

UNIVERSITÉ BLIDA 1

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département de Biotechnologie

THESE DE DOCTORAT

En Sciences agronomiques

Spécialité: Production et amélioration des végétaux

Thème

**EFFET DES DOSES ET DES FREQUENCES D'APPLICATION DE
DEUX TYPES D'ANTI-STRESS (SYSTEMIQUE ET FOLIAIRE) SUR
LA PRODUCTION DE PLANTS DE QUELQUES ESPECES
MARAICHERES, ISSUS DU SEMIS ET DU BOUTURAGE EN
MILIEU ARIDE.**

Ahmed BOUTAHRAOUI

Devant le jury composé de:

Mabrouk BENMOUSSA	Professeur	U. BLIDA1	Président
Sid Ahmed SNOUSSI	Professeur	U. BLIDA1	Directeur de thèse
Samia BOUAFIA BISSATI	Professeur	U. OUARGLA	Examinatrice
Abdelaziz BENZAIZA	Maitre de conférences A	U. BISKRA	Examineur
Mohamed MEFTI	Maitre de conférences A	ENSA ALGER	Examineur
Maria Stella BRADEA	Maitre de conférences A	U. BLIDA1	Examinatrice

Blida, 2018

Résumé

La salinité des eaux d'irrigation est un problème très répandu dans les zones arides et semis arides en Algérie.

Le présent travail a pour objectif d'étudier l'effet de deux types d'anti stress sous forme d'engrais liquides (le fertiactyl comme engrais systémique, et le fertileader comme engrais foliaire) en pépinière sur deux espèces maraichères tomate et concombre (issues par semis et par bouturage) avec le procédé hors sol dans un environnement salin.

Les plants ont été irrigués avec deux types de solutions composées d'une eau saline naturelle et une autre corrigée. Les deux anti-stress ont été additionnés dans les milieux nutritifs et utilisés soit sous forme systémique, soit sous forme foliaire afin de déterminer leur impact sur les plants en conditions de stress salin.

Dès les premières semaines d'application des traitements, l'aspect physiologique des plants était très différent d'un traitement à l'autre. Les plants arrosés avec les solutions salines présentaient un retard de croissance et des troubles physiologiques tels que le dessèchement précoce et la chute des feuilles.

Les résultats ont montré d'une part que les plants alimentés par la solution saline corrigée associée ou non aux anti-stress présentaient une meilleure croissance par rapport à ceux alimentés avec la solution saline naturelle. D'autre part l'effet des anti stress a été plus remarquable chez les plants de tomate issus par voie végétative et irrigués avec des solutions salines corrigées.

Mots clés : Tomate - Concombre –Salinité - Anti-stress - Hybride –Bouturage-Semis.

Abstract

Irrigation water salinity is a problem that is very much answered in arid and arid land in Algeria.

The present work aims to study the effect of two types of anti-stress in the form of liquid fertilizers (fertiacetyl as a systemic fertilizer, and fertilizer as foliar fertilizer) in nurseries on two tomato and cucumber vegetable species (from by seeding and by cuttings) with the above-ground process in a saline environment.

The plants were irrigated with two types of solutions consisting of natural saline water and corrected natural saline water. Both anti-stress were added in nutrient media and used either systemically or in leaf form to determine their impact on plants under salt stress conditions.

From the first weeks of application of the treatments, the physiological aspect of the plants was very different from one treatment to another. The plants watered with saline solutions showed growth retardation and physiological disturbances such as early drying and falling leaves.

The results showed that, on the one hand, the plants fed with the corrected saline solution, whether or not associated with antistress, had better growth than those fed with natural saline solution. On the other hand, the effect of anti-stress was more remarkable in vegetatively grown tomato plants irrigated with corrected salt solutions

Key words: Tomato, Cucumber, Salinity, Anti-stress, Hybrid, propagation by cuttings, seedling.

المخلص

تعد ملوحة مياه السقي المتواجدة في المناطق القاحلة و الشبه القاحلة في الجزائر من المشاكل العويصة.

الغرض من هذه الدراسة هو تأثير نوعين من مضادات الاضطراب على شكل أسمدة سائلة (فرتياكتيل كسماد نظامي و الفرتيليدر كسماد ورقي) على إنتاج في مرحلة المشتلة لصنفين من النباتات : الطماطم (عن طريق البذر و القصاصات) و كذا الخيار عن طريق البذر وخارج التربة في وسط مالح.

تم سقي النباتات بمحلولين مختلفين (ماء طبيعي مالح و ماء طبيعي مالح مصحح) ثم تم إضافة المضادين للإضطراب في المحاليل المستعملة من أجل تحديد تأثيرهم على الإضطراب الملحي بداية من الأسابيع الأولى لإستعمال المحاليل تمت ملاحظة إختلافات فزيولوجية ظاهرة من محلول لآخر , النباتات المسقية بالمياه الطبيعية المالحة أظهرت تأخر في النمو و كذا إضطرابات فزيولوجية كجفاف و سقوط مبكر للأوراق النتائج الأولية المتحصل عليها بينت أن النباتات المسقية بالمياه الطبيعية المالحة المصححة المضاف لها أو بدون المضادات للإضطراب أظهرت نمو أفضل بالنسبة مما سقي بماء طبيعي خام. من جهة أخرى تكاثر الطماطم الهجينة بالطريقة النباتية خارج التربة حققت نجاح بشرط أن تسقى القصاصات بمحلول غذائي متوازن و غني بالألاح المعدنية

الكلمات المفتاحية : الطماطم - الخيار - الملوحة - مضاد الاضطراب - هجين - قصاصات- البذر.

REMERCIEMENTS

Au terme de ce travail, il m'est particulièrement agréable d'exprimer mes remerciements les plus sincères à Monsieur **SNOUSSI S.A** Professeur à l'Université de Blida1 pour son appui, ses précieux conseils et ses orientations.

Mes remerciements vont également aux personnalités qui ont bien voulu faire partie de ce jury ;

Mr **BENMOUSSA M.** Professeur à l'Université de Blida1 qui a bien voulu examiner ce travail et présider le jury.

Mme **BRADEA M.S.** Maître de Conférences « A » à l'Université de Blida 1 examinatrice.

Mme **BOUAFIA BISSATI S.** Professeur à l'Université de Ouargla pour son déplacement et l'évaluation de ce travail.

Mr **BENAZIZA A.** Maître de Conférences de l'Université de Biskra pour son soutien moral, son déplacement et sa disponibilité permanente pour l'évaluation de ce travail.

Mr **MEFTI M.** Maître de Conférences « A » à l'E.N.S.A d'Alger d'avoir accepté de faire partie de ce jury malgré ses responsabilités, je le remercie vivement.

Je tiens aussi à remercier toutes les personnes qui m'ont soutenu et aider à terminer ce travail en particulier Mr Ramdane S.A, Dr Chaouia C., Pr Djazouli Z. et Pr Benrima A. Doyenne de la faculté S.N.V de Blida1.

Enfin, je remercie toute personne ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce document.

Dédicaces

A la mémoire de mes parents

A toute ma famille

A toutes les personnes qui ont contribué à ma formation

A vous tous

A. BOUTAHRAOUI.

TABLE DES MATIERES

RESUMES.	02
REMERCIEMENTS.	05
TABLE DES MATIERES.	07
LISTE DES ILLUSTRATIONS, GRAPHIQUES ET TABLEAUX.	08
INTRODUCTION.	12
CHAPITRE1 : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE.	15
1.1. Les zones arides et la salinité.	15
1.2. La culture de la tomate.	29
1.3. La culture du concombre.	39
1.4. Les cultures hydroponiques.	42
1.5. La multiplication des plants.	45
CHAPITRE 2 : MATERIEL ET METHODES.	52
2.1. Effet de deux types d'antistress (le Fertiactyl et le Fertileader) sous forme d'engrais liquides sur la production de plants de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i>) et de concombre (<i>Cucumis sativus</i>) en hors sol et dans un environnement salin	52
2.2. Effet du Fertiactyl sur la production de plants de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i>) hybride F1 obtenus par voie végétative en hors sol et en milieu salin.	55
2.3. Conditions expérimentales.	59
2.4. Synthèse des solutions nutritives.	59
2.5. Les paramètres mesurés.	67
CHAPITRE 3 : RESULTATS ET DISCUSSION.	70
3.1. Effet du fertiactyl et du fertileader sur la production de plants de tomate et de concombre en hors sol dans un milieu salin	70
3.2. Effet du fertiactyl sur la production de plants de tomate en hors sol, issus par voie végétative et cultivés dans un milieu salin.	88
DISCUSSION GENERALE.	102
CONCLUSION.	106
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.	108

LISTE DES ILLUSTRATIONS GRAPHIQUES

N° de figure	Titre	N° page
Figure 2.1	Schéma du dispositif expérimental.	54
Figure 2.2	Aspect des bourgeons axillaires récoltés.	56
Figure 2.3	Repiquage des bourgeons axillaires.	57
Figure 2.4	Schéma du dispositif expérimental.	58
Figure 2.5	Vue générale du dispositif expérimental.	58
Figure 3.1	Aspect des plants de tomate des traitements (T1, T3, T5) (de gauche à droite).	70
Figure 3.2	Aspect des plants de concombre des traitements (T1, T3, T5) (de gauche à droite).	70
Figure 3.3	Aspect des plants de tomate traitements (T2, T4, T6) (de gauche à droite)	71
Figure 3.4	Aspect des plants de concombre traitements (T2, T4, T6) (de gauche à droite)	71
Figure 3.5	Vitesse de croissance des plants de concombre en cm/jour	73
Figure 3.6	Coupe transversale au niveau d un plant de tomate	88
Figure 3.7	Plant irrigué avec (T1) (60 jours après repiquage)	89
Figure 3.8	Plant irrigué avec (T2) (60 jours après repiquage)	89
Figure 3.9	Coupe transversale à la base d'une tige d'un plant de tomate irrigué avec la solution corrigée + fertiactyl, (25 jours après repiquage) ; observée sous loupe binoculaire (GX4).	90
Figure 3.10	Plant irrigué avec (T3) (60 jours après repiquage)	90
Figure 3.11	Plant irrigué avec (T4) (60 jours après repiquage)	91
Figure 3.12	Vitesse moyenne de croissance des plants des différents traitements.	92

LISTE DES ILLUSTRATIONS DES TABLEAUX

N° de tableau	Titre	N°
Tableau 1.1	Evolution des importations de semences	12
Tableau 1.2	Importation en semences de tomate en Algérie	18
Tableau 1.3	Exigences écologiques optimales de la tomate	28
Tableau 1.4	Evolution de la culture de tomate maraichère en Algérie (qx. 10 ³)	30
Tableau 1.5	Exportation des éléments minéraux en kg/ha	32
Tableau 1.6	Exportation en éléments fertilisants du concombre de serre . .	32
Tableau 1.7	Importation des semences potagères en 2016.	33
Tableau 1.8	Exemple de solution nutritive pour plantes neutrophiles. En meq/L	36
Tableau 1.9	Exemple de solution nutritive pour plantes acidophiles En meq/L	37
Tableau 1.10	Evolution de la culture de concombre en Algérie (qx. 10 ³)	39
Tableau 1.11	Sels d'oligo-éléments complémentaires	42
Tableau 1.12	Principales régions en Algérie touchées par le problème de salinité . . .	44
Tableau 1.13	Evaluation de la qualité des eaux d'irrigation	44
Tableau 1.14	Propriétés des oligo-éléments	45
Tableau 2.1	Doses et fréquences d'arrosage	55
Tableau 2.2	Doses et fréquences d'arrosage	57
Tableau 2.3	Moyennes des températures hebdomadaire en °C	59
Tableau 2.4	Caractéristiques de l'eau utilisée pour la synthèse des différents traitements	60
Tableau 2.5	Composition de l'eau de Blida pH =7,8 (meq/l)	63
Tableau 2.6	Eau de Blida corrigée (traitement témoin) pH = 5,8 (meq/l)	63
Tableau 2.7	Composition des solutions complémentaires d'oligo-éléments A et B	65
Tableau 2.8	Eau d'Oued Chéiff naturelle saline, reconstituée avec l'eau de Blida (pH = 7,34) (meq/l)	65
Tableau 2.9	Eau d'Oued Chéiff corrigé ((pH = 5,78)	66
Tableau 3.1	Vitesse de croissance en (cm /jour)	72
Tableau 3.2	Hauteur finale des plants en (cm)	74
Tableau 3.3	Diamètre des tiges en (cm)	75
Tableau 3.4	Nombre de feuilles	77
Tableau 3.5	Poids frais des feuilles en (g)	78
Tableau 3.6	Poids frais des tiges en (g)	80
Tableau 3.7	Biomasse sèche des feuilles en (g)	81
Tableau 3.8	Poids sec des tiges en (g)	82

Tableau 3.9	Poids sec total en (g)	83
Tableau 3.10	Taux de matière sèche des feuilles en (%)	84
Tableau 3.11	Taux de matière sèche des tiges en (%).	86
Tableau 3.12	Taux de matière sèche total (feuilles plus tiges) en (%).	87
Tableau 3.13	Hauteur finale des tiges en (cm)	92
Tableau 3.14	Diamètre final moyen des plants en (cm) (60 jours après repiquage)	94
Tableau 3.15	Nombre moyen des feuilles des plants(60 jours après le repiquage)	94
Tableau 3.16	Poids frais moyen des feuilles en (g) (60 jours après repiquage)...	95
Tableau 3.17	Poids frais moyen des tiges en(g) (60 jours après repiquage)	96
Tableau 3.18	Poids frais des tiges en (g) (60 jours après repiquage).	97
Tableau 3.19	Poids sec des feuilles en (g) (60 jours après repiquage)	98
Tableau 3.20	Poids sec moyen des tiges en (g)(60 jours après repiquage)	99
Tableau 3.21	Poids sec total moyen des plants en (g) (60 jours après repiquage)	100
Tableau 3.22	Taux de matière sèche des plants en (%) après (60 jours après repiquage), repiquage	100

INTRODUCTION

INTRODUCTION

Les terres, sous climats arides et semi arides représentent un tiers de la surface du globe [1]. Ces écosystèmes sont caractérisés par une forte irrégularité des précipitations [2,3] associés à une importante évaporation favorisant l'accumulation des sels dans le sol [4] ce qui explique la qualité médiocre (saumâtres) des ressources hydriques disponibles dans ces zones [5].

Caractérisées par des précipitations annuelles inférieures au seuil conventionnel de 150 à 200 mm, les régions arides disposent de ressources en eau renouvelables très limitées. Parallèlement à ces conditions naturelles défavorables, le développement des activités industrielles et agricoles et l'extension des périmètres irrigués en particulier, n'ont pas été sans conséquence sur l'environnement en général et sur la ressource en eau plus particulièrement.

Dans les régions à climat chaud et aride, les besoins en eau des cultures sont élevés alors que l'eau disponible présente souvent une forte minéralisation défavorable à son utilisation en irrigation. L'une des possibilités pour développer des productions légumières dans ces régions est d'utiliser les sols peu évolués comme support de culture et d'assurer l'intégralité des besoins en eau et en sels minéraux des plantes par la transformation des eaux naturelles en solutions nutritives [6].

En Algérie, la superficie des cultures maraichères sous abri serres est passée de 20 ha, en 1970 [7] à 14215 ha en 2016 selon le Ministère de l'Agriculture et de Développement Rural. Dans les Ziban, en 1992 [8] signale une superficie de la plasticulture de 490 ha. En 2012, la Direction des Services Agricoles de Biskra (D.S.A) a estimé cette superficie à 3079,76 ha, soit un accroissement de 528,52% en l'espace de 20 ans.

Cette forte activité agricole dans les zones arides a engendré une très forte demande en intrants tels que les plants et semences hybrides et les engrais liquides [9]. Ces dernières années, divers produits et substances visant à améliorer le fonctionnement du sol, de la plante ou les interactions entre sol et plante à travers la stimulation de processus biologiques, ont fait leur apparition sur le marché des intrants agricoles. Le fertiactyl et le fertileader sont deux types d

engrais liquides biologiques considérés comme très efficaces pour les cultures contre le stress abiotique.

Le présent travail a pour objectif d'étudier l'effet de deux types d'anti-stress sous forme d'engrais liquides (le fertiactyl comme engrais systémique et le fertileader comme engrais foliaire) sur la production, en phase pépinière, de deux types de plants de tomate (issus par semis et par bouturage) et des plants de concombre issus par semis, dans un milieu salin.

CHAPITRE 1: SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre 1: Synthèse bibliographique

1.1 Les zones arides et la salinité

1.1.1. Caractéristiques des zones arides

L'aridité n'est pas due uniquement au climat, mais essentiellement à une action humaine (le déboisement, l'incendie, le pâturage intensif,...): la dégradation anthropique du tapis végétal entraîne une augmentation des maximums des températures et celle du sol à pour effet de diminuer les capacités de stockage de l'eau [10].

L'importance des travaux de MARTONNE, 1926; TORNTHWAITTE, 1948 ; EMBERGER, 1955 ; BAGNOULS et GAUSSEN, 1957 ; DU BIEF, 1963 ; VERNEMMEN, 1969 ; LE HOUEROU, 1975 cités in HALITIM [8] et consacrés à l'aridité et en particulier à sa définition et à sa quantification. Ce concept n'est pas encore bien connu.

Il est difficile de définir un milieu aride, une telle définition tient compte des notions diverses relevant de la climatologie, de la morphologie et de la biologie (surtout végétale) [9],

Ce type de dégradation concluent PERENNES [11], POUGET [12], FLORET [13], Conjuguent les effets pour renforcer l'aridité d'origine climatique. Or, les régions arides présentent de nombreuses contraintes à leur développement, mais elles renferment aussi des atouts qu'il s'agira d'exploiter et de valoriser pour le bien être des populations qui y vivent, Par ailleurs, à cause de la globalisation mondiale, l'agriculture en zones arides malgré les contraintes liées au milieu devra évoluer dans ce nouveau système de libre circulation des produits en devenant plus performante et répondre à une économie de marché où la compétitivité est rude et pas à son avantage,

Le milieu aride est caractérisé par des sols peu évolués de faible fertilité [13], En effet, ces sols sont caractérisés par une absence presque totale d'humus, et, sont encore marqués par l'influence du processus érosif beaucoup plus intenses suite à l'existence de climat plus pluvieux, autrefois et au cours du quaternaire [14].

Le milieu édaphique souffre par ailleurs d'une dégradation liée à l'action de l'homme et des animaux, et qui est d'autant plus grave que ces milieux sont

particulièrement sensibles à l'érosion éolienne [13]. En effet, selon la fragilité des écosystèmes, la dégradation de la végétation observe depuis la raréfaction de certaines espèces, jusqu'à la disparition totale de l'ensemble des espèces pastorales intéressantes et leur substitution par d'autres non palatables [15]. En outre, la dégradation des sols, aggravée par les variations de la disponibilité en eau, constitue l'une des principales causes de l'hétérogénéité spatiale des communautés végétales [14]. Ces variations dépendent elles-mêmes de l'hétérogénéité de la couverture pédologique, et de la distribution de l'eau à l'échelle des versants sous l'action du ruissellement. La régression du couvert végétal mène au bout du compte, à la désorganisation des propriétés physiques du sol, à la réduction de sa fertilité et à la disparition des voiles éoliens, qui permettent de limiter le phénomène de ruissellement par l'amortissement des gouttes d'eau lors des fortes pluies torrentielles [13]. Les sols sont de ce fait particulièrement sensibles à l'érosion éolienne et hydrique, qui conduit à une diminution globale de la capacité que peuvent avoir ces sols à stocker l'eau de pluie [16].

En effet, nous avons assisté à l'implantation de zones urbaines de plus en plus importantes accompagnées de zones industrielles et un développement accru de l'activité agricole, Ceci a été à la base d'une dégradation de la ressource en eau tant sur le plan quantitatif que sur celui de la qualité, Le cas de la région de Biskra est révélateur de cette situation et les rabattements des niveaux piézométriques des différents aquifères de la région [17] ne font que conforter l'ampleur de cette dégradation,

L'Algérie est classée comme étant une zone semi-aride à aride du fait de l'importance de l'évapotranspiration par rapport aux précipitations, Selon HALITIM [8], la zone aride couvre près de 95% du territoire national(tab1.1), Les eaux d'irrigation en régions arides du Maghreb sont riches en chlorures mais aussi en sulfates, surtout les eaux de nappes profondes et les eaux géothermiques, Ces eaux ont des incidences sur les plantes et auront à long terme un impact certain sur la typologie des sols de ces régions, Ainsi la sécheresse, la rareté des eaux et la salinité sont devenus des problèmes sérieux qui menacent les régions arides et peuvent causer une dégradation parfois irréversible du couvert végétal, La

recherche d'espèces végétales résistantes à ces conditions constitue une nécessité absolue.

Tableau 1.1.Principales régions en Algérie touchées par le problème de salinité [10].

Wilayas	SAU (ha)	Superficie affectée par la salinité (ha)	% de la SAU affectée par la salinité
Tamanrasset	3510	1445	57,57
Ouargla	17390	9850	56,64
Ghardaïa	7930	3284	41,41
Bechar	13250	2249	16,97
Illizi	570	60	10,53
Djelfa	67760	6250	9,22
Relizane	241670	20000	8,28
Ain T'émouchent	18350	15000	8,14
Tébessa	231750	13000	5,61
Adrar	14990	780	5,20
Biskra	151530	7272	4,80
Khenchla	177900	4482	2,52
Mascara	328740	6475	1,97
Alger	7940	150	1,89
Mostaganem	131730	1977	1,50
Naama	4150	62	1,49
Laghouat	487740	800	1,48
Batna	85860	5100	1,05
Oran	188620	850	0,99
Cheliff	183860	1490	0,79
Guelma	22150	1283	0,70
Mila	72090	100	0,45
Boumerdes	306480	192	0,27
Saida	615340	700	0,23

Les Ziban, ont connu avec la promulgation, en 1983, de la loi sur l'Accession à la Propriété Foncière Agricole (APFA) un certain dynamisme agricole par l'attraction des investisseurs des autres wilayas du pays dans le cadre des mise en valeurs [18] ; [19] ; [20]. Le lancement, en 2000 du Plan National du Développement Agricole (PNDA) a insufflé à ces régions un regain d'activité, plus intense, après le flottement des années 90 [21]. Les Ziban, connus il y a une trentaine d'années, par trois principales activités agricoles, en l'occurrence la phœniciculture, l'élevage ovin (race Ouled-Djellal) et la céréaliculture, connaît ces dernières années le développement des cultures sous serres [22].

1.1.2. La salinité en Algérie :

Dans beaucoup de région du bassin méditerranéen, les sols présentent des niveaux de salinités de plus élevés, Très souvent, cette situation résulte de la pratique d'une irrigation intensive associée à une surestimation des besoins en eau des plants cultivés et à l'absence d'un réseau de drainage, Pour maintenir une agriculture prospérée, il est indispensable d'analyser l'impact de cette situation sur le milieu et sur la production des espèces normalement cultivées dans la région [23].

L'effet de la salinité s'attribue d'abord à l'effet osmotique, en réduisant ainsi la disponibilité de l'eau pour la plante. Lorsque le niveau de salinité est élevé, une absorption déséquilibrée des ions pourrait conduire à l'intoxication de la plante [24].

Les sols salés dans la région méditerranéenne sont présents essentiellement dans les zones semi-arides, où la pluie est insuffisante pour assurer le lessivage nécessaire des sels et dans les cultures sous-abris où les apports d'engrais sont trop importants par rapport aux besoins des cultures, avec une irrigation qui apporte des quantités d'eau correspondantes aux stricts besoins de la plante [8].

DAOUD et HALITIM in SNOUSSI [25], notent qu'en Algérie, la salinisation secondaire à la suite de l'irrigation avec les eaux diversement minéralisée a entraîné une extension de la salure dans de nombreux périmètres irrigués (tab 1.2)

Tableau 1.2: Evaluation de la qualité des eaux d'irrigation [25].

Conductivité électrique (ds/m)	Concentration (g/l)	Evaluation de Durant pour l'Algérie
$CE < 0,25$	$< 0,2$	Nom saline
$0,25 < CE < 0,75$	$0,2 - 0,5$	Salinité moyenne
$0,75 < CE < 2,25$	$0,5 - 1,5$	Forte salinité
$2,25 < CE < 5$	$1,5 - 3$	Très forte salinité
$5 < CE < 20$	$3 - 7$	Salinité excessive

1.1.3. Définition de la salinité :

SERVANT [26] définit la salinité comme étant la quantité globale des sels solubles contenue dans la solution du sol. Elle est exprimée par la conductivité

électrique (CE) qui permet d'estimer la teneur globale en sels dissous. La salinisation est l'accumulation de sels hydrosolubles dans le sol. Ces sels sont le potassium (K^+), le magnésium (Mg^{2+}), le calcium (Ca^{2+}), le chlorure (Cl^-), le sulfate (SO_4^{2-}), le carbonate (CO_3^{2-}), le bicarbonate (HCO_3^-) et le sodium (Na^+). L'accumulation de sodium est aussi appelée sodification. Les sels se dissolvent et se déplacent avec l'eau. Quand l'eau s'évapore, les sels restent.

La salinisation proprement dite, qui correspond à l'accumulation de sels solubles dans les zones racinaires, perturbe le fonctionnement de la plante [27].

1.1.4. Origine du stress salin :

On parle de stress salin dans le cas de concentration en sel supérieure à 100 mM dans le milieu extérieur. Bien entendu, la concentration réelle du sol dépend des conditions environnementales (évaporation, précipitation). Le stress salin altère le statut hydrique et l'homéostasie de la plante, perturbant des processus majeurs comme la croissance, la photosynthèse, ou bien encore la synthèse de protéines.

Les apports d'engrais réalisés par les producteurs sont habituellement excessifs. Les ions sont donc généralement moins concentrés dans la solution absorbée par les plantes que dans celle baignant les racines.

Les ions en excès s'accumulent de façon durable à proximité des racines car la diffusion ionique, qui tend à homogénéiser la concentration ionique est un processus lent.

La concentration ionique augmente de façon exponentielle à proximité des racines [28].

Cette augmentation est d'autant plus forte que la différence entre la concentration de la solution prélevée et celle au voisinage des racines est élevée.

Dans des conditions climatiques caractérisées par une forte demande d'évaporation, la proportion d'ions prélevés, aggravant donc le phénomène d'accumulation ionique.

Il est important de souligner que ces augmentations de concentration ionique sont limitées dans l'espace. Elles passent en général complètement inaperçues à l'occasion des mesures de salinité effectuées sur des échantillons de solutions de sol ou de substrat [28].

Le phénomène d'accumulation ionique à proximité des racines est plus marqué dans les sols ayant une faible capacité d'échange cationique (CEC), comme les sols sableux, ou les substrats utilisés pour la culture hors sol qui ont en principe une CE voisine de zéro.

Dans les régions arides, on rencontre souvent cette situation particulièrement défavorable : sol sableux associé à un climat sec et chaud, et à de faibles ressources en eaux, éventuellement chargées en ion chlorure, sulfate et sodium.

1.1.5. Conséquences du stress salin :

Au niveau cellulaire, le stress peut causer une modification dans le métabolisme, une perturbation des transports ioniques, une augmentation de la perméabilité membranaire, une inhibition de l'activité de la pompe H^+ , une chute dans le potentiel membranaire et une augmentation de l'absorption du calcium à partir de l'apoptose [29].

La réponse au stress se manifeste au niveau de la plante entière par une baisse de la vitesse de la photosynthèse, des dégâts foliaires, une accélération de la sénescence et par une réduction de la croissance et une baisse dans la productivité [30].

Fréquemment, à un niveau de salinité faible ou modérée, il n'y a pas de symptômes spécifiques comme la chlorose ou la nécrose du limbe, qui ont une couleur vert-sombre plus marquée que celle des plantes dont la croissance est normale [29].

La croissance de la partie aérienne est beaucoup plus réduite que celle des racines, En absence de l'analyse chimique de la plante, il est impossible de faire un diagnostic sur les causes précises de la réduction de croissance : déficit hydrique, toxicité ionique ou déséquilibre ionique [30].

En présence d'un excès de sel, les plantes peuvent avoir deux types de réaction :

- Réduction de l'absorption des ions,
- Absorption de quantités relativement importantes d'ions, essentiellement Na^+ et Cl^- .

La plupart des espèces d'importances agronomiques présentent une réaction intermédiaire avec la présence de nécrose marginale sur les feuilles, avec une

accumulation de sodium et/ou chlore dans les feuilles quand ces ions sont présents dans le substrat.

L'apparition de nécrose résulte d'une culture prolongée en présence d'une salinité modérée [14] dépend du type de salinité, de la durée du traitement et du niveau de salinité.

1.1.6. Mécanisme d'adaptation des plantes à la salinité :

La réponse au stress se manifeste au niveau de la plante entière par une baisse de la vitesse de la photosynthèse, des dégâts foliaires, une accélération de la sénescence et par une réduction de la croissance et une baisse dans la productivité [30].

Il existe chez les plantes glycophytes deux types de réponses pour une adaptation aux conditions de salinité du milieu : une stratégie osmotique et une stratégie par exclusion des ions toxiques [31].

Les plants modifient la composition de leur sève, Elles peuvent accumuler Na^+ et Cl^- pour ajuster la pression osmotique et la turgescence des tissus nécessaires pour maintenir la croissance, Cette accumulation doit être compatible avec une tolérance métabolique de la concentration résultant ou avec une compartimentation entre les diverses composantes de la cellule ou de la plante [30].

Elle nécessite relativement peu de dépenses d'énergie. En revanche, si cette accumulation n'a pas lieu, la plante devra synthétiser des solutés organiques pour ajuster sa pression osmotique. Il faudra une importante quantité de biomasse pour assurer la dépense énergétique nécessaire à une telle synthèse [32].

Dans ce cas, les plantes limitent l'entrée des éléments salins et les rejettent dans le milieu, par des mécanismes fonctionnant comme des pompes. La régulation qualitative du transport des ions permet de maintenir la concentration ionique dans une plage de valeurs compatibles avec un métabolisme cellulaire normale [30].

L'exclusion commence avec la sélectivité de la membrane racinaire ce qui peut résulter d'une réduction de la perméabilité passive, de la présence de

transporteurs sélectifs et d'un transport vers le milieu extérieur des ions déjà absorbés [28].

Tous ces mécanismes ne sont pas exclusifs et la résistance des plantes glycophytes dépend souvent d'une série de mécanismes potentiellement additifs [29].

Ces modifications provoquent une déviation du métabolisme qui a un coût énergétique. Le facteur limitant peut être la fourniture du carbone, celle d'énergie ou la vitesse de transport des ions . Ces facteurs peuvent interférer avec la concentration en phosphore inorganique nécessaire au transfert de l'énergie [32].

1.1.7. Les moyens de lutte contre la salinité

Ces dernières années, divers produits et substances visant à améliorer le fonctionnement du sol, de la plante ou les interactions entre sol et plante à travers la stimulation de processus biologiques, ont fait leur apparition sur le marché des intrants agricoles [30].

Le fertiactyl et le fertileader sont deux types d'engrais liquides biologiques considérés comme très efficaces pour les cultures contre le stress abiotique. On attribue un certain nombre d'avantages aux engrais liquides : manutention plus facile, rapidité de travail, régularité de l'épandage lorsque la pulvérisation est bien réglée, facilité d'adjonction de certains oligo-éléments [28].

1.1.7.1. Le fertiactyl :

a- Présentation :

Le fertiactyl est un engrais minéral sous forme liquide ; lequel est appliqué à l'eau d'irrigation. Il est fabriqué exclusivement à partir de produits d'origine végétale. C'est un fertilisant biologique et bio stimulant métabolique naturel pour le sol et la plante. Il présente les propriétés suivantes:

- C'est un fertilisant biologique non toxique,
- Il est présenté sous forme liquide, en flacon de solution concentrée d'un litre,
- C'est un produit propre et sain, non dangereux pour l'Homme, les animaux, les semences, les plantes et le sol,
- Il préserve l'environnement,

- Il agit sur tous les plantes en favorisant leur croissance tout en améliorant leur résistance au stress,
- Il améliore l'activité micro biologique au niveau des sols ainsi que la mobilisation des éléments nutritifs,

L'emploi du fertiactyl présente un intérêt économique et financier appréciable [33].

Le Ferctiactyl est un fertilisant biologique qui :

- Stimule le développement et l'activité racinaire,
- Stimule le développement végétatif et la vie microbienne du sol,
- Mobilise les éléments fertilisants du sol par formation de complexes humo métalliques stables et solubles,
- Permet à la plante de mieux résister au stress,
- Le fertiactyl possède un très large champ d'action. Il est utilisé pour tout mode, tout type ou système de culture en plein champ, en cultures protégées, en céréaliculture, en arboriculture, en cultures maraichères (pomme de terre, tomate, poivron...), en viticulture, en pépinière, en horticulture et en espace vert [34].

b- Composition :

Le fertiactyl est composé de :

- Azote total 13%
- Oxyde de potassium (K_2O) 5%
- Autres composante : acides humiques, acides fulviques, zéatine, glycine bétaine.

Pour ce qui est des acides humiques et fulviques, ce sont des composés essentiels de la matière organique. Ils ont pour rôles :

- L'amélioration de la fertilité des sols,
- La mobilisation des éléments minéraux,
- La stimulation de la croissance des cultures,

Ils proviennent de la dégradation des végétaux, ce sont des polymères,

Les travaux de MOSTFAOUI [34] ont montré que les acides fulviques favorisent l'assimilation des éléments minéraux (P_2O_5) et des oligo-éléments Ils ont une action inhibitrice à forte dose [33].

Les travaux de DURION [35], notent que les acides humiques stimulent la croissance et l'activité des bactéries nitrificatrices autotrophes (*Nitrosoma europea* et *Nitrobacter agilis*). Les acides humiques augmentent la perméabilité de la membrane bactérienne et favorisent ainsi une meilleure assimilation des éléments minéraux.

Les acides humiques, à faible doses améliorent la stabilité de la structure des sols exposés à des stress hydriques et thermiques du climat méditerranéen, Ils jouent aussi un rôle d'amendement en améliorant la structure des sols et en réduisant significativement les effets de désagrégation due à des cycles de stress [36].

En ce qui concerne la zéatine, elle appartient à la famille des cytokinines qui interviennent dans de nombreux processus physiologiques. Ces composés sont des bios stimulants naturels présents à différentes concentrations chez les végétaux [33].

La zéatine ($C_{10} H_{13} N_5 O$) est une hormone végétale naturelle isolée à partir du maïs (*Zea mais*) se situant au niveau du phloème [35]. Elle stimule le métabolisme des jeunes pousses qui ne sont pas à leurs niveaux maximaux en réponse à une augmentation de l'eau et des substances minérales disponibles [33].

La zéatine a pour rôle :

- ✓ Stimule la division cellulaire (Cytokinèse)
- ✓ Agit sur la nodulation des légumineuses,
- ✓ Stimule la croissance racinaire en favorisant l'émission de racines secondaires,
- ✓ Joue un rôle dans la formation des tubercules,
- ✓ Favorise l'absorption et le transport d'éléments nutritifs,
- ✓ Régularise les activités métaboliques et enzymatiques,
- ✓ Réduit les effets du stress osmotique,
- ✓ A une action sur la levée de dormance des graines en agissant sur la synchronisation entre germination et développement des plantules.

Les travaux de CHOW [37] notent que sous serre, l'utilisation de zéatine permet de réduire les effets néfastes du stress osmotique, hydrique ou thermique sur la germination des graines de laitue, La levée de dormance par la zéatine s'explique par l'amélioration de la disponibilité de l'éthylène par l'embryon,

L'application exogène de zéatine sur les racines de soja, luzerne induit la division cellulaire corticale, Cela se manifeste par un chevelu racinaire court, épais et important [33].

FONTEM [39], note que la zéatine joue un rôle important dans la formation et le développement des tubercules (pomme de terre, dahlias).

Chez la pomme de terre, la plus forte concentration en zéatine coïncide avec la période où le taux de tubérisation est maximal. La teneur en zéatine est plus élevée dans la partie proximale de la tige,

En arboriculture fruitière, la qualité de la production est liée à l'équilibre existant entre les fonctions végétatives de l'arbre, Cet équilibre est obtenu par la taille, toutefois la taille peut stimuler la croissance au détriment de fructification, l'application de zéatine favorise la ramification latérale. Elle vise à obtenir une charpente régulière et aérée, en facilitant l'activité du feuillage et la mise à fruit [33].

Chez le pommier, la zéatine constitue la principale cytokinine contenue dans la sève, L'application de zéatine déclenche le débourrement [40].

Chez *Ipomoea batatas* LARDIZABAL [41], l'application de zéatine provoque une augmentation du nombre de fleurs et de fruits.

Les apports de régulateurs de croissance affectent le transport des éléments minéraux cationiques (K^+) ; certaines phytohormones exercent un effet sur la translocation des ions H^+ fournissant la force de conduction nécessaire au transport de la plupart des ions, Leur présence peut modifier les propriétés des membranes et le processus de transport.

La réponse de la plante à ces apports dépend de la durée du traitement, de la concentration des cytokinines appliquée et du stade de développement des plantes.

LAMBERT [42], note que l'effet anti sénescence constitue l'une des fonctions les plus connues de la zéatine. Elle retarde la dégradation des protéines, des

acides nucléiques et la chlorophylle tout en stimulant la synthèse de différents systèmes enzymatique (nitrate réductase).

L'augmentation de la qualité de pigment chlorophylle liée à l'activité de la zéatine peut améliorer l'activité photosynthétique et donc la synthèse des sucres.

La zéatine exerce une influence favorable sur la teneur des fruits ou légumes en retardant la dégradation des protéines et de la chlorophylle [43] grâce notamment à la réduction du niveau de chlorophylle (enzyme responsable de la dégradation pendant la sénescence).

Les cytokinines sont synthétisées au niveau racinaire [38]. Elles sont véhiculées par du xylème. Ce flux est indépendant des flux hydriques. Les jeunes feuilles et les méristèmes apicaux concentrent le plus de cytokinines.

La production de cytokinines par les rhizobias joue un rôle déterminant dans la formation des nodosités légumineuses, La division corticale cellulaire est la première manifestation visible de la nodulation. Elle est provoquée par les cytokinines produits par les rhizobias,

Enfin, pour ce qui est de la glycine bétaine, le nom de bétaine vient de la betterave sucrière (*Beta vulgaris*) d'où a été extraite, aujourd'hui appelée glycine bétaine, Elle joue un rôle de tampon au début d'un choc osmotique provoqué par des fortes concentrations de sels [44].

La glycine bétaine est une molécule naturelle d'adaptation aux stress. Elle s'accumule en cas de stress, pour permettre aux cellules de fonctionner. La Glycine bétaine est osmoprotectante. Elle protège les membranes et les enzymes [33].

La glycine bétaine présente les propriétés suivantes [44].

- Antistress : la glycine bétaine réduit les effets du stress osmotique au niveau cellulaire. C'est l'acide aminé le plus efficace pour lutter contre le stress.
- Croissance racinaire : PEDNEAULT [44], a montré que la glycine bétaine active la croissance racinaire.
- Résistance au froid : d'après LAMBERT [42], les pulvérisations foliaires de la glycine bétaine abaissent le point de gel (-2°C) des plantes en protégeant les membranes.

c- Mode d'application du fertiactyl :

Le fertiactyl s'applique :

- Au sol et aux différents stades de la culture,
- Au moment de toute plantation (arboriculture, maraîchère) par pralinage des racines.
- En pépinière pour préparer des plants meilleurs et résistants,
- Sur les semences, pour améliorer le taux de vitesse de germination,
- Le fertiactyl peut être appliqué sur différentes espèces tels que :
- Grandes cultures : Blé, Orge, Avoine, Tournesol,
- Cultures maraîchères : Tomate, Pomme de terre, Poivron, Concombre, Courgette, Melon, Pastèque, Laitue,
- Arboriculture : Agrumes, Oliviers, Pommier, Poirier, Abricotier,
- Horticulture- espace verts : Plantes d'intérieur, Gazon, Haie.

1.1.7.2. Le fertileader :

a - Présentation :

Le fertileader est un engrais minéral sous forme liquide. Il est utilisé pour la pulvérisation foliaire. Il a été conçu pour répondre aux exigences des cultures : croissance, précocité, vigueur, qualité, en plus de ces propriétés, il a pour but :

- De stimuler la physiologie de la plante.
- D'apporter à la plante un équilibre, azote, phosphore, potassium assimilable, très rapidement adapté aux besoins de la culture,
- Par sa composition en oligo-éléments, il contribue au fonctionnement des processus physiologiques, impliqués dans la croissance de la plante (Tab 1.3).

b- Composition

C'est une solution d'engrais composée d'azote, de phosphore, de potassium, avec des oligo-éléments pour pulvérisation foliaire. Les composants sont sous plusieurs formes :

- Azote sous forme uréique : 9% ;
- Anhydride phosphorique (P_2O_5) : 5% ;
- Oxyde de potassium (K_2O) : 4% ;
- Bore (B) : soluble dans l'eau : 0,05% ;

- Cuivre (Cu) soluble dans l'eau : 0,02% ;
- Fer (Fe) soluble dans l'eau : 0,02% ;
- Manganèse (Mn) soluble dans l'eau : 0,1% ;
- Molybdène (Mo) soluble dans l'eau : 0,01% ;
- Zinc (Zn) soluble dans l'eau : 0,05%
- Extrait concentré de Glycine bétaine.

c - Action du fertileader :

C'est un produit d'origine naturelle, dont le rôle est de transporter les éléments minéraux au sein de la plante.

Il protège la chlorophylle en retardant le synthèse des enzymes responsables de la sénescence. La Glycine bétaine rend le système racinaire plus ramifié est plus développé.

Le fertileader concentre tous les éléments minéraux nécessaires au développement de la plante. Les oligo-éléments présents participent aux processus fondamentaux de la physiologie de la plante(tab 1.3).

- **Azote** : C'est le facteur déterminant des rendements (le pivot de la fertilisation),
- **Phosphore** : C'est un élément essentiel à la croissance. Dans la première phase de végétation par son action sur le développement racinaire, il favorise la précocité des cultures, c'est un facteur de qualité.
- **Potasse** : C'est l'élément régulateur des fonctions vitales de la croissance végétale.

Tableau 1.3: Propriétés des oligo-éléments [45]

Oligo-éléments	Propriétés
Cuivre	Fécondation, migration et utilisation des glucides
Bore	Synthèse des glucides et lignine,
Fer	Respiration cellulaire
Molybdène	Assimilation de l'azote
Zinc	Synthèse des enzymes, contrôle de la formation des auxines

1.2. La culture de tomate

1.2.1 Importance économique :

Vu sa plasticité et son adaptation facile aux différents milieux, la culture de tomate est répandue dans le monde à travers tous les continents.

D'après MOUHOUCHE [46], son adaptation rapide sous abris a permis l'extension de son aire de dispersion même dans les régions nordique où sa culture est devenue possible grâce à l'utilisation des serres chauffées.

Selon la F.A.O, en 1994 la production mondiale de tomate été de dix huit millions de tonnes pour passer à quarante millions de tonnes en 2005. Selon la même source, la production mondiale de tomate serait de 130 millions de tonnes en 2017 dont les principaux pays producteurs sont selon [47].

- Etats Unis : 18%.
- Russie : 09%
- Italie : 09%
- Chine : 07.5%
- Espagne : 05.5%
- France : 02.13%
- Pays Bas : 00.85%

Parmi ces grands pays producteurs de tomate, la consommation moyenne de tomate annuelle s'élève à plus de neuf kilogrammes par personne avec des rendements moyens de l'ordre de quarante tonnes par hectare [47].

En Algérie, selon SNOUSSI [48], le rendement national était de quatre vingt quintaux par hectare en 1977 pour atteindre les 350qx/ha en 2010. le même auteur, note aussi que le niveau annuel de consommation par habitant était de 1.8 kg par an en 1976 pour passer à 13 kg en 2010. Actuellement, le niveau de consommation de la tomate en Algérie est estimé par les services de statistiques à 21,6 kilogrammes par habitant et par an (tab 1.4) [48].

La production nationale est passée de 129 963 tonnes en 1984 à 500 000 tonnes en 2004 [48] pour atteindre les 1 280 570 tonnes en 2016 (tab 1.4). [49].

Tableau 1.4 : Evolution de la culture de tomate maraichère en Algérie (en Qx en 10³).

Wilaya	2 009	2 010	2 011	2 012	2 013	2 014	2 015	2 016
1 ADRAR	213	128	240	198	226	235	216	222
2 CHLEF	326	389	391	377	457	539	600	815
3 LAGHOUAT	30	54	36	102	96	105	96	105
4 O.E.BOUAGHI	148	247	209	193	206	151	101	51
5 BATNA	100	182	98	181	175	154	133	117
6 BEJAIA	70	49	45	61	128	128	98	63
7 BISKRA	920	1 398	1 507	1 517	2 487	2 845	3 071	3 071
8 BECHAR	42	54	55	45	38	26	42	38
9 BLIDA	46	67	93	54	63	51	56	53
10 BOUIRA	21	26	28	30	32	35	32	32
11 TAMANRASSET	13	4	14	14	13	18	19	27
12 TEBESSA	26	28	30	23	24	25	24	23
13 TLEMCCEN	176	204	222	261	288	271	582	663
14 TIARET	69	157	143	81	78	84	90	98
15 TIZI-OUZOU	329	36	36	37	41	34	36	36
16 ALGER	541	630	568	612	641	742	732	658
17 DJELFA	25	29	25	25	29	42	31	29
18 JIJEL	58	96	170	168	170	187	236	293
19 SETIF	72	99	99	113	135	164	193	224
20 SAIDA	60	80	142	80	130	131	136	100
21 SKIKDA	256	136	298	236	191	159	201	153
22 S.B.ABBES	101	61	87	106	101	101	81	129
23 ANNABA	-	0,5	1,920	1,440	-	-	-	-
24 GUELMA	45	126	79	101	98	100	93	79

Tableau 1.4 : Evolution de la culture de tomate maraichère en Algérie (en Qx en 10³). (Suite du tableau précédent)

Wilaya	2 009	2 010	2 011	2 012	2 013	2 014	2 015	2 016
25 CONSTANTINE	5	15	4	2	4	2	5	3
26 MEDEA	70	76	74	77	82	79	73	100
27 MOSTAGANEM	505	680	662	779	813	926	939	1 031
28 M'SILA	150	100	116	122	100	145	186	240
29 MASCARA	99	86	130	91	124	73	82	80
30 OUARGLA	7	6	5	6	20	17	25	29
31 ORAN	71	78	50	91	77	78	87	59
32 EL-BAYADH	180	18	11	5	7	28	31	15
33 ILLIZI	1	1	2	1	1	1	1	1
34 B.B.ARRERIDJ	11	12	11	13	15	17	15	20
35 BOUMERDES	418	310	320	347	370	225	282	379
36 EL-TARF	2	2	3	-	-	-	12	500
37 TINDOUF	2	3	5	4	4	5	5	6
38 TISSEMSILT	1	3	4	7	6	7	2	1
39 EL-OUED	48	66	121	186	543	611	1 023	1 785
40 KHENCHELA	29	42	38	50	41	73	40	39
41 SOUK-AHRAS	48	47	100	123	175	245	180	181
42 TIPAZA	1 075	874	865	757	852	1 001	848	883
43 MILA	32	14	15	42	55	42	53	43
44 AIN-DEFLA	78	78	100	150	143	224	351	365
45 NAAMA	21	24	24	26	29	33	37	38
46 A.TEMOUCHENT	74	101	177	209	218	282	295	309
47 GHARDAIA	11	11	9	10	4	4	7	8
48 RELIZANE	225	231	234	238	200	190	139	91
TOTAL ALGERIE	6 410	7 182	7 716	7 969	9 750	10 656	11 637	12 805

Il est à noter qu'après la restructuration du secteur agricole en 1987, c'est à dire la réorganisation des domaines agricoles étatiques(D.A.S) sous forme exploitations agricoles collectives et individuelles (E.A.C et E.A.I), il est difficile d'obtenir des statistiques exactes sur la superficie et la production de tomate.

L'intérêt des hybrides de tomate a été constaté dès 1932 grâce au phénomène d'hétérosis (vigueur hybride) se manifestant par une meilleure

nouaison et une meilleure résistance aux maladies [50]. Ceci, explique le succès des hybrides dès leur apparition sur le marché.

D'après GALLAIS et BANNEROT [51] la commercialisation d'hybrides F1 permet la protection du matériel végétal et la rentabilisation du travail de sélection mais la F2 descendance provenant de l'autofécondation de l'hybride F1 présente des plantes en disjonction pour la plupart des caractères donc le cultivateur doit nécessairement se réapprovisionner chaque année en semences hybrides.

Tableau1.5 : Evolution des importations de semences potagères (variétés fixées et hybrides) en Algérie [52].

Campagnes Désignation	1985/86	1986/87	1987/88	1988/89	1989/90	1990/91	1991/92
Variétés fixées en kg (10 ³)	391	574	629	638	581	428	571
Hybrides en kg	1010	1220	1211	1638	2255	2410	2540

Tableau1.6 : Importation en semences de tomate en Algérie [52]

Campagnes Désignation	1985/86	1986/87	1987/88	1988/89	1989/90	1990/91	1991/92
Variétés fixées en kg (10 ³)	10 000	10 700	8 000	10 000	12 000	10 000	10 000
Hybrides F1 en kg	400	650	526	698	1060	1000	1000

Il faut signaler qu'à partir des années 1990, la majeure partie des semences est importée par le secteur privé rendant impossible la quantification des quantités importées.

D'après les données du tableau 1.5 et 1.6 nous remarquons que dès les années 1980, il y a recours à des importations de plus en plus importantes de semences de variétés fixées et d'hybrides F1 dont les quantités restent relativement faibles par rapport aux premiers. Nous notons aussi que les quantités

d'hybrides F1 de tomate importées augmentent chaque année et représentent environ 50% de ces importations.

Actuellement, les quantités de semences potagères importées de l'étranger atteignent des volumes très importants et concernent toute une gamme d'espèces (tab 1.7).

Tableau 1.7 : Importation des semences potagères durant l'année 2016.

[49].

Position tarifaire	Libellé	Poids (Kg)	Valeur (DA)	Valeur \$
0701100000	Pommes de terre, à l'état frais ou réfrigéré, De semence	78 027 050	5 513 123 432	49 854 802
0703101000	Oignons et échalotes, De semence à l'état frais ou réfrigéré	-	-	-
0703201000	Aulx, De semence à l'état frais ou réfrigéré	194 000	57 197 602	517 234
1207701000	Graines de melon , De semence	7 326	278 668 090	2 519 977
1209100000	Graines de betteraves à sucre à ensemercer	-	-	-
1209911000	Graines de légumes ,Graines de choux-raves (Brassica oleracea, var : caulorapa et gongylodes L) à ensemercer	261	27 073 918	244 828
1209912000	Graines de légumes, Graines de betteraves à salade ou "betteraves rouges à ensemercer	70 908	52 516 687	474 905
1209913000	Graines de légumes, Graines de courges à ensemercer	125 280	218 142 841	1 972 651
1209914000	Graines de légumes, Graines de tomates à ensemercer	5 244	1 237 871 458	11 193 988
1209919000	autres Graines de légumes à ensemercer	332 745	2 190 408 470	19 807 715
Total importations semences maraichères		78 762 814	9 575 002 498	86 586 099

1.2.2: Présentation de la plante :

La tomate (*Solanum lycopersicum*) est une plante annuelle appartenant à la famille des solanacées.

La tomate est un végétal à $2n=24$ chromosomes. Elle est originaire de l'Amérique du sud (Bolivie, Mexique, Pérou) [53].

Selon les mêmes auteurs, son port naturel est buissonnant, mais en culture elle ne végète que sur un ou deux bras. Les bourgeons anticipés sont supprimés.

D'après INDREA et *al.* [54], la tige de la tomate est épaisse et presque ligneuse et peut atteindre une longueur de deux mètres selon les variétés et les conditions culturelles.

Le développement racinaire est très important sur une profondeur de 30 à 40 centimètres.

Sur les tiges, et en position très décalée par rapport à l'aisselle des feuilles, apparaissent les bouquets (cymes), inflorescences plus ou moins bifurquées portant un nombre de fleurs variable généralement compris entre trois et huit [52].

Selon KOLEV [55], les fleurs sont de couleur jaune, composées de six sépales, six étamines et un pistil entouré par des anthères soudés. L'ovaire globuleux est bicarpellé ou pluri carpelle. La fécondation est autogame.

Le fruit de la tomate est une baie charnue de couleur généralement rouge mais de forme et de taille variables selon les variétés [54].

D'après BOHM [56], le fruit est d'une grande valeur alimentaire et renferme 19 à 54 mg par 100g de fruit de vitamine C, 0.5mg par 100g de fruit de carotène, 0.1% de matière grasse, 0.3 à 0.4% d'acide organique (malique et citrique), 1.3 à 1.6% de matière azotées et 2.5 à 3.5 %de sucres (glucose et fructose) avec une teneur en eau variant de 94 à 95%.

Selon les variétés, la croissance de la tomate peut être « déterminée » ou « indéterminée ». Dans le premier cas, la tige s'arrête après avoir produit un certain nombre de bouquets floraux (Quatre à Sept selon les variétés tels que Roma V.F, Mont favet 63-4 et Heinz 1350). Pour les variétés à croissance indéterminée, l'axe principal poursuit normalement sa croissance grâce au bourgeon terminal. Il doit être pincé (étêtage) au dessus du nombre de bouquets

floraux désirés (Cinq à Sept tels que chez la Marmande, Saint-pierre, Carmelo, Fandango, Lucy...) ce groupe de variété doit être tuteuré [53].

D'après KOLEV [55], le temps qui s'écoule entre le semis et le début de la récolte est d'environ trois à quatre mois. Il dépend étroitement des conditions climatiques.

1.2.3. Exigences de la plante :

1.2.3.1: Exigences pédoclimatiques :

La tomate peut être cultivée sur différents types de sol, mais les rendements et la qualité seront fonction de la nature du sol.

D'après JANSSEN et JACOB [53], la tomate s'adapte à de nombreux types de sol pour peu qu'ils soient profonds et suffisamment perméables. Les sols lourds, conservant plus longtemps la fraîcheur, conviennent aux cultures de saison. En culture précoce, la tomate préfère des sols légers s'échauffant rapidement au printemps. Selon toujours les même auteurs, la tomate est peu sensible aux variations du pH (4.5 à 8.2).

Elle est aussi peu sensible à la salinité, d'où sa grande extension dans les pays du bassin méditerranéen.

JANSSEN et JACOB [53] affirment que la tomate supporte jusqu'à 14 grammes de sel par litre dans les solutions du sol.

La tomate est assez exigeante en chaleur et nécessite une alternance (thermopériodisme) entre les températures diurnes et les températures nocturnes (tab1.8). Des gelées, même faibles, détruisent la plante. Par contre, des fortes chaleurs en été provoquent peu de dégâts à condition que les besoins en eau soient satisfaits. Des vents chauds et desséchants provoquent des chutes de fleurs importantes [55].

Tableau1.8 : Exigences écologiques optimales de la tomate [53].

Stade de croissance	Température du sol	Température atmosphérique	Hygrométrie	Lumière
Germination	Décroissante 30-20°C	Constante 20°C	76%	Nulle
Elevage des plants	20-25°C	26°C jour 20°C nuit	75-80%	10-12 000 lux
Croissance végétative	15-18°C	20-23°C jour 15-17°C nuit	70-80%	10-12 000 lux
Floraison	15-20°C	20-25°C jour	65-70%	Maximum 50 000 lux
Développement des fruits	18-20°C	20-23°C	60-70%	50 000 lux (16 heures)

D'après BENAMARA [57], une forte quantité en lumière est nécessaire à la croissance et à la fructification de la plante. En automne et en hiver, l'éclairement est un facteur limitant pour les cultures sous abris.

CHAUX [58] note que les facteurs climatiques sont très importants pour la floraison et la fructification de la tomate. Plus les températures sont élevées, plus la première inflorescence est située haut sur la tige. Selon le même auteur, le nombre des fleurs par bouquet est faible, si la température nocturne est élevée (>17°C). Par contre, si la température nocturne est inférieure à 13°C, la plupart des grains de pollen sont vides.

Selon KOLEV [55], une forte humidité de l'air est défavorable pour la dissémination du pollen. Cependant, si elle est trop faible, le stigmate se dessèche et la pollinisation est difficile. Pour améliorer la dissémination du pollen, il faut agiter les fleurs au moyen d'un appareil vibreur à main.

1.2.3.2 : Exigences nutritionnelles :

La tomate est une culture exigeante en eau et en éléments fertilisants. D'après NIKOLAISEN et FRITZ in JANSSEN et JACOB [53], la tomate demande 275 à 277 litres d'eau pour synthétiser un kilogramme de matière sèche. Cependant ces chiffres passent de 378 à 438 litres en serre.

Selon les mêmes auteurs, les exportations en éléments fertilisants dépendent des rendements et du mode de culture (tab. 1.9). KOLEV [55] souligne qu'un apport bien équilibré d'engrais minéraux à un temps convenable peut améliorer considérablement la quantité des fruits et l'accumulation de la matière sèche. La tomate est surtout exigeante en azote et en potassium.

Tableau 1.9 : Exportation des éléments minéraux en kg/ha [53].

Rendement	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca O	Mg O
Culture en plein champs 40 tonnes (fruits)	110	30	145	135	15
Culture sous serre 80 tonnes (fruits)	570	90	450	600	150

Nous constatons que les besoins en phosphore sont faibles par rapport à l'azote et surtout au potassium dont la consommation paraît élevée.

Nous remarquons aussi que pour doubler le rendement, la consommation en éléments minéraux a plus que triplé.

L'azote nécessaire pour obtenir des rendements élevés doit être équilibré constamment avec le potassium. L'excès d'azote favorise une végétation excessive au détriment de la fructification et diminue la précocité.

En plus des apports d'engrais minéraux, il est conseillé de faire un apport de 30 à 40 tonnes de fumure organique avant la plantation.

Les apports d'engrais minéraux doivent être fractionnés. D'après KOLEV [55], en plein champ, on apporte $\frac{1}{3}$ de la quantité totale d'azote au moment de la plantation. Le reste sera apporté en trois ou quatre fois à des intervalles de 15 jours à trois semaines après la floraison et la fructification du premier bouquet. La quantité totale de phosphore et les $\frac{3}{4}$ de la quantité de potassium sont fournis avant la plantation, le reste plus tard, pour accélérer la maturation.

En culture sous serre, le phosphore est apporté avec des quantités modérées d'azote et de potasse avant la plantation. Le reste en azote et en potasse est échelonné à des intervalles d'une quinzaine de jours après un mois de la plantation jusqu'à la fin de la culture [59].

1.2.4. Mode de culture

1.2.4.1 Semis

En Algérie, la mise en culture des tomates se fait surtout par plantation. Les plants sont élevés en pépinière. Il est nécessaire de produire des plants sains, robustes et non étiolés. Il faut prévoir aussi une désinfection préalable des substrats du semis prévu trois à six semaines avant plantation. Le semis est généralement effectué en lignes distantes de 10 à 15 cm avec une profondeur de deux à trois cm.

La densité moyenne est de deux à trois grammes par mètre carré ou une à deux graines par alvéole. La quantité nécessaire pour un hectare est de 400 à 500 grammes.

1.2.4.2 Plantation :

Elle intervient trois à six semaines après le semis. Les distances de plantation les plus pratiquées sont de 1 à 1.30 mètres x 0.25 à 0.30 mètres en plein champ et de 0.80 à 0.90 mètres x 0.30 à 0.35 mètres sous serre.

1.2.4.3 Entretien de la culture :

Parmi les principaux travaux d'entretien, nous pouvons citer : le binage et le buttage. La taille qui consiste à supprimer les bourgeons axillaires. L'étêtage de la tige principale et enfin, le palissage qui s'effectue au fur et à mesure de la croissance de la plante.

Il est important de signaler aussi les irrigations et les traitements phytosanitaires conseillés à titre préventif et curative contre certaines maladies cryptogamiques et parasitaires tels que le mildiou et les pucerons vecteurs de viroses.

1.2.4.4. Récolte : Elle est effectuée généralement lorsque le fruit est à moitié rouge (stade tournant) ou rouge selon le délai s'écoulant entre la récolte et la commercialisation.

1. 3. La culture du concombre

1.3.1. Généralités

Avec près de 30 millions de tonnes produites chaque année (soit 5% de la production mondiale de légumes), il arrive au 5ème rang derrière la tomate ou les choux, mais devant la carotte, les salades ou le melon. Les concombres produits notamment dans le bassin méditerranéen, dominent le marché [60].

En Algérie la culture du concombre est très répandue sur le territoire national et connaît un développement très important (tab 1.10) [49].

Tableau 1.10 : Evolution de la culture du concombre en Algérie (en Qx en 10³)

Wilaya	2 009	2 010	2 011	2 012	2 013	2 014	2 015	2 016
1 ADRAR	3	15	10	26	40	40	44	40
2 CHLEF	83	65	36	47	55	124	18	24
3 LAGHOUAT	12	9	9	14	8	15	250	25
4 O.E.BOUAGHI	21	27	25	36	21	16	10	9
5 BATNA	21	40	26	38	80	39	51	31
6 BEJAIA	6	4	7	6	10	7	12	9
7 BISKRA	73	88	59	100	83	187	248	248
8 BECHAR	5	6	8	6	12	12	11	10
9 BLIDA	6	2	6	3	42	68	5	7
10 BOUIRA	5	4	1	1	1	0,7	0,6	0,3
11 TAMANRASSET	1	5	5	6	6	6	4	2
12 TEBESSA	6	9	14	10	10	10	10	12
13 TLEMCEEN	38	61	59	62	66	61	72	86
14 TIARET	10	92	32	20	31	35	75	54
15 TIZI-OUZOU	0,9	0,6	1	0,6	0,6	0,6	0,6	1,9
16 ALGER	6	5	12	6	12	13	11	7
17 DJELFA	4	2	3	2	3	3	3	3
18 JJEL	66	80	75	570	57	75	57	59
19 SETIF	55	54	51	57	86	154	106	144
20 SAIDA	8	8	8	0,6	1	2	3	0
21 SKIKDA	33	30	62	36	57	23	42	13
22 S.B.ABBES	12	14	10	13	13	12	12	15
23 ANNABA	11	19	26	28	57	61	49	50
24 GUELMA	6	11	6	13	10	9	9	9

Tableau 1.10 : Evolution de la culture du concombre en Algérie (en Qx en 10³)
(suite du tableau précédent)

Wilaya	2 009	2 010	2 011	2 012	2 013	2 014	2 015	2 016
25 CONSTANTINE	0,8	1	0,2	0,3	1	0,3	0,4	0,5
26 MEDEA	8	8	9	9	9	10	8	8
27 MOSTAGANEM	49	72	71	80	102	102	98	0
28 M'SILA	15	17	17	17	12	27	28	30
29 MASCARA	15	16	17	15	20	14	10	13
30 OUARGLA	0,8	1	0,8	0,7	0,7	0,4	0,8	13
31 ORAN	5	10	7	8	5	4	2	1
32 EL-BAYADH	7	1	0,6	0,5	1	2	4	8
33 ILLIZI	0,06	0,07	0,6	0,7	0,7	.,0,6	0,6	0,37
34 B.B.ARRERIDJ	3	3	4	5	6	6	5	3
35 BOUMERDES	128	130	160	160	158	157	33	87
36 EL-TARF	2	3	1	2	2	2	6	4
37 TINDOUF	0	0,7	0	0,4	0,5	0,5	0,5	0,19
38 TISSEMSILT	0	0	0	0	0,6	0	0	0
39 EL-OUED	3	4	1	2	6	70	16	14
40 KHENCHELA	14	9	9	8	4	5	6	5
41 SOUK-AHRAS	2	3	4	4	4	3	5	4
42 TIPAZA	209	172	176	165	215	317	281	199
43 MILA	10	8	7	22	33	22	21	19
44 AIN-DEFLA	10	8	9	8	17	100	87	63
45 NAAMA	6	7	8	9	50	11	11	11
46 A.TEMOUCHENT	7	2	16	17	11	11	18	26
47 GHARDAIA	1	0,8	2	2	3	2	1	2
48 RELIZANE	11	11	11	10	6	4	4	2
TOTAL ALGERIE	1 017	1 155	1 099	1 151	1 407	1 802	1 543	1 395

C'est une plante annuelle, grimpante ou rampante, dont les feuilles sont à 5 lobes, fleurs jaunes, unisexuée, originaire des indes. Il existe de nombreuses variétés à fruits blancs, jaunes ou verts, petits et ovoïdes et pouvant atteindre 50 cm de longueur, à peau lisse ou épineuse [61].

Le concombre appartient à la famille des cucurbitacées. Le concombre (*Cucumis sativus*) produit des fruits charnus cylindriques, à chair très aqueuse, que l'on mange généralement Crus [62].

La plante est dite monoïque. Certaines variétés sont gynoïques (fleurs uniquement femelles) ou parthénocarpiques. Le légume est de faible valeur nutritive. Il est rafraichissant et laxatif, pauvre en vitamines et éléments nutritifs [63]. Les hybrides sont monoïques, portant des fleurs mâles et des fleurs femelles.

1. 3.2. Exigences du concombre

1.3.2.1. Exigences climatiques

La température de germination minimum voisine les 12 °C. La température optimum est proche de 30°C. Au-delà de 35°C, la germination peut être entravée. L'optimum de la croissance racinaire est de 22-25°C. Un minimum de 12 °C est exigé pour le développement racinaire [64].

L'optimum de la croissance végétative est de 20 à 22 °C le jour et 17 à 20 °C la nuit. En période de production, la culture exige 20 à 25 °C le jour et 17 à 20 °C la nuit. Les excès de température et les rayons du soleil gênent la fécondation et la fructification [65]. L'hygrométrie optimale se situe entre 70 et 80% [64].

1.3.2.2 .Exigences en sol

Le concombre préfère un sol riche et humifère sans excès d'eau. Le pH idéal se situe entre 5 et 7 [65].

Lorsque la teneur en matière organique est élevée, la plante supporte bien un pH 8. Le sol doit être bien drainé car le concombre craint l'excès d'eau [66].

Le concombre est relativement sensible à la salinité du sol. L'alimentation optimale se situe à 3 – 4 g/litre de solution du sol, au-delà, il y a inhibition de l'alimentation en P₂O₅, Mg O et Ca O [67].

1.3.2.3 Exigences en fertilisation

La fumure à apporter par hectare est importante (tab.1.11). Elle est de :

- 40 tonnes de fumier bien décomposé à l'automne.
- 80 unités d'azote.
- 150 à 200 unités d'acide phosphorique.
- 200 à 300 unités de potasse avant la plantation.
- Deux apports de 60 unités d'azote. Le premier mois après la plantation et le deuxième deux mois après celle-ci [63].

Tableau1.11 : Exportations en éléments fertilisants du concombre de serre [68]

Rendement t/ha	Exportation en Kg/ha				
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
300	400-500	220-250	800-1000	304	130
294	383	210	790	611	112
210	330	260	628	313	75
228	450	170	590	214	60

1.3.2.4. Exigences en irrigation

Les besoins hydriques du concombre varient entre 500 et 700 mm sur un cycle de deux mois et demi.

Le volume d'eau nécessaire est moindre en plein champ en période pluvieuse : 300 – 350 mm (végétation en Avril –Mai). En période post florale, il ne faut pas exposer la culture à la pluie, la culture sera rapidement détruite par les maladies cryptogamiques [64].

1.3.3. La récolte

Le meilleur stade de récolte est le stade fruit tendre. Il est recommandé d'acheminer la production rapidement à sa destination pour la vente immédiate afin de sauvegarder la qualité du produit [64].

Les concombres doivent être récoltés fermes, avant que leur teinte ne tourne au jaunâtre. On récolte au fur et mesure tous les 2 à 3 jours [68].

1.4. Les cultures hydroponiques

Les cultures hydroponiques sont très anciennes. Les débuts remontent au XVII^e siècle quand WOUDWAR émit l'hypothèse que « c'était la terre et non l'eau qui créait la matière sèche des végétaux [69]. L'idée de culture sans sol fut reprise en 1758 par DOUMONCEAU qui a fait germer des graines de différentes plantes dans une solution diluée d'engrais, il en déduisit que les plantes n'absorbaient pas que de l'eau mais différentes substances qui étaient dissoutes [70].

Ce n'est qu'à partir de 1930, que la technique des cultures hors sol fut appliquée dans les domaines expérimentaux sous l'impulsion d'un américain le Dr GUERRICK qui a donné le nom « d'hydroponie » à ce type de culture [71].

Le procédé hydroponique par son principe peut permettre à l'agriculteur de s'installer dans les régions où les conditions édaphiques sont défavorables.

C'est ainsi que les premiers travaux en Algérie ont été réalisés lors de la mise au point des cultures hydroponiques au Sahara à Béni-Abbés où le sable siliceux semble être le matériau le plus avantageux, vu sa disponibilité en grande quantité et à bon marché [72].

Actuellement, en Algérie, les cultures hydroponiques n'ont pas évolué et sont restées toujours à l'état expérimental. D'après DJOUDI [73], les plants de tomate cultivés en hydroponique consomment en moyenne 0.7 litre d'eau par jour et par plant, alors que sur sol normal, la consommation d'eau de 1.53 litre par jour et par plant.

SNOUSSI [74] a réalisé des essais sur tomate portant sur la caractérisation de quelques substrats disponibles dans la région d'Alger tels que les sables et graviers de carrière, de rivière et de mer. Il a trouvé que les meilleurs rendements ont été obtenus sur sable de rivière.

Les principales composantes du système hydroponique sont :

1.4.1. Le substrat :

D'après DOUCET [75], le substrat sert d'une part comme support des racines et de réserve temporaire de la solution nutritive d'autre part. Il doit présenter des caractéristiques physiques (granulométrie) favorables à une bonne circulation de l'oxygène au niveau des racines et doit être chimiquement inerte. Les substrats les plus utilisés sont les sables et graviers de rivière dont le calibre est compris entre deux et cinq mm.

1.4.2. Les containers :

Le choix des containers est fonction du développement racinaire des espèces [76]. Souvent, ce sont des matériaux plastiques pour des volumes de 3 à 25 litres [77].

1.4.3. Les solutions nutritives :

La composition de la solution nutritive doit être conforme aux besoins en eau et en ions minéraux. La composition et la concentration de la solution nutritive sont fonction des besoins spécifiques de la plante [78]. Elle doit contenir

les principaux macroéléments tels que l'azote, le phosphore, le potassium, le calcium, le magnésium et les sept micro-éléments nécessaires en faibles quantités (Fe, Cu, Mn, Zn, B, Mo et le Cl)(tableau 1.12 et 1.13 et 1.14) [79].

Tableau 1.12 : Exemple de solution nutritive pour plantes neutrophiles.(meq/l)
[80]

Anions cations	NO ₃ ⁻	PO ₄ ⁻	SO ₄ ⁻	CL ⁻	Total
K ⁺	3,8	0,6à0,8	-	-	5,2
Na ⁺	-	-	-	0,2	0,2
Ca ⁺⁺	6,2	-	-	-	6,2
Mg ⁺⁺	-	-	1,5	-	1,5
NH ₄ ⁺	2,0	-	-	-	2,0
H ⁺	-	0,3à1,6	-	-	1,9
Total	12	3,3	1,5	0,2	17

Tableau 1.13 : Exemple de solution nutritive pour plantes acidophiles (meq/l),[80].

Anions cations	NO ₃ ⁻	PO ₄ ⁻	SO ₄ ⁻	CL ⁻	Total
K ⁺	2,8	0,25 à 1,0	0,25	-	4,25
Na ⁺	-	-	-	0,2	0,2
Ca ⁺⁺	5,2	-	-	-	5,2
Mg ⁺⁺	-	-	1,25	-	1,25
NH ₄ ⁺	3,0	-	-	-	3,0
H ⁺	-	0,11 à 2,0	-	-	2,10
Total	11,00	3,30	1,5	0,2	16,00

Tableau1.14: Sels d'oligo-éléments complémentaires [80]

Sels apportés	Dose : mg/L
(NH ₄) ₆ MO ₇ O ₂₄ , 4 H ₂ O	0,05
H ₃ BO ₃	1,50
Mn SO ₄ , 4 H ₂ O	2,00
Cu SO ₄ , 5 H ₂ O	1,25
Zn SO ₄ ,7 H ₂ O	1,00
Chélate de fer	0,60

D'après COIC [81], l'apport d'une solution bien équilibrée assure une alimentation adéquate et adaptée aux besoins de l'espèce cultivée,

Selon HOMES et ANSIAUX [82], les principes de base à respecter sont les suivants:

- L'acidité de la solution nutritive doit être maintenue par le contrôle du pH et de sa correction éventuelle,
- La concentration totale de la solution nutritive (salinité) doit se situer entre 1 et 3 grammes par litre
- Elle doit contenir tous les éléments minéraux indispensables à la plante sous forme directement soluble.

1.5. La multiplication des plantes

1.5.1. Généralités

D'après CUISSANCE [83] la multiplication des végétaux est une opération qui consiste à les propager, c'est-à-dire qu'on obtient un certain nombre d'exemplaires à partir d'un seul individu. La multiplication est la base de toute culture,

La voie sexuée ou la multiplication par semis, et la voie asexuée ou la multiplication végétative, sont les deux modes de la propagation [84].

1.5.2. Multiplication par semis

Elle est caractérisée par la fécondation où la production d'un zygote à 2n chromosomes par fusion de deux gamètes, pour obtenir des individus nouveaux

génotypiquement différents des parents. Il reste le mode de propagation le plus efficace pour assurer la survie et l'évolution de l'espèce à long terme [85].

1.5.3. La multiplication végétative

La multiplication végétative présente de grands avantages. Elle donne un clone, c'est-à-dire un ensemble de plantes ayant la même constitution génétique que la plante mère dont elles proviennent, En effet, tous les individus d'un clone dérivent à la suite de nombreuses mitoses d'une seule cellule [86].

D'après CLEMENT [87], la multiplication végétative est obligatoire pour les plantes qui n'ont plus la possibilité de se reproduire par la voie sexuelle, soit à cause du climat dans lequel on les cultive, tel que la pomme de terre, soit à cause de l'amélioration génétique dont elles ont été l'objet, telles que les plantes parthénocarpiques.

La multiplication végétative peut être naturelle ou provoquée, Pour le premier cas, elle peut se faire par simple fragmentation naturelle de la plante, Lorsque la ramification est abondante au niveau du sol, les rameaux peuvent présenter des racines adventives et s'ériger en nouvelle plante, c'est le cas des touffes des graminées [86].

Pour la multiplication végétative provoquée, selon OTTO et TOWLE[88], elle peut être réalisée artificiellement en faisant appel aux techniques de bouturage, de greffage et de marcottage, qui permettent l'obtention facile, rapide et en grand nombre de clones et de lignées génétiquement bien déterminées grâce au grand pouvoir de régénération des tissus végétaux.

Les nouvelles méthodes de la multiplication végétative essayent de dépasser tous les inconvénients que posent les méthodes classiques de sélection, en utilisant le micro bouturage, le micro greffage et la culture des méristèmes [89].

1.5.4. Les différents modes de la multiplication végétative :

1.5.4.1 Le bouturage

Le bouturage consiste à prélever, sur un végétal, une portion d'organe ou bouture et à la placer en conditions favorables pour qu'elle forme une nouvelle plante [88].

La bouture doit, pour rependre, régénérer les organes vitaux qu'elle ne possède pas du tout, racines et parfois tiges et bourgeons [86]. Selon la même auteur, la reprise dépend de l'organe choisi, de son âge et sa position sur la plante mère ainsi que des conditions dans lesquelles est placée la bouture,

D'après OTTO et TOWLE [90], il existe de nouvelles méthodes qui facilitent le bouturage pour la propagation des plantes, telles que les hormones régulatrices de la croissance, comme l'acide indolacétique (A.I.A), qui amorce la division cellulaire et provoque la croissance des racines,

Les avantages du bouturage sont ceux de la multiplication végétative. Il permet une reproduction fidèle, une bonne homogénéité, la fixation de mutants et la reproduction d'individus stériles [91], Le bouturage peut être effectué sur différentes parties de la plante (tige, bourgeons, feuille...),

D'après FAVRE [92], lorsque les conditions d'environnement et de culture sont convenables, tous les organes d'une plante peuvent avec des fréquences inégales produire, des racines, Ainsi les cotylédons, premières feuilles du végétal, offrent les mêmes possibilités en particulier chez certaines crucifères, cucurbitacées, solanacées, composées et liliacées [90]. Selon le même auteur, dans les divers cas de bouturages d'organes foliaires, les racines adventives apparaissent souvent sur le pétiole, au niveau de la blessure ou plus haut, mais aussi sur le limbe généralement à partir des nervures,

Sur le plan histocytologique, d'après FAVRE [92], l'édification d'un méristème radical peut être schématiquement divisée en trois étapes principales :

- La première, marquée par des transformations d'ordre cytologique, consiste en une activation générale de la base de la bouture. Ce processus a été décrit de façon détaillée par BUVAT entre 1944 et 1945 chez *Solanum lycopersicum*,
- La seconde, qui chevauche plus au moins la première, est marquée par le développement d'une activité mitotique importante, qui aboutit à la constitution d'un petit massif cellulaire méristématique.
- Dans une troisième étape, le massif cellulaire se structure en un méristème radical organisé, apte à entrer en croissance,
- L'aptitude à la rhizogenèse apparaît donc liée à la présence d'un fonctionnement histologique particulier de la base des boutures,

D'après FAVRE [92], la néoformation de racines consomme de l'énergie, Celle-ci est fournie à partir des hydrates de carbones libres ou stockés au sein des boutures, Ainsi, on observe une corrélation positive entre la richesse en réserves glucidiques, en particulier en amidon, et l'enracinement des boutures [93].

GAUTHERET [94] a constaté que des jeunes plants de tomate rendus artificiellement déficient en hydrates de carbone, voient leur enracinement réduit, Un apport exogène de glucides permet une formation normale de racines, comme il augmente l'enracinement de nombreux végétaux [93].

1.5.4.2. Le greffage

Le greffage est une opération consistant à réunir un rameau, appelé greffon, prélevé sur un plante, à la tige d'une autre plante qui constitue le porte-greffe ou sujet [86].

D'après CLEMENT [87], une des conditions principales de la réussite est néanmoins l'affinité existante entre les deux partenaires, Cette affinité ne se manifeste que pour les plantes de parenté voisine, Elle est généralement très bonne entre les variétés d'une même espèce, souvent bonne entre espèces voisines et parfois suffisante entre genres,

CLEMENT [95] affirme que les solanacées manifestent une très bonne aptitude au greffage, La production des plantes greffées est une technique dont la mise en œuvre est plus facile qu'il ne paraît à priori, par suite à la bonne compatibilité entre les porte-greffes et les greffons utilisés, Parmi les cultures maraichères sur lesquelles on applique les procédés de greffage : tomate, piment, aubergine et melon,

Selon KADRI [96], le greffage en culture maraichère est utilisé chez la tomate comme moyen de lutte contre les nématodes,

1.5.4.3. Micro bouturage in vitro

Depuis quelques années, grâce aux méthodes modernes d'asepsie, en utilisant des milieux aqueux solidifiés par la gélose, renfermant les éléments minéraux et organiques ainsi que certains régulateurs de croissance, on a réussi à régénérer des plantes à partir de très petits fragments de végétal (techniques de cultures in vitro)[86].

Selon MOINET[97], par opposition à la culture en pleine terre ou sur divers substrats (sable, laine de roche, polyéthylène...) imbibés de solution nutritive, la culture « in vitro » se fait au laboratoire à l'abri de toute contamination microbienne et cryptogamique, En effet, selon PECAU et al [98], la culture « in vitro » permet d'obtenir des plants sains, indemnes de maladies et, par conséquent, de régénérer les variétés cultivées,

La culture « in vitro » d'organes ou de tissus provoque la reprise des mitoses et en favorisant la différenciation cellulaire, permet l'extension d'un grand nombre d'espèces [99],

CLEMENT [95], en partant de méristèmes apicaux, petits amas cellulaires prélevés à l'extrémité des tiges dont la dimension n'excède pas quelques dixièmes de millimètres, a pu obtenir en quelques mois une plante entière normale, Le méristème apical étant indemne de parasites. Cette technique a permis de régénérer des variétés saines à partir d'anciennes variétés qui étaient atteintes de dégénérescence virale chronique, De même, il a été possible de faire apparaître des plantules sur de nombreux tissus ainsi cultivés grâce à l'utilisation en particulier d'auxine [86]. Pour d'autres espèces, il a été possible à partir de cellules parenchymateuses isolées (carotte, tomate) d'obtenir des embryons comparables à ceux de la reproduction sexuée et donnant de nouvelles plantes [95].

1.5.5. Quelques résultats sur le bouturage de la tomate :

Les travaux menés par MAROK [100] à l'I.T.C.M.I (Institut technique des cultures maraichères et industrielles) de Staoueli sur la multiplication végétative de la tomate par bouturage lui ont permis d'aboutir aux conclusions suivantes :

Après avoir prélevé des boutures rameaux à partir de pieds mères d'un hybride de tomate « Carmello » et repiqué en plein sol, ces derniers ont donné des plantes comparables aux pieds mères,

Le diamètre des tiges des boutures en fin de végétation est moins important que celui du pied mère. Les feuilles des plantes bouturées sont plus petites et moins découpées mais leurs fruits sont plus gros et de meilleure qualité. Par contre, les rendements sont sensiblement identiques dans les deux cas,

Le même auteur a enfin préconisé qu'il est bénéfique d'obtenir des plants de tomates par voie asexuée à grande échelle, car les prix des plantes bouturées

étant moins chers, cela permettrait d'atténuer l'importation des semences hybrides,

D'après MOKHTARI [101], les plants de tomate issus du bouturage croissent rapidement et fructifient en un temps beaucoup plus réduit que ceux issus du semis. Le sable de rivière favorise un meilleur enracinement des boutures et permet l'obtention de plants sains sans faire appel aux hormones stimulants la rhizogenèse.

IACHE ACHOUR et BENCHEIKH [102], travaillant sur la multiplication végétative de la tomate par bouturage ont pu aboutir presque aux mêmes résultats que les auteurs précédents, D'après ces auteurs, les boutures de tomate s'enracinent facilement et ne semblent pas nécessiter d'hormone pour leur rhizogenèse, Les plantes bouturées ont une croissance rapide et plus précoce que les plants mères.

Il est possible de multiplier la tomate par bouturage, Les plantes bouturées croissent rapidement, assurent une précocité par rapport aux plants issus par semis et donnent une production fruitière comparable à celle des plants mères [103].

CHAPITRE 2 : MATERIEL ET METHODES

Chapitre 2 : Matériel et Méthodes

Pour une meilleure illustration de notre travail nous avons réalisé deux essais durant notre phase expérimentale.

2.1. Effet de deux types d'antistress (le Fertiactyl et le Fertileader) sous forme d'engrais liquides sur la production de plants de tomate (*Solanum lycopersicum*) et de concombre (*Cucumis sativus* L.) en hors sol et dans un environnement salin :

2.1.1. Objectif de l'expérimentation

Le but de cet essai est d'étudier la réaction des plantules de tomate et de concombre cultivées en système hydroponique, vis-à-vis d'une solution saline naturelle puis corrigée en association avec deux anti-stress avec différentes doses au stade pépinière.

2.1.2. Matériel végétal

a- Tomate

Le matériel végétal utilisé dans notre essai est la tomate variété Rio grande. C'est un matériel expérimental de qualité suite à ses réactions rapides aux variations du milieu [104].

La variété Rio grande est une variété tardive à croissance lente et indéterminée et à maturation échelonnée. Les fruits sont ronds légèrement allongés destinés à la consommation en frais et aux usines de transformation.

b- Concombre

Le matériel végétal utilisé dans notre essai est le concombre variété super marketer, C'est une variété fixée, très cultivée en Algérie, Elle est productive, demi précoce et résistante aux fortes chaleurs.

2.1.3. Pré germination et semis

Nous avons procédé à une pré germination des graines dans une étuve à une température de 25 °C pendant une semaine.

Le semis a été réalisé dans des pots à raison d'une graine germée par conteneur. Durant la première semaine, nous avons arrosé uniquement avec de l'eau courante, Dès le développement des feuilles cotylédonaires, nous avons commencé à appliquer les différents traitements.

2.1.4. Substrat utilisé

Le substrat utilisé dans notre essai est le gravier roulé de rivière (3 – 8 mm) provenant de la carrière de Chebli situé à 25 kilomètres d'Alger.

Avant d'être utilisé, le substrat a été nettoyé, rincé abondamment avec de l'eau et enfin désinfecté avec de l'hypochlorite de sodium (eau de Javel).

2.1.5. Les conteneurs

Les conteneurs utilisés sont des pots en polyéthylène de couleur marron ayant une capacité de 800 ml. Ils présentent des orifices de drainage à leurs bases permettant d'évacuer les solutions excédentaires.

2.1.6. Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental adopté pour les deux espèces testées au cours de notre essai est un bloc aléatoire complet avec deux répétitions.

Chaque bloc est constitué de six traitements repartis aléatoirement selon la table de permutation des nombres aléatoires de 1 à 10. Au niveau de chaque traitement, nous avons vingt observations ou répétitions.

Au cours de notre essai nous avons déterminé trois stades de mesures biométriques correspondant à trois prélèvements effectués trente, quarante-cinq et soixante jours respectivement après semis, A chaque prélèvement cinq plants sont sacrifiés pour effectuer l'ensemble des mesures.

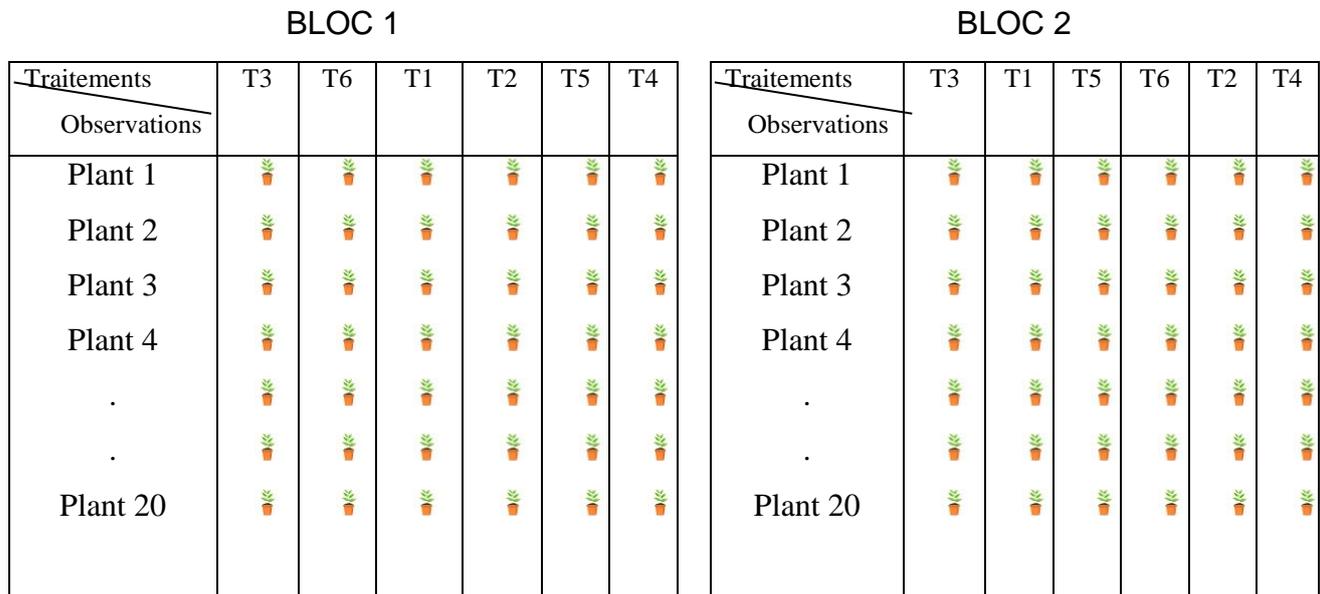


Figure 2.1 : Schéma du dispositif expérimental

T1 : Solution saline naturelle (Témoin).

T2 : Solution saline naturelle corrigée.

T3 : Solution saline naturelle additionnée à une dose de 5 ml par litre de fertiactyl et de 5 ml par litre de fertileader (doses standards),

T4 : Solution saline naturelle corrigée additionnée à une dose de 5 ml/l de fertactyl et 5 ml/l de faertileader (doses standards),

T5 : Solution saline naturelle additionnée à une dose de 2,5 ml par litre de solution de fertiactyl et 2,5 ml/l de fertileader (demi-doses),

T6 : Solution saline naturelle corrigée additionnée à une dose de 2,5 ml/l de fertactyl et fertileader (demi-doses),

2.1.7, Doses et fréquences d'arrosage

Les doses et les fréquences d'arrosages varient en fonction du cycle de développement des plantes et des conditions climatiques, Elles sont croissantes (Tab. 2.1).

Tableau 2.1:Doses et fréquences d'arrosages

Périodes	Doses en ml	Fréquences/ jour	Heures d'arrosages
01 à 20 jours après semis	40	2	09 h – 16h
20 à 40 jours après semis	60	3	09h, 12 h, 16h
40 à 60 jours après semis	80	3	09 h, 12 h, 16h

Les deux produits utilisés comme antistress ont été appliqués une fois tous les quatre jours, Le fertiactyl été incorporé directement dans les solutions nutritives par contre, le fertileader été préparé à part en mélangeant les doses correspondantes dans un litre d'eau distillée puis pulvérisées aux mêmes fréquences que les arrosages.

Le système d'irrigation adopté est un système à circuit ouvert facilitant la distribution et l'évacuation des solutions excédentaires.

2.2. Effet du Fertiactyl sur la production de plants de tomate (*Solanum lycopersicum*) hybride F1 obtenus par voie végétative en hors sol et en milieu salin.

2.2.1. Objectif de l'expérimentation

Le but de notre essai est d'étudier le comportement de jeunes plants de tomate hybride F1 obtenus par voie végétative (bouturage des bourgeons axillaires) cultivés en hors sol dans un environnement salin en association avec un antistress le Fertiactyl.

2.2.2. Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé dans notre essai sont des bourgeons axillaires de tomate hybride F1 Toufan. Ils ont été prélevés sur des pieds mères âgés de 163 jours après semis et cultivés sous serre en polyéthylène au niveau d'une exploitation privée située dans la région de Sidi Fredj (Alger).

Toufan est un hybride F1 caractérisé par une forte dureté des fruits, sa résistance aux maladies et ces hauts rendements (80 à 120 tonnes par hectare).

2.2.3., Récolte des bourgeons

Cette opération a été réalisée au niveau des pieds mères issus du semis. L'opération consiste à détacher les bourgeons axillaires des plantes adultes en les sectionnant à la base avec une lame stérilisée pour éviter toute contamination. Environ deux cent boutures de 12 centimètres de longueur ont été récupérées au même moment. Pour éviter le flétrissement de ces dernières, nous les avons effeuillées et déposées dans un sceau rempli d'eau puis transportées au lieu de l'expérience pour y être repiqués (figure 2.2).



Figure 2.2 : Aspect des bourgeons axillaires récoltés,

2.2.4., Substrat utilisé

Le substrat utilisé dans notre essai est le sable de rivière (0,5 – 2 mm) provenant de la rivière de Hamam Melouane située à 20 kilomètres à l'Est de Blida.

Afin d'éviter tout risque de contamination, nous avons procédé au rinçage avec de l'eau et à la désinfection du substrat avec de l'hypochlorite de sodium (eau de Javel).

2.2.5. Les conteneurs

Les conteneurs utilisés sont des pots en polyéthylène de couleur marron et ayant une capacité de 800 ml. Ils sont munis d'un orifice de drainage à leur base permettant l'évacuation des solutions en excès.

2.2.6. Repiquage des bourgeons

Le repiquage a été réalisé le même jour que leur récolte à raison d'un bourgeon par pot à une profondeur de cinq centimètres (figure 2.3),

L'opération repiquage a été suivi d'un arrosage abondant avec de l'eau courante pendant les dix premiers jours afin de favoriser la reprise et l'enracinement des boutures, Nous avons ensuite débuté l'application des différents traitements (solutions) dès la formation de nouvelles feuilles.



Figure 2.3 : Repiquage des bourgeons axillaires,

Tableau 2.2 : Doses et fréquences d'arrosage

Périodes	Doses en ml	Fréquences/ jour	Heures d'arrosages
01 à 20 jours après semis	20	2	09 h – 16h
20 à 40 jours après semis	40	3	09h, 12 h, 16h
40 à 60 jours après semis	60	3	09 h, 12 h, 16h

2.2.7, Dispositif expérimental

Nous avons adopté un dispositif expérimental en bloc aléatoire complet avec deux répétitions. Chaque bloc est constitué de quatre traitements repartis aléatoirement selon la table de permutation des nombres aléatoires de 1 à 10. Au

niveau de chaque traitement, il y a quinze observations soit un total de cent vingt plants (figure 2.4).

BLOC 1					BLOC 2				
Traitement	T3	T1	T2	T4	Traitement	T4	T3	T2	T1
Observations					Observations				
Plant 1					Plant 1				
Plant 2					Plant 2				
Plant 3					Plant 3				
Plant 4					Plant 4				
.					.				
.					.				
Plant 15					Plant 15				

Figure 2.4 : Schéma du dispositif expérimental

T1 : représente la solution saline naturelle corrigée,

T2 : représente la solution saline naturelle corrigée additionnée à une dose de 2,5 ml par litre de fertiactyl,

T3 : représente la solution saline naturelle (Témoin).

T4 ; représente la solution saline naturelle additionnée à une dose de 2,5 ml par litre de Fertiactyl,



Figure 2.5 : Vue générale du dispositif expérimental

2.3. Conditions expérimentales

Les expérimentations ont été réalisées au niveau du département de biotechnologie de la faculté des sciences de la nature et de la vie de Blida,

Les essais ont été réalisés sous serre en polycarbonate. La surface totale de la serre est de 260 mètres carrés. L'orientation de la serre est Nord –Sud. L'aération est assurée principalement par l'ouverture des portes et fenêtres latérales

Un thermomètre placé au milieu de serre permet de contrôler la température journalière par des relevés quotidiens effectués à trois moments différents de la journée (09 heures, 12 heures et 16 heures) (tableau 2.3).

Tableau 2.3 : Moyennes des températures hebdomadaire en (°C)

Périodes (semaine)	09 h	12 h	16 h
1 ^{ère} (Décembre)	13,29	21,29	21,14
2 ^{ème} (Décembre)	13 ,57	26,43	25,71
3 ^{ème} (Décembre)	14,57	24,28	21,57
4 ^{ème} (Décembre)	17,29	24,44	23,43
5 ^{ème} (Décembre / Janvier)	17,43	25,00	23,14
6 ^{ème} (Janvier)	15,79	26,57	20,43
7 ^{ème} (Janvier)	16,14	24,71	23,00
8 ^{ème} (Janvier)	16,50	25,00	24,30
9 ^{ème} (Janvier)	16,85	25,25	23,75

Nous remarquons, d'après les moyennes enregistrées dans le tableau 2.3, que les conditions de température répondaient favorablement aux besoins des cultures, mis à part les températures enregistrées à 9 H qui restent légèrement basses, mais qui n'ont pas causées des dégâts physiologiques.

2.4. Synthèse des solutions nutritives

2.4.1. Caractéristiques de l'eau utilisée pour la synthèse des différents traitements

Nous avons préparé toutes les solutions nutritives avec l'eau courante de Blida en raison de l'indisponibilité de grands volumes d'eau naturelle saline de

oued Cheliff au niveau du laboratoire pour répondre aux besoins des plantes au cours des essais (tab 2.4).

Tableau 2.4 : Teneurs des différents éléments minéraux contenus dans l'eau de Blida (mg/l) et (meq/l):

Elements	Teneur en mg/l	Teneur en meq /l
K ⁺	00,00	00,00
Ca ⁺⁺	56,00	2,80
Na ⁺	29,90	1,30
Mg ⁺⁺	21,60	1,80
NO ₃ ⁻	21,70	0,35
SO ₄ ^{- -}	38,40	0,80
CL ⁻	21,30	0,60
HCO ₃ ⁻	245,00	4,08
Total	433,90	11,73

L'analyse de l'eau de Blida présentée dans le tableau ci-dessus révèle une quantité assez élevée en ions bicarbonates (4,08 meq /l) ; ce qui rend le milieu plus basique (pH = 7,8), nécessitant une correction de pH favorable pour les espèces testées en culture.

La correction de l'eau consiste donc à utiliser des acides pour détruire partiellement les bicarbonates et ramener le pH au voisinage de 5,5 à 5,8 jugé le plus favorable pour le développement et la croissance des plantes testées.

Deux types d'acides ont été utilisés à savoir, l'acide nitrique (HNO₃) et l'acide phosphorique (H₃PO₄). Ces deux acides permettent d'une part l'abaissement du pH et l'apport des éléments utiles tels que les nitrates et les phosphates de l'autre part.

La quantité d'acide à apporter est calculée selon la formule suivante [25] :

$$Q \text{ (meq/l)} = (\text{quantité d'HCO}_3 \text{ dans l'eau en méq/l}) \times 0,833$$

$$Q = 4,08 \times 0,833 = 3,30 \text{ méq / l d'eau}$$

Cette quantité d'acide sera partagée entre:

- **H₃PO₄ = 1,1 méq / l** (correspondant aux besoins des végétaux qui sont de 3,3 méq / l de phosphore) compte tenu que H₃PO₄ est trivalent,
- **HNO₃ = 3,30 – 1,10 = 2,20 méq / l** (besoin partiel en nitrates),

2.4.2. Composition et techniques de préparation des différents traitements

Il est rappelé que, deux solutions nutritives ont été utilisées, La première, une eau saline naturelle de oued Cheliff et la deuxième, une eau saline naturelle de oued Cheliff corrigée.

2.4.2.1. Exemple de solution nutritive standard à base d'eau de Blida

Pour ce type de solution nutritive, l'eau renferme des teneurs insuffisantes en certains éléments utiles tels que NO_3^- et K^+ . Parfois des éléments tels que le sodium, le calcium et les sulfates peuvent se trouver à des concentrations supérieures aux besoins des plantes.

D'une façon générale, pour une eau peu chargée en sels, on peut rajouter des éléments pour corriger les déficits et équilibrer la balance ionique.

La formule de solution nutritive peu chargée en sels correspond à la solution nutritive de base synthétisée avec l'eau de Blida selon les normes définies par [103]

Les différentes étapes adoptées pour la réalisation de cette solution sont les suivantes:

a) Sur les tableaux 2.6 et 2.7 suivants, on reporte les anions et les cations selon les quantités contenues dans l'eau exprimées en méq/l,

b) L'apport d'azote est fixé à 12 méq/l

{	10,2 méq/l NO_3^- représentant 85%
	1,8 méq/l NH_4^+ représentant 15%

c) L'apport du chlore et du sodium étant au-delà des besoins normaux des plantes (0,2 meq/l) aucun apport complémentaire n'est nécessaire,

d) L'apport du phosphore est fixé à 3,3 méq/l de H_3PO_4 , En comptant de façon théorique, le phosphore présent sous la forme trivalent PO_4^{3-} , 1,1 méq/l de H_3PO_4 satisferont les besoins en phosphore,

La quantité d'acide nécessaire pour ajuster le pH de l'eau à 5,8 est de 3,3 méq/l ceci permet de satisfaire la totalité des besoins en phosphore en apportant 1,1 méq/l de H_3PO_4 , et un apport partiel de 2,20 méq/l de NO_3^- .

e) A ce niveau, le bilan des anions restant à introduire dans la solution nutritive doit être estimé ;

Nitrate :

- besoins: 10,2 méq/l,

- déjà disponibles: 0,35 méq/l (eau) + 2,20 méq/l (correction de pH) = 2,55 méq/l,

- à apporter: $10,2 - 2,55 = 7,65$ méq/l,

- déjà disponibles: 0,8 méq/l,

- à apporter: $1,5 - 0,8 = 0,7$ méq/l,

f) L'apport d'ammonium (1,8 méq / l de NH_4^+) est assuré par l'emploi de $\text{NH}_4 \text{NO}_3$ qui assurera en même temps l'apport de 1,8 méq/l de NO_3^- . Les anions disponibles pour apporter un complément de K, Ca et Mg sont les suivants:

Nitrates: $(7,65 - 1,8) \text{NO}_3\text{NH}_4 = 5,85$ méq/l	}	Total = 6,55 méq/l
Sulfates = 0,7 méq/l		

g) Somme totale des cations K, Ca et Mg dans la solution nutritive finale = (K+Ca+ Mg) déjà présents dans l'eau + (K + Ca + Mg) apportés sous forme de nitrates et de sulfates.

Total = $(0 + 2,8 + 1,8) + 6,55 = 11,15$ méq/l,

Selon les normes définies par COIC et LESAIN [103], les proportions relatives de ces 3 éléments doivent être proches des valeurs suivantes:

K : 39,6%

Ca : 47,6%

Mg : 12,8%

Ce qui donne dans le cas présent:

$4,41$ méq/l (K) + $5,31$ méq/l (Ca) + $1,43$ méq/l (Mg) = $11,15$ méq/l,

Apport à réaliser, sous déduction de ce qui est déjà présent dans l'eau,

K ($4,41$ méq/l), Ca ($2,51$ méq/l), Mg (0 méq/l),

L'apport de Mg n'étant pas nécessaire compte tenu que : la teneur de l'eau est supérieur à l'apport souhaitable, Les $11,15$ méq/l – $1,8$ méq/l (Mg) = $9,35$ méq/l

d'anions sont donc à partager entre K et Ca uniquement et en respectant les proportions $K + Ca = 87,2 \%$ soit :

$$K = 9,35 \times \frac{9.6}{39.6 + 47.6} = 4.25 \text{ méq/l}$$

$$Ca = 9,35 \times \frac{47.6}{39.6 + 47.6} = 5.10 \text{ méq/l}$$

Tous les résultats sont reportés dans les tableaux suivants:

Tableau 2.5: Composition de l'eau de Blida pH =7,8 (meq/l)

Eau de Blida	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Total
	0,35	0	0,80	0,60	
K ⁺					0
Na ⁺					1,30
Ca ⁺⁺					2,80
Mg ⁺⁺					1,80
NH ₄ ⁺					0
HCO ₃ ⁻					4,08
Total	0,35	0	0,80	0,60	

Tableau 2.6 Eau de Blida corrigée (pH = 5,8) (meq/l)

Eau de Blida	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Total
	0,35	0	0,80	0,60	
K ⁺	3,55		0,70		4,25
Na ⁺					1,30
Ca ⁺⁺	2,30				5,10
Mg ⁺⁺					1,80
NH ₄ ⁺	1,80				1,80
H ⁺	2,20	1,10			3,30
Total	10,20	3,30	1,50	0,60	

Les différents traitements sont élaborés à base de solutions mères de macroéléments puis diluées au moment de la préparation de la solution prête à

l'utilisation. Un certain ordre de dissolution doit être respecté afin d'éviter toute précipitation et ceci en commençant par les produits à fonction acide et les plus solubles, ensuite on rajoute au fur et à mesure les autres éléments. En dernier lieu, nous avons rajouté une solution d'oligoéléments composée des deux solutions complémentaires d'oligoéléments préconisées par COIC et LESAIN[105], Le contrôle de pH et de la conductivité électrique est obligatoire avant chaque utilisation.

Quantités et ordre de dissolution des sels de la solution standard,

- $\text{HNO}_3 = 2,20 \times 63 = 138,6 \text{ mg/l}$
 - $\text{H}_3\text{PO}_4 = 1,10 \times 98 = 107,8 \text{ mg/l}$
 - $\text{Ca}(\text{NO}_3) = 2,30 \times 118 = 271,4 \text{ mg/l}$
 - $\text{KNO}_3 = 3,55 \times 101,10 = 358,90 \text{ mg/l}$
 - $\text{NH}_4\text{NO}_3 = 1,80 \times 80,04 = 144,07 \text{ mg/l}$
 - $\text{K}_2\text{SO}_4 = 0,7 \times 87 = 60,9 \text{ mg/l}$
 - Concentration de l'eau de Blida = 433,9 mg/l
 - Concentration en oligo-éléments = 14,8 mg/l
- } Total = 1530.37 mg/l

La solution saline d'oued Chélif corrigée reconstituée avec l'eau de Blida renferme aussi la solution complémentaire d'oligo-éléments A et B représentées dans le tableau 2.8.

Les oligo-éléments sont dissous en dernier lieu et séparément sous forme de (solution A et solution B). Ces dernières ont été préconisées par COIC et LESSAINT [105].

Nous prélevons de la solution A (0,1 ml/l) et de la solution B (5ml/l) de solution prête à l'utilisation (tableau 2.8).

Tableau 2.7: Composition des solutions complémentaires d'oligo-éléments A et B

Solution « A »		Solution « B »	
Eléments	Dose g/l	Elément	Dose g/l
Molybdate d'ammonium (NH ₄) ₆ (MO ₇ O ₂₄) 4H ₂ O	0,50	Séquestrène de fer	2,00
Acide borique (H ₃ BO ₃)	15,00		
Sulfate de manganèse (MnSO ₄ , 5H ₂ O)	20,00		
Sulfate de cuivre (CuSO ₄ , 5H ₂ O)	2,50		
Sulfate de zinc (ZnSO ₄ , 7H ₂ O)	10,00		

2.5.2.2, Composition du traitement (solution saline) à base d'eau de Blida

Tableau 2.8 Eau d'Oued Chélif naturelle saline, reconstituée avec l'eau de Blida (pH = 7,34) (meq/l)

Eau de Blida	NO ₃ ⁻ 0,35	PO ₄ ³⁻ 0,00	SO ₄ ²⁻ 0,80	Cl ⁻ 0,60	Total
K ⁺ 0,00					0,00
Na ⁺ 01,30			8,60		09,90
Ca ⁺⁺ 02,80				6,45	09,25
Mg ⁺⁺ 01,80				7,40	09,20
NH ₄ ⁺ 0					0
H ⁺ 00					0
Total	0.35	0,00	09,40	14,45	

Quantités et ordre de dissolution des sels du traitement (solution saline)

- Na₂SO₄ = 8,60 × 71,02 = 610,77 mg/l
- CaCl₂ = 6,45 × 73,51 = 463,05 mg /l
- Mgcl₂ = 7,40 × 101,65 = 752,21mg /l
- Concentration de l'eau de Blida = 433,9 mg/l
- Concentration en oligo-éléments = 14,8 mg/l

Total = 2259,93 mg/l

Nous remarquons à travers cette composition qu'il y a trop de Na^+ , Ca^{++} , Mg^{++} , SO_4^- et de Cl^- , par contre nous observons un manque des ions K^+ , NH_4^+ , NO_3^- et PO_4^{3-} ,

L'eau saline naturelle de l'oued Chélif n'étant pas disponible en volume suffisant pour être expérimentée à Blida, Il a fallu la reconstituée à partir de l'eau de Blida,

La reconstitution a été réalisée comme suit:

- En prenant en compte les éléments minéraux déjà présents dans l'eau de Blida (anions et cations),
- En apportant les éléments manquants afin d'avoir un total anion et cation le plus proche possible de l'analyse initiale,

La correction de cette eau saline naturelle constitue le deuxième traitement utilisé dans nos essais.

2.4.2.3. Composition du traitement (solution saline corrigée) à base d'eau de Blida

Tableau 2.9: Eau d'Oued Chélif corrigé ((pH = 5,78) :

Eau de Blida	NO_3^-	PO_4^{3-}	SO_4^{2-}	Cl^-	Total
	0,35	0,00	0,80	0,60	
K+	4.35				4.35
0,00					
Na^+			8,60		09,90
01,30					
Ca^{++}	1.50			4.95	09,25
02,80					
Mg^{++}				7,40	09,20
01,80					
NH_4^+	1.80				1.80
0					
H^+	2.20	1.10			3.30
00					
Total	10.20	3.30	09,40	12.95	

Quantités et ordre de dissolution des sels :

$$\text{KNO}_3 = 4,35 \times 101,10 = 439,78\text{mg/l}$$

- $\text{Na}_2\text{SO}_4 = 8,60 \times 71,02 = 610,77 \text{ mg/l}$

- $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 = 1,50 \times 118,07 = 177,10 \text{ mg/l}$

- $\text{CaCl}_2 = 4,95 \times 73,51 = 363,87 \text{ mg /l}$

- $\text{MgCl}_2 = 7,40 \times 101,65 = 752,21 \text{ mg/l}$

- $\text{NH}_4\text{NO}_3 = 1,80 \times 80,04 = 144,07\text{mg/l}$

- Concentration de l'eau de Blida = 433,9 mg/l

- Concentration en oligo-éléments = 14,8 mg/l

$$\text{Total} = 2936.50\text{mg/l}$$

2.5. Les paramètres mesurés :

Différents paramètres ont été étudiés afin d'évaluer le comportement et l'évolution des plants expérimentés. Des mesures biométriques ont été effectuées au cours des essais sur l'ensemble des observations à différents stades de développement.

Les dégâts foliaires [106], la hauteur [107], et la croissance relative des plants [108] sont parmi les paramètres utilisés pour l'étude de la tolérance à la salinité, Intensité de la chlorose, la résistance aux dégâts foliaires, comme critère de comparaison, est basée sur le fait que l'absence de la chlorose est généralement indicatrice des variétés les plus aptes à exclure les sels, L'intensité des symptômes de toxicité est évaluée à 15, 30, 45 et 60 jours selon l'échelle établie par [109].

La biomasse, déterminée par type d'organe, des plants récoltés à un ou deux mois de stress salin, est mesurée par la masse de matière fraîche (MF), puis sèche (MS) après séchage dans une étuve à ventilation à 70°C jusqu' à stabilité du poids sec.

2.5.1. Aspect général des plants

Afin de visualiser l'effet des traitements sur les plants expérimentés, une série de photographies numériques a été réalisée et présentée sous forme de figures comparatives.

2.5.2. Vitesse de croissance

Les hauteurs des plants sont mesurés en centimètres du collet jusqu' à l'apex tous les trois jours pour suivre l'évolution des hauteurs et estimer la vitesse de croissance en cm/j.

2.5.3. Hauteur finale des plants

Ce paramètre correspond à la dernière mesure des hauteurs réalisée en fin d'essai en cm.

2.5.4. Diamètre es tiges

Le diamètre des tiges est mesuré en fin d'essai au niveau da collet à l aide d'un pied à coulisse en mm.

2.5.5. Nombre de feuilles

Le comptage des feuilles est réalisé sur chaque plant expérimenté en fin des stades de prélèvement.

2.5.6. Biomasse fraîche

A la fin de chaque stade de prélèvement, nous avons pesé les différents organes des plants (feuilles, tiges et racines) en gramme..

2.5.7. Biomasse sèche

Après séchage des différents parties fraîches de la plante, dans une étuve à une température de 70 °C jusqu' à stabilisation des poids secs (feuilles, tiges et racines), nous avons pesé pour déterminer les poids secs en g.

2.5.8. Taux de la matière sèche

Le taux de matière sèche est déterminé par le rapport de la matière sèche sur la matière fraîche multiplié par cent (%).

CHAPITRE 3 :

RESULTATS

ET

DISCUSSIONS

Chapitre 3 : Résultats et discussions

3.1. Essai portant sur l'effet du fertiactyl et du fertileader sur la production de plants de tomate et de concombre en hors sol dans un milieu salin :

3.1.1. Aspect général des plants

Durant la phase expérimentale, l'effet traitement était bien remarquable sur les plants de tomate et de concombre. Les plantules arrosées par les solutions naturelles salines malgré l'adjonction et la pulvérisation des anti-stress présentaient un aspect chétif, des tiges frêles, un feuillage moins développé, une teinte vert bleutée, un système racinaire peu développé et en définitif un retard de croissance bien distingué (figure 3.1 et 3.2).



Figure 3.1: Aspect des plants de tomate des traitements (T1, T3, T5) (de gauche à droite)



Figure 3.2: Aspect des plants de concombre des traitements (T1, T3, T5) (de gauche à droite),

Par contre, les plantules irriguées avec les solutions salines corrigées avec ou sans bio stimulants ou encore anti-stress présentaient un aspect vigoureux, turgescent, des tiges et des racines bien développées avec un feuillage vert foncé (figure 3.3 et 3.4),



Figure 3.3 : Aspect des plants de tomate des traitements (T2, T4, T6) (de gauche à droite),



Figure 3.4: Aspect des plants de concombre des traitements (T2, T4, T6) (de gauche à droite),

3.1.2. Vitesse de croissance

L'analyse de la variance a révélé une différence significative du facteur traitement sur le paramètre mesuré et ce quelque soit l'espèce testée et la période de prélèvement retenue. Les résultats obtenus durant les trois prélèvements indiquent une meilleur vitesse de croissance chez les traitements (T2, T4 et T6) c'est à dire les solutions salines corrigées et celles corrigées avec ajout des deux anti-stress. Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau 3.1 et la figure 3.5.

Tableau 3.1 : Vitesse de croissance des plants de tomate en (cm /jour) :

T \ P	T1	T2	T3	T4	T5	T6
P1	0,13 ± 0,01 b	0,30 ± 0,01 a	0,16 ± 0,01 b	0,27 ± 0,02 a	0,16 ± 0,01 b	0,30 ± 0,01 a
P2	0,26 ± 0,03 b	0,94 ± 0,01 a	0,39 ± 0,21 b	0,87 ± 0,04 a	0,52 ± 0,01 ab	0,89 ± 0,14 a
P3	0,16 ± 0,02 b	0,66 ± 0,03 a	0,31 ± 0,15 b	0,63 ± 0,01 a	0,41 ± 0,03 ab	0,63 ± 0,06 a

T : Traitement.

P1 ; P2 ; P3 : Prélèvements.

D'après les résultats du tableau 3.1 et la figure 3.5, nous remarquons que la vitesse de croissance est influencée par l'effet des solutions et des bio-stimulants appliqués. En effet, les plants arrosés avec les solutions salines naturelles présentent une vitesse de croissance nettement inférieure à celle dont les plants sont irrigués avec les solutions salines additionnées aux fertiactyl et fertileader. Les plants issus des traitements (T1, T3 et T5) présentent les plus faibles vitesses de croissance en raison des fortes teneurs en sels minéraux contenus dans ces milieux nutritifs notamment en $MgSO_4$, en $NaSO_4$ et surtout en $NaCl$ qui est considéré comme le plus nocif. En plus, ces trois traitements précités présentent un déséquilibre ionique et des carences en éléments fertilisants indispensables à la croissance de plantes tels que l'azote, le phosphore et le potassium qui ralentissent la croissance des plants. Une accumulation des ions

Na^+ et Cl^- et une diminution des ions K^+ et Ca^{++} au niveau des tissus cellulaires sont les signes d'un retard de croissance chez les végétaux [110].

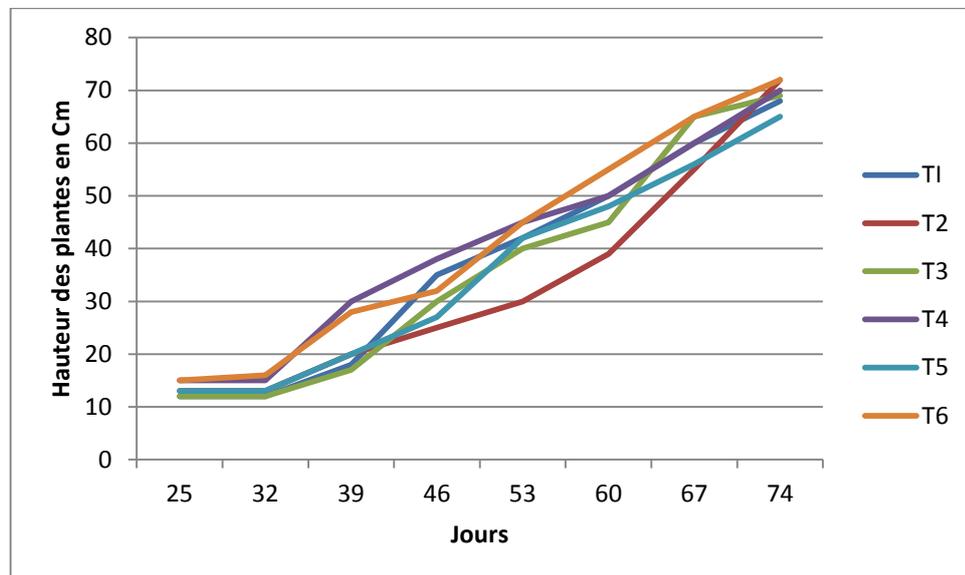


Figure 3.5 : Vitesse de croissance des plants de concombre en cm/jours :

Par contre, les plants issus des traitements salins corrigés avec ou sans bio stimulant présentent une vitesse de croissance plus importante et ce quelque soit la période de prélèvement.

Cependant, les traitements (T3 et T5), c'est à dire les deux doses de 2,5 et 5 ml par litre de solution du fertactyl et du fertileader, sont classés dans le même groupe homogène (b).

La vitesse de croissance chez les traitements (T2, T4 et T6) est croissante au début puis diminue en fin de cette phase. La première phase est la plus importante, c'est une période de croissance active nécessitant la présence de l'élément azote en quantité suffisante.

3.1.3. Hauteur finale des plants :

D'après les résultats obtenus dans le tableau 3.2, nous constatons que pour la culture de tomate et la culture de concombre, l'analyse de la variance a révélé une différence significative entre les différents traitements testés et ce quelque soit la période de prélèvement retenue.

Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau 3.2.

Tableau 3.2 : Hauteur finale des plants en (cm) :

P \ T		T1	T2	T3	T4	T5	T6
P1	Tomate	12,52 ± 0,16 c	16,50 ± 2,88 a	15,07 ± 0,16 b	16,19 ± 0,55 a	11,81 ± 0,50 c	17,76 ± 2,05 a
P2		14,40 ± 0,18 b	36,85 ± 2,49 a	16,30 ± 0,16 b	36,80 ± 3,07 a	18,64 ± 5,61 b	35,30 ± 0,84 a
P3		14,80 ± 2,12 c	57,90 ± 3,96 a	27,70 ± 1,45 b	55,10 ± 3,11 a	37,30 ± 0,28 ab	53,00 ± 2,67 a
P1	Concombre	16,30 ± 0,18 b	23,25 ± 0,35 a	14,75 ± 2,46 b	24,35 ± 2,73 a	14,05 ± 2,43 b	24,25 ± 2,72 a
P2		24,75 ± 3,54 b	69,79 ± 0,76 a	24,54 ± 2,11 b	69,10 ± 0,70 a	24,74 ± 2,11 b	69,00 ± 0,71 a
P3		25,88 ± 0,18 c	120,75 ± 2,34 a	32,40 ± 4,51 b	115,50 ± 1,5 a	31,40 ± 4,52 b	113,50 ± 1,5 a

T : Traitement.

P1 ; P2 ; P3 : Prélèvements.

. En effet, selon les moyennes obtenues, nous remarquons que les plants des deux espèces étudiées issus des traitements (T2, T4 et T6) présentent les hauteurs des plants les plus importantes par rapport aux autres traitements. Ces résultats peuvent être expliqués par l'équilibre ionique parfait des milieux nutritifs cités dont leur richesse en éléments fertilisants tels que l'azote, le phosphore, le potassium et l'ensemble des oligoéléments se trouvant à des concentrations et à des proportions adéquates selon les besoins nutritionnels des deux espèces étudiées.

Nous remarquons aussi que durant le dernier prélèvement, les plants du traitement (T5) présentent une hauteur plus élevée que celle du traitement (T1), La demi-dose soit 2,5 ml par litre de solution du fertiatyl et du fertileader a permis d'atténuer l'effet du stress salin sur le paramètre hauteur finale des plants du traitement T5. Le test de Newman et Keuls a classé les solutions nutritives avec et

sans bio stimulants dans les mêmes groupes homogènes. En effet, les doses 3,75 ml/l et 5 ml/l de glycine Bétadine, ont eu les meilleures hauteurs sur les plants de tomate en phase pépinière, néanmoins leurs effets n'ont pas été statistiquement différents [111].

Les composants humiques des deux bio stimulants agissent sur la croissance et le développement des plantes, en particulier sur l'élongation des tissus [95]. La micro propagation du caroubier (*Ceratonia siliqua L*) par culture de bourgeons cotylédonaire de plantules a montré que la croissance des pousses est surtout stimulée par la zéatine avec la dose de 1 ml par litre de solution [112].

Les principales manifestations de la salinité sont les réductions de la taille des végétaux [85]. Selon DIEHL [113], une carence en azote se traduit par une réduction de la taille des plantes, SOLTNER [114] note aussi qu'une carence en phosphore provoque le phénomène de nanisme chez les végétaux cultivés. La composition chimique des solutions en sels nocifs tel que le Na Cl, provoque des symptômes de nanisme et de rabougrissement des plantes suite à un ralentissement de la croissance due à la forte salinité du milieu [115].

3.1.4. Diamètre des tiges :

L'analyse de la variance indique qu'il existe une différence significative entre les traitements étudiés durant les trois prélèvements (30, 45 et 60 jours après semis) pour la tomate et le concombre.

Les moyennes obtenues au niveau des deux espèces, montrent que les solutions salines naturelles corrigées et associées aux deux anti-stress (fertiaetyl et fertileader) ont amélioré le paramètre mesuré, à savoir le diamètre des tiges. À l'inverse, les diamètres des plants issus des solutions salines naturelles avec ou sans bio stimulants restent faibles. L'aspect mince des tiges est dû sans doute à des fortes concentrations de l'élément calcium sous forme de Ca Cl₂ dans les solutions nutritives [116].

Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau 3.3

Tableau 3.3 : Diamètre des tiges en (mm)

P \ T		T1	T2	T3	T4	T5	T6
P1	Tomate	02,5 ± 0,30 b	02,80 ± 0,30 a	02,30 ± 0,10 b	3,0 ± 0,20 a	2,90 ± 0,10 a	2,80 ± 1,05 a
P2		2,9 ± 0,7 b	6,5 ± 0,7 a	4,10 ± 0,16 b	5,8 ± 0,1 a	4,1 ± 0,2 b	5,3 ± 0,14 a
P3		3,9 ± 0,2 c	6,6 ± 0,1 a	4,1 ± 0,6 b	6,3 ± 0,1 a	5,0 ± 0,28 b	6,9 ± 0,1 a
P1	Concombre	4,0 ± 0,10 b	5,63 ± 0,35 a	4,12 ± 0,07 b	5,20 ± 0,10 a	4,02 ± 0,07 b	5,29 ± 0,11 a
P2		3,93 ± 0,32 b	5,91 ± 0,33 a	4,25 ± 0,44 b	6,37 ± 0,40 a	4,05 ± 0,43 b	6,57 ± 0,40 a
P3		4,52 ± 0,18 b	5,52 ± 0,22 a	4,50 ± 0,09 b	5,70 ± 0,19 a	4,60 ± 0,09 b	5,72 ± 0,19 a

Les moyennes obtenues au niveau des deux espèces, montrent que les solutions salines naturelles corrigées et associées aux deux anti-stress (fertiactyl et fertyleader) ont amélioré le paramètre mesuré, à savoir le diamètre des tiges. A l'inverse, les diamètres des plants issus des solutions salines naturelles avec ou sans bio stimulants restent faibles. L'aspect mince des tiges est dû sans doute à des fortes concentrations de l'élément calcium sous forme de Ca Cl_2 dans les solutions nutritives [116].

Le test de Newman et Keuls au seuil de 5% classe les solutions salines naturelles avec ou sans anti-stress (T1, T3 et T5) dans le même groupe homogène (b). Le fertiactyl et le fertyleader n'ont pas d'effet remarquable sur le paramètre étudié, néanmoins le diamètre semble être amélioré en leurs incorporations dans les milieux nutritifs

Selon les travaux de PADEM et al.[117], sur six engrais foliaires : Bravo (200 g hl⁻¹) ; Real (350 ml hl⁻¹) ; l'urée(0,4%) ; glycine bétaine (500 g hl⁻¹) ; KNO_3 (1 %) et $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ (1 %), à raison de trois pulvérisations espacées de 15 jours, pendant la croissance végétative des plantes de poivron ont également révélé que, la glycine bétaine favorise l'épaississement des tiges.

Aussi, le déséquilibre ionique des solutions salines naturelles (T1, T3 et T5) et leurs carences en éléments minéraux essentiels (N, P, K), provoquent

généralement l'arrêt de la croissance des tissus végétaux. Les travaux de REY et COSTES [92] ont montré qu'une carence en azote et en soufre provoquent des tiges minces et rigides. Selon SEDILOTT [97], en cas de très forte salinité au niveau de la solution du sol, même l'application de produits externes tels que les phytohormones et les engrais biologiques ne peuvent répondre aux besoins nutritifs de la plante, ni à leur protection contre l'effet néfaste de la salinité.

3.1.5. Nombre de feuilles :

L'analyse de la variance a révélé une différence significative du facteur traitement sur le nombre de feuilles par plant et par traitement. Les meilleurs résultats sont ceux des solutions salines corrigées associés aux fertiactyl et fertileader, aux deux doses (2,5 et 5 ml par litre de solution), et ce quelque soit l'espèce testée.

Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau 3.4.

Tableau 3.4 : Nombre de feuilles

P \ T		T					
		T1	T2	T3	T4	T5	T6
P1	Tomate	6,0 ± 0,10 a	7,0 ± 0,12 a	7,0 ± 0,12 a	7,5 ± 0,20 a	6,50 ± 0,10 a	7,5 ± 0,40 a
P2		6,25 ± 0,41 b	11,5 ± 0,7 a	8,5 ± 0,65 b	12,0 ± 1,47 a	8,0 ± 0,2 b	12,5 ± 0,65 a
P3		7,30 ± 0,35 b	14,5 ± 0,78 a	9,20 ± 0,6 b	14,0 ± 0,7 a	9,80 ± 0,28 b	12,5 ± 0,64 a
P1	Concombre	4,13 ± 0,10 b	6,25 ± 0,15 a	4,25 ± 0,35 b	6,20 ± 0,72 a	4,30 ± 0,32 b	6,0 ± 0,71 a
P2		6,38 ± 0,32 b	11,5 ± 0,40 a	6,65 ± 0,25 b	11,15 ± 0,40 a	6,75 ± 0,43 b	11,13 ± 0,40 a
P3		5,13 ± 0,18 b	18,0 ± 3,18 a	5,60 ± 0,52 b	16,20 ± 1,40 a	5,63 ± 0,53 b	16,25 ± 1,41 a

D'après les résultats obtenus, nous remarquons que pour la tomate, l'effet traitement n'apparaît qu'à partir du deuxième prélèvement, tandis que pour le

concombre, l'effet traitement est plus immédiat, ceci traduit la sensibilité plus accrue à la salinité du concombre par rapport à la tomate qui reste une espèce moyennement sensible.

Selon SMITH [96], durant le premier mois de croissance, les jeunes plantes présentent une activité très intense des cellules leur permettant de s'adapter et de résister au stress abiotique de leur nouvel environnement. Par contre, pour le concombre, les différences entre les traitements existent au niveau des trois stades de mesures.

Les solutions salines naturelles avec ou sans antistress, sont classées dans le même groupe homogène (b). Aussi, les solutions salines corrigées avec ou sans anti-stress, sont classées aussi dans le même premier groupe homogène (a). L'effet des anti-stress est souvent atténué par des fortes salinités des milieux de culture [118], néanmoins, les plantes qui y sont cultivées semblent présenter un nombre de feuilles légèrement supérieur.

La formation des feuilles au niveau des jeunes plants est étroitement liée à la présence des éléments fertilisants dans la solution du sol surtout l'élément azote. Une forte salinité du milieu provoque un ralentissement de la croissance et une réduction du nombre de feuilles avec apparition précoce des fleurs pour assurer la reproduction [119].

Aussi, selon DIEHL [114], un excès de calcium entrave sérieusement l'absorption des autres éléments minéraux indispensables à la plante tels que le potassium, le phosphore et le magnésium se traduisant par un blocage de la photosynthèse et une réduction du nombre de feuilles.

3.1.6. Biomasse fraîche des feuilles :

L'analyse de la variance révèle une différence significative du facteur traitement sur le paramètre biomasse fraîche des feuilles des deux espèces quelque soit la période de prélèvement. Les solutions naturelles salines corrigées avec ou sans fertiactyl et fertileader ont donné les meilleurs résultats par rapport aux solutions salines naturelles.

Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau 3.5,

Tableau 3.5: Poids frais des feuilles en (g)

P \ T		T					
		T1	T2	T3	T4	T5	T6
P1	Tomate	02,42 ± 0,30 c	16,16 ± 0,25 a	4,67 ± 0,79 b	17,59 ± 3,20 a	4,65 ± 0,32 a	14,25 ± 1,05 a
P2		2,24 ± 0,11 b	30,10 ± 3,25 a	5,94 ± 1,43 b	25,15 ± 4,88 a	6,29 ± 1,79 b	25,92 ± 1,71 a
P3		3,85 ± 0,49 b	47,87 ± 3,96 a	7,53 ± 1,85 b	42,72 ± 2,05 a	10,63 ± 0,28 b	42,47 ± 4,01 a
P1	Concombre	3,55 ± 0,15 b	10,09 ± 0,35 a	3,65 ± 0,26 b	8,70 ± 1,12 a	3,69 ± 0,28 b	8,68 ± 1,12 a
P2		4,47 ± 0,32 b	27,53 ± 2,10 a	5,50 ± 0,44 b	26,55 ± 0,82 a	5,23 ± 0,43 b	26,35 ± 0,81 a
P3		1,92 ± 0,18 b	45,36 ± 0,98 a	2,19 ± 0,09 b	45,5 ± 0,69 a	2,09 ± 0,09 b	45,28 ± 0,68 a

A l'inverse, les plants alimentés par les solutions salines naturelles même associées aux anti-stress et carencées en azote présentaient un dessèchement important des feuilles. Le principal symptôme d'une carence en éléments fertilisants associée à un stress salin d'un milieu de culture est la réduction de la surface foliaire [120]. Les travaux de Bruno [121] ont montré que l'azote, est le principal élément nutritif, responsable de la croissance quantitative du végétal.

Au niveau du premier prélèvement il est constaté que les résultats relatifs aux poids frais des feuilles enregistrés, indiquent que le traitement (T5) (solution saline avec une dose de 2,5 ml par litre de fertiactyl et de fertileader) est plus performant significativement que le traitement (T1), notamment chez la tomate comparativement au concombre.

Il est important de signaler que les bio- stimulants tels que ceux que nous avons utilisés sont généralement des produits complexes contenant une multitude de substances actives, L'effet observé sur la plante est le résultat d'un ensemble d'actions réalisées par l'ensemble des substances actives en interaction avec le milieu externe [96].

Selon SANTIAGO et al [122], la glycine bétaine contenue dans les bio-stimulants tels que le fertiactyl et le fertileader est un osmoregulateur permettant la migration des éléments nutritifs dans les feuilles.

3.1.7. Biomasse fraîche des tiges :

Dès le premier prélèvement, l'analyse de la variance indique une différence significative du facteur traitement sur le paramètre biomasse fraîche des tiges. Les meilleurs résultats sont ceux obtenus avec les solutions salines corrigées avec ou sans antistress. Le test de Newman et Keuls classe les traitements avec ou sans fertiactyl et fertileader dans le même groupe homogène.

Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau 3.6.

Tableau3.6 : Poids frais des tiges en (g) :

P \ T		T					
		T1	T2	T3	T4	T5	T6
P1	Tomate	0,80 ± 0,06 b	5,14 ± 0,06 a	1,61 ± 0,05 b	1,90 ± 0,02 a	0,53 ± 0,01 a	4,97 ± 0,40 a
P2		0,86 ± 0,07 b	10,90 ± 1,89 a	2,07 ± 0,24 b	9,40 ± 2,21 a	2,37 ± 0,24 b	10,85 ± 0,64 a
P3		1,51 ± 0,25 b	18,85 ± 0,25 a	3,43 ± 0,06 b	14,19 ± 0,81 a	5,24 ± 0,28 b	15,68 ± 2,15 a
P1	Concombre	2,16 ± 0,01 b	6,48 ± 0,08 a	1,98 ± 0,26 b	5,75 ± 0,06 a	1,88 ± 0,28 b	5,79 ± 0,07 a
P2		3,68 ± 0,01 b	16,53 ± 0,33 a	3,15 ± 0,04 b	16,20 ± 0,82 a	3,05 ± 0,03 b	16,18 ± 0,81 a
P3		3,44 ± 0,18 b	31,78 ± 0,98 a	4,45 ± 0,42 b	31,96 ± 0,69 a	4,25 ± 0,40 b	31,83 ± 0,68 a

Les plantes alimentés avec des solutions équilibrées et riches en éléments nutritifs n'ont pas besoin de complément alimentaire sous forme d'engrais liquides systémiques ou foliaires [124]. Alors que d'autres travaux de MORENO [125] sur

les culture de tissus de tabac en in vitro dans des milieux de cultures différents contenant différentes concentrations de sels, indiquent que le poids frais des tiges est plus important pour les milieux contenant plus de zéatine.

Il y a lieu de noter que dans un milieu salin, les plantes ne peuvent s'alimenter convenablement en raison de la forte pression osmotique du milieu extérieur. La perte d'eau au niveau cellulaire se traduit par une biomasse fraîche très faible. Une carence en magnésium se traduit par une déshydratation du cytoplasme du au phénomène de plasmolyse [126]. L'accumulation des sels au niveau intracellulaire provoque le dépérissement des tiges avec une forte réduction de leur biomasse fraîche [127].

3.1.8. Biomasse sèche des feuilles

L'analyse de la variance révèle une différence significative du facteur traitement sur le paramètre étudié, à savoir la biomasse sèche des feuilles au niveau des deux espèces testées et pour chacun des prélèvements effectués.

Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau 3.7.

Tableau 3.7: Biomasse sèche des feuilles en (g)

P \ T		T					
		T1	T2	T3	T4	T5	T6
P1	Tomate	0,34 ± 0,02 b	1,61 ± 0,06 a	0,51 ± 0,10 b	1,32 ± 0,02 a	0,44 ± 0,10 a	1,52 ± 0,22 a
P2		0,37 ± 0,07 b	4,75 ± 0,38 a	1,01 ± 0,07 b	4,44 ± 0,3 a	1,26 ± 0,2 b	4,57 ± 0,14 a
P3		0,45 ± 0,01 c	5,41 ± 0,25 a	1,10 ± 0,06 b	4,94 ± 0,27 a	1,63 ± 0,01 b	5,05 ± 0,6 a
P1	Concombre	0,49 ± 0,06 b	0,99 ± 0,07 a	0,50 ± 0,07 b	0,93 ± 0,10 a	0,51 ± 0,07 b	0,91 ± 0,14 a
P2		0,77 ± 0,10 b	3,20 ± 0,16 a	1,10 ± 0,44 b	2,80 ± 0,08 a	1,11 ± 0,43 b	2,85 ± 0,29 a
P3		0,30 ± 0,09 b	5,65 ± 0,22 a	0,48 ± 0,11 b	5,50 ± 0,19 a	0,38 ± 0,09 b	5,54 ± 0,19 a

Le test de Newman et Keuls classe les solutions salines naturelles sans ou avec les deux doses (2,5 et 5 ml par litre de solution) des bio- stimulants dans le groupe homogène (b) et les solutions salines corrigées additionnées ou non aux deux bio- stimulants, dans le groupe homogène (a),

Les résultats enregistrés montrent que la matière sèche des feuilles chez les plants des deux espèces testées alimentés par les traitements (T2, T4 et T6) est bien supérieure à celle des plants alimentés par les traitements (T1, T3 et T5). Nous remarquons aussi, qu'au niveau du dernier prélèvement soit 60 jours, les plants de tomate issus du traitement (T1: solution saline naturelle) ont enregistré un poids sec des feuilles plus faible en raison du déséquilibre ionique du milieu et de l'absence des éléments utiles tels que l'azote, le phosphore et le potassium. Les travaux de HUSSAIN et al [128] sur l'effet des engrais foliaires biologiques sur la croissance des plants de poivron indiquent qu'une forte salinité provoque la fermeture des stomates des feuilles empêchant ainsi toute absorption d'élément minérale. En effet, les fortes salinités du milieu ont des effets néfastes sur les biomasses sèches des feuilles, en raison d'une faible intensité photosynthétique due à la salinité induisant une faible productivité [129].

Selon PAUPARDIN [130], des concentrations de un à deux millilitres par litre de solution de zéatine dans les eaux d'irrigations sur une culture de laitue, ont amélioré la teneur en matière sèche de 10 à 15%.

3.1.9. Biomasse sèche des tiges :

D'après les résultats enregistrés dans le tableau 3.8, nous remarquons que l'analyse de la variance du facteur traitement révèle une différence significative sur la biomasse sèche des tiges et ce quelque soit l'espèce testée.

Le test de Newman et Keuls classe les traitements en deux groupes homogènes, Le groupe (a) qui regroupe les solutions salines corrigées avec ou sans bio- stimulants pour les deux doses testées, tandis que le groupe (b) représente les solutions salines avec ou sans bio- stimulants pour les deux doses testées aussi.

Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau 3.8.

Tableau 3.8 : Poids sec des tiges en (g)

P \ T		T1	T2	T3	T4	T5	T6
P1	Tomate	0,06 ± 0,02 b	0,36 ± 0,06 a	0,13 ± 0,07 b	0,47 ± 0,02 a	0,09 ± 0,02 a	0,37 ± 0,02 a
P2		0,09 ± 0,01 b	1,23 ± 0,28 a	0,26 ± 0,07 b	1,26 ± 0,3 a	0,31 ± 0,01 b	1,39 ± 0,04 a
P3		0,17 ± 0,01 c	2,22 ± 0,03 a	0,45 ± 0,06 b	1,92 ± 0,12 a	0,73 ± 0,03 b	1,97 ± 0,35 a
P1	Concombre	0,13 ± 0,01 b	0,32 ± 0,04 a	0,15 ± 0,01 b	0,35 ± 0,01 a	0,16 ± 0,01 b	0,33 ± 0,01 a
P2		0,28 ± 0,09 b	1,17 ± 0,16 a	0,25 ± 0,06 b	1,08 ± 0,08 a	0,23 ± 0,04 b	1,05 ± 0,08 a
P3		0,30 ± 0,09 b	2,88 ± 0,04 a	0,40 ± 0,04 b	2,70 ± 0,19 a	0,38 ± 0,03 b	2,74 ± 0,19 a

Nous remarquons aussi que la biomasse sèche des tiges chez les plants irrigués avec les solutions salines corrigées, est plus importante que celle des plants irrigués avec les solutions salines naturelles, ceci en raison de l'équilibre parfait des solutions nutritives corrigées ainsi que la présence des éléments minéraux indispensables au développement des plants. Selon DURION [124], une forte salinité des milieux de culture, se traduit par une chute de la biomasse sèche des plantes.

3.1.10. Biomasse sèche totale :

L'analyse de la variance montre l'existence d'une différence significative du facteur traitement sur le poids sec total (feuilles + tiges) au niveau des trois prélèvements et ce quelque soit l'espèce testée.

Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau 3.9.

Tableau 3.9 : Poids sec total (feuilles + Tiges) en (g) :

P \ T		T1	T2	T3	T4	T5	T6
P1	Tomate	0,40 ± 0,02 b	1,97 ± 0,06 a	0,64 ± 0,10 b	1,80 ± 0,02 a	1,54 ± 0,06 b	1,90 ± 0,22 a
P2		0,45 ± 0,07 b	6,01 ± 0,38 a	1,29 ± 0,07 b	5,70 ± 0,19 a	1,57 ± 0,30 b	5,95 ± 1,04 a
P3		0,62 ± 0,01 b	7,62 ± 0,26 a	1,55 ± 0,06 b	6,86 ± 0,27 a	2,36 ± 0,28 b	7,01 ± 0,76 a
P1	Concombre	0,63 ± 0,10 b	1,41 ± 0,07 a	0,72 ± 0,01 b	1,29 ± 0,10 a	0,70 ± 0,01 b	1,25 ± 0,11 a
P2		1,08 ± 0,32 b	4,18 ± 0,33 a	1,50 ± 0,40 b	3,90 ± 0,40 a	1,51 ± 0,36 b	3,95 ± 0,40 a
P3		0,51 ± 0,05 b	8,42 ± 0,69 a	0,82 ± 0,09 b	8,03 ± 0,44 a	0,82 ± 0,26 b	8,03 ± 0,14 a

Les solutions salines corrigées riches en éléments fertilisants et bien équilibrées ont donné les meilleures biomasses sèches totales et sont classées dans le groupe homogène (a). A l' inverse, les biomasses sèches totales les plus faibles sont celles des solutions salines naturelles en présence ou en absence d'anti-stress. Ceci peut s'expliquer par la faible absorption hydrominérale, et une faible teneur en eau des tissus végétaux résultant des milieux salins, aboutissent à une très faible production de la matière sèche [92].

La réponse au stress se manifeste au niveau de la plante entière par une baisse de l'activité photosynthétique,, des dégâts tels que brulures et dessèchement précoce foliaires, une accélération de la sénescence, une réduction de la croissance et une baisse dans la productivité [90].

Les effets bénéfiques des anti-stress s'emblent ne pas influencer le paramètre biomasse sèche totale des plants des deux espèces, néanmoins la correction des milieux salés naturels en solutions nutritives améliore considérablement le paramètre mesuré et plus particulièrement chez le concombre.

3.1.11. Taux de matière sèche des feuilles :

L'analyse de la variance pour le paramètre taux de matière sèche des feuilles a mis en évidence une différence significative entre les différents traitements testés, exceptionnellement au niveau du deuxième et troisième prélèvement

Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau 3.10.

Tableau 3.10 : Taux de matière sèche des feuilles en (%) :

P \ T		T1	T2	T3	T4	T5	T6
P1	Tomate	13,89 ± 0,39 a	9,97 ± 0,68 b	11,27 ± 1,43 ab	11,47 ± 0,08 ab	12,52 ± 0,90 ab	10,72 ± 0,22 ab
P2		11,01 ± 1,65 b	11,31 ± 0,38 a	14,40 ± 1,77 b	11,37 ± 0,69 a	15,37 ± 0,90 b	11,89 ± 1,04 a
P3		16,58 ± 1,54 a	16,12 ± 0,74 a	17,07 ± 1,75 a	18,16 ± 0,27 a	17,14 ± 1,03 a	17,33 ± 1,66 a
P1	Concombre	3,13 ± 0,10 a	2,25 ± 0,05 b	4,25 ± 0,35 a	3,00 ± 0,71 a	4,25 ± 0,35 a	3,00 ± 0,71 a
P2		16,38 ± 0,53 a	11,50 ± 1,41 b	16,70 ± 0,40 a	11,10 ± 0,48 b	16,75 ± 0,25 a	11,13 ± 0,49 b
P3		17,13 ± 0,52 a	16,00 ± 0,69 a	17,63 ± 0,53 a	16,25 ± 1,44 a	17,50 ± 0,53 a	16,28 ± 1,41 a

Les moyennes obtenues au cours de ces deux stades indiquent que les plants du traitement (T1) présentent un taux de matière sèche des feuilles élevé et même parfois supérieure à celui des autres traitements. Ceci peut être expliqué par la faible teneur en eau des feuilles des plants du traitement (T1) (solution saline) et leur dessèchement précoce qui a engendré un taux élevé de matière sèche. Les plants arrosés par des solutions très chargées en sels sont mal alimentés en eau et par conséquent présentent un feuillage flétri et desséché [124].

Les traitements salins corrigés avec et sans bio- fertilisants tels que le fertiactyl et le fertileader sont classés dans le même groupe homogène (ab). Ceci montre que l'effet des anti-stress n'apparaît pas chez les plants alimentés par des solutions corrigées c'est à dire équilibrées et riches en éléments fertilisants,

Nous remarquons aussi, qu'au niveau du dernier prélèvement soit 60 jours après semis, l'analyse de la variance ne révèle aucune différence significative

entres les quatre traitements, Dans ce cas, l'effet des deux bio- stimulants appliqués est remarquable sur la biomasse sèche totale car les valeurs obtenues pour ce paramètre sont presque identiques pour les quatre traitements testés, Les travaux de MORENO [125] affirment que des concentrations de 1 à 5 ml par litre de solution (bio- fertilisant) dans les eaux d' irrigations améliorent sensiblement la production de la matière sèche.

3.1.12 Taux de matière sèche des tiges :

En ce qui concerne le taux de matière sèche des tiges, nous avons remarqué le même phénomène que pour celui des feuilles, L'analyse de la variance révèle une différence significative entre les quatre traitements au niveau du deuxième et troisième prélèvement, En effet, les moyennes des traitements (T1, T3 et T5) présentent des taux de matière sèche des tiges plus élevées que ceux des autres traitements analysés.

Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau 3.11.

Tableau 3.11 : Taux de matière sèche des tiges en (%)

P \ T		T1	T2	T3	T4	T5	T6
P1	Tomate	8,17 ± 0,30 a	7,01 ± 0,25 b	8,03 ± 0,26 ab	7,82 ± 0,20 ab	8,40 ± 0,32 ab	7,59 ± 0,24 ab
P2		11,21 ± 1,24 b	11,24 ± 0,38 a	13,22 ± 1,27 b	13,07 ± 0,69 a	13,08 ± 1,27 b	12,85 ± 1,05 a
P3		12,76 ± 3,06 a	13,04 ± 0,74 a	12,73 ± 2,16 a	12,66 ± 0,37 a	1335 ± 0,28 a	13,88 ± 0,14 a
P1	Concombre	14,19 ± 0,16 a	12,25 ± 0,35 b	14,20 ± 0,37 a	11,00 ± 0,71 b	14,15 ± 0,35 a	12,00 ± 0,71 b
P2		16,30 ± 0,53 a	14,50 ± 1,41 b	16,75 ± 0,44 a	11,13 ± 0,40 b	16,65 ± 0,43 a	11,19 ± 0,40 b
P3		17,13 ± 0,52 a	18,00 ± 3,18 a	17,63 ± 0,53 a	16,35 ± 1,41 a	16,90 ± 0,53 a	16,25 ± 1,41 a

Les solutions salines corrigées additionnées a une dose de 2,5 ml par litre de solution de fertiactyl et de fertileader, et les solutions salines corrigées additionnées a une dose de 5 ml de chacun des deux bio-stimulants sont classées dans le même groupe homogène (ab).

Les moyennes du taux de matière sèche des tiges obtenues durant le dernier stade de prélèvement, indiquent l'absence de différence entre les solutions nutritives testées, De ce constat, on peut conclure que les deux doses des anti-stress testées semblent favoriser la teneur en matière sèche des tiges des deux espèces cultivées.

3.1.13 Taux de matière sèche total (feuilles plus tiges)

D'après les résultats obtenus dans le tableau 3.12, il n'y a pas d'effet traitement au niveau du premier et dernier prélèvement, Par contre, l'analyse de la variance montre une différence significative entre les traitements au niveau du deuxième prélèvement notamment au niveau du traitement T5 ou on note le taux le plus faible.

HUSSAIN, [128] notent que durant les premiers mois de croissance, les plantes réagissent différemment aux stress abiotiques. Les effets du stress sont variables dans le temps et sont liées à d'autres facteurs tels que les variations de la température, la durée d'éclairage et l'alimentation hydrominérale [131].

Les moyennes du taux de matière sèche totale enregistrées 30 et 60 jours après semis, indiquent qu'il n'y a pas de différence entre les six traitements testés. Dans ce cas, le fertiactyl et le fertileader semble favoriser la production de la matière sèche totale, même avec la demi dose 2,5 ml/l pour chacun des bio fertilisants.

Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau 3.12.

Tableau 3.12: Taux de matière sèche total (feuilles + tiges) en (%)

P \ T		T1	T2	T3	T4	T5	T6
P1	Tomate	11,47 ± 1,63 a	9,25 ± 0,68 a	10,43 ± 0,92 a	10,24 ± 1,01 a	11,52 ± 0,32 a	9,91 ± 0,35 a
P2		11,33 ± 1,24 a	11,76 ± 1,89 a	12,00 ± 1,27 a	9,48 ± 1,35 a	8,48 ± 1,27 b	10,10 ± 1,05 a
P3		14,08 ± 2,91 a	14,05 ± 1,87 a	15,08 ± 2,16 a	16,06 ± 1,68 a	15,01 ± 1,20 a	16,08 ± 2,14 a
P1	Concombre	17,90 ± 1,16 a	17,20 ± 1,35 a	18,00 ± 1,37 a	17,50 ± 1,71 a	17,25 ± 1,35 a	16,98 ± 1,71 a
P2		18,20 ± 0,53 a	17,50 ± 1,41 a	18,13 ± 0,44 a	17,58 ± 0,88 a	16,30 ± 0,43 b	17,98 ± 0,88 a
P3		19,13 ± 0,52 a	18,80 ± 3,18 a	18,50 ± 0,53 a	18,25 ± 1,41 a	17,90 ± 0,53 a	17,25 ± 1,41 a

3.2. Effet du fertiactyl sur la production de plants de tomate en hors sol, issus par voie végétative et cultivés dans un milieu salin

Dans cette partie, nous exposerons les résultats obtenus et nous discuterons :

- la possibilité de la multiplication de la tomate par bourgeonnement axillaire,
- l'impact de la salinité du milieu ainsi que l'apport de l'anti-stress systémique (fertiactyl) sur la croissance de la tomate.

3.2.1 Taux de reprise :

Vu la capacité de la tomate à l'émission des racines fasciculées, le taux de reprise des bourgeons axillaires repiqués est de 100% au bout de 10 jours du repiquage, La figure 3.6 montre l'apparition d'une racine (primordias).

Le sable, étant un milieu inerte, semble favoriser la croissance des boutures et ne pose aucun problème de contamination [132]. Les apports d'éléments minéraux dissous dans l'eau stimulent la croissance des jeunes pousses ce qui confirme les travaux de STOMGUIST et ELIASSON [133].



Figure 3.6 : Coupe transversale au niveau d'un plant de tomate issu par multiplication végétative (bourgeon axillaire) observé sous microscope (GX10).

3.2.2. Aspect général des plants de tomate

L'effet des différents traitements appliqués apparaît clairement sur les plants de tomate expérimentés.

Nous remarquons que les plants irrigués avec la solution saline naturelle reconstituée et corrigée (T1), présentent un aspect vigoureux, turgescent, des tiges épaisses et rigides, un feuillage vert foncé, une vitesse de croissance normale, des racines fines, fournies et bien développées et ce avec ou sans l'utilisation du fertiactyl à la dose de 2,5 ml/l (figure 3.7 et 3.8).



Figure 3.7: Plant irrigué par le traitement (T1) (60 jours après repiquage)



Figure 3.8: Plant irrigué par le traitement (T2) (60 jours après repiquage)

Nous remarquons que les plants irrigués avec la solution additionnée au fertiactyl (T2) présentent un chevelu racinaire moins développé avec des racines trapues de couleur virant vers le marron (Figure 3.8), par rapport à celles qui sont irrigués avec la solution(T1), qui présentent un chevelu racinaire plus développé avec des racines fines et de couleur claire,

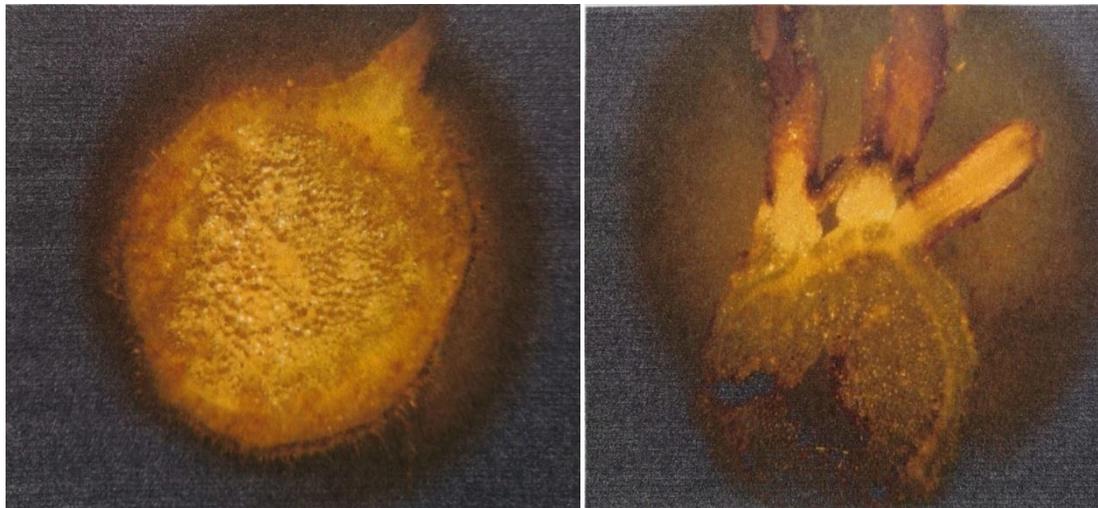


Figure 3.9: Coupe transversale à la base d'une tige d'un plant de tomate irrigué avec la solution corrigée + fertiactyl (T2), (25 jours après repiquage) ; observée sous loupe binoculaire (GX4).

Par contre, les plants irrigués avec la solution (T3) présentent un aspect chétif, un feuillage moins développé avec une teinte vert bleutée, des racines fines

peu développées et un retard de croissance, Ceci est peut être dû à la faible teneur des éléments minéraux et au déséquilibre ionique du milieu nutritif.



Figure 3.10: Plant irrigué avec le traitement (T3) (60 jours après repiquage)

Lorsque les racines sont soumises à un stress salin, il y aura une fermeture des stomates au niveau des feuilles, De même, la première conséquence d'un apport excessif d'éléments minéraux, est la diminution de la taille des organes produits [88]

Par ailleurs, nous avons remarqué que les résultats enregistrés au niveau des plants irrigués avec la solution additionnée au fertiactyl (T4) sont supérieurs à ceux trouvés au niveau des plants irrigués avec la solution (T3)(sans fertiactyl) où leur état physiologique est plus détérioré par rapport aux plants des autres traitements (Figure 3.10 et 3.11),



Figure 3.11 : Plant irrigué avec le traitement (T4) (60 jours après repiquage)

Nous remarquons que les plants irrigués avec la solution naturelle reconstituée additionnée au fertiactyl (T4) présentent un chevelu racinaire moins développé avec des racines trapues et de couleur virant vers le marron,

3.2.3 .Vitesse de croissance des plants de tomate en fonction des traitements :

La Figure (3.12) montre que les plants de tomate irrigués avec la solution(T1) présentent un rythme de croissance régulier en raison de la présence des éléments minéraux nécessaires à la plante en quantité suffisante et de façon équilibrée.

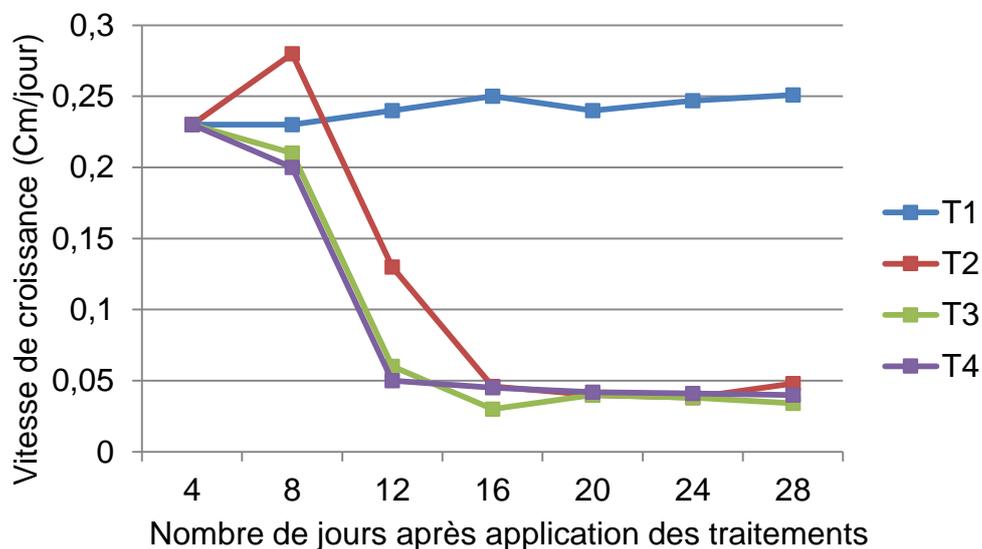


Figure 3.12 : Vitesse moyenne de croissance des plants des différents traitements.

Par contre, la vitesse de croissance diminue pour les plants irrigués avec la solution saline naturelle. Les carences en éléments essentiels provoquent d'abord l'arrêt de la croissance des jeunes tissus, il en résulte des troubles de fonctions de la plante entraînant un ralentissement et un retard de croissance [85].

Par ailleurs, un retard de croissance est enregistré au niveau des plants de tomate irrigués avec la solution corrigée associée au fertiactyl (T2) et ce après 10 jours de l'application des traitements.

3.2.4. Hauteur finale des plants de tomate :

L'analyse de la variance montre que le facteur traitement exerce un effet significatif sur la hauteur finale des plants de tomate.

Les résultats sont présentés sous forme de moyenne par traitement, dans le tableau 3.13,

Tableau 3.13: Hauteur finale des tiges en (cm)

Traitements	T1	T2	T3	T4
Paramètre				
Hauteur finale des tiges	18,6 ± 2,6 b	27,9 ± 3,6 a	14,8 ± 1,1 c	15,8 ± 1,1 c

A l'issue de notre essai, nous avons constaté que les meilleurs résultats ont été obtenus au niveau des plants alimentés par les solutions corrigées (T1 et T2) et où le traitement T2 est associé au fertiactyl.

La meilleure hauteur finale est obtenue pour les plants irrigués avec la solution naturelle reconstituée et corrigée (T1) ceci en raison de l'équilibre ionique parfait des éléments minéraux indispensables à la croissance et au développement des plants.

Par contre, les résultats obtenus pour les plants irrigués avec la solution(T2) montrent une baisse du paramètre mesuré. Ceci peut être dû à l'effet d'antagonisme entre les minéraux en raison de l'excès de certains éléments tels que l'azote et le potassium fournis par le fertiactyl rendant impossible leur assimilation. La présence des ions dans un milieu à diverses concentrations influence l'absorption d'un ion donné par la plante d'où la notion d'ions antagonistes [134].

Un excès de potassium peut induire une insuffisance dans l'absorption du calcium et du magnésium [34]. Une carence en calcium se traduit par un ralentissement de la croissance [109]. Aussi, l'excès du potassium provoque des troubles de l'assimilation des nitrates [135].

Par ailleurs, deux ions peuvent entrer en compétition pour saturer les sites de fixation impliqués dans la l'absorption minérale. Les interactions ioniques influencent la croissance des végétaux [134]. Alors que PANPARDIN [130], note

qu'en cultivant sur le milieu de Murashige et Skoog (MS) des apex de plantules de fenouil doux, a trouvé que l'application de la zéatine s'est avérée indispensable pour l'élongation des boutures.

En effet, c'est au niveau des plants irrigués avec la solution (T3) que nous avons enregistré les hauteurs finales des plants de tomate les plus faibles, et ce en raison du déséquilibre ionique entre les éléments entraînant ainsi un ralentissement de la croissance des plantes. Ces résultats confirment les observations signalées par DIEHL [113] qui a démontré qu'une carence en azote se traduit par une réduction dans la taille des plants, associée à une teinte vert jaunâtre, alors qu'une carence en phosphore entraîne une réduction dans la taille des plantes.

3.2.5. Diamètre des tiges des plants :

L'analyse de la variance montre que la différence entre les Traitements étudiés n'est pas significative sur le paramètre diamètre des tiges. Les résultats sont statistiquement homogènes.

Les résultats sont présentés sous forme de moyenne par traitement, dans le tableau 3.14.

Tableau 3.14 : Diamètre final des plants en (cm) (60 jours après repiquage)

Traitements	T1	T2	T3	T4
Paramètre				
Diamètre final des tiges	0,62 ± 0,04 a	0,57 ± 0,06 a	0,59 ± 0,05 a	0,60 ± 0,05 a

Pour ce paramètre nous remarquons que le fertiactyl reste sans effet marqué sur le diamètre final des plants de tomate.

3.2.6. Nombre de feuilles par plant :

L'analyse de la variance du facteur traitement exerce un effet significatif sur le paramètre mesuré.

Les résultats sont présentés, sous forme de moyenne par traitement, dans le tableau 3.15,

Tableau 3.15 : Nombre de feuilles par plant.

Traitements	T1	T2	T3	T4
Paramètre				
Nombre de feuilles par plant	6,43 ± 0,89 a	4,71 ± 0,71 b	3,83 ± 0,77 bc	4,29 ± 1,03 b

En effet, nous constatons que le facteur solution a un effet sur la production des feuilles car les résultats les plus faibles sont enregistrés au niveau des plants irrigués avec la solution (T3), Ceci est peut être dû à la présence de certains éléments nocifs tels que : le sodium, les chlorures et les sulfates en grande quantités d'une part et aux carences en éléments essentiels d'autre part, Ce déséquilibre ionique provoque, d'abord un ralentissement de la croissance puis l'inhibition du développement des feuilles. De même, sur le plan physiologique, la salinité affecte l'assimilation du carbone par la plante ce qui cause la réduction de l'indice foliaire plutôt que le taux de la photosynthèse [134]. Ces résultats confirment les observations signalées par DIEHL [113] qui a démontré qu'une carence en azote se traduit par une réduction dans la taille des plants, associée à une teinte vert jaunâtre, alors qu'une carence en phosphore entraîne une réduction dans la taille des plantes. Nous remarquons aussi que la moyenne du nombre de feuilles obtenue par le traitement (T2) (solution saline corrigée + 2,5 ml/l de fertiactyl) est significativement inférieure à celle obtenue par (T1) (solution saline corrigée sans fertiactyl).

3.2.7. Biomasse fraîche des feuilles

L'analyse de la variance indique que le facteur traitement manifeste une action significative sur le paramètre mesuré.

Les résultats sont présentés sous forme de moyenne par traitement, dans le tableau 3.16.

Tableau 3.16 : Poids frais moyen des feuilles en (g) (60 jours après repiquage),

Traitements	T1	T2	T3	T4
Paramètre				
Poids frais des feuilles,	14,99 ± 2,09 a	7,36 ± 1,85 b	3,03 ± 0,95 d	5,36 ± 1,21 c

En effet nous constatons que le facteur solution a un effet sur la production de la biomasse fraîche des feuilles et les meilleurs résultats sont enregistrés au niveau du traitement(T1) à savoir solution saline corrigée.

Nous remarquons que la correction des eaux salines accroît le poids frais des feuilles. L'utilisation du fertiactyl avec la solution(T2) influe négativement sur la biomasse fraîche des feuilles, ceci peut être expliqué par l'effet d'antagonisme entre les éléments minéraux contenus dans la solution équilibré et ceux qui sont fournis par l'anti-stress à savoir le fertiactyl à la dose 2,5 ml/l.

Nous avons enregistré les résultats les plus faibles au niveau des plants irrigués avec la solution(T3), car la salinité limite la production de la matière fraîche [137]. L'augmentation de la concentration saline affecte les activités enzymatiques notamment les enzymes impliquées dans le transfert d'énergie et la synthèse des protéines ainsi que la balance hormonale mettant en cause les hormones de croissance [136].

En effet, nous constatons que le fertiactyl présente une action plus ou moins remarquable sur le paramètre étudié notamment lorsqu' il est appliqué dans un milieu salin naturel où pratiquement il y a absence d'excès d'éléments minéraux tels que l'azote, le phosphore et le potassium.

3.2.8. Biomasse fraîche des tiges

L'analyse de la variance indique un effet marqué du facteur traitement sur le paramètre mesuré, à savoir le poids moyen des tiges.

Les résultats sont présentés sous forme de moyenne par traitement, dans le tableau 3.17.

Tableau 3.17 : Poids frais moyen des tiges en(g) (60 jours après repiquage).

Traitements Paramètre	T1	T2	T3	T4
Poids frais des tiges	6,09 ± 1,44 a	3,94 ± 0,28 b	1,84 ± 0,04 c	2,58 ± 0,50 bc

En effet, le plus faible poids frais des tiges a été enregistré au niveau du traitement(T3), à savoir la solution saline naturelle et ce en raison de la concentration élevée des sels dans la solution provoquant une pression osmotique élevée, accélérant le déficit hydrique au niveau des plantes FENIAND et BARKER in SARIDI [138]. Aussi, la salinité réduit le nombre de vaisseaux lignifiés du xylème et sa capacité d'échange des ions [137].

Cependant, les meilleurs résultats sont obtenus au niveau des plants irrigués avec la solution corrigée (T1).

L'utilisation du fertiactyl avec ta solution saline au niveau du traitement (T4) a une action positive sur le poids frais des tiges car l'anti-stress permet de réduire l'effet du stress osmotique en favorisant l'absorption et le transport des éléments nutritifs contenus dans l'eau saline et au niveau du fertiactyl [93]. Contrairement, son utilisation avec la solution (T1) engendre une action négative sur le poids frais des tiges, ceci probablement en raison de l'effet d'antagonisme entre les ions suite au mélange milieu salin et fertiactyl.

3.2.9. Biomasse fraîche totale

L'analyse de la variance) indique que le facteur traitement manifeste un effet significatif sur le paramètre mesuré. Les meilleurs résultats sont enregistrés au niveau du traitement (T1).

Les résultats sont présentés sous forme de moyenne par traitement, dans le tableau 3.18.

Tableau 3.18 : Poids frais des tiges en (g) (60 jours après repiquage),

Traitements Paramètre	T1	T2	T3	T4
Poids frais total	21,08 ± 4,38 a	10,47 ± 2,87 b	4,87 ± 1,39 d	7,97 ± 1,57 c

L'addition d'éléments nutritifs et la correction du pH, aux eaux naturelles salines permettent de diminuer l'effet de la salinité. Nous remarquons également que l'utilisation du fertiactyl dans la solution nutritive corrigée (T2) influe négativement sur la biomasse fraîche totale de la partie aérienne, ceci peut être expliqué par l'effet d'antagonisme entre les éléments minéraux contenus dans la solution équilibrée et ceux qui sont fournis par le fertiactyl. Nous avons enregistré les résultats les plus faibles au niveau des plants irrigués avec la solution saline naturelle (T3). Des résultats similaires sont obtenus par HAMZA [136] qui mentionne que l'effet immédiat d'une augmentation de la salinité et de la diminution du gradient potentiel hydrique entre la plante et le milieu externe entraîne une déshydratation et une perte de turgescence des organes de la plante.

En effet, nous remarquons aussi que le fertiactyl présente une action remarquable sur le paramètre étudié notamment en milieu salin naturel au niveau du traitement (T4) par rapport au traitement (T3).

3.2.10. Biomasse sèche des feuilles

L'analyse de la variance, montre que l'effet traitement présente une différence significative sur le paramètre mesuré. De ce fait, nous constatons que le facteur solution a un effet sur le poids sec des feuilles.

Les résultats sont présentés sous forme de moyenne par traitement, dans le tableau 3.19,

Tableau 3.19 : Poids sec des feuilles en (g) (60 jours après repiquage),

Traitements	T1	T2	T3	T4
Paramètre				
Poids sec des feuilles	2,14 ± 0,44 a	1,05 ± 0,42 b	0,44 ± 0,14 c	0,85 ± 0,19 b

Le meilleur résultat est obtenu au niveau des plants irrigués avec la solution (T1) (solution équilibrée). Le moins important poids sec des feuilles a été enregistré au niveau du traitement (T3) milieu salin naturel.

L'utilisation du fertiactyl en association avec la solution saline naturelle au niveau du traitement (T4) a une action remarquable sur l'augmentation du poids sec des feuilles car l'anti-stress favorise l'absorption et le transport des éléments nutritifs, diminuant ainsi l'effet du stress salin [93]. L'addition de la zéatine dans des solutions nutritives en système hydroponique permet souvent d'augmenter la biomasse sèche des feuilles des fourrages tels que l'avoine [130]

A l'inverse, l'apport du fertiactyl dans les milieux salins corrigés présente un effet négatif sur le paramètre mesuré en raison des phénomènes d'antagonismes entre les éléments permettant aussi d'éviter l'absorption des éléments utiles par les plantes cultivées. De ce constat, on observe le nanisme suivi de décoloration du feuillage des plantes testées.

3.2.11. Biomasse sèche des tiges

L'analyse de la variance, révèle une différence significative du facteur traitement sur le paramètre mesuré. Nous constatons que le facteur solution a un effet significatif sur le poids sec des tiges.

Après comparaison entre les résultats obtenus au niveau des plants irrigués par les différents traitements, nous remarquons que les meilleurs résultats sont ceux de la solution saline corrigée (T1). Les milieux corrigés ont enregistré une augmentation de la biomasse sèche des tiges. Cet accroissement est plus important significativement au niveau du traitement (T1) par rapport aux autres traitements testés.

Les résultats sont présentés sous forme de moyenne par traitement, dans le tableau 3.20.

Tableau 3.20 : Poids sec moyen des tiges en (g)(60 jours après repiquage),

Traitements Paramètre	T1	T2	T3	T4
Poids sec des tiges	0,75 ± 0,18 a	0,44 ± 0,20 b	0,24 ± 0,06 c	0,37 ± 0,07 b

En comparant les plants traités par la solution T₃ et ceux qui sont traités par la solution (T4), nous remarquons que l'anti-stress a un effet positif sur l'augmentation du taux de la biomasse sèche des tiges, en raison de l'enrichissement du milieu salin par les éléments nutritifs indispensables contenus dans le fertiactyl.

3.2.12. Biomasse sèche totale

L'analyse de la variance montre qu'il existe une différence significative entre les solutions nutritives testées sur le paramètre mesuré.

Les résultats sont présentés sous forme de moyenne par traitement, dans le tableau 3.21.

Tableau 3.21 : Poids sec total des plants en (g) (60 jours après repiquage),

Traitements Paramètre	T1	T2	T3	T4
Poids sec total	2,97 ± 0,57 a	1,48 ± 0,66 b	0,67 ± 0,19 c	1,22 ± 0,24 b

En effet, la salinité a une conséquence négative sur la biomasse sèche. Elle influe sur la physiologie de la plante et peut inhiber la photosynthèse à différents niveaux des voies métaboliques et par conséquent la matière sèche de la partie aérienne produite est relativement faible [139].

Par ailleurs, l'analyse statistique montre que les traitements (T2) et (T4) font partie du même groupe homogène (b) ; les moyennes obtenues montrent que

l'utilisation du fertiactyl a une action positive sur la biomasse sèche aérienne notamment au niveau du milieu salin naturel. De ce constat, des résultats similaires ont été trouvés par BOUTHRAIN [93] où il a montré que l'anti-stress permet de réduire l'effet du stress osmotique en favorisant l'absorption et le transport des éléments nutritifs.

Aussi, HINSINGER [131] a observé un effet hautement significatif sur la production de la matière sèche du blé avec une dose de 2,5 ml par litre de solution, du bio-stimulant.

3.2.13. Taux de matière sèche

Les résultats présentés dans le tableau ci-dessus montrent une différence significative du facteur traitement sur le paramètre mesuré.

Les résultats sont présentés sous forme de moyenne par traitement, dans le tableau 3.22.

Tableau 3.22 : Taux de matière sèche des plants (%) après 60 jours après repiquage.

Traitements \ Paramètre	T1	T2	T3	T4
Taux de matière sèche	16,45 ± 2,90 a	16,43 ± 1,71 a	11,96 ± 0,86 b	16,18 ± 0,60 a

Les résultats sont classés en deux groupes homogènes ;

- Le groupe (a) regroupant les traitements (T1, T2 et T4)
- Le groupe (b) représenté par le traitement (T3),

Le résultat le plus faible est enregistré au niveau des plants alimentés par la solution (T3). Ce résultat montre que la salinité du milieu influe sur l'assimilation de la matière minérale par la plante. En effet, elle influe sur la capacité d'échange des ions [136].

L'analyse statistique montre également que la différence est non significative entre les traitements (T1, T2 et T4). En effet, la solution saline corrigée (T1) est équilibrée. Elle permet donc une absorption minérale adéquate et ce en fonction des besoins des plants. Aussi le fertiactyl favorise l'absorption et le transport des

éléments nutritifs [93]. La zéatine et la glycine bétaine contenus dans les engrais biologiques sous forme liquide augmentent sensiblement la teneur en matière sèche des cultures [122], c'est ce qui se traduit au niveau des plants issus des traitements T2 et T4.

Discussion générale

Le premier volet de notre travail de recherche avait pour objectif de déterminer l'effet de deux anti-stress (foliaire et systémique) sous forme d'engrais liquides appliqués en phase pépinière, sur la croissance et le développement physiologique de plants de tomate et de concombre issus par semis en hors sol dans un milieu salin.

A l'issue des résultats trouvés il convient de retenir les points essentiels suivants :

- L'utilisation des eaux salines naturelles comme solution nutritive pour les jeunes plants de tomate et de concombre a affecté sévèrement l'ensemble des paramètres de croissance mesurés. Le stress salin influe sur la croissance à travers de nombreuses facettes du métabolisme, telles que la mauvaise absorption des éléments nutritifs et leur distribution au sein de la plante, l'altération de la photosynthèse [140], la synthèse des protéines, l'accumulation des solutés organiques, l'équilibre hormonal et la disponibilité de l'eau [141]. En outre, la réduction de la croissance due à la salinité est également attribuable à la toxicité des ions et au déséquilibre ionique du milieu nutritif. Cet état entraîne non seulement l'augmentation de l'accumulation du sodium (Na^+) et du chlore (Cl^-) dans les plantes, mais aussi il affecte l'antagoniste de l'absorption des éléments essentiels comme le potassium (K^+), le calcium (Ca^{++}) et le magnésium (Mg^{++}) en compétition avec le Na^+ et les nitrates (NO_3^-) par contraste avec le Cl^- [142].
- Le milieu salin provoque de nombreux effets négatifs sur le comportement physiologique de la plante, ce qui est dû au faible potentiel osmotique de la solution nutritive et aux effets des ions spécifiques. Tous ces facteurs ont des effets négatifs sur la germination, la croissance et le développement des plants [143].
- Les résultats obtenus au cours de cette expérimentation montrent bien que pour les plants arrosés avec les solutions salines naturelles additionnées aux anti-stress (T1, T3 et T5), les moyennes enregistrées pour presque l'ensemble des paramètres

de croissance tels que la hauteur et le diamètre final des tiges, le nombre de feuilles par plant et la biomasse fraîche et sèche des différents organes de la plante, sont significativement plus faibles par rapport à celles des autres traitements salins corrigés additionnés aux anti-stress. Les principales manifestations de la salinité sont les réductions de la taille des végétaux [85]. Selon MUNNS [113], une carence en azote notamment au niveau des traitements salins naturels se traduit par une réduction de la taille des plantes. SOLTNER [114], note aussi qu'une carence en phosphore provoque le phénomène de nanisme chez les végétaux cultivés.

- Cependant, pour le paramètre biomasse sèche totale et le taux de matière sèche de la partie aérienne, les moyennes obtenues montrent qu'il n'y a pas de différence significative entre les traitements salins corrigés additionnés aux anti-stress entre eux et les traitements salins naturels additionnés aux anti-stress entre eux. Chez les plants irrigués par les solutions salines naturelles (T1, T3 et T5), l'arrêt de la croissance s'est traduit par une très faible teneur en eau des tissus végétaux et un dessèchement physiologique précoce des feuilles et des tiges. Le faible écart enregistré entre le poids frais et le poids sec explique le rapport élevé du taux de la matière sèche chez ces plants testés, à savoir la tomate et le concombre.
- Par contre, chez les plants arrosés avec les solutions salines corrigées (T2, T4 et T6) les moyennes obtenues pour l'ensemble des paramètres mesurés sont significativement plus élevés que celles des autres traitements. Ces résultats peuvent être expliqués par l'équilibre ionique parfait des solutions salines corrigées et leur richesse en éléments fertilisants tels que l'azote, le phosphore, le potassium et l'ensemble des oligoéléments présents et qui sont indispensables à la croissance des plants.
- CHILDS et BEESON [144] émettent que les bio-stimulants sont supposés favoriser l'absorption de l'eau et des nutriments du sol, augmenter la croissance racinaire et rendre les plantes plus résistantes aux stress hydriques et thermiques et à une salinité excessive, le tout réduisant les besoins en pesticides. D'autres auteurs considèrent plutôt les bio-stimulants comme des stimulateurs de défenses naturelles ou « éliciteurs », et s'attardent uniquement à l'aspect phyto-protecteur de ces produits [102].
- Il existe différents types de produits dits bio-stimulants sur le marché, se distinguant par leurs ingrédients actifs et leurs modes d'action. On retrouve des bio-

fongicides à base de champignons et de bio-stimulants à base de bactéries, des stimulants de croissance à base d'algues, des acides humiques et des activateurs de croissance composés d'hormones, d'acides aminés, de protéines ou de vitamines. La majorité des suppléments retrouvés sur le marché contiennent initialement des hormones de croissances : auxines, cytokinines et gibbérellines. Cependant, les auxines et les cytokinines se dégradent rapidement, donc leur présence n'est pas garantie dans la plupart des produits. Les hormones végétales sont des molécules organiques qui agissent à doses infimes sur le fonctionnement des cellules [145].

- Actuellement, les expérimentations menées sur les bio-stimulants ont des résultats mitigés en ce qui a trait à la croissance, au développement et à la qualité des végétaux. CHILDS et BEESON [144] ont démontré que l'application de bio-stimulants durant la propagation des plantes en phase pépinière n'a aucun effet sur la croissance racinaire de la plupart des espèces et ne procure que très peu de bénéfice. VAN IERSEL [146], pour sa part, a démontré que les effets observés de différents stimulateurs de croissance sur la croissance et la floraison de certaines espèces horticoles étaient dus à leur contenu en fertilisants.
- Les résultats obtenus au cours de cette première expérimentation indiquent que l'effet des deux anti-stress appliqués dans les solutions salines corrigées ou non n'est pas significatif entre les traitements du même groupe homogène.
- Au cours de notre deuxième essai, l'objectif était d'étudier l'effet du fertiactyl avec une dose de 2,5 ml par litre d'eau sur l'enracinement et la croissance de plants de tomate en pépinière, issus par voie végétative (bouturage des bourgeons axillaires) en hors sol et dans un milieu salin.
- Le choix de cette concentration de 2,5 ml/l se justifie par le fait qu' au premier essai durant lequel, la concentration de 5 ml/l de fertiactyl n'a pas montré plus de performance que la demi dose. C'est une dose préconisée par le fabricant probablement pour plus d'efficacité du produit du moment qu'il ne présente pas d'effet toxique.

Les paramètres mesurés nous permettent de retenir les points suivants :

- L'irrigation des boutures de tomate avec l'eau naturelle saline (T3) a eu un effet très négative sur l'ensemble des paramètres de croissance mesurés. Le stress

salin est un facteur limitant pour la croissance des plantes. Les effets de la salinité sont surtout l'arrêt de la croissance, le dépérissement des tissus sous forme de nécroses marginales, suivis par une perte de turgescence, une chute des feuilles et la sénescence de la plante [147].

La salinité provoque le plus souvent un retard dans le développement, particulièrement la hauteur et le diamètre des tiges des différentes espèces [148].

En revanche, les plants alimentés par les solutions salines corrigées (T1 et T2), ont eu une croissance favorable. Les moyennes obtenues pour l'ensemble des paramètres mesurés (hauteur et diamètre des tiges, nombre de feuilles par plant et la biomasse fraîche et sèche) sont significativement élevées que celles des autres traitements. Ces résultats peuvent être expliqués par l'équilibre ionique parfait des solutions salines corrigées et leur richesse en éléments fertilisants tels que l'azote, le phosphore, le potassium et l'ensemble des oligoéléments.

Aussi, il faut signaler qu'au cours de cette expérimentation, nous avons observé un effet significatif de l'anti-stress, le fertiactyl. En effet, pour l'ensemble des paramètres mesurés chez les plants du traitement (T4 : solution saline plus 2,5ml/l de fertiactyl), les moyennes obtenues sont plus importantes de manière significative que celles du traitement (T3 : solution saline naturelle). Les bio-stimulants sont un groupe de produits dont le dénominateur commun, est qu'ils contiennent des principes actifs qui agissent sur la physiologie des plantes, augmentent son développement, améliorent sa productivité ainsi que la qualité des fruits, tout en contribuant à améliorer la résistance des espèces végétales face aux diverses maladies et situations de stress [102]. Par ailleurs, le même auteur les définit comme des substances biologiques à base de divers composés incluant des phytohormones, des acides aminés, des vitamines, enzymes et minéraux qui agissent conjointement sur les expressions métaboliques et physiologiques des plantes. La concentration hormonale de ces substances est faible (0.02%).ainsi que sa capacité à induire de la résistance chez différentes cultures comme la papaye, la tomate, le soja, la fraise et la pomme de terre [149]; [150].Cependant, les moyennes enregistrées au niveau du traitement (T4) pour l'ensemble des paramètres mesurés sont plus faibles de manière significative que celles des traitements (T1 et T2).

CONCLUSION GENERALE

Le présent travail a pour but d'étudier l'effet de l'incorporation à différentes concentrations de deux anti-stress sous forme d'engrais liquides sur la production de plants de tomate (issus par semis et par bouturage) et des plants de concombre issus par semis, dans un environnement salin naturel et salin naturel corrigé.

Les essais réalisés nous ont permis d'aboutir à un certain nombre d'observations d'ordre biologique, physiologique et morphologique. Ces observations de divers aspects nous permettent de retenir les points essentiels suivants:

Il y'a lieu de rappeler que la tomate est un matériel végétal qui se reproduit facilement par voie végétative en utilisant les bourgeons axillaires qui se développent à l'aisselle des feuilles. Ces derniers, repiqués dans un substrat poreux et bien désinfecté tels que le gravier et le sable de rivière, s'enracinent au bout d'une dizaine de jours même avec un arrosage abondant à l'eau courante. Au-delà, les boutures enracinés doivent être alimentés par une solution nutritive équilibrée et renfermant tous les éléments minéraux indispensables à la croissance des plants.

Au cours des trois essais, nous avons observé que l'utilisation des eaux salines naturelles est une contrainte majeure qui a affecté la croissance des plants de deux espèces testées. La salinité de ces eaux demeure, pour les régions arides, un obstacle majeur à la croissance des végétaux et par conséquent à la production de fruits et légumes.

Les effets du stress salin sur la croissance des plants varient en fonction de l'espèce, de l'organe de la plante, ainsi que de son stade végétatif. Ces effets se sont manifestés principalement par une diminution de l'appareil végétatif, caractérisé par une réduction du nombre de feuilles et de la longueur des tiges et une baisse de poids de la matière fraîche et sèche des plantules.

Cependant, la correction des eaux salines naturelles a permis une meilleure croissance des plants des deux espèces testées. Les résultats obtenus pour l'ensemble des paramètres mesurés indiquent une amélioration significative par rapport à ceux des solutions salines naturelles. Il est possible d'utiliser les eaux salines naturelles dans les régions arides, surtout dans les zones où les sols sont

peu évolués et pauvres en éléments fertilisants, à condition de les transformer en solutions nutritives équilibrées et bien pourvues en éléments nutritifs indispensables à la croissance et au développement des plants.

Les essais réalisés ont montré que les effets des anti-stress ont donné des résultats mitigés en ce qui concerne la croissance des plants notamment lorsqu'ils sont additionnés aux milieux salins naturels. L'application du fertiactyl et du fertileader sur la production de plants de tomate et de concombre par voie sexuée, n'a eu aucun effet positif sur les paramètres mesurés. Par contre, chez les plants de tomate, issus par voie végétative, la dose de 2,5ml/l de solution de fertiactyl a eu un impact positif sur la plupart des paramètres étudiés. Les résultats enregistrés sont significativement plus importants que ceux issus des solutions salines naturelles. Néanmoins, il est difficile de juger de l'efficacité de ces produits car les effets positifs observés sur certains paramètres de croissance peuvent être dus à leur contenu fertilisant notamment l'azote.

Au terme de ces essais, nous pensons que les résultats obtenus nous permettent de suggérer de poursuivre de telles études pour confirmer la possibilité de production de plants issus de boutures des espèces maraichères, en zones arides, sur des sols ou substrats inertes en les arrosant avec des eaux salines naturelles transformées en solutions nutritives équilibrées. Ainsi, il serait intéressant de tester l'efficacité d'autres bio-stimulants considérés comme des anti-stress abiotiques en variant les doses et les fréquences des apports par rapport aux différents stades végétatifs des plants, d'autres espèces horticoles issus des deux voies sexuée et asexuée.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Mnif Ait Belaid , M., “ Geo Observateur”,5,(1994), 61- 69.
2. Chaieb, M., “.Revue des Régions Arides”, Tome 1, n° spécial, (2004), 252-257.
3. Rezgui, M., Bizid, E., Ben Mechlia, N., “Revue des Régions Arides”, Tome 1, n° spécial,(2004),258-265.
4. Hayek, T., Abdelly, C., “Revue des Régions Arides”, Tome 1, n°. Spécial (2004), 273-284.
5. Ramage, RT., “eds.Genetic engenneering of osmoregulation”,New York: Plenum (2005),15-22.
6. Snoussi, S A., et halitim, A., “ l’absorption hydrique en milieu salin chez la tomate et le haricot”, cahiers d’études et de recherches francophone/ agricultures, n^o 13, Vol 3.(1998), 13-33.
7. Dubost, D., “Ecologie, aménagement et développement agricole des oasis algériennes”- Edition CRSTRA,(2002), 423 p,
8. Halitim, A, “ Irrigation et salinisation au Sahara Algérien”, Sécheresse, 3:(1994), 151-160.
9. Le Houérou, H. N., “ Bioclimatologie et biogéographie des steppes arides du nord de l’Algérie, diversité biologique, développement durable et désertification”. Options Méditerranéennes Série B : Etudes et Recherches. Ed. CIHEAM, Montpellier-France,(1995) 396 p.
10. Benziouche, S., “ L’impact du PNDA sur les mutations du système de production oasien dans le sud algérien, Revue des régions arides, Actes du séminaire international”.(2006) 36p.
11. Perennes, J., “ Les structures agraires et décolonisation des oasis de l’oued Rhir”. OPU. Alger, (1980) 310 p
12. Pouget, M., “ Contribution à l’étude des croutes gypseuses”. Cah O.S.T.O.M. Tunisie.(1980),309-361
13. Floret, C., “ Carte phytoécologique et des ressources pastorales.Inst Nat Rech Agron”. Tunisie.(1981),13p.
14. Pontanier, R.,. “Carte des ressources hydriques en sol aride”. P.S 135.Tunisie.(1982),57p.

15. Khadraoui, A., " Ressources en eau au Sahara et leur impact environnemental". Actes des journées internationales sur la désertification et le développement durable, Biskra, du 10 au 12 juin (2006), 49-54.
16. Seguin, B., " Changements climatiques et effet de serre". Quelles contraintes pour les agriculteurs du sud, Note INRA, Avignon,(2002) 4 p.
17. Larbes, A., " Etude sur modèle mathématique du système aquifère de la région de Biskra".(ANRH). Colloque International sur les Ressources en Eau Souterraine dans le Sahara- CIRESS,12-13 Déc. Ouargla, Algérie (2005),32p.
18. Fantazi, K., Ababsa, S.A., Ferroukhi, A-F, Achour, A. et Merrouchi L., "La vallée d'Oued Righ: une problématique, une approche, une tentative de diagnostic". Les 3èmes journées scientifiques et l'INRAA sur l'agriculture saharienne. T1.(1999) 200 p.
19. Ababsa, S., " L'agriculture algérienne en 2000". Une révolution tranquille : le PNDA. Perspectives agricoles.(2001)7-60
20. Hadeid, M., " La politique de mise en valeur agricole en milieu steppique algérien : un essai de bilan dans les Hautes Plaines sud oranaises (Algérie)". <http://insaniyat.revues.org/12723>. (2015)7p.
21. Sellami, S., Lounici, M., Eddoud, A. et Benseghir H., "Distribution et plantes associées aux Meloidogynes sous abris plastiques en Algérie". Nematol. Medit. (1999), 27 :295-301.
22. Côte, M., "Mise en valeur nouvelle sur une vieille frange présaharienne : piémont des Ziban (Algérie)". Séminaire « Mise en valeur des franges présahariennes du Maghreb », Gabès (Tunisie),(1994), 4-6
23. Bedrani S., Chehat F. et Ababsa S., " L'agriculture algérienne en 2000". Une révolution tranquille : le PNDA. Perspectives agricoles.(2001)2-6.
24. Katerdji, M., " Reponse des cultures à la contrainte hydrique d origine saline", C R Acad.Agric.n°2 (1995),73-86.
25. Snoussi, S.A., "Valorisation des eaux salines pour la nutrition minérale des plantes cultivées". Thèse Doc Etat. E.N.S.A. Alger. (2001) 152p.
26. Servant, S.J., " Etude expérimentale des conditions salines sur la perméabilité des sols, conséquences pédologiques", Science du sol.(2005):85 - 105.

27. Kpamer, P.J., Wiley and Sons, E., "Adaptation of Plants to Water and High Temperatures Stress". Sidney, (2000),. 139–153
28. Urban, L., "Introduction à la production sous serre". Tome2. L irrigation fertilisante en culture hors sol. Ed Lavoisier. Paris.(2007) 201p.
29. Delgado, M.J., Cordovilla, M.P., Ocaña, A., Ligeró, F., " Aspects physiologiques de la fixation d'azote de la symbiose Rhizobium-légumineuse sous stress salin : effet du nitrate". In: Les colloques n° 77, INRA, Paris,(2005),57-71
30. Monneveux, A., "Effects of salt stress on the growth, ion content, stomatal behaviour and photosynthetic capacity of a salt-sensitive species", *Phaseolus vulgaris* L., *Planta*.(1989), 151–162.
31. Locy, R.D., Chang, C.C., Nielson B.L., Singh N.K., "Photosynthesis in salt-adapted heterotrophic tobacco cells and regenerated plants", *Plant Physiol*. (2006) 321–328.
32. Ayers, R.S. et Westcot, D.W., " Action de la salinité et du stress hydrique sur le comportement métabolique et anatomique de quelques variétés de tomate industrielles". Mémoire Mag .ENSA. Alger.(1984),92p.
33. Medane, M., "Le fertiactyl", Ed Sofertal.(2001) 72p.
34. Moustefaoui, A., Zitouni, A., Bouti, K, Boudjella, H. & Sabaou, N., " Présence des actinomycètes rares dans les sols du Sahara Algérien : Etude de quelques genres. Séminaire: Zones arides" Rétrospectives, enjeux et stratégies "Adrar".(1998)12p.
35. Durion, N., " Hormones végétales régulatrices de croissance et horticulture". Ed Jardin de France.(2014),172p.
36. Smith L.T., Pocard J.A., Bernard T., Le Rudulier D., "Osmotic control of glycine betaine biosynthesis and degradation in *Rhizobium meliloti*", *J. Bacteriol*. (2008), 3142–3149
37. Sedillot, B., " Les bio-stimulants dans la production végétale". M.A.A.F. France.(2014),63-70.
38. Chow, P. S. and Landhäusser S. M., "A method for routine measurements of total sugar and starch content in woody plant tissues". *Tree Physiology*. (2004), 1129-1136.

39. Fontem, D.A., "Quantitative effects of early and late blights in tomato yields in Cameroon". *Tropicultura* .(2003),36-41.
40. Ginestet, F., "Recherches et mise en œuvre des bio-stimulants", *Lien horticole*. 14 : 22. Lacto Pro-Tech Inc.. Organo-San : Engrais lacto-fermenté. Laboratoires Goëmar, Résumé de conférence.(2004), 1p.
41. Lardizabal, R. D., and Thompson.P.C., "*Hydroponic culture, grafting, and growth regulators to increase flowering in sweet potato*". *Hort. Science*. (2008)993-995.
42. Lambert, L., " Découvrez les bios stimulants". *Québec vert*. Mars : 67. MARCON-DDM.(2006),36p.
43. Bluden G., "Agricultural uses for seaweeds extracts". *Seaweed resource in Europe: uses and potential*. Wiley Chicester, New-York.(2001),25p.
44. Pedneault, A., "Des suppléments natureant Growth Stimulators Effects on Post-transplant Growth and Flowering of Petunia and Impatiens Plugs". *HorTechnology*. (2005), 45-47.
45. Halitim A., " Sols des régions arides d'Algérie". Ed. OPU, Alger, (1989) 384p
46. Mouhouche B., "Essai de rationnement de l'eau sur tomate 'mémoire Magister,E.N.S.A .Alger.(1983),171p.
47. De Broglie,A., et Gueroult,R., "Tomate d'hier et d'aujourd'hui", Paris,143p..
48. F. A. O. ",Agricultue,Alimentation et nutrition en Afrique". Ed. FAO, Rome,(2016),411p.
49. Anonyme", Ministère de l'agriculture, du développement rural et de la pêche. "DSASI. (2016), 12p.
50. Brahim,M., Ramdane, S., et Adli, Z., " La consommation alimentaire selon les catégories socio- professionnelles en Algérie".*Rev. Agrobiologia*.Blida No 7. (2017).380-390.
51. Snoussi, SA., ", Etude de base sur la tomate en Algérie". Rapport FAO, (2004), 53p.
52. Chaux, C., " Production légumière" Ed. J B Baillièrre et fils,(1994),160p..
53. Gallais, A., et Bannerot, H. "Amélioration des espèces végétales cultivées" Ed INRA Paris, (1992),380p.
54. Anonyme, "Programme d importations des semences", Doc O.N.A.P.S.A. Blida, (2005), 12p.

55. Janssen J L M., et Jacob J.P., “Cultures maraichères spéciale”, Polycopier Tome 5, ENSA. Alger,(1978), 50p..
56. Indrea, D.,et Butnaria, M.,,Dinea. P., et Floresen, G., “Legumiculture”, Ed Ditactice Bucaresti.,(1983),220p..
57. Kolev, N., “Les cultures maraichères en Algérie”. Polycopié Tome 1. I.T.C.M.I. Staouali,(1976) 207 p.
58. Bohn C. , -“ Encyclopédie du jardinier”. Ed. Grund. Tchecoslovaquie. Prague,(1987) 440 p.
59. Benamara, A. , “ Culture de la tomate”. Polycopié I.N.A. Alger,(1982), 10- 20
- 60 Chaux, C., “Productions légumières”. Ed. J.E. Bailliere et fils, (1972),260p.
61. Indrea, D. , Butnaria, M. , Dinea, P. et Floresen, G. , “Legumiculture”. Ed. Ditactice pedagogica Bucaresti, (1983),198p..
62. Brajeul, A., “La culture du concombre”.Ed J.E. Beilliere et fils. (2001). 78p.
- 63 Kroll, R., “ Les cultures maraichères”. Ed Maisonneuve et Larose.(1994).219p.
64. Clement, A., “ Les cultures legumiers”. Ed Maisonneuve et Larose.(1981).130p.
65. Skiredj,A., Elattir, H., Elfadl, A., “ Fiches techniques IV. Le concombre”.(2003), 4p.
66. F.A.O , “Developpement des cultures maraichères en zones tropicales”. Food et Agriculture Org.(2005), 133p.
67. Peron, C., “La culture du concombre”. Ed Bailliére et fils.(2006) 96p.
68. F.A.O., “ Cultures protégées en zones méditerranéennes”. Food et Agriculture Org.(1988)117p.
69. Odet, J., Musard, M., Wacqant, C., Puel, C., Alegot, M., “ Fertilisation des cultures legumieres”.Ed Ctifi(1982).397p.
70. Lefevre,A., “ La fertilisation des cultures”.Ed Bailliére et fils.(1985),154p.
71. Penningsfeld P. et Kurzman P. , “ Cultures sans sol ou hydroponiques et sur tourbe”. Ed. La maison rustique Paris, (1969) 219 p.
72. Chouiet, M.N. , “ Essai : quelques paramètres permettant de minimiser l'apparition du« Blossom end rot » et du « Blotchripening » sur tomate cultivée en système hydroponique”.ENSA .Alger.(1984) 83p.
73. Blanc, D., “Les cultures substrat et hors sol”. Revue horticole. P.H.M. n° 216, (1978),15 -18
- 74 Chouard, P. , “ Les cultures sans sol”. Ed. la maison rustique. Paris, (1952), 200 p.
75. Djoudi, D E., “Initiation à la culture hydroponique sur deux solanacées”. Mémoire

- ing,(1979), 200 p.
76. Snoussi, S.A. , “ Caractérisation de quelques substrats disponibles dans la région d’Alger en vue de leur utilisation en culture hydroponique”. Mémoire Ing. I.N.A. Alger,(1980) 72 p.
 77. Ducet,G., “ Techniques agricoles”. Ed. Claude Bernard. Paris,(1960) 32p.
 78. Aslom, H., “ Essai de variation de quelques moyens permettant de minimiser l’apparition du blossomend rot chez la tomate cultivée en système hydroponique”. Mémoire ing. I.N.A. Alger, (1983) 75p.
 - 79 Favereau, S.P., “Techniques agricoles Revue hort”. P.H.M. N° 205, (1976) 27-38
 80. Coic ,Y. , “ La nutrition rationnelle en eau et en ions minéraux des plantes en conteneurs”. C.N.R.A. Versailles, (1976)13-22.
 81. Lesaint, C., “ Principe de la méthode COIC et sur application pratique”. Acta. horti. N°126 ,(1981)10-18
 - 82.. Coic, Y. et Le saint, C., “ La nutrition minérale et en eau des plantes en horticulture avancée”. Acta. horti. n°126 (1974)1-8.
 83. Coic, Y., “ *De l’agriculture à la culture sur substrat inerte*”. Ed. Berne. Suisse, (1968)360p. .
 84. Homes, M.,. et Ansiaux ,J.R. , “ L’agriculture” . Tech. agri. fac. 2022., (1949)12-16.
 85. Cuissance, P., “ Multiplication des végétaux et pépinière”. Ed. J.B. Bailliere , (1984) 82p.
 86. Robert, R., “ La reproduction des plantes”. Ed. J.B. Bailliére ,(1998) 120p.
 - 87.. Margara, J., “ Bases de la multiplication végétative”. Les méristèmes et l’organogenèse Ed. I.N.R.A France, (1984) 262 p.
 88. Chaussat, R., “ La multiplication des plantes”. Tech..agri. fac. 2011, (1972) 60-75.
 89. Clement, J.M., “ les cultures légumières thec”. agri.fac. 2011,(1972). 17-35.
 90. Otto, J.H., et Towle A., “ Biologie moderne” ED.H.R.W.Dif Vuibert Paris,(1978) 803 p.
 91. Ardelean, M., “ Améliorarea plante lor horticole sichnica expirimentala”.CURS. Tipo. agro. Cluj - Nopoca. Romania,(1986) 168p.

92. Nicolas, J.P. et Roche hamon, Y., "La pépinière". Ed. J. Bailliére ,(1987) 208 p.
93. Bouthrin, D., " Multiplication des plantes horticoles". Ed. Tech. et Doc. Lavoisier, (1989)112p.
94. Favre , A. , "Les cultures légumières". Tech, agri.fac. 2011, (1977)19-31
- 95 . Bouard, J., " Influence des réserves glucidiques sur la rhizogenèse". C.R. Acad. Sc. Paris.(1967) 489 -492.
96. Gautheret, R.J., " Action du froid sur la néoformation des racines". . C.R. Acad. Sci. Paris , (1969)2899 – 2910.
97. Clement, J.M., " Larousse agricole" Librairie larousse Paris,(1989).800p.
98. Kadri, K. "L'utilisation du greffage chez la tomate (*lycopersicum esculentum* Mille) comme moyen de lutte contre les nématodes MELOIDOGYNE sp". Mémoire Ing. I.N.A. Alger,(1989) 70 p.
99. Moinet, M. " La prodigieuse aventure de l'horticulture en éprouvette". Science et Vie n°787, (1983) 88-93.
100. Peceau, P., Corre, J., Lot, H. et Migliori, A., "Intérêt des plants sains d'artichaut régénérés par la culture in vitro". P. H. M. Revue hort. N°256. (1985) 24-27.
101. Margara, J., " Bases de la multiplication végétative .Les méristèmes et l'organogenèse" .Ed. I.N.R.A France ,(1984) 262 p.
- 102.. Marok B., " Essai de multiplication végétale in situ de la tomate et étude de comportement des plants en production hybride F1 carmello '' mémoire I.T.A Mostagenem , (1988), 88 p.
103. Mokhtari, H., " Essai de multiplication des bourgeons axillaires chez la tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) var Dona, en hydroponie". mémoire Ing. Agro. Blida ,(1990) 79 p.
104. Iache achour, Z., " Etude de la multiplication végétative par bourgeons axillaires de la tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill)".mémoire ing. Agro. Blida.(1991)80p.
105. Khenchache, F., " Influence des substances de croissance sur l'enracinement des bourgeons axillaires de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) hybride F₁ Fandango cultivée sous serre". Thèse Ing. Agro. Blida, (1992), 57p

106. Coic, Y., et Lesaint, C., “ La nutrition minérale et en eau des plantes en horticulture”. Doc Tech.S C P A. n° 23.Versailles. (1975),21p.
107. Munns, R., “Physiological processes limiting plant growth in saline soils: some dogmas and hypotheses”. *Plant Cell Environ*, (2003),15-24.
108. Cramer, GR , Epstien E.et Lauchli A., “ Effects of sodium, potassium and calcium on salt-stressed barley”. *Physiol. Plant.* (2000), 83–88.
109. Noble, CL., Rogers ME., “Arguments for the use of physiological criteria for improving the salt tolerance in crops”. *Plant Soil.* (2006), 128p.
110. Goell ,A., “ Salinity effects on Citrus trees”. *Proceedings 1st International Citrus Symposium Riverside 2015, California USA, University of California, Riverside.* (2015),1819–1824.
- 111.. Saidi, R., “ Micro propagation du caroubier (*Ceratonia siliqua* L.) par culture de bourgeons cotylédonaire”. *Thes Doct. Dept Sci Nat Vie.* (2016).78-85.
112. Diehl, R., “ Agriculture general”. Ed. J.B Bailliere.Paris. (1975), 396p.
113. Soltner, D., “ Les bases de la production végétale”. *Sci Tech Agri. Tome 1.* (1999),300p.
114. Impens, R., “ Traité de pathologie végétale”. *Les presses agronomiques de Gembloux*(2013). 280p.
115. Santiago, L.S., Lau T.S., Melcher, P.J., Steele, O.C., Goldstein, G., “Morphological and physiological responses of hawaiian *Hibiscus tiliaceus* populations to light and salinity”, *Int J. Plant Sci.* (2000), 99-106.
116. Durion, N., “Hormones végétales régulateurs de croissance et horticulture”. Ed. *Jardin de France.* (2014), 55-78.
117. Moreno, H., “Actino-Iron Biological Fungicide”. *Fiche technique* (2007). 4p.
118. Hussain, G., Al-Jaloud, A.A., Al-Shammary, S.F., Karimulla, S., “Effect of saline irrigation on the biomass yield, and the protein, nitrogen and phosphorus, and potassium composition of alfalfa in a pot experiment, J”. *Plant Nutr.* (2005), 2289–2408.
119. Paupardin,C., “Clonage du fenouil doux par culture d’apex”. *Seanc.Acad.Sci.* (2001), 693-696.
120. Hinsinger,R., “ Plant and soil”. *Ind Ch Rev.I.N.R.A. France* (2001),77p.

121. Detriche, M., " Le développement de la bouture racinée". C.R. Sem. Gr et racines. (2006), 87-92.
122. Stomguist, L. et Eliasson, L., "Inhibition of rooting in Norway spruce (*Picea abies*) cuttings", C A N J of botany. No 57. (2014). 1314-1316.
123. Mazliak, R., "Physiologie végétale, nutrition et métabolisme". Ed. Hermann. Paris. (1981), 349p.
124. Heller, R. "Biologie végétale". Tome 2. Nutrition et métabolisme. Ed Masson et Cie. (1989), 578p.
125. Hamza, M., " Repenses des végétaux à la salinité". Rev Physiologie Végétale, n° 18. (1980), 523-542.
126. Pivot, P., " Qualité de l'eau d'irrigation, Environnement climatique et nutrition de la tomate cultivée sur substrat en solution recyclée". Rev. Suisse Vitic. Arboric. Hortic. Vol 28, (1996), 399-405.
127. Saridi, A., "Effet du rapport $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ et du stade d'application des irrigations sur la production du concombre (*Cucumis sativa* L.) et de la courgette (*Cucurbita pepo* L.) en milieu salin". Mem. Magist. USDB. (2002), 77p.
128. Heller, M., "Biologie végétale". Tome 1, Nutrition. Ed Masson et Cie, Paris. (1981), 578p..
129. Soltani, A., " Recherche de facteur limitant de la nutrition minérale de l'orge en milieu salé". Revue Agronomique. (1990), 866p.
130. Kotaix, A.J.A., Zenoff A.M., Ponessa G., Moreno H., Massa E.D., " Saline stress alters the temporal patterns of xylem differentiation and alternative oxidative expression in developing soybean roots, Plant Physiol ". (2013), 695–701
131. Imalet, R., " Influence de différentes concentrations de sels (NaCl , Na_2SO_4 , MgSO_4) des eaux d'irrigation sur le rendement du haricot", mémoire Ing. ENSA .Alger. (2009), 43p.
132. Khellil, A., " Nutrition et fertilisation des arbres fruitiers et de la vigne ", Coll des cours de biologie. OPU. (1989), 67p.
133. Padem H., A. Ocal, A., Senguin, B. and. Bieche, J., " Effects of foliar fertilizers on yield and some characteristics of processing tomato Proceedings of the sixth international symposium on the processing tomato and the

- workshop on irrigation and fertigation of processing tomato, Pamplona, Spain. *Acta – horticulturae*. n° 487. (1999), 225- 228.
134. El aloui. R., “Whole plant responses to salinity. *Aust . J.Plant Physiol.* (2007), 143–160.
 135. Bruno, C., “Physiological and Biochemical Methods”. *Handbook of Phycological Methods*, Cambridge University Press, London.(2009), 95–98.
 136. Mong, H., “ Adaptation physiologique à la salinité des plantes cultivées”. Ed Fac Sci. Tunisie. (1982),169p.
 137. Blanc, D., “ Les cultures hors sol”. Ed Quae. (1987), 409p.
 138. Taffouo.V.D.,Nouk,A.H. and Amougou,A., “ Effects of salinity stress of some of tomate” .*African journal biotechnology*,Vol 9,(2010),5366-5372.
 139. Chinnusamy,V., “ Plant Reponses to abiotic stress, Topics in current genetics”.Vol 4,(2003), 242-271.
 140. Zorb,R.,Noll,A.,Karl,S.,and Yan,F., “Molecular characterization of Na⁺/H⁺”. *J Plant Physiol*,(2005),55-66.
 141. Rasool, R., Hameed, A., Azoug, M.M.and Ahmad,R., “ Salt stress”. *Acta physiol plantarum*,Vol 35,(2013),1039-1050.
 142. Childs, K. et Beeson, R.C., “The Effect of Biostimulant”. *Drenches on Root Growth of Woody Ornamentals. Ornamental Outlook.* (Août 2000), 26-28.
 143. Grignon, C., “ Réponse physiologique de quelques légumineuses spontanées et cultivées à la contrainte saline”. In: *Les colloques n° 77*, INRA, Paris, (1995), 93–109
 - 144.. Van Iersel, M., “ Acadian AgriTech”. Indications pour l’emploi – Acadian Extrait d’Algue Marine. Fiche technique.(2012), 3p.
 145. Zid, E., “ Comportement physiologique du blé dur (*Triticum durum L.*) en milieu salé”.*CIHEAM -ptions Méditerranéennes*.(1998), 309-319.
 146. Gill, K S., “Effects of soil salinity on grain filling and grain development in burly”.*Biologia plantarum*,(2006), 266-269.
 147. Bautista,M., Aguilar-faisal,L. and Aal.,J., “ Afr J Tradit Complement Altern Med”.(2006),96-105.
 148. *Hewa Julig*, M., Rees,D., ,Farrell,G ,Orchard J “Technology & Engineering Application ofCaCl₂ and fused magnesium phosphate”, *journal biotechnology*,Vol 19,(2007),5300-5320.

149. Rush, D.W et Epstein, E., “Breeding and selection for salt-tolerance by incorporation of wild germplasm into a domestic tomato ”, J. Amer. Soc. Hort. Sci.(2016),699-711.
150. Greenway, H et Munns, R., “Mechanism of salt tolerance in non-halophytes. Annual Review of Plant Physiology”, (2013),149p.
151. Levigneron, A., Lopez, F., Varisuyt, G., Berthomien, P. et Casse-delbar, T., “ Les plantes face au stress salin”, Cahier d’agriculture, (2005), 263-273.