Test de germination

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

2.3. 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 semés 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 traité (0,1 % FENGIB pendant 24h) irrigué avec une solution saline (NaCl) de 200 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 :

3.1. 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 :

Chapitre II : Matériel et Méthodes

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

Où n est le nombre de graine germés et N le nombre total des graines semis

3.2. Essai sur la croissance végétative

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

A. Les paramètres de croissance :

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

$$TE = PF - PS$$

B. Les paramètres biochimiques et physiologiques

a- 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*

Chapitre II : Matériel et Méthodes

b- Dosage des sucres solubles (WSC)

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 en utilisant le glucose pur (0-0.1mg/ml).

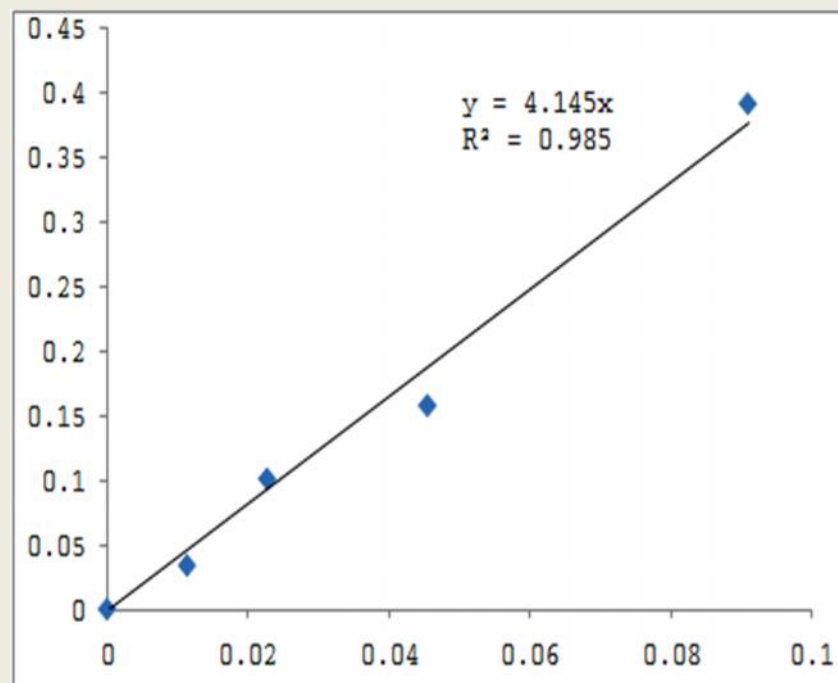


Figure. 2-1 : Courbe d'étalonnage pour le dosage des sucres solubles (mg/g MF)

Chapitre II : Matériel et Méthodes

c- 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 :

- 1ml d'acide acétique.
- 25mg 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).

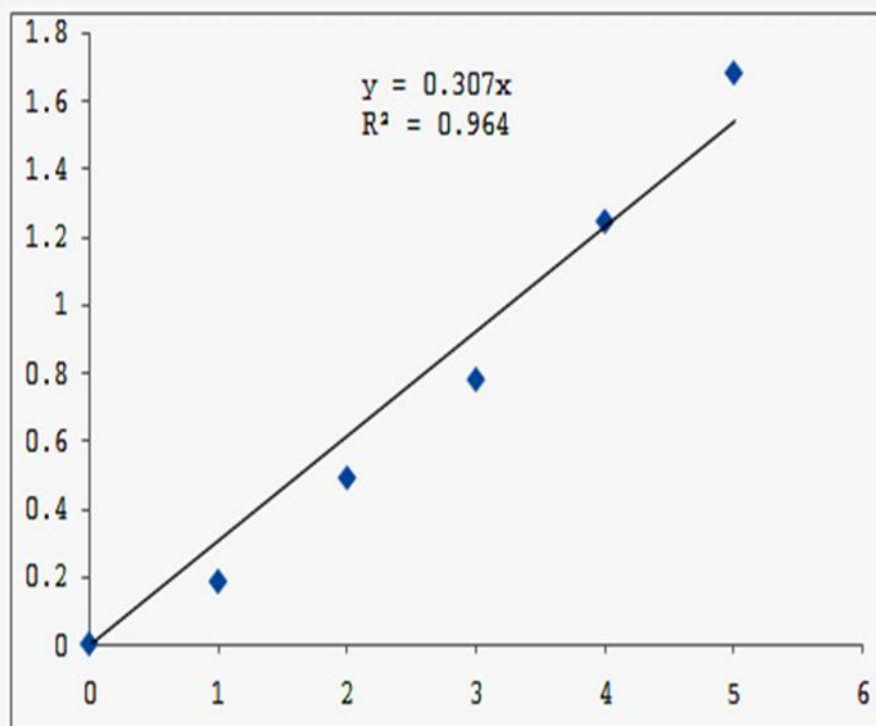


Figure.2-2 : Courbe d'étalonnage pour le dosage de la proline (µg /mg MF)

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 ($n = 3$).

CHAPITRE III

Résultats & Discussion

RÉSULTATS ET DISCUSSION :

1. RÉSULTATS :

1.1. Test de Germination

Les résultats obtenus montrent que le stress salin (200 mM NaCl) a réduit de manière hautement significative ($P < 0.001$) le pourcentage final de germination (PFG) des graines de courgette (Figure 3-1). Ainsi le taux de germination a passé de 85% pour le témoin (T0) à 6,67% pour le lot stressé et non traité (NaCl), soit une diminution de 78%.

Le prétraitement des semences avec le FENGIB, par contre, a influencé, mais à différents degrés, le taux de germination des graines de courgette.

Par voie de comparaison, le traitement avec le FENGIB à faibles concentrations (0,1 et 0,5%) a amélioré le taux de germination des graines de courgette de 35% et 65% pour T1 et T2, c'est-à-dire des graines traitées au FENGIB à 0,1 % pendant 12 et 24 heures; de 36,67% et 15% pour T3 et T4, c'est-à-dire des graines traitées au FENGIB à 0,5% de concentration pendant 12 et 24 heures, respectivement (Figure 3-1).

Les traitements (T5, T6, T7 et T8) ont induit des effets inverses. Le meilleur traitement enregistré était T2 ou nous avons enregistré un taux de récupération égale à environ 60% (Figure 3-1).

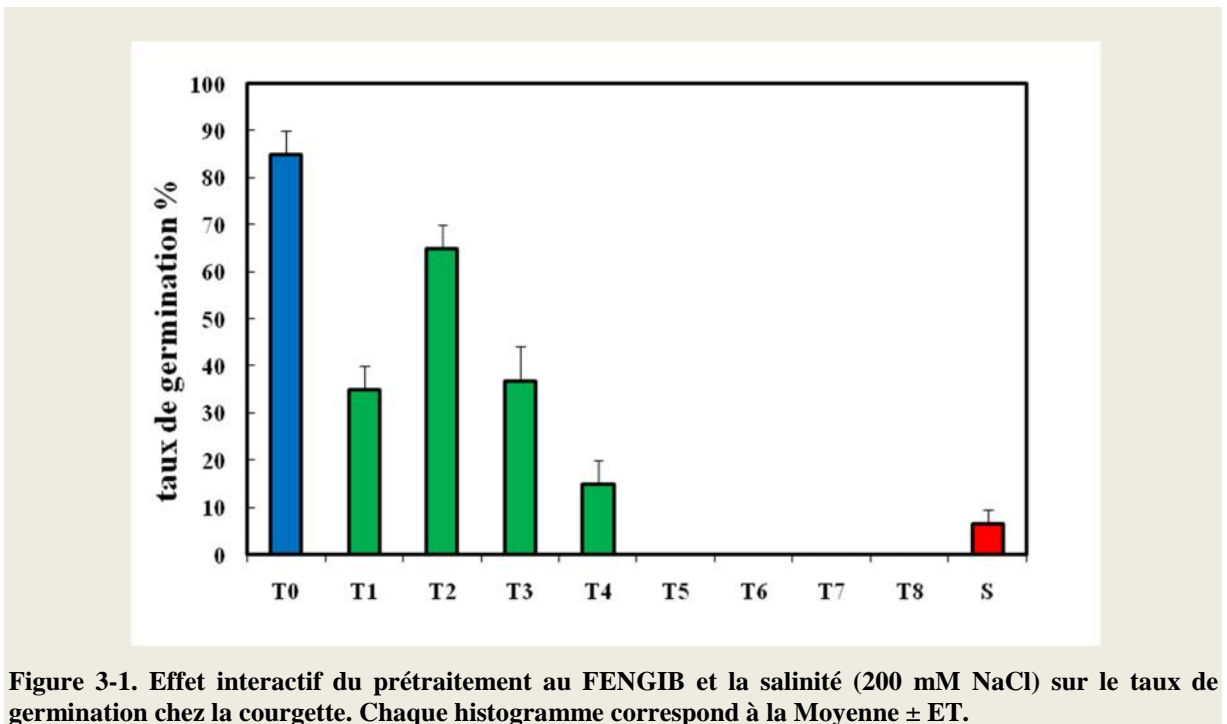


Figure 3-1. Effet interactif du prétraitement au FENGIB et la salinité (200 mM NaCl) sur le taux de germination chez la courgette. Chaque histogramme correspond à la Moyenne \pm ET.

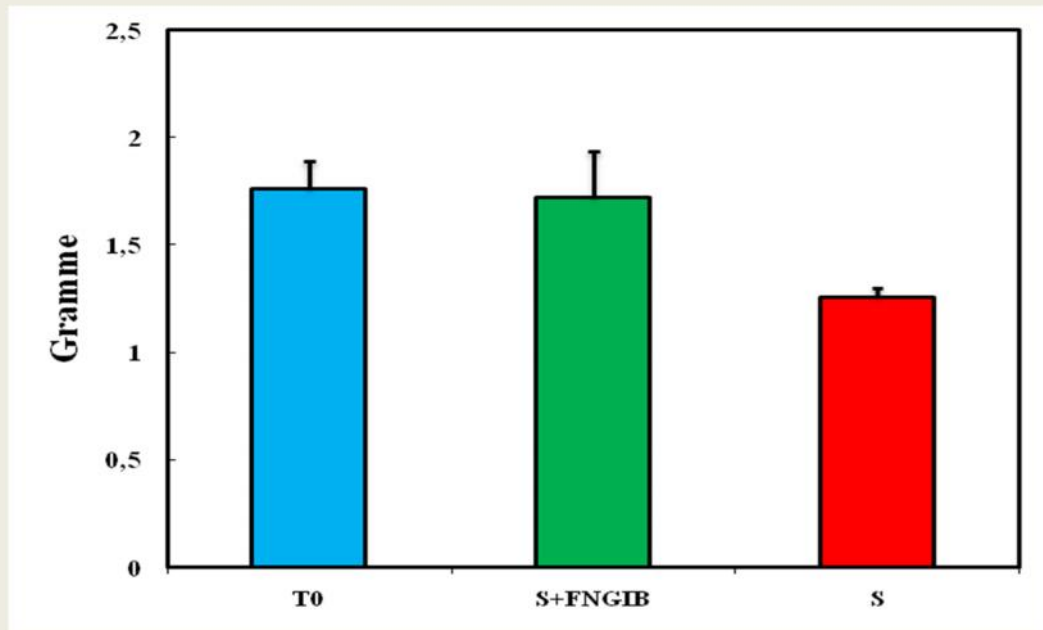


Figure 3-2. Effet interactif du prétraitement avec le FENGIB et la salinité sur le poids frais de la feuille (g) de la courgette. Chaque histogramme correspond à la Moyenne \pm ET.

1.2. Paramètres de croissance :

1.2.1. Poids frais des feuilles :

Le stress salin (200 mM NaCl) a affecté négativement le poids frais des feuilles. L'analyse de la variance a révélée que cet effet est significatif au seuil de 5% (Figure 3-2).

Ainsi le poids frais a passé de 1.76 g pour le témoin (T0) à 1.26 g pour les plantules stressées et non traitées (200 mM de NaCl), soit une réduction de 30%.

D'autre part, le prétraitement des semences a inversé l'effet du stress salin sur le poids frais des feuilles. Par voie de comparaison, le prétraitement avec le FENGIB à la concentration de 0,1% pendant 12 heures a amélioré le poids frais des feuilles qui à devenu 1.72 g (Figure 3-1), soit une augmentation de ...% par rapport au lot stressé et non traité.

1.2.2. Le poids Sec de feuilles :

Le stress salin a diminué de manière significative ($P < 0.05$) le poids sec des feuilles (Figure 3-3). Par voie de comparaison, le poids sec a passé de 0.34 g à 0.13 g.

En revanche le prétraitement des semences a induit des effets divers en fonction du de la concentration du FENGIB. Ainsi, malgré le stress salin le prétraitement des semences avec le FENGIB a induit un effet positif sur le poids sec des feuilles (Figure 3-3).

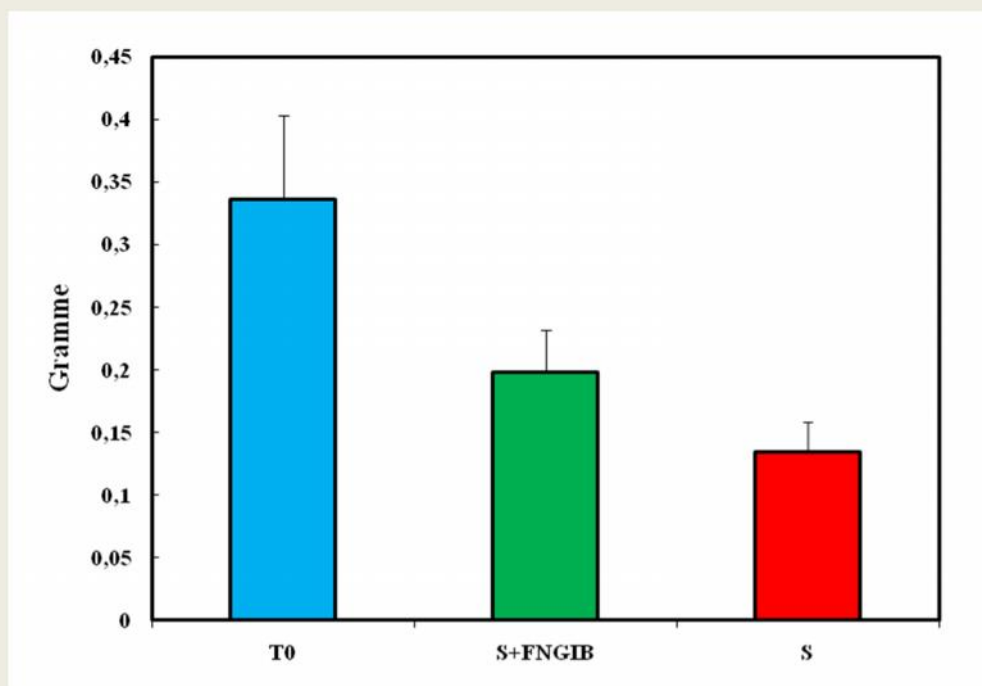


Figure 3-3. Effet interactif du prétraitement et la salinité sur le poids sec de la feuille (g) de la courgette. Chaque histogramme correspond à la Moyenne \pm ET.

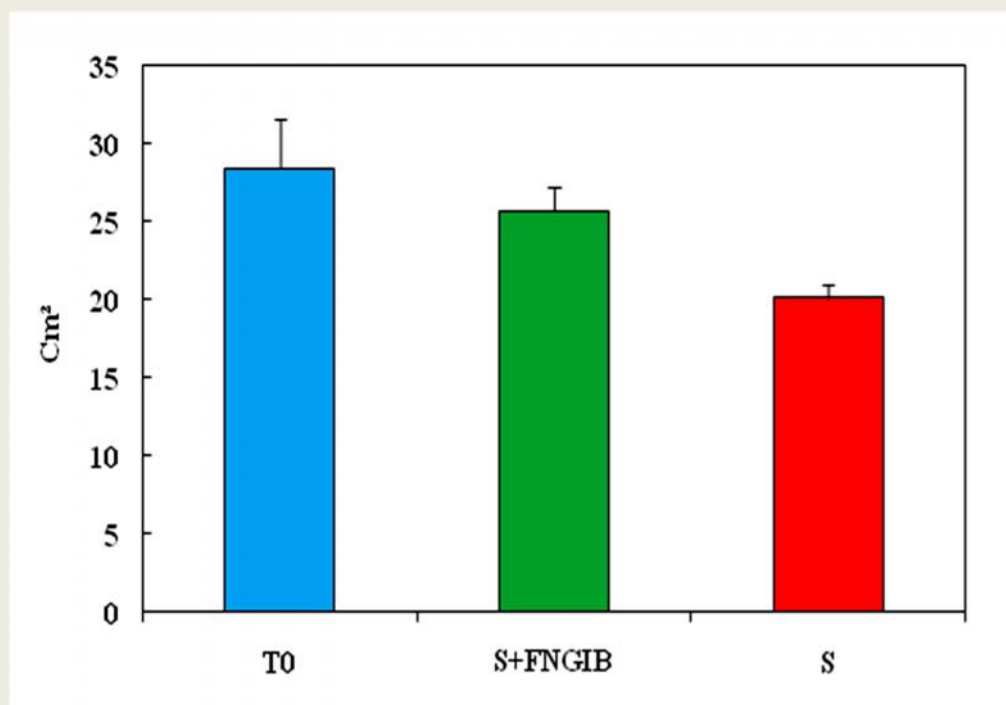


Figure 3-4. Effet interactif du prétraitement (FENGIB) et la salinité (200 mM NaCl) sur la surface foliaire (cm²) de la courgette. Chaque histogramme correspond à la Moyenne \pm ET.

1.2.3. La surface foliaire :

La surface foliaire semble avoir été affectée négativement par le stress salin. Celle-ci a passée de 28.44 cm² pour le témoin à 20.12 cm² pour le lot stressé et non traité soit une réduction de presque 30%. L'analyse de la variance a révélé que cet effet est hautement significatif (Figure 3-4).

Par contre, le prétraitement des semences avec le FENGIB (0,1%) semble avoir amélioré ce paramètre de manière significative. Le taux de récupération était de 20%.

1.3. Les Paramètres Physiologiques et Biochimiques :

1.3.1. La teneur en eau des feuilles (TE) :

Bien que la présence de sels dans le milieu a induit une baisse hautement significative ($P < 0.05$) dans la teneur en eau des feuilles, le prétraitement des semences de courgette avec le FENGIB a amélioré significativement ($P < 0.05$) la TE des feuilles (Figure 3-5).

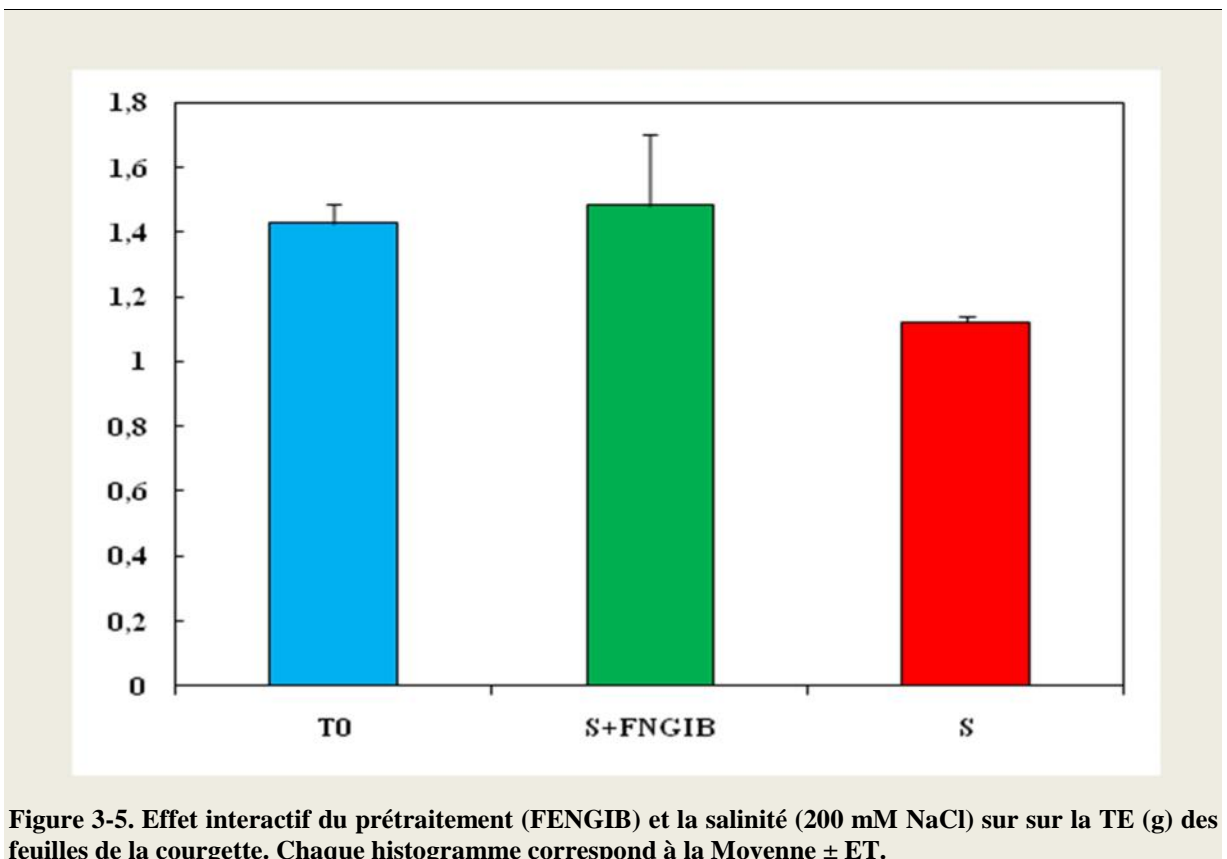


Figure 3-5. Effet interactif du prétraitement (FENGIB) et la salinité (200 mM NaCl) sur sur la TE (g) des feuilles de la courgette. Chaque histogramme correspond à la Moyenne ± ET.

1.3.2. Les pigments photosynthétiques :

a. Chlorophylle a (Chl-a) :

Selon la (Figure 3-6a), le stress salin induit une légère réduction dans la teneur des feuilles de courgette en chlorophylle a (Chl-a). En effet, la teneur en Chl-a a atteint un taux de 1.82% dans les plantules stressées par rapport aux plantules non stressées (3.53%) soit une réduction de presque 45%.

Par ailleurs, l'induction des semences avec le FENGIB à augmenter la teneur des feuilles en Chl-a. La teneur des feuilles en Chl-a a passé de 1.82 mg/g MF dans les plantules stressées à 3.29 mg/g MF dans les plantules stressées et traitées au FENGIB, ce qui correspond à une augmentation de 1.81 fois.

b. Chlorophylle b (Chl-b) :

Comme nous pouvons le déceler dans la (Figure 3-6b), le stress salin a induit une réduction dans la teneur des feuilles du courgette en chlorophylle b (Chl-b). En effet, la teneur Chl-b a passé de 2.34 mg/g MF chez les plantules non stressées à 1.44 mg/g MF chez les plantules stressées ce qui correspond à une réduction de 38.46%.

Par ailleurs, le prétraitement des semences notamment avec le FENGIB a amélioré la teneur des feuilles en Chl-b malgré la salinité du milieu (200 mM).

c. Caroténoïdes (CAR) :

Le stress salin a affecté la teneur des feuilles de la courgette d'une façon négligeable en caroténoïdes (Figure 3-6c). Ou celle-là a passé de 0.46 mg/g MF dans les plantules non stressées à 0.40 mg/g MF chez les plantules stressées. En revanche, le prétraitement des semences semble induire un effet positif sur la teneur des feuilles en CAR (Figure 3-5a, b, c).

En fait, la teneur de CAR a passé de 0.40 mg/g MF chez les plantules stressées à 0.67 mg/g MF chez les plantules traitées avec le FENGIB, soit une augmentation de 1.67 fois.

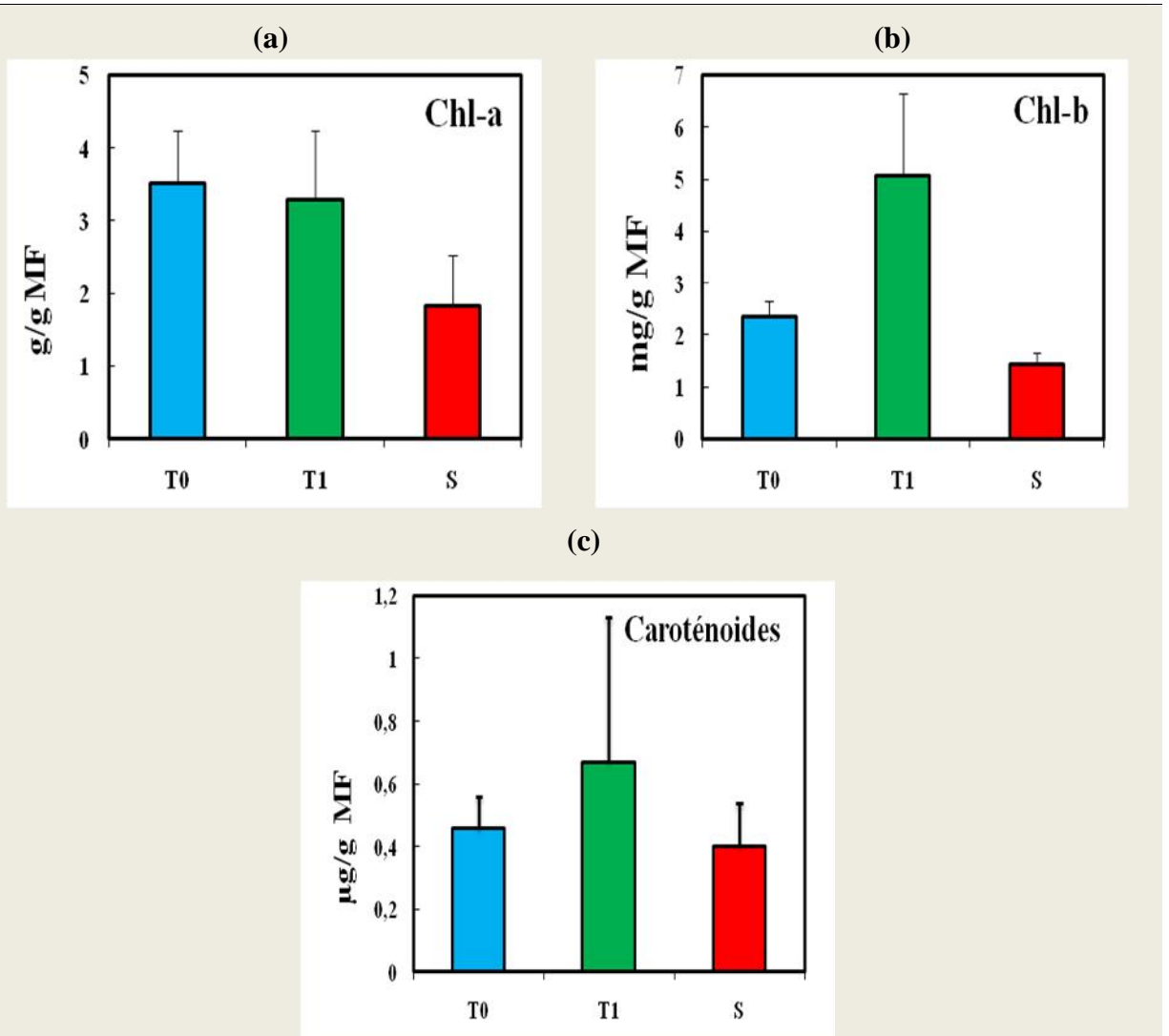


Figure 3-6. Effet interactif du prétraitement (FENGIB) et la salinité (200 mM NaCl) sur le contenu des pigments photosynthétiques. Chaque histogramme correspond à la Moyenne \pm ET.

1.2.3. La teneur des sucres solubles :

La présence du NaCl (200 mM) dans le milieu a induit l'accumulation des sucres solubles dans les feuilles de la courgette (Figure 3-7). En effet la teneur des sucres solubles a passé de 6.18 mg/g MF chez le témoin (plantules non stressées) à 16.82 mg/g MF chez les plantules stressées et non traitées. Cela veut dire que la concentration des sucres solubles était devenue presque 3 fois plus importante dans les plantules stressées.

D'autre part, le prétraitement des semences semble avoir un effet semblable à celui du NaCl sur la teneur des feuilles en sucres solubles. L'effet le plus important, cependant, était celui induit par le FENGIB, où la teneur des sucres solubles a atteint 20.78 mg/g MF soit 3.4 fois plus que celle du lot témoin.

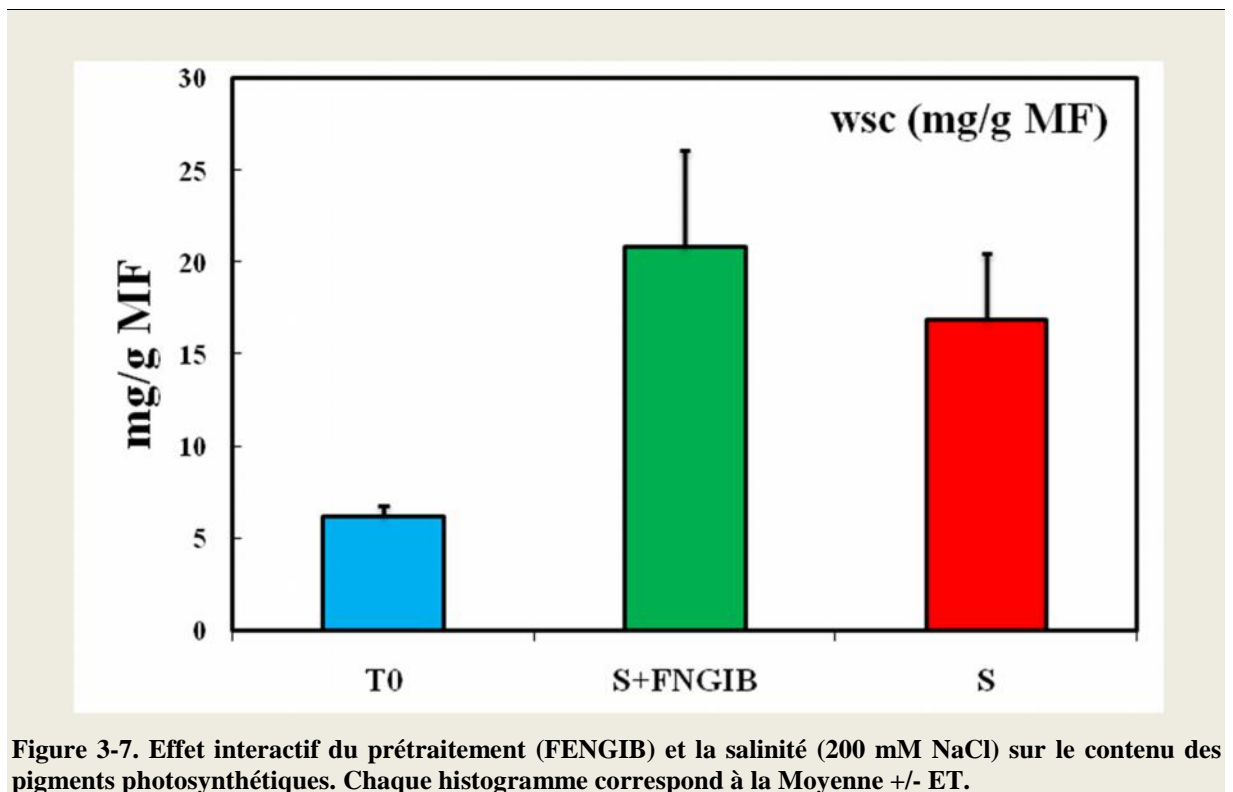


Figure 3-7. Effet interactif du prétraitement (FENGIB) et la salinité (200 mM NaCl) sur le contenu des pigments photosynthétiques. Chaque histogramme correspond à la Moyenne +/- ET.

1.2.4. La teneur de la proline :

En situation de stress salin les embryons/plantules de la courgette semblent subir une augmentation significative de la teneur de proline dans leurs feuilles, comme le révèle la Figure 3-8. La teneur de la proline chez les plantules non stressées était de 15.77 mg/g MF tandis que chez les plantules stressées celle-ci était de 180.33 mg/g MF, soit une augmentation de 11.44 fois.

En ce qui concerne les plantules traitées avec le FENGIB, nous remarquons une la diminution de la proportion de proline dans leurs feuilles, de sorte que le taux de proline dans les feuilles a passé de 180.33 mg/g MF chez les graines stressées, à 52.46 mg/g MF chez les graines stressées et traitées avec le FENGIB, soit une réduction de 70.90%.

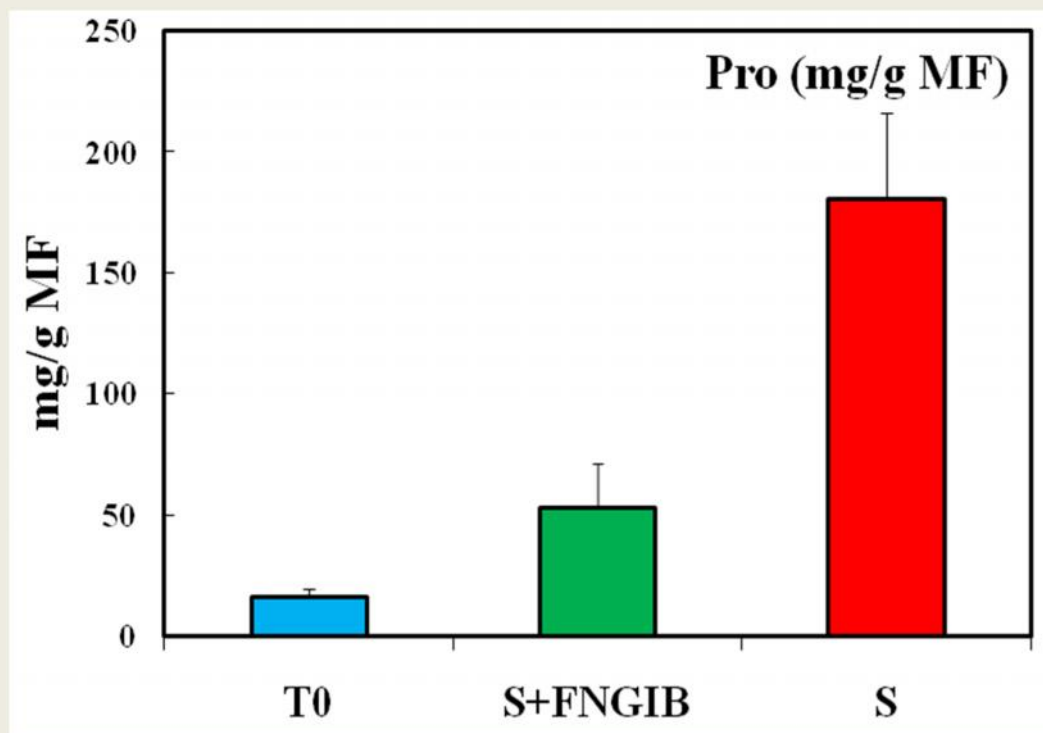


Figure 3-8. Effet interactif du prétraitement (FENGIB) et la salinité (200 mM NaCl) sur le contenu de la proline. Chaque histogramme correspond à la Moyenne +/- ET.

2. DISCUSSION :

L'amorçage des semences ou " *seed priming* " semble être une technique prometteuse, non seulement pour favoriser la germination, la levée des semis, mais aussi pour accroître l'uniformité de l'établissement des plantules dans des conditions de stress en particulier dans les zones arides et semi-arides (**CLARK et al, 2001**).

Dans la présente étude, les effets du prétraitement des semences de courgette (*Cucurbita pepo* L., var. quarantaine) avec le régulateur de croissance FENGIB (mélange de GA3 et une auxine) à différentes concentrations (0 ; 0,5 ; 1 et 5 %) sur la germination et la croissance des plantules de courgette sous conditions de stress salin (200 mM) ont été évalués.

Nos résultats montrent que le stress salin a affecté négativement la germination des graines de courgette (Figure 3-1). Des résultats similaires ont été rapporté par des études antérieures (**FAZLALI et al., 2013 ; SHAHI-GHARAHLAR 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 qui inhibe ou ralentit le taux de germination (**TAIZ et ZEIGER, 2002; MEHMET et al., 2013**).

En revanche, le prétraitement des semences de courgette avec le FENGIB notamment à faibles doses (0,1 et 0,5%) a amélioré le taux de germination des graines malgré la présence de concentration élevée en NaCl (soit 200 mM). Nos résultats corroborent ceux rapportés par **ESKANDARI et KAZEMI (2011)**.

Semblable à d'autres techniques d'amorçage, l'hormono-priming améliore généralement la germination des graines et l'émergence des plantules (**GHASSEMI-GOLEZANI et al., 2008**). Cette intervention simple, peu coûteuse et à faible risque a également eu des impacts positifs sur le système agricole et les moyens de subsistance et la technologie s'est avérée très populaire auprès des agriculteurs (**HARRIS et al., 2001**). Dans le présent travail, nous avons remarqué que l'hormono-priming améliore la qualité germinative des graines de courgette traitées avec une dose élevée de NaCl (200 mM). En fait, les diverses hormones de croissance ont été utilisées pour l'amorçage des semences, y compris l'auxine,

CHAPRE III : Résultats & Discussion

les gibbérellines, l'acide abscissique, les polyamines, l'éthylène, l'acide salicylique et l'acide ascorbique (**DEMIRAL & TURKAN, 2005**). Les graines apprêtées avec l'acide gibbérellique augmentent généralement l'émergence, la croissance et l'étendue des systèmes racinaires (**HEYDARIYAN et al., 2014**). De plus, l'amorçage des graines avec l'acide gibbérellique accélère la floraison, la maturité et le rendement des plantes (**MCDONALD, 2000**). Les résultats ont montré que le pourcentage de germination des graines chez *Cucurbita pepo* n'était pas influencé par l'amorçage hormonal avec de l'acide gibbérellique à 2 mM. Les résultats décrits dans ce travail sont en accord avec d'autres décrits précédemment. En fait, **GHODRAT et ROUSTA (2012)** ont signalé que l'amorçage avec GA₃ (1,5 ; 2,5 et 5 mg.L⁻¹) n'a eu aucun effet sur la germination des graines chez *Zea mays*, mais il pourrait augmenter la longueur des pousses, la longueur des racines, le poids sec, le poids frais et la teneur en eau tissulaire. D'autre part, **NAEEM et MUHAMMAD (2006)** ont rapporté que l'amorçage avec des concentrations plus élevées de GA₃ avait un bon effet sur la germination et la croissance des céréales. Le résultat suggère que le prétraitement hormonal des graines devrait être fait avec des concentrations plus élevées de GA₃ dans une gamme qui pourrait définir les meilleurs taux avec un effet positif sur les graines de germination.

D'autre part, la salinité a affecté négativement, mais en moindre mesure, la croissance pondérale des plantules de courgettes (Figures 3-2 – 3-4). Nos résultats sont en accord avec ceux de **SEVENGOR et al. (2011)**.

La salinité affecte la croissance des plantes non halophytes soit en réduisant le potentiel hydrique du sol, soit en provoquant la cyto-toxicité suite à l'accumulation excessives des sels (notamment Na⁺) dans les tissus végétaux (**TAIZ & ZEIGER, 2002**).

L'analyse de la teneur en chlorophylle (a) a montré qu'elle était plus sensible au stress salin que la teneur en chlorophylle (b). D'une façon générale, il est constaté que la teneur en chlorophylle diminue avec l'augmentation de l'intensité du stress salin conformément à ce que plusieurs auteurs ont démontré (**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 3-4). Ceci peut être expliqué 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

CHAPRE III : Résultats & Discussion

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.

L'effet prometteur du FENGIB sur la teneur des plantes stressées en sucres solubles et proline permet de concevoir que le FENGIB probablement améliore la croissance des plantes stressées, via le renforcement de leur potentiel d'ajustement osmotique en plus aux activités de croissance (division et expansion cellulaire).

CONCLUSION

CONCLUSION

Ce travail a pour objectif, d'évaluer l'impact d'un prétraitement des semences (induction des semences) avec un régulateur de croissance constituée d'un mélange de deux hormones (FENGIB) sur la germination et les caractéristiques de croissance des feuilles chez la courgette.

Les principaux résultats ont permis de conclure les points suivants :

- ❖ Le prétraitement des semences avec le FENGIB à faibles doses (0,1 et 0,5 %) contrecarré l'impact du stress salin sur la germination de la courgette.
- ❖ Le stress salin affect négativement tous les paramètres de croissance des feuilles de courgette.
- ❖ Les stress salin induit l'accumulation de la proline, qui peut être due à l'augmentation du processus de protéolyse notamment sous l'effet des ROS.
- ❖ De manière générale, l'induction des semences avec le FENGIB semble être efficace pour réduire l'impact de la salinité sur les caractéristiques de croissance de courgette, notamment le traitement à faibles concentrations (0,1 et 0,5%).
- ❖ L'effet prometteur du FENGIB sur la teneur des plantes stressées en sucres solubles et proline permet de concevoir que le FENGIB probablement améliore la croissance des plantes stressées, via le renforcement de leur potentiel d'ajustement osmotique et des activités de croissance (division et expansion cellulaire).

RÉFÉRENCES

*Bibliographiques
&
Netographiques*

- AFZAL I, BASARA SMA, FAOOQ M. & NAWAZ A. 2006.** Alleviation of salinity stress in spring wheat by hormonal priming with ABA, salicylic acid and ascorbic acid. *Int J Agric Biol* 8: 23-28.
- ALEM C., AMRI A. 2005.** Importance de la stabilité des membranes cellulaires dans la tolérance à la salinité chez l'orge. *Biology and Biotechnology*, 4. 1: 20-31.
- ANDLAUER W, STUMPF C, ET AL. 2003.** Influence of cooking process on phenolic marker compounds of vegetables. *Int J Vitam Nutr Res.*73: 152-159.
- ANDRES TC, TUKEY HB JR. 1995.** Complexities in the infraspecific nomenclature of the *Cucurbita pepo* complex. *Acta Hort* 413:65–91
- ASLOUM H. 1990.** Elaboration d'un système de production maraîchère (Tomate, *Lycopersicum esculentum* L.) en culture hors sol pour les régions sahariennes. Utilisation de substrats sableux et d'eaux saumâtres. Thèse de doctorat, développement et amélioration des végétaux, Université de Nice Sophia-Antipolis: 24- 32.
- AZEVEDO-MELEIRO CH, RODRIGUEZ-AMAYA DB. 2007.** Qualitative and quantitative differences in carotenoid composition among *Cucurbita moschata*, *Cucurbita maxima*, and *Cucurbita pepo*. *J Agric Food Chem* 55(10): 4027–4033.
- BADR SE, SHAABAN M, ELKHOLY YM, HELAL MH, HAMZA AS, MASOUD MS, EL SAFTY MM 2010.** Chemical composition and biological activity of ripe pumpkin fruits (*Cucurbita pepo* L.) cultivated in Egyptian habitats. *Nat Prod Res* 5:1–16
- BAZZANO LA, SERDULA MK, LIU S. 2003.** Dietary intake of fruits and vegetables and risk of cardiovascular disease. *Current atherosclerosis reports*, 5(6), 492-499.
- BELL D. T. 1999.** Australian trees for the rehabilitation of waterlogged and salinity-damaged landscapes. *Aust. J. Bot.* (47): 697-716.
- BENATA H., BERRICHI A. B., REDA TAZI M., ABDELMOUMEN H. ET MISBAH EL IDRISSE M. 2006.** Effet du stress salin sur la germination, la croissance et le développement de trois espèces légumineuses : *Acacia tortilis* var. *raddiana*, *Leucaena leucocephala* et *Prosopis juliflora*. Le Premier Congrès National sur l'Amélioration de Production Agricole Settat.. 25p.
- BENMAHIOUL, et al. 2009.** Effet du stress salin sur la germination et la croissance in vitro du pistachier (*Pistaciavera* L.). *C. R. Biol.* 332, 752-758.

- BENNACEUR M, RAHMOUN C, SDIRI H, MEDAHI M, SELMI M 2002.** Effet du stress salin sur la germination, la croissance et la production de grains de blé. *Sécheresse*, 12 (3): 167-174.
- BERMEJO, J.E.H., et LEÓN, J. 1994.** Neglected crops: 1492 from a different perspective. No. 26. Food & Agriculture Org.
- BONE RA, LANDRUM JT, et al. 1988.** Analysis of the macular pigment by HPLC: retinal distribution and age study. *Invest Ophthalmol Vis Sci.*, 29:843-849.
- BOUCHOUKH I., 2010.** Comportement écophysiological de deux Chénopodiacées des genres *Atriplex* et *Spinacia* soumises au stress salin. Mémoire de Magister, Université Mentouri Constantine, 164p
- BOULGHALAGH J., BERRICHI A., EL HALOUANI H. et BOUKROUTE A. 2006.** Effet des stress salin et hydrique sur la germination des graines du jojoba (*Simmondsiachinensisschneider*). Recueil des résumés. Le Premier Congrès National sur l'Amélioration de Production Agricole, Settat, Maroc p 24.
- BOYLE SP, DOBSON VL, et al. 2000.** Bioavailability and efficiency of rutin as an antioxidant: a human supplementation study. *Eur J Clin Nutr.*, 54:774-782.
- CHEN C.T., LI C.C., KAO C.H., 1991.** Senescence of rice leaves. XXXI changes of chlorophyll, protein and polyamine contents and ethylene production during senescence of a chlorophyll-deficient mutant. *Journal of Plant Growth Regulation*, 10: 201-205.
- ÇIÇEK N. and ÇAKIRLAR H. 2002.** The effect of salinity on some physiological parameters in two maize cultivars. *Bulg. J. Plant Physiol.* 28 (1–2): 66–74.
- DEBEZ A., CHAIBI W. & BOUZID S. 2001.** Effet du NaCl et de régulateurs de croissance sur la germination d'*Atriplex halimus* L. *Agriculture*. 10(2): 8-135.
- DEMIRAL T & TURKAN I. 2005.** Comparative lipid peroxidation, antioxidant defense systems and proline content in roots of two rice cultivars differing in salt tolerance. *Environ Exp Bot.*; 53: 247–257.
- DI GIROLAMO & BARBANTI, 2012.** Effect of priming with gibberellic acid (GA3) on germination and growth of corn (*Zea mays* L.) under saline conditions. *Int J Agri Crop Sci.* 2012; 4: 883–885.
- DUTUIT P., POURRAT Y., DUTUIT J.M. 1994.** La notion de stress de la cellule à l'écosystème. *Sècheresse*, 5. 1: 23-31.

- 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.
- 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.
- 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.
- FÖRSTER H., COFFEY M., ELWOOD H., SOGIN M.L. 1990.** Sequence analysis of the small subunit ribosomal RNAs of three zoosporic fungi and implications for fungal evolution. *Mycologia*, 82: 306-312
- GARREC, J.P. & PEULON, V. 1989.** Traitement, entretien et gestion des arbres en villes. *Rev. For. Fr.*XLI-n sp.
- GHASSEMI-GOLEZANI K., ASGHAR ALILOO A, VALIZADEH M and MOGHADDAM M. 2008.** Effects of different priming techniques on seed invigoration and seedling establishment of lentil (*Lens culinaris* Medik). *Journal of Food Agriculture and Environment*, 6(2), 222.
- GLEMEN, M., & SMITH, F.A. 1993.** Gas exchange and chlorophyll content of “Trif blue” rabbitey and “Sharp blue” southern highbush. Blueberry exposed to salinity and supplemental calcium. *J. Amerc. Soc. Horti. Sci.* II, 749-756.
- GUSMAROLI, G., et al. 2007.** Role of the MPN subunits in COP9 signalosome assembly and activity, and their regulatory interaction with Arabidopsis Cullin3-based E3 ligases. *Plant Cell* 19(2):564-81.
- GUSMAROLI, G., FENG S., & DENG X.W. 2004.** The Arabidopsis CSN5A and CSN5B subunits are present in distinct COP9 signalosome complexes, and mutations in their JAMM domains exhibit differential dominant negative effects on development. *Plant Cell* 16(11):2984-3001.
- HALIMI, Y., et al. 2011.** COP9 signalosome subunit 7 from Arabidopsis interacts with and regulates the small subunit of ribonucleotide reductase (RNR2). *Plant Mol Biol.*

- HARRIS, D. B. S. R., RAGHUWANSHI, B. S., GANGWAR, J. S., et al. 2001.** Participatory evaluation by farmers of on-farm seed priming in wheat in India, Nepal and Pakistan. *Experimental Agriculture*, 37, no 3, p. 403-415.
- HAYASHI H., MURATA N. 1998.** Genetically engineered enhancement of salt tolerance in higher plants. In: Sato Murata N, (Ed.), *Stress Response of Photosynthetic Organisms: Molecular Mechanisms and Molecular Regulation*. Elsevier, Amsterdam: 133-148.
- HEYDARIYAN M, BASIRANI N, SHARIFI-RAD M, KHMMARI I AND POOR SR.** Effect of seed priming on germination and seedling growth of the caper (*Capparis Spinosa*) under drought stress. *Int J Adv Biol Biom Res*. 2014; 2: 2381–2389.
- HEYDECKER ,1973** Participatory evaluation by farmers of ‘on-farm’ seed priming in wheat in India, Nepal and Pakistan. *Exp Agric*. 2001; 37:403–415.
- HONG, S. Y., ET AL. 2011** Nuclear import and DNA binding of the ZHD5 transcription factor is modulated by a competitive peptide inhibitor in Arabidopsis. *J Biol Chem* 286(2):1659-68.
- HOPKIN W.G. (2003)** – *Physiologie végétale – traduction de la 2ed.américane par serge rambour révision scientifique de Charles-Marie Evradr Boeck univ. Bruxelles .p 445-460*
- HOTTON, S. K., AND J. CALLIS 2008** Regulation of cullin RING ligases. *Annu Rev Plant Biol* 59:467-89.
- HUANG HY, CHANG CK, ET AL.** Antioxidant activities of various fruits and vegetables produced in Taiwan. *Int J Food SciNutr*. 2004;55:423-429
- INSAF BANKAJI, ICHRAK BEN HAMMOUDA AND NOOMENE SLEIMI. (2017).** Effect of Priming on Seed Germination of Cucurbita Pepo under Copper Stress. *American Journal of Life Science Researches*, 5(3): 118-125
- IPTRID. (2006).** Conférence électronique sur la salinisation. Extension de la salinisation et stratégie de prévention et réhabilitation: 2-11.
- IQBAL M, ASHRAF M. 2010.** Gibberellic acid mediated induction of salt tolerance in wheat plants: Growth, ionic partitioning, photosynthesis, yield and hormonal homeostasis. *Environmental Experimental Botany* doi:10.1016/j.envexpbot.2010.06.002
- IRD. (2008).** Les dossiers thématiques de l’Institut de recherche pour le développement. Les sols sont fragiles : 1ère partie Salinisation et sodisation des sols. 2ème partie La dégradation des sols par salinisation ou alcalisation.

- JABNOUNE M. (2008).** Adaptation des plantes à l'environnement : Stress salin. Document PowerPoint disponible sur le site de l'université de la méditerranée. <http://biologie.univ-mrs.fr/>
- JACQUES PF, CHYLACK LT, Jr.** Epidemiologic evidence of a role for the antioxidant vitamins and carotenoids in cataract prevention. *Am J Clin Nutr.* 1991;53:352S-355S.
- JULIE LEBLOND-CASTAING , (19 Décembre 2011),** THÈSE DE DOCTORAT n°4466 « Caractérisation de l'interaction des protéines IMA/MIF2 et CSN5 au niveau moléculaire et physiologique. » n°p :343
- KADIRI M. & HUSSAINI MA. 2006.** Effect of hardening pretreatments on vegetative growth, enzyme activities and yield of *Pennisetum americanum* and *Sorghum bicolor* L. *Global J. Pure Appl. Sci.* 5 179–183.
- KHAN., F. A FAHAD, S., HUSSAIN, S., MATLOOB, A ,,, KHALIQ, A., SAUD, S., ... & FAIQ, M. (2009).** Phytohormones and plant responses to salinity stress: a review. *Plant Growth Regulation*, 75(2), 391-404.
- LAMENTIN. 2007.** Chambre d'Agriculture Martinique – Place d'Armes – 97232
- LAUCHLI A., LUTTGE U. 2002.** Salinity: Environment-plants-molecules. Kluwer academic publishers Now York .551 p.
- LEBLOND-CASTAING,** Caractérisation de l'interaction des protéines IMA/MIF2 et CSN5 au niveau moléculaire et physiologique, THÈSE DE DOCTORAT n°4466, Ecole doctorale des Sciences de la Vie et de la Santé , Université de Bordeaux 1, 2011, vol.35, n° de pages 353.
- LEVIGNERON A., LOPEZ F., VARISUYT G., BERTHOMIEN P., ET CASSE-DELBAR T. 1995.** Les plantes face au stress salin. *Cahier d'agriculture.* (4): 263-273
- LEVITT J. 1980.** Responses of plants to environmental stresses. Water radiation, salt and others stresses. Academic Press, New York, 2: 365- 406.
- LINN, S. 1988.** DNA damage and oxygen radical toxicity. *Science*, 240(4857): 1302–1309. Doi: 10.1126/science. 3287616. PMID: 3287616.
- LUI F, FIKRET YASAR², SEBNEM KUSVURAN^{3*} AND SEBNEM ELLIALTIUGLU. 2000.** The effect of salt stress on growth, chlorophyll content, lipid peroxidation and antioxidative enzymes of pumpkin seedling. *African Journal of Agricultural Research* Vol. 6(21), pp. 4920-4924

- MAHAJAN, S., PANDEY, G.K., ETTUTEJA, N. 2008.** Calcium- and saltstress signaling in plants: Shedding light on SOS pathway. Arch. Biochem. Biophys. 471(2) : 146–158. doi:10.1016/j.abb.2008.01.010. PMID: 18241665.
- 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.
- MAJID GHORBANI JAVID, ALI SOROOSHADEH, FOAD MORADI, SEYED ALI MOHAMMAD MODARRES SANAVY1, IRAJ ALLAHDAZI. 2011.** The role of phytohormones in alleviating salt stress in crop plants, AJCS 5(6):726-734 (2011)
- MARTÍNEZ-VALDIVIESO D. 2017.** Role of Zucchini and Its Distinctive Components in the Modulation of Degenerative Processes: Genotoxicity, Anti-Genotoxicity, Cytotoxicity and Apoptotic Effects. Nutrients. 14;9(7).
- MCDONALD MB.2000.** Seed priming. In 'black, m. g. d. bewley. (eds) . Seed technology and its biological basis. Sheffield academic press, Sheffield, uk, pp 287–325. 2000.
- Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de Master II En Biologie Spécialité :** Biotechnologie Végétale et Amélioration des Plantes, AMELIORATION DE LA GERMINATION ET LA VIGUEUR DES SEMENCES DE BLE DUR PAR INDUCTION EN PRESENCE DE NaCl
- Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de Master En Biologie Spécialité :** Biotechnologie Végétale et Amélioration des Plantes ,Analyse multivariée des traits associés à la vigueur des semis de blé dur sous les conditions salines et non salines .
- Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de Master En Biologie Spécialité :** Biotechnologie Végétale et Amélioration des Plantes, Different priming techniques on seed invigoration and seedling establishment of lentil (*Lens culinaris Medik*)
- Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de Master En Biologie Spécialité :** Biotechnologie Végétale et Amélioration des Plantes. Amélioration de la tolérance de blé dur (*Triticum durum Desf.*) à la salinité par voie (méthionine-priming)
- Mémoire Présenté pour l'obtention du diplôme de Master Académique OPTION :** Biotechnologies et amélioration des plants (Juin 2016) Zerari Houda. Effet de l'application exogène d'acide ascorbique sur la germination d'haricot (*phaseolus vulgaris L.*) sous stress salin.

- MESSIDI D., SLAMA I., LAABIDI N., GHNAYA T., SAVOURE A., SOLTANI, ABDELLY C. 2006.**Effect of nitrogen deficiency, salinity and drought on prolinemetabolisme in sesuviumportulacastrum. Biosaline Agriculture and Salinity Tolerance in Plants. Pp.65-72
- MILDE J, ELSTNER EF, GRASSMANN J. 2004.** Synergistic inhibition of low-density lipoprotein oxidation by rutin, gamma-terpinene, and ascorbic acid. *Phytomedicine.*;11:105-113.
- MUNNS R., M. TESTER. 2008.** Mechanisms of salinity tolerance. *Annu. Rev. Plant Biol.* 59: 651-681.
- MURKOVIC M, HILLEBRAND A, WINKLER J, PFANNHAUSER W. 1996.** Variability of vitamin E content in pumpkin seeds (*Cucurbita pepo* L.). *Z Lebensm Unters Forsch* 202(4):275–278
- NAEEM MA AND MUHAMMUD S. 2006.** Effect of seed priming on growth of barley (*Hordeum vulgare*) by using brackish water in salt affected soils. *Pak J Bot.* 2006; 38:613–622.
- NAZIMA BATOOL, NOSHIN ILYAS AND ARMGHAN SHEHZAD. 2016.** ROLE OF PHYTOHORMONES AS SALT STRESS MITIGATING AGENTS IN CEREALS, *J Agric. Res.*, 2016, Vol. 54(3):353-368
- NDOUR P. ET DANTHU P. 2000.** Effet des contraintes hydrique et saline sur la germination de quelques acacias africains. *Projet National de Semences Forestières du Sénégal.* 11 p.
- NIU, X., BRESSAN, R.A., HASEGAWA, P.M., ET PARDO, J.M. 1995.** Ion homeostasis in NaCl stress environments. *Plant Physiol.* 109(3): 735–742. PMID: 12228628.
- NKOSI CZ, OPOKU AR, TERBLANCHE SE. 2006.** Antioxidative effects of pumpkin seed (*Cucurbitapepo*) protein isolate in CCl₄-induced liver injury in low-protein fed rats. *Phytother Res* (2010):935–940
- PARIDA A.K, & DAS A.B. 2005.** Salt tolerance and salinity effect on plants: review. *Ecotoxicolgy and Environnemental Safety.* 60, 324-349.
- PESSARAKLI M. 2011.** Handbook of Plant and crop Stress. CRC Press Taylor & Francis Group, New York. 1188p.
- RAHMOUNE C., SEMADI A., AUAD H. and TAHAR A. 1997.** Air quality and lichenic distribution in the northeast Algeria. *Proc of Second International Scientific Conference. Science, Development and Environment, Cairo (Egypt),* p 333-344.

- RAMADE, F. 2008.** Dictionnaire encyclopédique : des sciences de la nature et de la biodiversité. Dunod, Paris .p.562
- REYNOLDS M P., ORTIZ-MONASTERIO J.I., MC NAB A. 2001.** Application of Physiology in Wheat Breeding. D.F.: CIMMYT: 101-111. Mexico
- RONTEIN, D., BASSET, G., & HANSON, A.D. 2002.** Metabolic engineering of osmoprotectant accumulation in plants. *Metab. Eng.* 4(1): 49–56. doi:10.1006/mben.2002.0208. PMID: 11800574.
- RUSH D.W. et EPSTEIN E., 1981.** Breeding and selection for salt-tolerance by incorporation of wild germ plasm into a domestic tomato. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* (106): 699- 704.
- SARKAR S, & BUHA D., 2008.** Effect of ripe fruit pulp extract of *Cucurbita pepo* Linn. in aspirin induced gastric and duodenal ulcer in rats. *Indian J Exp Biol* 46(9):639–645
- SCHOOF, H., et al., 2000.** The stem cell population of Arabidopsis shoot meristems in maintained by a regulatory loop between the CLAVATA and WUSCHEL genes. *Cell* 100(6):635-44.
- SEDDON JM, AJANI UA, et al. 1994.** Dietary carotenoids, vitamins A, C, and E, and advanced age-related macular degeneration. Eye Disease Case-Control Study Group. *JAMA.* 272:1413-1420.
- SEVENGOR, S., YASAR, F., KUSVURAN, S., & ELLIALTIUGLU, S. 2011.** The effect of salt stress on growth, chlorophyll content, lipid peroxidation and antioxidative enzymes of pumpkin seedling. *African Journal of Agricultural Research*, 6(21), 4920-4924
- SHAHI-GHARAHLAR, A., FARHOUDI, R., & MOSAVI, M. 2009.** Effect of seed pretreatment on summer squash (*Cucurbita pepo*) seed germination and seedling characteristics under salinity condition. *Seed Science and Biotechnology*, 3(1), 15-23.
- SHARAF, A., LABIB, S. et EI-MASSRY, R. 1990.** Effect of kinetin on the biochemical constituents of tomato plants under different levels of salinity. *Zagazig Journal of Agricultural Research (Egypt)*. 12: 417–441.
- SHI, H., ISHITANI, M., KIM, C., & ZHU, J.K. 2000.** The Arabidopsis thaliana salt tolerance gene SOS1 encodes a putative Na⁺/H⁺ antiporter. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 97(12): 6896–6901. doi:10.1073/pnas.120170197. PMID: 10823923.

- 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 *Cucurbita pepo* L. *Environmental toxicology and chemistry*, 33(11), 2429-2437.
- SILVEIRA NA, ALVAREZ-LEITE JI, SILVA ME, VIEIRA LQ, BAMBIRRA EA, VIEIRA EC. 1996.** Effect of high ingestion of dehydrated pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) on the cholesterol metabolism and on the hepatic histology in mice. *Arquiv Biol Technol* 39(4):961–974.
- Sivtsev, M. 1973.** Photochemical activity of chloroplast and bound strength complex in cultured plants during action of salinization and biologically active compounds *Fizol. Rast.* 20: 1176–1181.
- SKOOG F., & MILLER C.O. 1957.** Chemical regulation of growth and organ formation in plant tissues cultured in vitro. *Symp Soc Exp Biol* 11:118-30.
- SOMMERBURG O, KEUNEN JE, et al. 1998.** Fruits and vegetables that are sources for lutein and zeaxanthin: the macular pigment in human eyes. *Br J Ophthalmol.*;82:907-910.
- TAIZ L., et ZEIGER E., 2002.** *Plant Physiology*. 3rd ed. Sinauer Associates, Sunderland, MA, 690.
- TESTER, M. & DAVENPORT, R. 2003.** Na⁺ tolerance and Na⁺ transport in higher plants. *Annals of botany*, 2003, vol. 91, no 5, p. 503-527.
- TEWARI, T. N. & SINGH, B. B. 1991.** Stress studies in lentil (*Lens esculenta* M.) II. Sodicy induced changes in chlorophyll, nitrate and nitrate reductase, nucleic acid, proline, yield and yield components in lentil. *Plant Soil* 136: 225–230.
- TRAAS, J., AND T. VERNOUX 2002** The shoot apical meristem: the dynamics of a stable structure. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci* 357(1422):737-47.
- TRAN, L. S., ET AL. 2007** Co-expression of the stress-inducible zinc finger homeodomain ZFHD1 and NAC transcription factors enhances expression of the ERD1 gene in *Arabidopsis*. *Plant J* 49(1):46-63.
- TREMBLIN G., COUDRET A. (1986).** Salinité, transpiration et échanges de CO₂ chez *Haloepelisamplexicaulis* (Vahl.) Ung. *Oecol. Plant*, 7. 21: 417-431.
- 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. 2003.** Produire des semences de s e m e n c e s de Courgette dans un itinéraire, *Agrobiologique (BIO CIVAM de l'Aude)*, 1-4

- VANNESTE, S., AND J. FRIML 2009** Auxin: a trigger for change in plant development. *Cell* 136(6):1005-16.
- WALKER R. R., SEDGLEY M., BLESING M. A., DAUGLAS T. J., 1984.-** Anatomy, ultrastructure and assimilate concentrations of roots of citrus genotypes in ability for salt exclusion. *Journal of Experimental Botany*, 159: 1481-1494.
- WANG DC, PAN HY, DENG XM, XIANG H, GAO HY, CAI H, WU LJ (2007)** Cucurbitane and hexanorcucurbitane glycosides from the fruits of *Cucurbita pepo* cv dayangua. *J Asian Nat Prod Res* 9(6–8):525–529
- WIDJAJA EA, SUKPRAKARN S (1993)** *Cucurbita* L. In: Siemonsma JS, Piluek K (eds.) Plant resources of South-East Asia No. 8. Vegetables. Pudoc Scientific, Wageningen, pp 160–165
- WINKLER C, WIRLEITNER B, SCHROECKSNADEL K (2005)** Extracts of pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) seeds suppress stimulated peripheral blood mononuclear cells in vitro. *Am J Immunol* 1(1):6–11
- WOODWARD, A. W., AND B. BARTEL 2005** Auxin: regulation, action, and interaction. *Ann Bot* 95(5):707-35.
- YAMAGUCHI, S. 2008** Gibberellin metabolism and its regulation. *Annu Rev Plant Biol* 59:225-51.
- YILDIRIM, E., & GÜVENÇ, . (2006).** Salt tolerance of pepper cultivars during germination and seedling growth. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 30(5), 347-353.
- YILDIRIM, E., TAYLOR, A.G., & SPITTLER, T.D. 2006.** Ameliorative effects of biological treatments on growth of squash plants under salt stress. *Scientia Horticulturae*, 111(1), 1-6.
- YU J, WANG L, ET AL. 2005.** Antioxidant activity of citrus limonoids, flavonoids, and coumarins. *J Agric Food Chem.*;53:2009-2014.
- ZHAO, Y. 2010** Auxin biosynthesis and its role in plant development. *Annu Rev Plant Biol* 61:49-64.
- ZHU, J.K. (2002).** Salt and drought stress signal transduction in plants. *Annu. Rev. Plant Biol.* 53(1): 247–273.
- ZHU, J.K. (2003).** Regulation of ion homeostasis under salt stress. *Curr. Opin. Plant Biol.* 6(5): 441–445.
- ZIANI D., 2003, L'agriculture Algérienne des défis à relever, Agro ligne, n°31: 4-5.**

REFERENCES NETOGRAPHIQUES

(@1) Wikipédia

(@2)

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

(@3) Voir Brochure du GRAB : "Les techniques de désherbage, en maraîchage et PPAM biologiques".

(@4) <https://popups.uliege.be/1780-4507/index.php?id=12017>

Annexe 1 : FENGIB composition

Fengib® is a formulation of 0.5% gibberellic acid (GA) and 1% Fenotiol-a synthetic auxin which is as ester of MCPA (4-chloro-2-methylphenoxyacetic acid)

Ruiz-Jaén, A., & Montañés, P. (2010). **The production of quality citrus fruits using Fengib®.** *Agricola Vergel: Fruticultura, Horticultura, Floricultura, Citricultura, Vid, Arroz*, 29(335), 87-89.

For more information see : [Agricola Vergel: Fruticultura, Horticultura, Floricultura, Citricultura, Vid, Arroz](#)

Plant growth regulator with stimulant and fruit set action. **FENGIB** is a growth regulator in concentrated emulsion that stimulates flower induction and fruit set. Fruits treated have a larger and uniform size.

Formulation: Liquid

Composition

Gibberellic acid (pure GA3) 0.5 g (= 5 g/L)

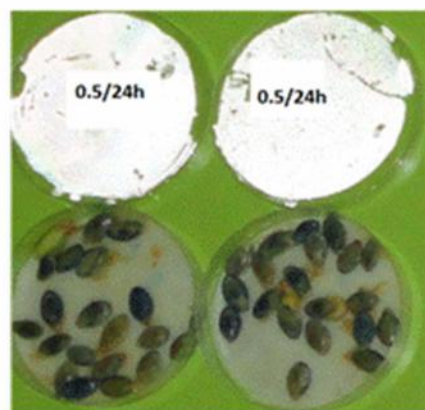
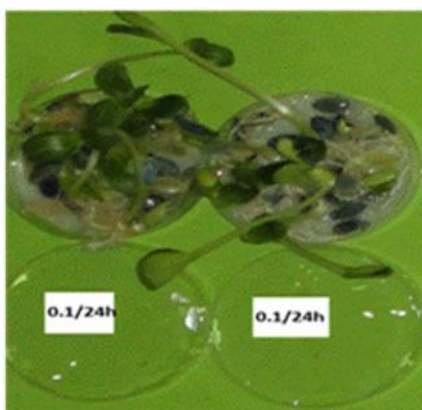
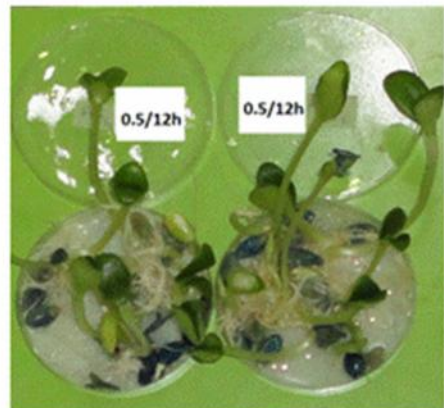
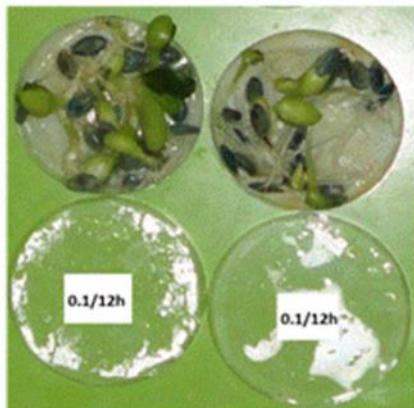
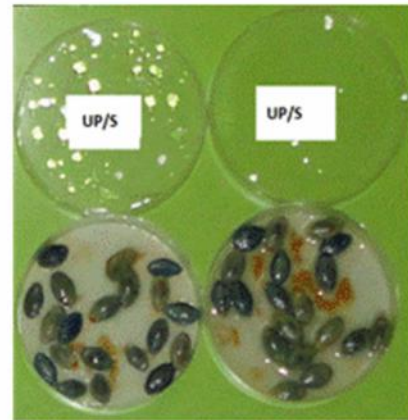
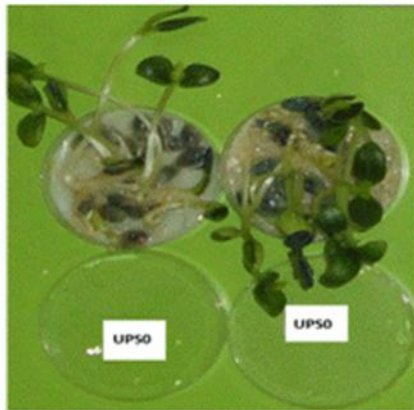
MCPA (pure ester tioetilic) 1 g (= 10 g/L)

Formulants and solvents: up to 100 g

Registration Number: n. 14582 of Ministry of Health dated 30.04.2009

Warnings: Use plant protection products safely. Before use always read the label and product information. It draws attention to the phrases and hazard symbols on the label.

Annexe 2: Photos qui montrent une partie des résultats du test de germination.



Annexe 3 : Analyses statistiques des résultats

TEST DE GERMINATION

ANOVA Table for PFG by TREATMENT

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	24934,2	9	2770,46	166,23	0,0000
Within groups	333,333	20	16,6667		
Total (Corr.)	25267,5	29			

Multiple Range Tests for PFG by TREATMENT

Method: 95,0 percent LSD

TREATMENT	Count	Mean	Homogeneous Groups
T6	3	0,0	e
T5	3	0,0	e
T7	3	0,0	e
T8	3	0,0	e
S	3	8,33333	d
T4	3	15,0	d
T1	3	35,0	c
T3	3	36,6667	c
T2	3	65,0	b
T0	3	85,0	a

Contrast	Sig.	Difference	+/- Limits
S - T0	*	-76,6667	6,95323
S - T1	*	-26,6667	6,95323
S - T2	*	-56,6667	6,95323
S - T3	*	-28,3333	6,95323
S - T4		-6,66667	6,95323
S - T5	*	8,33333	6,95323
S - T6	*	8,33333	6,95323
S - T7	*	8,33333	6,95323
S - T8	*	8,33333	6,95323
T0 - T1	*	50,0	6,95323
T0 - T2	*	20,0	6,95323
T0 - T3	*	48,3333	6,95323
T0 - T4	*	70,0	6,95323
T0 - T5	*	85,0	6,95323
T0 - T6	*	85,0	6,95323
T0 - T7	*	85,0	6,95323
T0 - T8	*	85,0	6,95323
T1 - T2	*	-30,0	6,95323
T1 - T3		-1,66667	6,95323
T1 - T4	*	20,0	6,95323
T1 - T5	*	35,0	6,95323
T1 - T6	*	35,0	6,95323
T1 - T7	*	35,0	6,95323
T1 - T8	*	35,0	6,95323
T2 - T3	*	28,3333	6,95323
T2 - T4	*	50,0	6,95323
T2 - T5	*	65,0	6,95323
T2 - T6	*	65,0	6,95323
T2 - T7	*	65,0	6,95323
T2 - T8	*	65,0	6,95323
T3 - T4	*	21,6667	6,95323
T3 - T5	*	36,6667	6,95323
T3 - T6	*	36,6667	6,95323
T3 - T7	*	36,6667	6,95323
T3 - T8	*	36,6667	6,95323
T4 - T5	*	15,0	6,95323
T4 - T6	*	15,0	6,95323
T4 - T7	*	15,0	6,95323
T4 - T8	*	15,0	6,95323
T5 - T6		0,0	6,95323
T5 - T7		0,0	6,95323
T5 - T8		0,0	6,95323
T6 - T7		0,0	6,95323
T6 - T8		0,0	6,95323
T7 - T8		0,0	6,95323

* denotes a statistically significant difference.

TEST DE CROISSANCE

T: témoin

S: salinité (200 mM)

S/F : stress + traitement au FENGIB

ANOVA Table for PFF by TREATEMENT

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	0,474363	2	0,237182	11,17	0,0095
Within groups	0,12736	6	0,0212267		
Total (Corr.)	0,601724	8			

Multiple Range Tests for PFF by TREATEMENT

Method: 95,0 percent LSD

stress	Count	Mean	Homogeneous Groups
S	3	1,2576	X
S/F	3	1,72267	X
T	3	1,76393	X

Contrast	Sig.	Difference	+/- Limits
T - S/F		0,0412667	0,291082
T - S	*	0,506333	0,291082
S/F - S	*	0,465067	0,291082

* denotes a statistically significant difference.

ANOVA Table for PFF by TREATEMENT

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	0,474363	2	0,237182	11,17	0,0095
Within groups	0,12736	6	0,0212267		
Total (Corr.)	0,601724	8			

Multiple Range Tests for PFF by TREATEMENT

Method: 95,0 percent LSD

stress	Count	Mean	Homogeneous Groups
S	3	1,2576	X
S/F	3	1,72267	X
T	3	1,76393	X

Contrast	Sig.	Difference	+/- Limits
T - S+F		0,0412667	0,291082
T - S	*	0,506333	0,291082
S+F - S	*	0,465067	0,291082

* denotes a statistically significant difference.

ANOVA Table for SF by TREATMENT

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

TREATMENT	Count	Mean	Homogeneous Groups
S	3	20,1267	x
S/F	3	25,6667	x
T	3	28,4433	x

Contrast	Sig.	Difference	+/- Limits
S - S/F	*	-5,54	4,14504
S - T	*	-8,31667	4,14504
S/F - T		-2,77667	4,14504

* denotes a statistically significant difference.

ANOVA Table for TEF by TREATEMENT

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	0,226716	2	0,113358	75,83	0,0001
Within groups	0,00896942	6	0,0014949		
Total (Corr.)	0,235685	8			

Multiple Range Tests for TEF by TREATEMENT

Method: 95,0 percent LSD

stress	Count	Mean	Homogeneous Groups
S	3	1,12317	X
T	3	1,42813	X
S/F	3	1,48447	X

Contrast	Sig.	Difference	+/- Limits
T - S/F		-0,0563333	0,0772468
T - S	*	0,304967	0,0772468
S/F - S	*	0,3613	0,0772468

* denotes a statistically significant difference.

ANOVA Table for PRO by TREATEMENT

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	44775,4	2	22387,7	40,71	0,0003
Within groups	3299,49	6	549,915		
Total (Corr.)	48074,8	8			

Multiple Range Tests for PRO by TREATEMENT

Method: 95,0 percent LSD

stress	Count	Mean	Homogeneous Groups
S0	3	15,7655	X
S1	3	52,4647	X
S2	3	180,326	X

Contrast	Sig.	Difference	+/- Limits
T - S/F		-36,6992	46,8513
T - S	*	-164,56	46,8513
S/F - S	*	-127,861	46,8513

* denotes a statistically significant difference.

ANOVA Table for TSS by TREATEMENT

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	342,296	2	171,148	12,24	0,0076
Within groups	83,8631	6	13,9772		
Total (Corr.)	426,159	8			

Multiple Range Tests for TSS by TREATEMENT

Method: 95,0 percent LSD

stress	Count	Mean	Homogeneous Groups
T	3	6,17612	X
S	3	16,8235	X
S/F	3	20,7801	X

Contrast	Sig.	Difference	+/- Limits
T - S/F	*	-14,6039	7,46936
T - S	*	-10,6474	7,46936
S/F - S		3,95657	7,46936

* denotes a statistically significant difference.

ANOVA Table for CHLa by TREATEMENT

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	5,09994	2	2,54997	4,06	0,0767
Within groups	3,76736	6	0,627893		
Total (Corr.)	8,8673	8			

Multiple Range Tests for CHLa by TREATEMENT

Method: 95,0 percent LSD

stress	Count	Mean	Homogeneous Groups
S	3	1,82408	X
T	3	3,29	XX
S/F	3	3,52568	X

Contrast	Sig.	Difference	+/- Limits
T - S/F		0,235683	1,58313
T - S	*	1,70161	1,58313
S/F - S		1,46592	1,58313

* denotes a statistically significant difference.

ANOVA Table for CHLb by TREATEMENT

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	21,4957	2	10,7479	12,45	0,0073
Within groups	5,18118	6	0,86353		
Total (Corr.)	26,6769	8			

Multiple Range Tests for CHLb by TREATEMENT

Method: 95,0 percent LSD

stress	Count	Mean	Homogeneous Groups
S	3	1,44245	X
T	3	2,34183	X
S/F	3	5,07667	X

Contrast	Sig.	Difference	+/- Limits
T - S/F	*	-2,73483	1,85658
T - S		0,89938	1,85658
S/F - S	*	3,63421	1,85658

* denotes a statistically significant difference.

ANOVA Table for CAR by TREATEMENT

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	0,121266	2	0,060633	0,75	0,5111
Within groups	0,48361	6	0,0806016		
Total (Corr.)	0,604876	8			

Multiple Range Tests for CAR by TREATEMENT

Method: 95,0 percent LSD

stress	Count	Mean	Homogeneous Groups
S	3	0,39993	X
T	3	0,457961	X
S/F	3	0,67	X

Contrast	Sig.	Difference	+/- Limits
T - S/F		-0,212039	0,567212
T - S		0,0580314	0,567212
S/F - S		0,27007	0,567212

* denotes a statistically significant difference.

Résumé :

Le but de la présente étude est d'évaluer l'impact du prétraitement des semences de courgette (*Cucurbita pepo* var. quarantaine) avec le FENGIB sur sa tolérance à la salinité. Pour ce faire, nous avons examiné dans un premier lieu l'effet interactif de l'induction des semences avec le FENGIB (trempage des semences dans des solutions de FENGIB 0% ; 0,1% ; 0,5% ; 1% et 5%, pendant 12 ou 24 heures) et la salinité (200 mM NaCl) sur la germination. Ensuite, nous avons examiné l'impact du meilleur traitement (0,1% de FENGIB pendant 12h) sur les différents paramètres de croissance des feuilles (poids frais foliaire, poids sec foliaire, surface foliaire), physiologiques (teneur en eau foliaire) et biochimiques (chlorophylles, caroténoïdes, teneur en sucres solubles, proline) chez des plantules de courgette âgées de 21 jours et irriguées à l'eau additionnée de NaCl (200mM) pendant une semaine. Les résultats indiquent que le stress salin a affecté négativement la germination et tous les paramètres de croissance des feuilles. De même, le stress salin a induit la diminution du contenu foliaire en eau, en pigments photosynthétiques, par contre il a induit l'accumulation de la proline et les sucres solubles. En revanche l'amorçage des semences avec le FENGIB a inversé l'impact du stress sur les différents paramètres étudiés.

Mots clés : *Cucurbita pepo*, stress salin, FENGIB, induction des semences,

Abstract:

The purpose of this study is to evaluate the impact of pretreatment of zucchini seeds (*Cucurbita pepo* var. quarantine) with FENGIB on its tolerance to salinity. To do this, we first examined the interactive effect of seed priming with FENGIB (seed soaking in FENGIB solutions of 0%, 0.1%; 0.5%; 1% and 5% for 12 or 24 hours) and salinity (200 mM NaCl) on germination. Next, we examined the impact of the best treatment (0.1% FENGIB for 12h) on different leaf growth parameters (leaf fresh weight, leaf dry weight, leaf area), physiological (leaf water content) and biochemical parameters (chlorophylls, carotenoids, soluble sugar content, proline), in 21-day-old zucchini seedlings irrigated with NaCl solution (200 mM) for one week. The results indicate that salt stress negatively affected germination and all leaf growth parameters. Similarly, salt stress induced the decrease of leaf content in water, in photosynthetic pigments, on the other hand it induced the accumulation of proline and soluble sugars. The seed priming with FENGIB reversed, however, the impact of salt stress on the various studied parameters.

Key words: *Cucurbita pepo*, salt stress, FENGIB, seed priming.