

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR

ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE BLIDA-1-

FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE

DEPARTEMENT DE BIOTECHNOLOGIE



Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de Master Option :

BIOTECHNOLOGIE VEGETALE

Thème :

**Impact de l'acide salicylique dans une eau saline enrichie de $MgCl_2$
sur la germination et la croissance d'une glycophyte cultivée : la
courgette (HANANE Hybride F1)**

Présenté par :

Melle SIDI Maha

Melle LAYOUNE Manal

Soutenu le : 06/07/2020

Devant le jury :

Mr. ZOUAOUI. A	Maitre de Conférences A	UNV. BLIDA-1	Président
Mr. SNOUSSI. S.A.	Professeur	UNV. BLIDA-1	Promoteur
Mr. ABBAD .M	Maitre de Conférences B	UNV. BLIDA-1	Examineur

Année Universitaire : 2019/2020

REMERCIEMENTS

Tout d'abord, nous tenons à remercier ALLAH, qui nous a donné la force Pour terminer ce modeste travail.

Nous exprimons nos sincères remerciements

A nos PARENTS pour leur contribution pour chaque travail que nous avons effectué.

A notre promoteur, Pr SNOUSSI S-A., pour ses aides, sa confiance, sa patience et ses orientations et ses conseils.

A Melle DAHMANI. Doctorante au département de Biotechnologies, Faculté des sciences de la nature et de la vie à l'université de BLIDA-1, pour sa disponibilité tout au long de notre stage, ses conseils et ses aides.

*A l'ensemble des enseignants du département de biologie.
Merci aussi à tous les membres du laboratoire pédagogique de notre département pour leur soutien et leur aide.*

A tous les étudiants de notre promotion MASTER biotechnologie végétale.

Sans oublier ceux qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Dédicace

*Avant tout je remercie mon Dieu le tout puissant qui m'a donné
la ténacité pour achever ce travail.*

Je dédie ce modeste travail à :

*Mes très chers parents qui m'ont encouragée, et toujours m'ont
soutenue, durant les moments les plus pénibles de ce long chemin*

Mes frères et mes sœurs.

A mon encadreur Pr SNOUSSI S-A.

Aussi à Tous les enseignants de notre département.

*A ma très chère amie et mon binôme Maha qui a partagé avec moi ce
travail et toute sa famille.*

La promotion de biotechnologie végétale.

*Enfin, le dédie ce travail à ma famille et mes chères amies et à
tous ceux qui me connaissent de près ou de loin.*

Manal...

Dédicace

*Avant tout je remercie mon Dieu le tout puissant qui m'a donné
la ténacité pour achever ce travail.*

Je dédie ce modeste travail à :

*Mes très chers parents qui m'ont encouragée, et toujours m'ont
soutenue, durant les moments les plus pénibles de ce long chemin*

Mes frères .

A mon encadreur Pr SNOUSSI S-A.

Aussi à Tous les enseignants de notre département.

*A ma très chère amie et mon binôme Manal qui a partagé avec moi ce
travail et toute sa famille.*

La promotion de biotechnologie végétale.

*Enfin, le dédie ce travail à ma famille et mes chères amies et à tous
ceux qui me connaissent de près ou de loin.*

Maha...

RESUME

La salinisation des sols et de l'eau, est l'un des principaux facteurs abiotiques qui limitent la productivité végétale, et le rendement agricole.

Notre travail portait sur l'effet de l'adjonction de l'acide salicylique aux concentrations de 0,5 et 1mMole dans une eau saline enrichie de $MgCl_2$ chez une glycophyte cultivée : la courgette, *Cucurbita pepo*.

Par le procédé hors sol. Les principaux résultats obtenus à travers notre expérimentation ont montré le traitement eau de Chleff enrichie en $MgCl_2$ + 0,5 mM d'Acide salicylique (T2), manifeste les meilleures performances biométriques par rapport aux autres traitements testés.

L'irrigation des plantes par le traitement (T1) renfermant uniquement le $MgCl_2$ provoque un ralentissement de la vitesse de croissance, et par conséquent une réduction de la croissance et un retard dans le développement des plantes.

Il ressort que le stress salin exerce un effet négatif pour la majorité des paramètres biométriques étudiés. Néanmoins, l'acide salicylique inhibe cet effet néfaste et améliore significativement la croissance et le développement des plantes de l'espèce testée.

Mots clés : salinité, acide salicylique, stress salin, glycophyte, *Cucurbita pepo*.

ABSTRACT

Salinization of soil and water is one of the main abiotic factors that limiting productivity and agricultural yield.

Our work focused on the effect of adding salicylic acid at concentrations of 0.5 and 1mMole in saline water enriched with MgCl₂ in a cultivated glycophyte: zucchini, *Cucurbita pepo*.

By the above ground process. The main results obtained through our experiment showed the treatment of Chleff water enriched in MgCl₂ + 0.5 mM salicylic acid (T2), shows the best biometric performance compared to the other treatments tested.

Irrigation of the plants with the treatment (T1) containing only MgCl₂ causes a slowing down of the growth rate, and consequently a reduction in growth and a delay in plant development.

It appears that salt stress exerts a negative effect for the majority of the biometric parameters studied. Nevertheless, salicylic acid inhibits this harmful effect and significantly improves the growth and development of the plants of the species tested.

Key words: salinity, salicylic acid, saline stress, glycophyte, *Cucurbita pepo*.

نبذة مختصرة

يعد تملح التربة والمياه أحد العوامل غير الحيوية الرئيسية التي تحد من الإنتاجية والغلة الزراعية.

ركز عملنا على تأثير إضافة حمض الساليسيليك بتركيزات 0.5 و 1 ملي مول في المياه المالحة المخصبة بـ $MgCl_2$ في جليكوفيت مزروع: كوسة، كوكوربيتا بيبو..

عن طريق العملية المذكورة أعلاه. أظهرت النتائج الرئيسية التي تم الحصول عليها من خلال تجربتنا أن معالجة مياه الشلف الغني بـ حمض الساليسيليك $MgCl_2 + 0.5$ ملي مولار (T2) تظهر أفضل أداء بيولوجي مقارنة بالعلاجات الأخرى التي تم اختبارها.

يؤدي ري النباتات بمعالجة (T1) المحتوية على $MgCl_2$ فقط إلى تباطؤ معدل النمو، وبالتالي انخفاض في النمو وتأخير في نمو النبات.

يبدو أن إجهاد الملح له تأثير سلبي على غالبية المعلمات البيومترية التي تمت دراستها. ومع ذلك، يمنع حمض الساليسيليك هذا التأثير الضار ويحسن بشكل كبير نمو وتطور نباتات الأنواع المختبرة.

الكلمات المفتاحية: الملوحة، حمض الساليسيليك، الإجهاد الملحي، نبات حساس للملوحة، كوكوربيتا بيبو.

LISTE DES ILLUSTRATIONS, GRAPHIQUES

Figure N° 01 : diversité de la tolérance au sel de diverse espèces (Munns et Tester, 2008)	28
Figure N° 02 : Plante de <i>Cucurbita pepo</i> (MESSIAEN et FAGBAYIDE, 2004).	40
Figure N° 03 : la variété étudiée HANANE	46
Figure N° 04 : Le substrat utilisé	47
Figure N° 05 : Les conteneurs utilisés	47
Figure N° 06 : Vue du dispositif expérimental utilisé	48
Figure N° 07 : Les graines en pré-germination	49
Figure N° 08 : Levée des plantules de la courgette	49
Figure N° 09 : Préparation de MgCl ₂	51
Figure N° 10 : Les conteneurs de 40l	51
Figure N° 11 : Mise en place des ficelles.....	53
Figure N° 12 : Aspect général des plantes de la courgette	56
Figure N° 13 : Vitesse de croissance des plantes de courgette [cm/jour]	56
Figure N° 14 : Hauteur finale en [cm]	57
Figure N° 15 : Biomasse fraîche des tiges [g]	59
Figure N° 16 : Biomasse fraîche totale [g]	60
Figure N° 17 : Biomasse sèche des feuilles en [g]	61
Figure N° 18 : Biomasse sèche de la tige en [g]	61
Figure N° 19 : Biomasse sèche total (feuilles +tiges) en [g]	63

LISTE DES TABLEAUX

Tableau N°01 : Répartition des sols affectés par la salinité dans les périmètres irrigués de l'ouest Algérien (ANRH ,2002)	18
Tableau N° 02 : Superficie affectée par la salinité dans le monde (FAO, 2008)	19
Tableau N° 03 : Solubilité de l'acide salicylique dans les différents solvants (g/l)	31
Tableau N° 04 : Evolution de la production de la courgette en Algérie (ANONYME, 2014)	41
Tableau N° 05 : Tolérance de courgette à la salinité du sol CEe (FAO, Bulletin n° 29,1988)	42
Tableau N° 06 : Composition chimique de la courgette. 1 : FAVIER et coll., 1995 ; 2 : SOUCI et coll., 1994	43
Tableau N° 07 : Les différents traitements utilisés.....	52
Tableau N° 08 : Reconstitution de l'eau de l'oued Chélif avec l'eau de Blida	52
Tableau N° 09 : Doses et fréquences des irrigations nécessaires journalières par plant de courgette.....	53
Tableau N° 10 : Nombre de feuilles par plante et par traitement	58
Tableau N° 11 : Biomasse fraîche des feuilles [g]	58
Tableau N° 12 : Biomasse fraîche des racines[g]	59
Tableau N° 13 : Biomasse sèche de la racine par plante et par traitement en [g]	62
Tableau N°14 : Classements des traitements selon les paramètres biométriques	65

LISTE DES ABREVIATIONS

- Evol : Evolution.
- CE : Conductivité électrique.
- dS/m : Deci-Siemence par mètre.
- FAO : Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- T : température.
- Ha : hectare.
- µg : microgramme.
- Meq : méli équivalent.
- AS : acide salicylique.
- Mol : mole.
- mM : milli mole.
- mol/l : mole par litre
- ETP : Evapotranspiration potentiel.
- NaCl : Chlorure de sodium
- CR : Capacité de rétention
- S.C.E : La somme des carrés des écarts.
- DDL : Le degré de liberté.
- C.V : Coefficient de variation.
- HSP : Heat shock proteins
- LEA : Late embryogenesis abundant
- PAL : Phenylalanine AminoLyase
- SAR : la résistance systémique acquise
- UV : Ultra-violet

TABLE DES MATIERES

Remerciements

Dédicace

Résumé

Abstract

نبذة مختصرة

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction.....15

Chapitre I : Généralités sur la Salinité

1. Généralités sur la salinité	17
1.1. Causes de la salinité	17
1.2. Origine de la salinité	17
2. Différents types de salinité	18
3. Salinité dans le monde et en Algérie	18
3.1. Salinité en Algérie	18
3.2. Salinité dans le monde	19
4. Impact de la salinité sur les plantes	19
4.1. Effet de la salinité sur la germination	20
4.2. Effet de la salinité sur la croissance de la plante	21
4.2.1. Effet de la salinité sur les racines	21
4.2.2. Effet de la salinité sur la sénescence des feuilles	21
4.2.3. Effet de la salinité sur les chloroplastes	21
4.3. Effet de la salinité sur les protéines	22
4.4. Effet de la salinité sur les sucres	22
4.5. Effets de la salinité sur les relations hydrique	22
4.6. Effets de salinité sur l'anatomie de la feuille	23
4.7. Effets de la salinité sur la photosynthèse	23
4.8. Effets de la salinité sur les niveaux d'ions et le contenu nutritif	24
5. Effets de la salinité sur les sols	25
6. Tolérance des plantes à la salinité	25
6.1. Interaction entre la salinité et les facteurs environnementaux	27
6.2. Variabilité génotypique et la résistance à la salinité	27
6.3. Influence du stade de développement sur la résistance à la salinité	27
7. Ajustement osmotique	28
8. La classification des végétaux selon leur résistance et/ou tolérance	28

Chapitre II : Généralité sur l'acide salicylique

1. Acide salicylique	31
----------------------------	----

2. Historique	31
3. Propriétés physico-chimiques	31
4. Synthèse	31
5. Rôle	32
6. Acide salicylique et les stress abiotiques	33
7. Mode d'action	33

Chapitre III : Quelques généralités sur la culture hors-sol

1. Généralités sur la culture hors-sol	35
2. Avantages et inconvénients de la culture hors sol	35
3. Composantes du système hors sol	36
3.1. Substrat	36
3.2. Conteneurs	36
3.3. Solution nutritive	36
3.3.1. Potentiel hydrogène (pH)	37
3.3.2. Conductivité électrique (ce)	37
3.3.3. Équilibre ionique	37
3.4. Préparation de la solution nutritive	38

Chapitre IV : Généralités sur la courgette

1. Origine et évolution de la courgette	40
2. Classification botanique	40
3. Importance de la courgette en Algérie	40
4. Morphologie de la courgette	41
5. Exigences de la plante	41
5.1. Exigences climatiques	41
5.1.1. Température	41
5.1.2. Lumière	41
5.1.3. Humidité	41
5.2. Exigences édaphiques	42
5.2.1. Sol et Potentiel hydrogène	42
5.2.2. La salinité	42
5.3. Exigences hydriques	42
5.4. Exigences nutritionnelles	42
6. Composition chimique de la courgette	42
7. Conduite de culture	43
7.1. Semis	43
7.2. Différents travaux d'entretien	43
8. Principales pathologies et ennemis de la courgette	43
8.1. Principales pathologies	43

8.2. Ennemis	44
9. Récolte	44

Chapitre V : matériel et méthodes

1. Objectif de l'expérimentation	46
2. Matériel végétal testé.....	46
3. Conditions expérimentales	46
3.1. Lieu de l'expérience	46
3.2. Substrat utilisé	46
3.3. Conteneurs utilisés.....	47
4. Dispositif expérimental	47
5. Pré-germination et repiquage	49
5.1. Pré-germination	49
5.2. Repiquage des jeunes plants de la courgette	49
6. Description des différents traitements	50
6.1. Composition de l'eau de Blida en éléments minéraux (meq/l)	50
6.2. Composition et techniques de préparation des différents traitements	50
A. Préparation de la solution mère concentrée de MgCl ₂	50
B. Préparation de la solution mère concentrée de l'acide salicylique	51
6.2.1. Synthèse des traitements.....	53
7. Entretien de la culture.....	53
7.1. Irrigation	53
7.2. Palissage	53
8. Paramètres biométriques mesurés	54
8.1. Vitesse de croissance	54
8.2. Hauteur finale des plantes [cm]	54
8.3. Nombre des feuilles	54
8.4. Biomasse fraîche produite [g]	54
8.5. Biomasse sèche produite [g]	54

Chapitre VI : Résultats et discussions

1. Paramètres de croissance.	56
1.1. Aspect général des plantes.....	56
1.2. Vitesse de croissance des plantes [cm/jour]	56
1.3. Hauteur finale des plantes [cm]	57
1.4. Nombre de feuilles par plant	57
1.5. Biomasse fraîche des feuilles [g]	58
1.6. Biomasse fraîche des tiges [g]	58
1.7. Biomasse fraîche des racines [g]	59
1.8. Biomasse fraîche totale (feuilles + tiges) [g]	60

1.9. Biomasse sèche des feuilles[g]	60
1.10. Biomasse sèche des tiges [g]	61
1.11. Biomasse sèche des racines [g]	62
1.12. Biomasse sèche totale (feuilles + tiges) [g]	62

Chapitre VII : Discussions générale

1. Classement des traitements selon les paramètres biométriques.....	65
--	----

Conclusion

Références bibliographiques

Annexes

INTRODUCTION

La salinisation est un problème écologique majeur qui affecte un nombre croissant de régions du globe, fréquemment associée à la contrainte hydrique. La salinisation réduit les surfaces cultivables et menace l'équilibre alimentaire mondial (DERKAOUI, 2011). La salinité des eaux et des sols constitue une limitation sérieuse de la croissance et du rendement des cultures dans le monde (MAAS, 1996 ; DAJIC, 2006 ; ASHRAF *et al.*, 2008). Les risques de salinité sont plus importants dans les zones arides et semi-arides caractérisées par une faible pluviométrie, une forte évapotranspiration et une eau d'irrigation fortement minéralisée (SHANNON, 1986). Selon FLOWERS et FLOWERS (2005), 20% des terres irriguées et 50% des terres cultivées dans le monde sont affectées par la salinisation secondaire. Les mêmes auteurs estiment que la moitié des terres irriguées est menacée de salinisation.

En Algérie, 3,2 millions d'hectares de terres agricoles sont menacés par la salinité (Djerah et Oudjehih, 2015).

La tolérance d'une plante à la salinité se définit par son aptitude à se développer normalement en conditions salines. Le degré de tolérance dépend du niveau d'agressivité saline mais aussi de la plante elle-même et de son stade physiologique actuel.

En général, les plantes sont plus sensibles aux stades de germination et d'émergence qu'aux stades de maturité. (ASHRAF *et al.*, 2004).

Des études récentes ont démontré que l'acide salicylique participe à la signalisation dans les réponses aux stress abiotiques tels que la sécheresse, haute et basse température et la salinité etc. L'application appropriée de l'acide salicylique pourrait fournir une protection contre plusieurs types de contraintes environnementales. Son effet dépend de nombreux facteurs tels que l'espèce et le stade de développement de la plante, le mode d'application et la concentration appliqués (IYUKI *et al.*, 2013).

De nombreuses études ont montré que l'application exogène de l'acide salicylique chez les plantes stressées peut potentiellement atténuer les effets toxiques générés par la salinité (TARI *et al.*, 2002, 2004 ; SZEPESEI *et al.*, 2005).

C'est toujours dans cette optique que nous nous sommes intéressés à l'adjonction de l'acide salicylique aux concentrations de 0,5 et 1 mMole dans une eau saline enrichie de MgCl₂ afin d'identifier son impact sur la germination et la croissance de la courgette.

Chapitre I

Généralités sur la Salinité

1. Généralités sur la salinité

La salinité est un facteur environnemental très important qui limite la croissance et la productivité des plantes (ALLAKHVERDIEV et al., 2000 in PARIDA et DAS, 2005).

Elle est souvent associée à la sécheresse, elle entraîne une réduction des surfaces cultivables (MARCUM, 2006) et menace l'équilibre alimentaire mondial (KINET et al. 1999).

Dans un pays aride du désert et des steppes, la salinité du sol est toujours plus élevée. Les sels cristallisés se déposent à la surface du sol (point de contact entre l'air et la terre) l'eau remontant à la surface pour ensuite s'évaporer dans l'atmosphère. (CARDEN, 2009).

D'après IMALET (1979), la salinité du sol peut être définie comme étant la quantité globale des sels contenus dans la solution du sol, c'est-à-dire la concentration saline de l'eau qui circule sans distinction ni la nature, ni la quantité des divers sels présents.

Selon LEGOUPIL (1974), la salinisation se produit par accumulation de sels solubles dans le sol sous l'action de l'eau. Trois facteurs interviennent dans la salinisation à savoir : le climat, le drainage et l'irrigation.

La salinisation est le processus par lequel les sels solubles s'accumulent dans le sol. Elle a été identifiée comme un processus majeur de la dégradation des terres. Les causes techniques les plus importantes à l'origine de la diminution de la production sur de nombreux périmètres irrigués, particulièrement dans les zones arides et semiaride (LEKAMA et TOMINI, 2006).

1.1. Causes de la salinité

Selon (HARTANI et al. 2008), les rares précipitations, l'évaporation élevée, l'irrigation avec de l'eau saline et les pratiques culturelles sont parmi les facteurs principaux qui contribuent à la salinité croissante.

SAXENA (2006), ajoute que les principales causes de salinité sont la présence des eaux salines natives, l'irrigation par une eau saline, la remonté d'eau et l'absence de drainage, la limite des ressources en eau dans les zones arides et le manque des eaux douces pour recouvrir les besoins.

1.2. Origine de la salinité

Le matériau géologique, par le biais de l'altération, peut libérer les éléments nécessaires à la formation des sels solubles (altération de minéraux primaires riches en sodium, de roches volcaniques, des produits de l'hydrothermalisme riches en soufre et en chlore, ou encore dissolution des évaporâtes, qui sont des accumulations salines anciennes).

L'eau de mer est, bien entendu, une source principale de sel en milieu côtier. La salinisation peut alors être un phénomène permanent lié aux marées (salinisation marine), ou encore due à la présence de lentilles d'eau sur-salées lorsque les zones basses sont isolées de la mer par un colmatage alluvial (BOUALLA et al. 2012).

Une nappe phréatique, d'origine continentale et salée par héritage géologique, peut contaminer le sol par ascension capillaire. L'eau d'irrigation, on parle alors de salinisation anthropique. Elle peut être très rapide et se manifester à l'échelle de l'année, de la dizaine d'année ou de quelques siècles.

Ce type de salinisation est la conséquence de pratiques agricoles dû à la mauvaise combinaison d'une forte évaporation et d'un apport inadapté d'eau d'irrigation en relation avec

son contenu en sels dissous. La remontée de la nappe phréatique peut atteindre plusieurs dizaines de mètres (BOUALLA et al. 2012).

2. Différents types de salinité

On distingue deux types de salinité des sols salins (solontchaks) et les sols alcalins (solonetz).

Les sols salins (solontchaks) ont comme principale caractéristique leur richesse en sels solubles notamment des chlorures et sulfates de sodium, de magnésium, de potassium, etc. Ces sols sont généralement dominants dans les régions arides et semiarides.

Les sols alcalin (Solontez), ce sont des sols présentant des teneurs en sels alcalins (carbonates et bicarbonates) élevées et un pH est supérieur à 8,8 ce qui empêche la croissance de la plupart des plantes. Le sodium échangeable représente moins de 15% du complexe d'échange (LOZER et MATHIEU, 1990).

3. Salinité dans le monde et en Algérie

3.1. Salinité en Algérie

Les dommages de la salinité sont connus dans les pays du Maghreb, à cause de la mauvaise gestion des eaux d'irrigation.

En Algérie, les périmètres irrigués, surtout au sud où les apports en eau sont importants à cause du déficit hydrique (ETP : +200 mm / an), sont largement affectés par la salinisation secondaire. Cette dernière participe aux chutes des rendements agricoles. La rareté de la pluie (<100 mm/an) a contraint les agriculteurs à utiliser les eaux des nappes phréatiques qui sont fortement minéralisées (DEKHINAT et al. 2010).

D'après SZABALOCS (1989), 3,2 millions d'ha subissent à des degrés de sévérité variable. Le phénomène de salinisation dont une bonne partie se trouve localisée dans les régions steppiques où le processus de salinisation est plus marqué du fait des températures élevées durant presque toute l'année, du manque d'exutoire et de l'absence de drainage efficient. Le phénomène de salinisation est observé dans les plaines et vallées de l'Ouest du pays (Mina, Cheliff, HabraSig, Maghnia), dans les hautes plaines de l'Est (Constantine, Sétif, Bordj Bou Arreridj, Oum El Bouagui), aux abords des chotts et de sebkha et dans le grand sud (dans les oasis, le long des oueds, etc....) (INSID, 2008).

Tableau N°01 : Répartition des sols affectés par la salinité dans les périmètres irrigués de l'ouest Algérien (ANRH ,2002).

Périmètres irrigués	Superficies irrigables (ha)	Superficies affectées/ha	Pourcentage %
Haut Cheliff	20 200	6 400	32
Moyen Cheliff	21 800	8 700	40
Bas Cheliff	22 500	15 000	67
Mina	8250	4190	51
Habra	19000	8100	42
Sig	8000	3200	40

3.2. Salinité dans le monde

La zone aride occupe environ le 1/3 de la surface terrestre et se trouve surtout concentrée en Afrique, en Asie et en Australie. En Afrique, 55% de la superficie est constituée de désert ou des régions désertiques à divers degrés (HALITIM, 1988). Selon LEKAMA et TOMINI (2006), IPTRID est estimé que 10% à 15% des zones irriguées souffrent de la salinité et 0,5% à 1% des cultures sont délaissées chaque année, et à long terme la moitié de ces périmètres seront affectés par la salinité.

Les terres émergées représentent 3,5 milliard d'ha. Mais quand on a retiré les déserts, les hautes montagnes, le Groenland, il reste 03 milliards d'ha cultivables, soit 22% du total. La salinisation des terres est un problème majeur à l'échelle du globe, selon les estimations. Les plus récentes, elle affecte déjà au moins 400 millions d'ha et en menace gravement une surface équivalente (LEGROS, 2009).

Tableau N°02 : Superficie affectée par la salinité dans le monde (FAO, 2008)

Région	Superficie (millions d'hectares)
Afrique	80,5
Europe	50,8
Amérique du Nord	15,7
Amérique du Sud	129,2
Australie	357,3
Mexique et Amérique centre	2
Asie du Sud Est	20
Asie du centre et du Nord	211,7
Asie du sud	87,6
Total	954,8

4. Impact de la salinité sur les plantes

Selon DUBEY (1997) et YEO (1998), la salinité provoque à la fois un stress ionique et un stress osmotique sur les plantes et les réponses les plus connus des plantes à la salinité sont liées à ces effets. La réponse des plantes stressées à la salinité se traduit par une réduction de leur croissance (PAPDI et al. 2008).

L'effet initial et primaire de la salinité, pour des concentrations faibles à modérées, est dû à ses effets osmotiques (OMAMI, 2005).

Les effets osmotiques des sels sur les plantes sont le résultat de l'abaissement du potentiel hydrique du sol dû à l'augmentation des concentrations des solutés dans le profil racinaire des plantes. Lorsque le potentiel hydrique du sol très faible, cette condition interfère avec la capacité des plantes à extraire l'eau à partir du sol et à maintenir leur turgescence (RUBIO et al. 2008).

Ainsi, chez quelques espèces le stress salin ressemble au déficit hydrique. Cependant, à des concentrations faibles ou modérées en sels (potentiel hydrique du sol élevés), les plantes s'ajustent osmotiquement en accumulant des solutés afin de maintenir un potentiel interne suffisant pour l'afflux de l'eau (GUERRIER, 1996, GHOULAM et al. 2002).

La croissance des plantes peut être modérée dans de telles conditions, mais à la différence au déficit hydrique, les plantes stressées ne sont pas déficientes en eau (SHANNON, 1984). Les concentrations ioniques élevées peuvent désorganiser l'intégrité et la fonction membranaire. Elles interfèrent avec la balance interne les solutés et l'absorption de nutriments (GRATTAN et GRIEVE, 1999).

Le sodium et le chlorure, habituellement les ions les plus répandus dans les sols salins, expliquent la plupart des effets délétères qui peuvent être liés aux toxicités spécifiques des ions (LEVITT, 1980).

Le degré auquel la croissance est réduite par la salinité diffère considérablement avec l'espèce et à un moindre degré avec les variétés (BOLARIN et al. 1991 ; GHOULAM et al. 2002).

La sévérité de la réponse à la salinité est également influencée par les facteurs environnementaux tels que l'humidité relative, la température, le rayonnement et la pollution atmosphérique (SHANNON et al. 1994).

L'accumulation des sels dans les feuilles cause la sénescence prématurée, la réduction de l'approvisionnement en assimilés dans les zones de croissance et de ce fait, elle altère la croissance des plantes (MUNNS et al. 1995).

Dans les variétés sensibles, l'accumulation des sels est plus rapide, et les cellules ne peuvent pas compartimenter les sels dans les vacuoles au même degré que les variétés tolérantes, et de cette fois les feuilles périssent

(MUNNS, 1993). NEUMANN (1997) ont considéré que l'inhibition de la croissance des feuilles par les sels diminue le volume des nouveaux tissus foliaires dans lesquels les sels peuvent être accumulés excessivement. Le stress salin affecte tous les principaux processus tels que la croissance, les relations hydriques, la photosynthèse et l'absorption des minéraux.

4.1. Effet de la salinité sur la germination

La présence de sel en excès dans le sol est un des facteurs critiques qui affecte défavorablement la germination de la graine, empêchant les espèces de s'adapter aux environnements salins (SOSA et al. 2005).

Des niveaux élevés de salinité du sol peuvent nuire considérablement à la germination des graines et la croissance des semis, en raison des effets combinés de la haute toxicité des ions (GRIEVE et SUAREZ, 1997). Parmi les causes de l'inhibition de la germination en présence de sel, la variation de l'équilibre hormonal a été évoquée (KABAR., 1986 in DEBEZ et al. 2001).

A titre d'exemple ; le taux de germination du cotonnier chute de 70% en présence de 12 g/l de chlorure de sodium (NaCl) et la germination des tubercules de pomme de terre peut être

retardée de 3 à 7 jours selon le degré de salinité du sol (LEVIGNERON et al. 1995). La luzerne qui voit sa germination affectée négativement par la présence du sel et peut être inhibée complètement à des concentrations supérieures à 15 g/l de NaCl (CHAIBI., 1995).

4.2. Effet de la salinité sur la croissance de la plante

Plusieurs recherches ont montré la réduction de croissance de plantes en raison du stress salin, chez la tomate (ROMERO-ARANDA et al. 2001), le coton (MELONI et al. 2001) et la betterave à sucre (GHOULAM et al. 2002).

Cependant, des différences dans la tolérance à la salinité sont notées entre les espèces et les variétés ainsi parmi les différents paramètres de la croissance de plantes mesurés. AZIZ et KHAN (2001), ont constaté que la croissance optimale de *Rhizophora mucronata* a été obtenue après l'irrigation par 50% de l'eau de mer. La croissance diminue avec la concentration de la salinité tandis que chez la légumineuse *Albagi pseudoalbagi*, le poids frais de la plante s'accroît sous une faible salinité (50 meq.1-1 NaCl), mais il diminue à des doses élevées (100 et 200 meq/1 de NaCl) (KURBAN et al. 1999).

Chez la betterave à sucre, la masse fraîche et sèche des feuilles et des racines a été nettement réduite à 200 meq.1-1NaCl, mais le nombre de feuilles était moins affecté (GHOULAM et al. 2002).

(FISARAKIS et al. 2001), ont enregistré une grande réduction d'accumulation de la matière sèche dans les feuilles que dans les racines de la vigne, en particulier à des concentrations élevées en NaCl, indiquant une répartition des photosynthés en faveur des racines. Ils ont proposé que les résultats puissent être dus à de plus grandes capacités d'ajustement osmotique sous stress par les racines.

4.2.1. Effet de la salinité sur les racines

Les racines sont les premiers organes confrontés à l'augmentation du sel. Il a été observé que des concentrations importantes de polypeptides appelés osmotines, s'accumulent dans les plantes au niveau des vacuoles de cellules de tabac soumises à des doses élevées de sel (Singh et al. 1987).

4.2.2. Effet de la salinité sur la sénescence des feuilles

L'excès de sel devient toxique à un certain degré et accélère la sénescence naturelle des feuilles, en réduisant la capacité photosynthétique causé par la fermeture des stomates qui limite l'entrée du CO₂ (Zhu, 2001; Munns, 2002).

4.2.3. Effet de la salinité sur les chloroplastes

La salinité affecte l'ultra structure des chloroplastes (Ackerson et al. 1981; Salama et al. 1994) et plus particulièrement celle des granas (Baker, 2002; Rahman et al. 2002). Chez le petit pois, le stress salin provoque la perte de l'enveloppe chloroplastique, l'apparition de gouttelettes lipidiques et la dégradation des membranes thylakoïdiennes (Olmos, 1996). Aussi la perméabilité membranaire augmente sous l'effet de sel (Lutts et al, 2004).

4.3. Effet de la salinité sur les protéines

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

La salinité peut imposer des effets spécifiques ioniques sur les plantes parce que les fortes concentrations d'ions (Na⁺, Cl⁻, SO₄²⁻) accumulés dans les cellules, agissent en désactivant des enzymes, en inhibant la synthèse des protéines ou en favorisant le dépliage menant à la dénaturation des protéines, ainsi le contenu des protéines solubles des feuilles diminue en réponse à la salinité

(PARIDA et al. 2002 ; RASANEN, 2002). AGASTIAN et al. (2000) ont rapporté que les protéines solubles augmentent à des niveaux bas de salinité et diminuent en hautes concentrations de salinité chez les mûres. Les grandes catégories des protéines produites face au stress sont :

-Les protéines impliquées dans la transduction du signal et le contrôle de la transcription telles que les protéines kinases, les phospholipases, les phosphatases ou les facteurs de transcription.

-Les protéines impliquées dans l'assimilation et le transport de l'eau et des ions, telles que les aquaporines et les transporteurs d'ions, et les protéines impliquées dans la protection des membranes et des protéines, telles que les protéines de choc thermique (heat shock proteins, HSP),

-Les protéines chaperonnes et les protéines LEA (late embryogenesis abundant) -Les protéines impliquées dans les mécanismes régulés, tels que le métabolisme carboné, les parois (WANG et al. 2003).

4.4. Effet de la salinité sur les sucres

Dans des conditions de stress salin, les sucres totaux intracellulaires interviennent dans l'ajustement osmotique chez certaines plantes. La salinité provoque une accumulation importante des teneurs en sucres chez *Chenopodium quinoa* qui pourraient agir comme osmoprotecteurs (Prado *et al.* 2000).

L'augmentation des teneurs du tréhalose, du saccharose et du mannitol a été observée suite à l'apport de NaCl au stade des semi-graines (Carvajal *et al.* 1998). Le tréhalose, par exemple, stabilise efficacement les enzymes déshydratées et les lipides membranaires des plantes (Datta, 2002).

4.5. Effets de la salinité sur les relations hydriques

La cause principale de la réduction de croissance des plantes peut résulter des effets de la salinité sur le statut hydrique.

Selon (SOHAN et al. 1999) et (ROMERO-ARANDA et al. 2001) l'accumulation des sels dans le profil racinaire peut mener à une diminution du potentiel hydrique foliaire et, par conséquent, peut affecter plusieurs processus vitaux.

Les effets osmotiques des sels sur les plantes sont en raison d'un abaissement du potentiel hydrique du sol très bas. Cette condition interfère la capacité des plantes d'extraire l'eau du sol et de maintenir leur turgescence (SOHAN et al. 1999). Ainsi, dans quelques aspects, le stress salin peut ressembler au stress hydrique cependant, à la concentrations en sels basse ou modérées, l'épaisseur épidermique et mésophyllienne et les espaces intercellulaires ont diminué de manière significative dans les feuilles de *Brugueira parviflora* traitées par NaCl (PARIDA et al. 2004). Dans les feuilles des épinards, la salinité s'est avérée pour réduire les espaces intercellulaires (DELFINE et al., 1998) tandis que chez la tomate, une réduction de densité stomatiques s'est produite (ROMERO-ARANDA et al., 2001).

4.6. Effets de salinité sur l'anatomie de la feuille

La salinité provoque de nombreux changements anatomiques de la feuille chez un certain nombre de plantes. Les feuilles du haricot, le coton et l'*Atriplex* discernent une augmentation de l'épaisseur épidermique, l'épaisseur mésophyllienne, la longueur de cellules palissadiques, les diamètres de la palissade et des cellules spongieuses suite à l'augmentation de la salinité (LONGSTRETH et NOBLE, 1979).

En revanche, l'épaisseur épidermique et mésophyllienne et les espaces intercellulaires ont diminué sensiblement dans les feuilles de *Brugueira parviflora* traitées par NaCl (PARIDA et al. 2004).

La salinité réduit les espaces intercellulaires chez les feuilles des épinards (DELFINE et al., 1998) tandis que chez les plantes de tomate, une réduction de la densité stomatique s'est produite (ROMEROARANDA et al., 2001).

4.7. Effets de la salinité sur la photosynthèse

La croissance des plantes dépend de la photosynthèse et, en conséquence, les stress environnementaux affectant la croissance affectent également la photosynthèse (TAIZ et ZEIGER, 2002).

Les études entreprises sur différentes espèces végétales ont prouvé que la capacité photosynthétique est déprimée par la salinité (PARIDA et al., 2004).

IYENGAR et REDDY (1996), ont attribué des diminutions du taux d'assimilation photosynthétique, en raison de la salinité à un certain nombre de facteurs qui sont :

- La déshydratation des membranes cellulaires qui ramènent leur perméabilité au CO₂ suite à la diminution du potentiel hydrique interne qui inactive réversiblement le transport des électrons lors de la photosynthèse par l'intermédiaire du rétrécissement des espaces intercellulaires.
- La toxicité provoquée en particulier par les ions Na⁺ et Cl⁻ et la réduction de l'absorption du NO₃⁻ combinée avec le stress osmotique peuvent expliquer l'effet inhibiteur de la salinité sur la photosynthèse.
- La réduction de l'approvisionnement en CO₂ en raison de la fermeture des stomates.

D'autres causes réduisent le taux d'assimilation photosynthétique sous l'effet de la contrainte saline ont été identifiées comme la sénescence induite par la salinité et les changements de l'activité enzymatique induits par les changements de la structure cytoplasmique.

Les plantes manifestent plusieurs modifications afin de tolérer les conditions salines défavorables et pour maintenir l'activité photosynthétique. Une compréhension de ces mécanismes facilitera l'amélioration de la croissance et du rendement et fournira les outils utiles pour l'amélioration génétique (OMAMI,2005).

Selon (VILLORA et al.,1997) et GRATTAN et GRIEVE (1999) le déséquilibre nutritif peut résulter de l'effet de la salinité sur la disponibilité des nutriments, l'absorption concurrentielle, le transport ou la répartition au sein de la plante, ou peut être provoqué par une inactivation physiologique d'un élément donné ayant pour résultat une augmentation des besoins internes des plantes pour cet élément essentiel.

4.8. Effet de la salinité sur les niveaux d'ions et le contenu nutritif

Une concentration élevée en sels (NaCl) concurrence l'absorption des autres ions nutritifs, comme le K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , N et P ayant pour résultat un désordre alimentaire et éventuellement, un rendement et une qualité réduits (GRATTAN et GRIEVE,1999).

Les concentrations élevées en NaCl induisent un accroissement des teneurs en Na^+ et en Cl^- et une diminution accrue des niveaux de Ca^{2+} , de K^+ et de Mg^{2+} chez un certain nombre de plantes (PEREZ-ALFOCEA et al.,1996,

Les travaux de KHAN et al.,2000, BAYUELO-JIMENEZ et al.,2003 , CHADLI et al.,2007). (GHOULAM et al.,2002) ont observé une augmentation du contenu en Na^+ et Cl^- dans les feuilles et les racines de *Beta vulgaris* à l'égard de l'augmentation de la concentration en NaCl dans le profil racinaire. Le contenu des feuilles en K^+ diminue en réponse au NaCl, mais celui des racines n'est pas affecté par le traitement salin. Une augmentation significative du contenu en Na^+ et Cl^- des feuilles, de la tige et de la racine de *Brugueira parviflora* est apportée sans aucun changement significatif du niveau endogène de K^+ et de Fe^{2+} dans les feuilles (PARIDA et al.,2004).

Des diminutions de la teneur en Ca^{2+} et en Mg^{2+} des feuilles ont également été rapportées chez cette espèce. Sous les conditions salines, l'absorption de N_2 par les plantes est généralement affectée et certaines études ont prouvé que la salinité peut réduire l'accumulation de N_2 dans les plantes (FEIGIN et al.,1991, PARDOSSI et al.,1999, SILVEIRA et al.,2001). Une augmentation de l'absorption en Cl^- est observée et accompagnée d'une diminution des concentrations de NO_3^- chez l'aubergine (SAVVAS et LENZ,1996) et la vigne (FISARAKIS et al.,2001). Les auteurs ont attribué cette réduction à l'antagonisme entre le Cl^- et le NO_3^- (BAR et al.,1997) tandis que d'autres attribuaient cette réponse à l'absorption réduite de l'eau par la plante (LEA-COX et SYVERTSEN,1993).

L'effet de la salinité sur la concentration du phosphore est rapporté par GRATTAN et GRIEVE (1994) pour être fortement dépendant de l'espèce végétale, du stade de développement de la plante, de la composition et le niveau de la salinité, et de la concentration du phosphore dans le substrat de culture. Dans la plupart des cas, la salinité réduit la

concentration du phosphore dans les tissus du végétale (SONNEVELD et De KREIJ,1999 ; KAYA et al.,2001), mais les résultats de quelques études indiquent que la salinité accroît son taux ou elle n'a aucun effet sur son absorption par la plante (ANSARI,1990).

La réduction de la disponibilité du phosphore dans les sols salins est suggérée par (SHARPLEY et al.,1992) pour être un résultat des effets des concentrations ioniques qui réduisent l'activité du phosphate, le contrôle serré des concentrations du phosphore par les processus de l'absorption et par la faible solubilité de ces minéraux.

5. Effet de la salinité sur les sols

Un taux de sodium "échangeable élevé a pour effet une dispersion des agrégats, ce qui conduit à une réduction de la perméabilité, de la porosité et un tassement des sols. Du point de vue agricole, cela se traduit d'une part par la prise en masse du sol qui devient très compact, dur, difficile à labourer, et d'autre part, par des difficultés de germination, et d'enracinement des plantes. Par ailleurs le sol devient totalement asphyxiant, ce qui s'accompagne d'une atrophie du système racinaire, de son développement de plus en plus superficiel, avec des conséquences défavorables sur la nutrition minérale des plantes, et la baisse considérable des rendements. Ainsi une élévation du pH peut créer des problèmes de fertilité par :

- Un blocage du phosphore sous des formes non ou peu assimilables
- Une évolution de l'azote tout à fait particulière (volatilisation).
- Des carences induites de certains éléments minéraux (zinc, mn, fe;cu).
- Une dispersion de la matière organique. Cette matière organique ainsi dissoute en milieu alcalins est ramenée en surface par le processus de remontée capillaire et l'évaporation colorant en noir la croûte superficielle (salants noirs).
- Une destruction de la structure du sol accentue l'érosion par l'eau et par le vent des sols salins et sodiques. Quand la dégradation des sols se produit dans des zones arides, semi-arides et semi-humides, on assiste à ce que l'on appelle une désertification (Lassana ,1991).

6. Tolérance des plantes à la salinité

La résistance des plantes à la salinité est définie par SHANNON et GRIEVE (1999) comme étant la capacité inhérente des plantes à résister aux effets des concentrations élevées en sels dans le profil racinaire ou sur les feuilles sans subir des effets nuisibles significatifs.

SACHER et STAPLES (1984) ont défini la tolérance à la salinité comme étant la capacité des plantes d'accroître et d'accomplir son cycle de vie sur un substrat qui contient des concentrations élevées en sels solubles. Dans cet habitat la plante doit répondre à deux exigences : l'adaptation osmotique et l'acquisition des éléments minéraux dont elle a besoin pour la croissance et le fonctionnement du métabolisme. LEVITT (1980) et (SHANNON et al.,1994) ont classifié les plantes en halophytes et en glycophytes selon leur sensibilité à la salinité.

Les halophytes sont des plantes qui peuvent se développer en présence des concentrations élevées de sels et ont un avantage concurrentiel par rapport aux plantes non-halophytes dans cet environnement.

Les glycophytes sont les plantes sensibles aux concentrations relativement faibles en sels. Presque toutes les espèces principales cultivées aussi bien que la plupart des espèces sauvages sont des glycophytes. Bien que les différentes réponses à la salinité élevée puissent différer, plusieurs études suggèrent que toutes les plantes voient les mêmes mécanismes régulateurs de tolérance aux sels, et que les différences entre les espèces halophytes et glycophytes sont à caractère quantitatif plutôt que qualitatif (GREENWAY et MUNNS, 1980, ZHU,2001).

La sensibilité des plantes à la salinité des sols est également fortement dépendante des facteurs environnementaux (SHANNON et al.,1994), de l'espèce végétale, des cultivars au sein de la même espèce (ASHRAF,2001), aussi bien que du stade de développement de la plante (VICENTE et al.,2004).

Pour décrire la réponse d'une plante exposée à un stress salin MUNNS et TERMAAT (1986) puis MUNNS (1993 et 2005) ont défini un modèle bi-phasique :

a- Phase de dominance du stress osmotique :

La concentration en sels augmente, et donc le potentiel osmotique de la solution du sol diminue. Dans cette phase, le stress physiologique est causé par l'excès d'ion à l'extérieur de la plante et est similaire à un stress hydrique. Un stress osmotique est provoqué dans un milieu où le potentiel hydrique de l'eau est, au moins, réduit de 0,5 à 1,0 bar suite à l'accumulation de sels (LEVITT,1980).

Ce stress hyper osmotique entraîne immédiatement une réduction de la pression de turgescence et de façon subséquente de la croissance. Néanmoins, l'essentiel de l'inhibition de la croissance sur l'ensemble de la période de stress est régulé par les signaux hormonaux en provenance des racines exposées (MUNNS et TERMAAT,1986 ; MUNNS,1993,2002,2005 ; HASEGAWA et al.,2000 ; MULHOLLAND et al.,2003).

b- Phase de dominance du stress ionique :

Pour résorber la sécheresse physiologique par l'ajustement osmotique, la plante accumule éventuellement les osmolytes et en particulier les ions minéraux en excès dans les tissus lorsqu'ils atteignent des concentrations toxiques pour le métabolisme (LEVITT, 1980).

De nombreuses stratégies de réponse peuvent être adoptées de ce modèle synthétique selon les potentialités des plantes. Il s'agit également de considérer que selon la réponse de la plante à la sécheresse physiologique définissant la 1^{ère} phase on observera ou non une réponse typique de la 2^{ème} phase et une plante qui exclut les sels en excès de ses tissus devrait en principe montrer essentiellement une réponse à la dessiccation. Une plante favorisant l'absorption des sels dans ses tissus montrera également une réponse au stress ionique (MUNNS et TERMAAT,1986).

Il est important de noter à ce point qu'un stress salin, osmotique et ionique, fait référence à un excès et n'inclut pas les stress indirectement causés par les carences minérales (LEVITT,1980).

6.1. Interaction entre la salinité et les facteurs environnementaux

La capacité des plantes à tolérer la salinité dépend de l'interaction entre la salinité et les facteurs environnementaux tels que le sol, l'eau, et les conditions climatiques (SHANNON et al.,1994).

Plusieurs espèces sont moins tolérantes à la salinité une fois développées dans des conditions chaudes et sèches que dans les conditions fraîches et humides (SCHULZE et al.,2005).

Dans les conditions chaudes et sèches le rendement diminuera plus rapidement avec l'augmentation de la salinité comparée à la réduction de rendement dans des conditions fraîches et humides. C'est principalement dû à l'accumulation réduite d'ions et/ou aux relations hydriques améliorées dans les dernières conditions, par conséquent, une compréhension de base de ces interactions est nécessaire pour une évaluation précise de la tolérance aux sels (OMAMI,2005).

6.2. Variabilité génotypique et la résistance à la salinité

Le rendement des plantes diminue nettement avec l'augmentation de la concentration en sels, mais le seuil auquel s'établissent ces diminutions varie avec l'espèce. Il y a des différences interspécifiques marquées dans la tolérance des plantes à la salinité et dans les écotypes d'une espèce qui peuvent tolérer des concentrations élevées en sels que les populations normales (HESTER et al.,2001). Le genre *Phaseolus*, inclut importantes espèces cultivées et des espèces sauvages avec des adaptations écologiques diverses.

L'analyse de (BAYUELO-JIMENEZ et al.,2002) divulgue des variations intra spécifiques et interspécifiques substantielles importantes de la tolérance à la salinité. Les espèces sauvages sont généralement avérées plus tolérantes aux sels que les espèces cultivées, et beaucoup d'accessions tolérantes des zones arides, cotières, ou salines (OMAMI,2005).

6.3. Influence du stade de développement sur la résistance à la salinité

La réponse des plantes à la salinité varie avec le stade de développement auquel la salinisation est initiée (SCHULZE et al.,2005).

Cependant, les informations sur la tolérance aux sels des plantes aux différents stades de leur croissance sont limitées ; un cultivar donné peut être tolérant à un stade et sensible aux autres et les données disponibles conviennent généralement que le stade de croissance jeune est le plus sensible pour la plupart des plantes (VICENTE et al.,2004). Des associations significatives et non significatives entre la tolérance au stade de germination et la croissance et le développement des plantes adultes ont été indiquées (BAYUELO-JIMENEZ et al.,2002).

Bien que la salinité retarde la germination et l'apparition des cotylédones, la pluparts des plantes sont capables de germer sous des conditions de salinité élevée qu'elles toléreraient normalement au stade végétatif ou reproducteur de la croissance (BELKHODJA et BIDAI,2004 ; LUHUA et al.,2008).

La sélection des plantes tolérantes à la salinité au stade de germination, au stade jeune plante ou au stade de croissance végétative précoce peut ne pas produire des plantes adultes tolérantes

(KINGSBURY et EPSTEIN,1984). En revanche, la tolérance des jeunes plantes aux conditions salines est considérée fortement prédictive de la réponse des plantes adultes à la salinité

(AZHAR et MCNEILLY,1987). (ASHRAF et al.,1986) ont évalué des jeunes plantes d'orge, de blé et de sept herbes fourragères et ont démontré une tolérance considérable à la salinité au stade adulte. De même, les études entreprises par (BAYUELO-JIMENEZ et al., 2002) sur cinq accessions de *Phaseolus filiformis* précédemment identifiés en tant que tolérantes au stade de croissance végétative une fois exposées à 180 meq/l de NaCl. Cette tolérance observée peut ou ne peut être exprimée pendant la reproduction. Néanmoins, la tolérance manifestée pendant les différents stades de croissance détermine la performance de l'espèce (SHANNON,1984).

7. Ajustement osmotique

Afin de se protéger contre un stress osmotique, les plantes synthétisent en grande quantité des solutés compatibles : ce sont des molécules non toxiques qui s'accumulent majoritairement dans le cytoplasme et qui n'interfèrent pas avec le métabolisme normal.

Leur rôle principal est de préserver la turgescence de la cellule en maintenant une osmolarité intracellulaire égale à l'osmolarité cellulaire, ce qui évite un efflux d'eau de la cellule, mais ils ont aussi d'autres fonctions de protection pour la cellule. En plus de leur rôle d'osmolytes, les sucres pourraient protéger des macromolécules, stabiliser les structures membranaires en interagissant avec les groupements polaires des phospholipides et lutter contre les effets des ROS. Il est également possible qu'ils participent au phénomène de vitrification des cellules.

Un autre soluté compatible majeur est la proline. Cet acide aminé est synthétisé à partir du glutamate et s'accumule en conditions de stress osmotique (DELAUNEY et al., 1993).

8. La classification des végétaux selon leur résistance et/ou tolérance à la salinité

Selon TSOPE (1939) in OUDINA (2014), les plantes halophytes sont divisées en quatre classes (Figure N°01) :

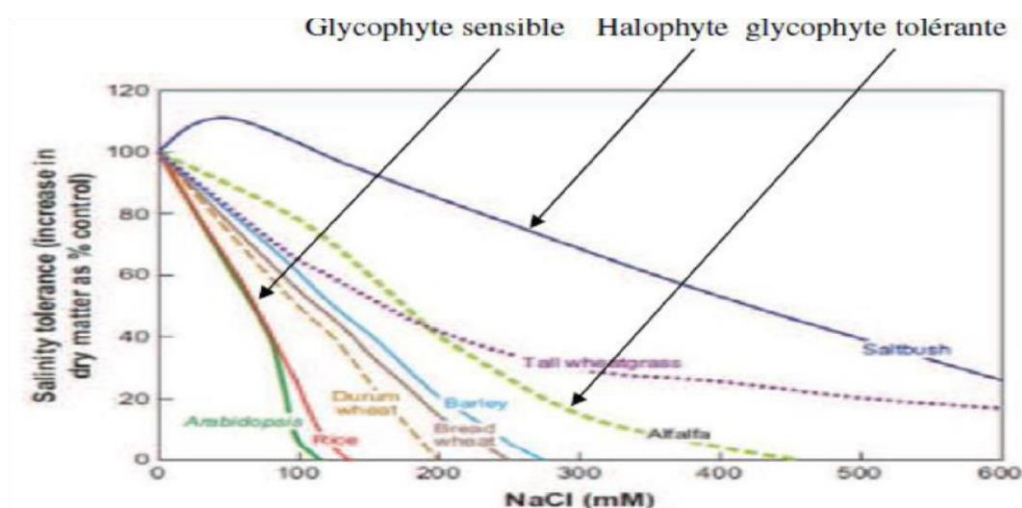


Figure N°01 : diversité de la tolérance au sel de diverse espèces (Munns et Tester, 2008)

✓ **Les halophytes obligatoires** : ce sont des plantes qui exigent les sels pendant toute leur cycle de vie.

✓ **Les halophytes préférentielles** : ce sont des plantes qui exigent les sels pour leur croissance optimale, mais elles existent aussi dans les environnements non salins.

✓ **Les halophytes accidentelles** : ce sont les plantes qui se trouvent dans les environnements salins par accidents.

✓ **Les halophytes résistantes** : ce sont des plantes qui peuvent se développer dans les milieux salins.

✓ **Les glycophytes**

Venant du grec=doux s'opposent aux halophytes. Ces plantes ne peuvent tolérer le stress salin, et sont sévèrement troublés ou même tués par 100 à 200mol/l de NaCl (Belkhodja, 2006 In Gaid, 2015).

Chapitre II

Généralité sur l'acide salicylique

1. Acide Salicylique

L'acide salicylique, très largement répandu dans les plantes, est considéré comme une phytohormone d'une nature phénolique impliquée dans la résistance systémique acquise (SAR) lors d'une réaction d'une hypersensibilité et participe dans la régulation des processus physiologiques ou en réponse au divers stress (UV, ozone, blessures...) Selon (SAKHABUTDINOVA et al., 2003 ; MACHIEUX et al., 2005), l'acide salicylique a été trouvé dans les feuilles et organes reproducteurs de 34 espèces d'importance agronomique (PANCHEVA et al., 1996).

2. Historique

L'acide salicylique est découvert en 1828 quand Johann Buchner a isolé avec succès une petite quantité de salicyline, le glucoside d'alcool salicylique, à partir de l'écorce de saule. Le nom d'acide salicylique vient du nom latin *Salix* et a été donné à cet ingrédient actif du Saule par Raffaele Piria en 1838.

La première production commerciale d'AS synthétique a débuté en 1874 en Allemagne. Son dérivé acétylé (acide acétylsalicylique) a été introduit sous le nom commercial d'aspirine par l'entreprise Bayer en 1898 et est rapidement devenu le médicament le plus vendu dans le monde (RASKIN, 1992).

L'acide salicylique était utilisé par les indiens d'Amérique, depuis longtemps, pour traiter les migraines. Ils plaçaient pour cela des écorces de saule autour de leur tête (HOPKINS, 2003). Les fleuristes le savaient déjà, mais sans en connaître les bases (RASKIN et al., 1987).

En effet, ajouter un comprimé d'aspirine à l'eau d'un vase contenant des fleurs permet de les conserver plus longtemps et en meilleur état, action attribuée à une inhibition de la biosynthèse de l'éthylène (HELLER, 1998).

3. Propriétés physico-chimiques

L'acide salicylique (acide *o*-hydroxybenzoïque (C₇H₄O₃), dont la M_m = 138,12 g/mol), et le point de fusion 195°C, point d'ébullition 211 °C à 2666 Pa, pK_a = 3,01, est un métabolite secondaire appartient aux composés phénoliques naturellement synthétisés par certains végétaux. Elle est modérément soluble dans l'eau mais hautement soluble dans des solvants polaires organiques.

Tableau N° 03 - Solubilité de l'acide salicylique dans les différents solvants (g/l) :

Ether éthylique	Alcool	Eau à 20°C	Chloroforme	Benzène	Eau à 100°C
2,1	2,2	14,5	62	118	458

Cet acide est présent en abondance dans l'écorce et les feuilles de saule *Salix alba*, notamment, dans les fruits, sous forme estérifiée de salicylate de méthyle (HELLER, 1998 ; YALPANI et al., 1991).

4. Synthèse de l'acide salicylique

Deux voies de biosynthèse du SA sont possibles chez les plantes. La première est la voie des phénylpropanoïdes, ou de l'acide benzoïque (LEPOIVRE, 2003).

Lors de plusieurs études, des précurseurs de l'acide salicylique marqués avec un isotope radioactif ; l'acide benzoïque et de l'acide cinnamique, ont été mis en contact avec des plantes de tabacs saines et infectées (CLERIVET et al., 1996).

Les résultats des recherches de la synthèse de l'AS démontrent que la synthèse de l'acide salicylique, débute avec la phénylalanine. Cette dernière est transformée en acide cinnamique par la phénylalanine ammonia lyase (PAL). L'acide cinnamique est ensuite transformé en acide benzoïque, qui est finalement, hydroxylé par l'acide benzoïque 2-hydroxylase en acide salicylique (DEMPSEY et al., 1994).

Une voie alternative de synthèse existe chez les bactéries et dans les chloroplastes de plantes. Cette voie implique les enzymes isochorismate synthase (EC 5.4.99.6) et isochorismate pyruvate lyase qui catalysent les deux étapes de synthèse à partir de l'acide chorismique (VASYUKOVA et OZERETSKOVSKAYA, 2007).

Plusieurs études ont été effectuées afin de montrer la voie de biosynthèse de l'acide salicylique chez la plante. L'acide salicylique peut s'accumuler dans la cellule à la suite d'une nouvelle synthèse via l'acide cinnamique (CHADHA et al., 1974) d'une hydrolyse de la forme glycosylée entreposée dans les parois cellulaires (ENYEDI et al., 1992 ; HENNIG et al., 1993) ou d'une dégradation des flavones (CLERIVET et al., 1996).

Selon BERNARD F. dans KLARZYNSKI et FRITIG (2001) les concentrations d'acide salicylique sont de l'ordre de quelques dizaines à centaines de nanogrammes par gramme de tissu frais dans les tissus sains, et de quelques microgrammes à dizaines de microgrammes par gramme de tissu frais dans les tissus attaqués. Il faut cependant préciser qu'il s'agit là des concentrations totales d'acide salicylique, dont l'essentiel se trouve sous libre ou sous forme conjugués de glycosylates méthylé, glucose-ester ou conjugué avec les aminoacides (LEE et al. 1995)

5. Rôle de l'acide salicylique

L'acide salicylique est une molécule omniprésente de signalisation et impliqué dans beaucoup de phénomènes physiologiques des plantes (RASKIN, 1992), parmi lesquels l'activation de réponses de défense de la plante envers de des attaques par des champignons, bactéries ou virus a trouvé une attention particulière. L'acide salicylique module aussi la mort cellulaire associée à la réponse hypersensible, l'activation de la peroxydation des lipides et la génération de radicaux libres (DEMPSEY et al., 1999 ; SHAH et KLESSIG, 1999).

L'acide salicylique joue un rôle d'un inducteur naturel de la thermogenèse dans Arum, induite la floraison dans plusieurs plantes, contrôle l'absorption des ions par les racines et la conductivité stomacale (RASKIN, 1992). Des données expérimentales indiquent la participation de l'AS dans le signal de la régulation des expressions des gènes de la sénescence des feuilles chez Arabidopsis (MORRIS et al., 2000) en plus l'AS peut servir comme un régulateur de gravitropisme (MEDVEDEV et MARKOVA, 1991), inhibition de mûrissement des fruits (SRIVASTAVA et DWIVEDI, 2000) . Ainsi, chez le soya, il semble que la vaporisation d'une solution aqueuse d'acide salicylique sur le feuillage ait stimulé la croissance des tiges et racines sans affecter la photosynthèse (GUTIERREZ et al., 1998).

Par ailleurs, son injection directement dans la tige du maïs y augmenterait à la fois la photosynthèse et le rendement en grains (ZHOU et al., 1999).

Au contraire, chez l'orge, l'acide salicylique diminuerait l'accumulation de biomasse, ralentirait l'expansion foliaire, conduirait à une baisse du taux de photosynthèse, de l'activité du PSU et de l'activité carboxylase de la Rubisco, réduirait la transpiration et amoindrirait l'épaisseur du limbe et la taille des cellules épidermiques (JANDA et al., 1999 ; UZUNOVA et POPOVA, 2000).

6. Acide salicylique et les stress abiotiques

Actuellement, un intérêt considérable a été suscité par le pouvoir de l'AS à produire des effets protecteurs sous l'action des facteurs de différentes natures de stress abiotique. Ainsi, des données obtenues indiquent que l'induction de l'AS augmenté la résistance des semis du blé à la salinité (SHAKIROVA et BEZRUKOVA, 1997) et le déficit hydrique (BEZRUKOVA et al., 2001) et prévient la réduction du contenu en IAA et les cytokinine ce qui réduit l'inhibition du développement induit par le stress (SAKHABUTDINOVA et al., 2003).

L'acide salicylique aussi augment la résistance de la tomate et la fève à la baisse et l'augmentation des température (SENARATNA et al., 2000), ainsi que l'action des métaux lourds sur le riz (MISHRA et CHOUDHURI, 1999).

L'acide salicylique induit la synthèse des protéines de choc thermique chez le tabac (BURKHANOVA et al., 1999) accumulation des lectines du blé (SHAKIROVA and BEZRUKOVA, 1997), rapide activation de la protéine 48kD kinase dans une suspension cellulaire du tabac, sous un stress osmotique (MIKOLAJCZYK et al., 2000).

L'application appropriée de l'acide salicylique peut fournir une protection contre plusieurs contraintes environnementales mais il peut causer un stress oxydatif, partiellement lors de l'accumulation du peroxyde d'hydrogène. Mais une concentration basse de peroxyde d'hydrogène ainsi améliore la capacité antioxydative des plantes et stimule la synthèse des composés protecteurs qui mène à accroître la tolérance aux stress abiotiques (HARA et al., 2012)

7. Mode d'action de l'acide salicylique

L'acide salicylique pourrait agir en régulant la teneur en eau oxygénée cellulaire et pariétale. Cette hypothèse qui en vogue en milieu des 1990, découlait du fait que l'acide salicylique est capable de se lier à la catalase, en inhibant alors l'activité de cette enzyme qui dégrade normalement l'eau oxygénée dans la cellule d'où une activation des mécanismes de défense (induction des gènes, activation des peroxydases permettant la rigidification de la paroi cellulaire par réticulation des protéines de la paroi ou par néoformation de la lignine), à l'inverse d'autres expliquent qu'il semblerait que l'augmentation initiale de l'eau oxygénée soit le facteur primaire qui stimule la biosynthèse de l'acide salicylique.

Néanmoins, et quel que soit le mécanisme, l'acide salicylique joue donc un rôle de premier plan dans la résistance de la plante. (MACHIEX et al., 2005)

Chapitre III

Quelques généralités sur la culture hors-sol

1. Quelques généralités sur la culture hors-sol

C'est l'une des technologies modernes utilisée aujourd'hui en horticulture pour valoriser les terrains qui souffrent de certaines contraintes telles que : sols hydromorphes, sols salés (AIT HOUSSA et al., 2005).

La culture hors sol est une nouvelle technique alternative de culture des végétaux qui peut être mise en place, dans des exploitations horticoles de toutes tailles. Pouvant constituer, semble-t-il, au problème d'eau et de pollution que connaît notre planète, être au service des chercheurs qui utilisent cette technologie pour faire des recherches sur les végétaux (ZIEGLER, 2008).

Selon les historiens, la culture de plantes sur l'eau était pratiquée à l'époque des Aztèques et était utilisée pour les jardins suspendus de Babylone. Il faut attendre l'année 1860 pour voir deux chercheurs allemands réussir à faire pousser des plantes sur un milieu composé uniquement d'eau et de sels minéraux (THIAULT, 2004).

Ce n'est qu'en 1930 que GERICKE produisit le premier système hydroponique commercial aux États-Unis. Pendant la seconde guerre mondiale, des Américains cultivèrent des légumes hydroponiques dans les îles volcaniques du Pacifique pour assurer l'alimentation de ses armées en légumes frais (SHOLTO, 1984).

Le véritable développement commercial des cultures hors sol date de 1980. Depuis, ce système de culture s'est répandu, en horticulture sous serre et abris. Ainsi, près de 120 ans auront été nécessaires pour transférer une technique de laboratoire en un système de culture opérationnel et rentable (MARTINEZ et MORARD, 2000). Selon MORARD (1995) les cultures hors sol comme des « cultures de végétaux effectuant leur cycle complet de production sans que leur système racinaire ait été en contact avec leur environnement naturel, le sol ».

Selon BENTON JONES (2005), l'hydroponie c'est la science de plantation ou de production des plantes dans une solution nutritive riche ou dans un matériel inerte, à la place du sol.

Les raisons de développement de cette technique sont multiples. La principale en est d'ordre pathologique. Elle peut apporter en effet une solution, le plus souvent définitive aux problèmes de fatigue des sols (BLANC, 1987)

2. Avantages et inconvénients de la culture hors sol

Selon URBAN (1997), la culture hydroponique présente plusieurs avantages :

- Affranchissement des sols contaminés.
- La meilleure performance agronomique des cultures hors sol.
- Efficacité de l'eau et des engrais est meilleure dans les systèmes de production hors sol.
- La suppression des travaux de préparation du sol.
- L'augmentation de production et de rendement par la présence de tous les éléments minéraux dans la solution.
- Economie d'eau et d'engrais. Les expériences ont montré que la consommation en eau est beaucoup plus moins importante en hors sol qu'en plein champ.

D'après MORARD (1995), les inconvénients de la culture hydroponique sont :- Le Cout de l'installation et l'utilisation. D'une haute technologie (nécessite une technicité élevée).et la maitrise incomplète des déchets (rejet de solution nutritive, certains substrats non recyclables).

3. Composantes du système hors sol

Les composantes qui régissent cette technique forment un ensemble constitué par la plantes, le substrat, le conteneur et la solution nutritive (BLANC, 1987).

3.1. Substrat

Le terme substrat en agriculture s'applique à tout matériel naturel ou artificiel qui, place en conteneurs, pur ou en mélange permet l'ancrage du système racinaire et joue ainsi vis-à-vis de la plante le rôle du support (BLANC, 1987).

Avant d'utiliser le substrat, il est nécessaire d'avoir des connaissances sur les caractéristiques physiques du substrat. Il faut que le substrat soit en compatibilité avec les exigences propres du végétal, et du type de culture (LEMAIRE, 1989).

Selon MORARD (1995), le substrat ne semble joue aucun rôle nutritionnel. Ce support solide inerte n'est pas indispensable. Le prix d'achat, la mise en place et le renouvellement sont les principales raisons qui limitent l'utilisation des substrats.

Selon ZUANG et MUSARD (1986) les critères de choix des substrats se basent sur les critères économiques et techniques suivants :

- Ne pas se tasser.
- Ne pas se dégrader.
- Ne pas blesser les racines.
- Ne pas contenir d'éléments toxiques pour les racines.
- Etre chimiquement inerte.
- Avoir une capacité d'échange nulle ou faible.
- Ne pas renfermer d'organismes pathogènes.
- Etre facile à désinfecter.
- Etre disponible et pas cher.

3.2. Conteneurs

D'après FEVERAU (1976) et ZUANG et MUSARD (1986), ce sont des récipients qui contiennent la plante et le substrat isolement du sol.

FEVERAU (1976), ajoute que, le choix des conteneurs doit se faire en fonction de l'espèce cultivée et de son système racinaire. En général les conteneurs sont en matière plastique chimiquement inerte, étanche, durable et facile à installer.

3.3 Solution nutritive

En hors sol, il n'y a pas d'apport d'éléments minéraux par le substrat. Ces derniers doivent donc être fournis par la solution nutritive, en même temps que l'eau et doivent être suffisants pour couvrir à chaque instant les besoins de la plante (URBAN, 1997).

La culture hydroponique est réalisée à l'aide d'une solution d'eau contenant les éléments nutritifs indispensables à la croissance en quantité suffisants (FERNANDEZ, 1995).

Le rôle de la solution nutritive est d'apporter l'eau, les éléments minéraux et les oligoéléments nécessaires à la culture (ZUANG et MUSARD, 1986). Une solution nutritive donnée, fabriquée avec des sels chimiques totalement dissociés, renferme un nombre total égal l'équivalent de cations et d'anions (DUTHIL, 1973).

La solution nutritive est caractérisée par trois paramètres à savoir : le potentiel hydrogène (pH), la conductivité électrique (CE) et l'équilibre ionique.

3.3.1. Potentiel hydrogène (pH)

Pour obtenir des plantes de qualité, il est important de contrôler le pH de la solution nutritive. En effet, le degré d'acidité ou d'alcalinité d'une solution nutritive joue un rôle essentiel sur la solubilité des sels minéraux et sur leur assimilation par la plante.

Selon RAYMOND (1974) in SNOUSSI (1980), le pH idéal se stabilise de 5.5 à 5.8 et une variation importante de ce dernier peut avoir des répercussions graves sur les cultures. Le pH joue un grand rôle vis-à-vis de l'assimilabilité des principaux fertilisants et des oligoéléments. En outre, le pH est universellement reconnu comme un facteur majeur pour la mobilité des éléments traces et leur disponibilité vis-à-vis des êtres vivants (BAIZE, 2004).

Le pH détermine comment les éléments nutritifs comportent dans le sol. A un pH défini, certains éléments nutritifs forment des liaisons différentes que les racines des sont incapable d'absorber. Des symptômes carenciels apparaissent alors. En cas de pH trop bas, d'autres éléments, comme le manganèse, l'aluminium et le fer, sont trop fortement absorbés par les plantes. Pour la plupart d'entre elles, un empoisonnement surgit suite à l'absorption exagérée de ces éléments. D'autre plantes, en revanche, désirent une quantité importante de ces éléments (BAIZE, 2004).

3.3.2. Conductivité électrique (CE)

Selon LETARD (1995), la conductivité électrique représente la concentration totale en éléments minéraux contenus dans la solution (salinité).

LETARD et PATRICIA (1995), montrent que si la concentration est faible les racines prélèvent très facilement l'eau et en quantités insuffisantes les éléments minéraux. Lorsque la concentration augmente, l'eau est moins facilement absorbée et par conséquent le potentiel hydrique diminue.

3.3.3. Equilibre ionique

Il est possible de réaliser un équilibre entre les ions minéraux correspondant aux besoins végétatifs de la culture telle manière qu'il n'y ait pas excès créant salinité résiduelle. (LESAIN, 1974).

Il existe, entre les éléments minéraux, des interactions qui font que d'un élément est modifié par la présence d'un autre (HELLER, 1998), il peut y avoir :

- ❖ Synergie : La pénétration d'un ion amplifié par la présence d'un autre. (HELLER et al., 1998).

- ❖ Antagonisme : Au contraire la présence d'un ion inhibe l'absorption d'un autre élément nutritif. (HELLER et al., 1998). L'équilibre ionique de la solution demeure constant tout au long de la culture.

Pour y parvenir, il faut faire varier la composition minérale de la solution d'apport en fonction du stade de développement des plantes, de leur état végétatif, et des conditions climatiques (URBAN, 1997).

3.4. Préparation de la solution nutritive

MORARD (1995), montre que dans la pratique, la procédure à suivre pour la préparation de solution nutritive est la suivante :

- ✓ Choix de la formulation adaptée à la culture.
- ✓ Analyse de la composition minérale de l'eau d'irrigation.
- ✓ Adaptation de la formulation choisie aux teneurs en éléments minéraux.
- ✓ Choix de la nature des sels minéraux.
- ✓ Calcul des pesés de sels correspondant à la fabrication du volume de solution nutritive préparée (éventuellement à la qualité d'acide à apporter).
- ✓ Fabrication des solutions mères A et B d'oligo-éléments.
- ✓ Contrôle de la composition minérale de la solution fille à la sortie des goutteurs.

La carence ou l'excès d'un des éléments minéraux provoque des malformations ou des perturbations physiologiques dont certaines se traduisent par des symptômes caractéristiques

Chapitre IV

Généralités sur la courgette

IV.1. Origine et évolution de la courgette

Les espèces du genre *Cucurbita* se regroupent sous le nom de courges, qui sont toutes d'origine de l'Amérique tropicale et dont les fruits se consomment après cuisson, soit à développement complet, soit à l'état jeune (courgette). (CHAUX et FOURY, 1994 ; RENAUD, 2003). Elle a été introduite en Europe au 16ème siècle où les Italiens ont été les premiers à l'adopter.

Les variétés *Cucurbita pepo*, utilisées pour la production de la courgette sont le plus souvent des hybrides F1 (CHAUX et FOURY, 1994 ; BOUMHIRIZ 2017).



Figure N°02 : Plante de *Cucurbita pepo* (MESSIAEN et FAGBAYIDE, 2004)

IV .2. Classification botanique

Le genre *Cucurbita pepo L* appartient à la famille de melon *Cucurbitaceae* qui comprend environ 95 genres et 950-980 espèces (SCHAEFER et RENNER, 2011). La culture de *C. pepo* est scientifiquement classée selon FELLER et al. (1995) cite par BOUMHIRIZ (2017) comme suit :

Règne : Plantae

Division : Magnoliophyta

Classe : Magnoliopsida

Ordre : Violales

Famille : *Cucurbitaceae*

Genre : *Cucurbita L*

Espèce : *Cucurbita pepo L*

IV .3. Impotence de la courgette en Algérie

La production de courgettes dépasse 227 000 tonnes et a doublé depuis 2000. Les zones de production sont Mostaganem, Alger, Boumerdes, M'Sila, Tipaza.

Les cultures sous tunnel à Tipaza, Biskra, Alger et Mostaganeme représentent une production de 33 000 tonnes. (ANONYME, 2014).

Tableau N° 04 : Evolution de la production de la courgette en Algérie (ANONYME, 2014).

Année	Superficies en (ha)			Evol	Production en (tonnes)			Evol
	2000	2005	2012	2012/2000	2000	2005	2012	2012/2000
Courgettes	8580	10542	14 088	64, 20%	94882	188500	227 789	140, 08%

IV .4. Morphologie de la courgette

La courgette est une plante annuelle, à végétation ramassée et à croissance indéterminée, Son système de développement dépend du type de sol où elle est cultivée (ERARD, 2002).

La courgette développe de longues tiges pouvant atteindre parfois plus de 100 (cm) et des feuilles à lobes larges et incisés qui sont caduques et mesurent entre 30 et 40cmde long au centre desquelles se forment des fleurs de 2 types : les fleurs mâles et les fleurs femelles. Le nombre de fleurs mâles est toujours plus élevé que celui des fleurs femelles, ce qui est nécessaire pour assurer la fécondation de ces dernières (BENACHOUR, 2008).

IV .5. Exigences de la plante

IV .5.1. Exigences climatiques

IV .5.1.1. Température

La courgette exige un climat tempéré à chaud (RENAUD, 2003). La température optimale de croissance se situe entre 16 et 25°C (sol : 18-25°C) (CHAUX et FOURY, 1994), selon la luminosité (ERARD, 2002). La courgette est sensible aux températures froides. La température létale se situe à 1°C (ERARD, 2002), et toute gelée, même brève détruit la plante (CHAUX et FOURY, 1994).

La courgette acquiert un développement optimal quand la différence de température entre le jour et la nuit n'excède pas 6 °C. Aux alentours de 15 °C. La croissance et le développement sont accélérés, entre 15 et 20 °C, et de ce fait les fruits grossissent plus vite (ERARD, 2002).

IV .5.1.2. Lumière

Elle dépend de l'insolation. Une faible intensité lumineuse se traduit par une moindre activité photosynthétique pour la plante. La lumière intervient sur la maturation des fruits et sur leur précocité (ERARD, 2002).

IV.5.1.3. Humidité

Une croissance rapide, un développement végétatif important ainsi qu'une production des fruits contenant 95 % d'eau entraîne des besoins élevés en eau (ERARD, 2002) et éléments minéraux. L'humidité ambiante, a une influence sur la respiration. De par ses origines à climat chaud et humide, la courgette a besoin d'humidité, d'une façon raisonnable. Les besoins en eau d'une culture de plein air sont de l'ordre de 4000m³ /ha (CHAUX et FOURY, 1994). Les

besoins en eau varient du simple au double, du début de la floraison et jusqu'au début de récolte (ERARD, 2002).

IV .5.2. Exigences édaphiques

IV .5.2.1. Sol et pH

La courgette est peu exigeante à la nature du sol. Elle préfère les sols légers, frais et riches en humus ayant une bonne capacité de rétention d'eau. Aussi, le sol doit être meuble, fertile, convenablement drainant et un pH entre 5.5 et 6.8 (CHAUX et FOURY, 1994 ; ERARD, 2002 ; RENAUD, 2003)

IV .5.2.2. Tolérance de la courgette à la salinité

La sensibilité des cultures au stress salin se traduit par une réduction du rendement. Le seuil de tolérance à la concentration de sel dans la zone racinaire est propre à chaque culture. Le plus souvent le seuil de tolérance des cultures est exprimé par la CE de l'extrait de pâte saturée du sol (CEe).

Tableau N°05 : Tolérance de courgette à la salinité du sol CEe (FAO, Bulletin n° 29,1988)

Niveau de production %	100	90	75	50	0
Cultures	Salinité de l'extrait de la pâte saturée CEe (dS.m ⁻¹)				
Courgette	4,7	5,8	7,4	10	15

On remarque que la courgette est généralement sensible à la concentration de sel. Ce tableau montre aussi la relation entre la valeur de CEe et le niveau de production.

En règle générale, un doublement de la valeur de la CEe entraînera une baisse de production de l'ordre de 50 % (BOUKORTT, 2016).

IV .5.3. Exigences hydriques

La grande rapidité de croissance de la plante de courgette exige la présence d'une quantité d'eau optimale dans les différents organes et dans le sol (FAO, 1988). La courgette craint l'excès d'humidité. Elle a besoin d'environ 25 mm d'eau par semaine soit 25 litres par m² pour produire un rendement appréciable (MESSIAN et FAGBAYIDE, 2004).

IV .5.4. Exigences nutritionnelles

L'azote est essentiel au bon développement des plantes et reste l'élément clef du rendement. Le phosphore est un facteur favorable à la floraison et à la fructification. Il améliore la qualité de la production, selon MARMOL (1997) cité par ERARD (2002). Le potassium est aussi un élément intéressant pour la qualité (ERARD, 2002).

IV .6. Composition chimique de la courgette

Tableau N°06 : Composition chimique de la courgette. 1 : FAVIER et coll., 1995 ; 2 : SOUCI et coll., 1994.

Composants (g)	1	2	Minéraux (mg)	1	2	Vitamines (mg)	1	2
Eau	94	92,2	Na	3	3,00	C	20	17,07
Protéines	1,8	1,6	Mg	18		Niacine	0,56	
Glucides disponibles	2	2,05	P	31	23	B6	0,11	119(µg)
Glucides disponibles -sucres -fructose -glucose -Amidon	2	-	K	230	152	Folates (µg)	50	
	1,9	-	Ca	19	30	Equivalent rétinol (µg)	-	31,42
	-	1,02	Fe	0,4	1,50	Caroténoïdes totaux (µg)	-	197
	-	0,903						
-	-							
Fibres	1	1,08	Energie STD (kcal)	17	18,2	α-carotène (µg)	-	17
Lipides	0,2	0,6	Proportion comestible	0,85	-	β-Carotène (µg)	-	180

IV .7. Conduite de culture

IV .7.1. Semis

Le semis direct en pleine terre est préférable (FAO, 1988). Un terrain frais pendant le semis est nécessaire car un manque d'eau provoquerait une levée irrégulière (ABATZIAN et al. 2003). La reproduction se fait par les graines.

En semis direct, il faut 4 à 5 kg de semences par hectare. On met 2 ou 3 semences par poquet de façon à être certain de disposer un beau plant par poquet. Les plants sont disposés en lignes distantes de 100 à 120 cm et 60 cm séparant les plants dans la ligne (FAO, 1988). Le semis se fait aussi sur des buttes ou sillons (MESSIAN et FAGBAYIDE, 2004).

Le repiquage est possible au stade cotylédon étalé. Le planting peut se faire jusqu'au stade 3 à 4 feuilles, en profondeur de la terre favorisant l'enracinement et protégeant les jeunes plants des ravageurs (les oiseaux notamment) (MATHIEU et al. 2009).

IV .7.2. Principaux travaux d'entretien

Le binage et le sarclage sont nécessaires jusqu'à couverture suffisante (Mathieu et al. 2009). Les différents herbicides tels que le claramben et le benslide sont utilisés avant la période de semis (FAO, 1988), le chortal et le fluazifol-p-butyl sont respectivement utilisés avant et après la levée de la courgette (FERRIER, 2005).

Pour la fertilisation, la courgette exige un apport d'azote et d'oxyde de potassium (FAO, 1988).

IV .8. Principales pathologies et ennemis de la courgette

IV .8.1. Principales pathologies

Selon MESSIAN et FAGBAYIDE, (2004), les champignons qui s'attaquent à la courgette sont :

- *Eysiphe cichoracearum* et *Sphaerothea fuligenea* sont responsables de la maladie foliaire.
- *Alternaria* ou *Ulocladium spp.*, sont responsables des taches foliaires.
- *Pseudoperonospora cubensis* provoque des tâches foliaires sur des pétioles sénescents.

- *Colletotrichum /aragenarium* s'attaque aux feuilles et aux fruits.

En outre, les virus qui s'attaquent à la courgette sont :

- La mosaïque du concombre.
- La mosaïque jaune de la courgette.

IV .8.2. Ennemis

Les cultures maraîchères sont attaquées par un grand nombre d'espèces de nématodes, mais le *Meloïdogyne spp.* Reste probablement le plus important de point de vue dégâts surtout chez les cucurbitacées (BERTRANT, 2001).

Au niveau des ravageurs animaux de la courgette, on peut citer les oiseaux qui déracinent le jeune plant en le pinçant pendant les jours qui suivent les semis ou la plantation (MATHIEU et al. 2009).

Les insectes ravageurs de la courgette peuvent se résumer comme suit :

Aulacophora indica, dont les adultes causent des dommages sur les feuilles et les réduisent considérablement en cas de pullulation (FAO, 1988).

Liriomyza sativae est très polyphage. Les larves creusent des galeries de plus en plus larges au fur et à mesure de leur croissance.

Pour limiter les dommages engendrés par ces insectes, l'usage de la cyromazine permet de contrôler efficacement leurs larves (FAO, 1988).

IV.9. Récolte

La récolte se fait lorsque les fruits atteignent la taille commerciale de 20 à 25 cm, avant que les graines ne se distinguent de la chair (MESSIAN et FAGBAYIDE, 2004).

Les fruits peuvent être conservés pendant 2 à 3 semaines après la récolte pour autant que la température se situe entre 0 et 4 °C et que le taux d'humidité atteigne 90-95% (FAO, 1988). Les fruits murs récoltés 70 jours après la pollinisation, peuvent se conserver deux mois avant d'en extraire la graine qui sera séchée. Le séchage est une étape importante pour les semences (ABATZIAN et al. 2003).

Chapitre V

matériel et méthodes

V.1. Objectif de l'expérimentation

L'objectif de notre travail est de voir l'impact de l'acide salicylique dans une eau saline enrichie de MgCl₂ sur la germination et la croissance d'une glycophyte cultivée : la courgette, *Cucurbita pepo*.

V.2. Matériel végétal testé

Le matériel biologique utilisé est la courgette (*Cucurbita pepo* L.). La variété testée est HANANE hybride F1, précoce, tolérante aux maladies à feuillage ouvert, récolte facilitée avec une longue période de production et dont les fruits ont une longueur moyenne de 20 à 22 cm.



Figure N° 03 : la variété étudiée HANANE

V.3. Conditions expérimentales

V.3.1. Lieu de l'expérience

Notre expérimentation s'est déroulée au niveau de la station expérimentale du département de Biotechnologies de l'Université de Blida1, située dans la plaine de la Mitidja, dans une serre en polycarbonate 382,5 m² de surface dont l'orientation est nord-sud. L'aération est assurée par des fenêtres placées latéralement de part et d'autre de la serre.

V.3.2. Substrat utilisé

Le substrat utilisé dans notre expérimentation est le gravier de rivière dont le diamètre est de 3 à 8 mm provenant de la carrière de CHEBLI située à 25 Km d'Alger. Ce substrat constitue un milieu défavorable pour le développement de microorganismes. Grâce à sa porosité, il assure une meilleure aération pour les racines des plantes.

Afin d'éliminer tous les risques de contamination par les maladies parasitaires une procédure de désinfection de substrat a été effectuée comme suit :

- Nettoyage des pots.
- Elimination des particules terreuses et les débris végétaux par un lavage abondant et répété du gravier à l'eau courante.
- Remplissage des pots avec le substrat lavé.
- Désinfection du substrat avec une solution d'eau javellisée.
- Rinçage abondant des pots à l'eau de robinet pour éliminer toute trace d'eau de javel au moment des semis.



Figure N° 04 : Le substrat utilisé

V.3.3. Conteneurs utilisés

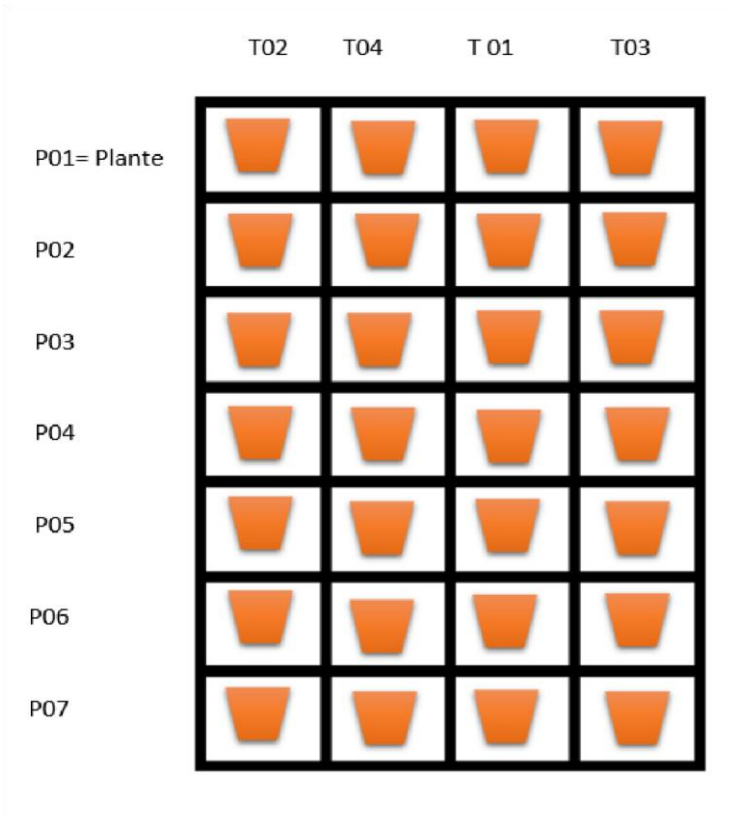
Les conteneurs utilisés sont des pots en polyéthylène de couleur marron ayant une capacité de 3 litres et présentant des orifices de drainage à leur base afin de permettre l'évacuation de la solution nutritive excédentaire.



Figure N° 05 : Les conteneurs utilisés

V.4. Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental adopté est un dispositif en bloc aléatoire complet à quatre traitements, dont chaque traitement comporte 07 observations, soit 28 unités expérimentales au total.



T : Les traitements



: Les observations

T1 : H₂O de Chleff reconstituée par l'eau de Blida + MgCl₂.

T2 : H₂O de Chleff reconstituée par l'eau de Blida + MgCl₂ + 0,5 mM d'A.S.

T3 : H₂O de Chleff reconstituée par l'eau de Blida + MgCl₂ + 1 mM d'A.S.

T4 : H₂O de Blida uniquement (témoin).



Figure N° 06 : Vue du dispositif expérimental utilisé

V.5. Pré-germination et repiquage

V.5.1. Pré-germination

La pré-germination a été réalisée au laboratoire le : 27 /01/2020 dans une étuve à une température de 25C°. Les graines sont mises dans des boîtes de pétri sur du papier absorbant imbibé d'eau distillée.

Le taux de germination : est de 28 graines germées sur /60 graines mises à germer soit une faculté germinative de 46,66%.

- Boite 1 : germination de 13 graines sur 20 (65%).
- Boite 2 : germination de 11 graines sur 20 (55%).
- Boite 3 : germination de 4 graines sur 20 (20%).



Figure N° 07 : Les graines en pré-germination

V.5.2. Repiquage des jeunes plants de la courgette

Le repiquage des plants en place définitive a été réalisé le 06/02/2020 à raison de 1 germe par pot, soit 11 jours après semis.



Figure N°08 : Levée des plantules de la courgette

Les jeunes plantules ont été arrosées de manière homogène avec l'eau de robinet de Blida, jusqu'à l'apparition des vraies feuilles.

A la date du 04/03/2020 soit 27 jours après le semis, nous avons commencé l'application des différents traitements, à raison de 100ml/jour.

V.6. Description des différents traitements

V.6.1. Composition de l'eau de Blida

Il y a lieu de rappeler que les différents traitements adoptés ont été élaborés à base de l'eau de Blida. Pour cela, une analyse de cette eau s'est avérée indispensable afin d'en tenir compte des éléments minéraux présents dans l'eau de Blida.

Composition de l'eau de Blida en éléments minéraux (meq/l) (SNOUSSI, 2001).

- $K = 0 \text{ mg/l}$ \longrightarrow 0 meq/l .
- $Ca = 56 \text{ mg/l}$ \longrightarrow $56/20 = 2,8 \text{ meq/l}$.
- $Na = 29,0 \text{ mg/l}$ \longrightarrow $29,9/23 = 1,3 \text{ meq/l}$.
- $Mg = 21,60 \text{ mg/l}$ \longrightarrow $1,60/12 = 1,8 \text{ meq/l}$.
- $NO_3 = 21,70 \text{ mg/l}$ \longrightarrow $21,70/62 = 0,35 \text{ meq/l}$.
- $SO_4 = 38,40 \text{ mg/l}$ \longrightarrow $38,40/48 = 0,80 \text{ meq/l}$.
- $Cl = 21 \text{ mg/l}$ \longrightarrow $21/35 = 0,60 \text{ meq/l}$.
- $HCO_3 = 248,88 \text{ mg/l}$ \longrightarrow $248,88/61 = 4,08 \text{ meq/l}$.

V.6.2. Composition et techniques de préparation des différents traitements

Il y a lieu de rappeler que quatre traitements ont été testés, à savoir :

- T1 : H₂O de Chleff reconstituée par l'eau de Blida + MgCl₂ (à une concentration de 752,21mg de MgCl₂ /litre d'eau).
- T2 : H₂O de Chleff reconstituée par l'eau de Blida + MgCl₂ (752,21 mg/l) + 0,5 mmol d'acide salicylique.
- T3 : H₂O de Chleff reconstituée par l'eau de Blida + MgCl₂ (752,21mg/l) +1 mmol d'acide salicylique.
- T4 : H₂O de Blida uniquement (témoin).

Pour des raisons pratiques, et afin d'éviter les préparations répétées, il a été jugé nécessaire de préparer des solutions mères concentrées qui, seront diluées au moment de la synthèse des différents traitements.

A : Préparation de la solution mère concentrée de MgCl₂

- Dose préconisée dans l'eau de Blida : 7,40 meq/l soit 752,21 mg/l
- Concentration X100 me donne : $75221 \text{ mg/l} = 75,221 \text{ g/l}$

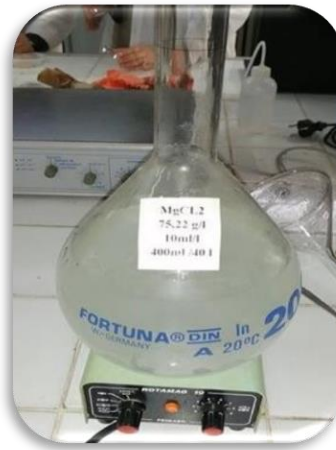


Figure N°09 : Préparation de MgCl₂

B : Préparation de la solution mère concentrée de l'acide salicylique

-Molarité de l'acide salicylique : $C_6H_4(OH)COOH = 138,12g/mol$

Concentration 1 (0,5 mM d'acide salicylique) = 2,5ml d'acide salicylique concentrée 200 fois /l d'eau saline.

Concentration 2 (1mM d'acide salicylique) = 5ml/l d'acide salicylique concentrée 200 fois /l d'eau saline.

Un conteneur de 40 litres a été réservé à chaque traitement, et ce afin d'éviter la synthèse répétée des milieux nutritifs.



Figure N° 10 : Les conteneurs de 40l

Tableau N°07 : Les différents traitements utilisés

Traitement	Volume préparé en litres H2O Blida	Volume de MgCl2 Versé	Volume d'acide salicylique administré
T1	40l	400ml	-
T2	40l	400ml	100ml
T3	40l	400ml	200ml
T4	40l	-	-

V.6.2.1. Synthèse des traitements

Nous avons réalisé les différents traitements avec l'eau de Blida, en prenant compte des éléments minéraux déjà présents dans cette eau naturelle, en réajustant l'élément manquant à savoir le MgCl2 à la concentration requise dans l'eau saline de l'oued Chélif.

Tableau N° 08 : Reconstitution de l'eau de l'oued Chélif avec l'eau de Blida

Eau de Blida	NO3- 0,35	PO43- 00	SO42- 0,80	Cl- 0,60	Total Chélif
K+ 00					00.00
Na+ 1,30					1.30
Ca++ 2.80					2.80
Mg2++ 1,80				7,40	9,20
Hco3 4,08					4. 08
Total	0,35	00	0,80	0 .6	

V.7. Entretien de la culture

V.7.1. Irrigation

Le système d'irrigation adopté est celui de la percolation à circuit ouvert permettant l'évacuation de la solution d'irrigation excédentaire.

Il est important dans la culture hors sol de connaître les besoins journaliers en eau des cultures, pour pouvoir rationaliser les besoins selon les stades de développement du végétal et ce pour éviter les déficits et les éventuels excès de solution nutritive.

Il est conseillé de ne jamais mouiller les feuilles avec la solution d'irrigation afin d'éviter leur brûlure et le risque de développement des maladies notamment cryptogamiques.

Tableau N° 09 : Doses et fréquences des irrigations nécessaires journalières par plant de courgette.

traitement	Dose d'irrigation Apportée	Fréquence irrigations	des	Doses journalières
T1	100ml	2 fois /jour		200ml
T2	100ml	2 fois /jour		200ml
T3	100ml	2 fois /jour		200ml
T4	100ml	2 fois /jour		200ml

V.7.2. Palissage

En cours de culture, les plantes avaient tendance à se recourber, ce qui nous a permis de placer des ficelles, permettant de maintenir les plantes dressées.



Figure N°11 : Mise en place des ficelles

V.8. Paramètres biométriques mesurés

V.8.1. Vitesse de croissance

La longueur de la tige est mesurée à l'aide d'un mètre ruban (cm), du collet des plantes à l'extrémité de la tige principale, et ces tous les 10 jours.

V.8.2. Hauteur finale des plantes [cm]

Cette mesure a été effectuée au moment de la coupe à l'aide d'un mètre ruban.

V.8. 3. Nombre des feuilles

La détermination du nombre de feuilles est réalisée en fin de culture, en comptant le nombre de feuilles total par plant et par traitement.

V.8. 4. Biomasse fraîche produite [g]

Au moment de la coupe finale, nous avons pesé les différents organes de la plante (Feuilles, tiges, racines) en gramme à l'aide d'une balance. L'opération a été réalisée comme suit :

- Poids frais total (feuilles + tiges) par plante et par traitement.
- Poids frais des feuilles par plante et par traitement - Poids frais de la tige par plante et par traitement.
- Poids frais de la racine par plante et par traitement
- Poids frais d'un échantillon moyen des feuilles par traitement.
- Poids frais d'un échantillon moyen des tiges par traitement.
- Poids frais d'un échantillon moyen des racines par traitement.

V. 8.5. Biomasse sèche produite [g]

La matière sèche a été mesurée après le séchage de la matière fraîche dans une étuve à 70C° jusqu'à stabilité du poids sec, nous avons pesé :

- Poids sec total (feuilles + tiges) par plante et par traitement.
- Poids sec de l'échantillon moyen des feuilles par traitement.
- Poids sec de l'échantillon moyen des tiges par traitement. Poids de l'échantillon moyen des racines par traitement.

Chapitre VI

Résultats et discussions

VI .1. Paramètres de croissance

VI .1. Aspect général des plantes

Les plantes de courgette irriguées avec l'eau de Chleff reconstituée par l'eau de Blida et enrichie en $MgCl_2 + 0,5 \text{ mM}$ d'Acide salicylique (T2) et les plantes irriguées avec l'eau de Blida (T4) présentent un aspect végétatif de couleur verte foncé avec une hauteur finale la plus élevée.

Les plantes irriguées avec l'eau de de Chleff reconstituée par l'eau Blida enrichie en $MgCl_2 -$ (T1) et les plantes alimentées par l'eau de Chleff reconstituée par l'eau de Blida, enrichie en $MgCl_2 + 1 \text{ mM}$ d'A. S (T3) ; manifestent un aspect chétif, avec un feuillage de couleur verte jaunâtre et hauteur finale de plant réduite.



Figure N°12 : Aspect général des plantes de la courgette

VI .1.2. Vitesse de croissance des plantes [cm/jour].

Les résultats présentés sur la figure N° 13 montrent l'évolution de la vitesse de croissance des plantes de la courgette au niveau des quatre traitements testés. Les mesures ont été faites tous les 10 jours.

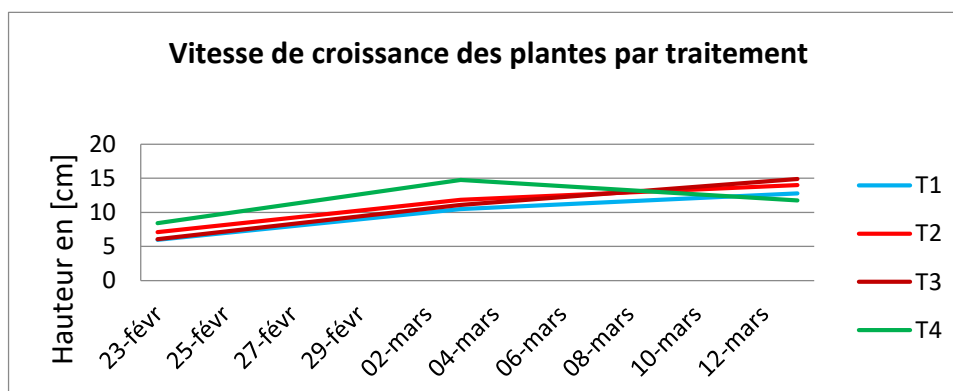


Figure N° 13 : Vitesse de croissance des plantes de courgette [cm/jour].

La figure ci-dessus montre que la vitesse de croissance des plantes est variable selon les différents traitements. La croissance des plantes a débuté assez lentement pour les plantes irriguées par l'eau de Blida (T4) et les plantes alimentées par l'eau de Chleff reconstituée par l'eau de Blida enrichie en $MgCl_2 + 0,5 \text{ mM d'A.S}$ à savoir le traitement T2, et ce par rapport à celles irriguées par l'eau de Chleff enrichie en $MgCl_2$ à savoir le traitement T1 et celles irriguées par l'eau de Chleff enrichie en $MgCl_2 + 1 \text{ mM d'A.S}$ (T3).

A compter du 23/02/2020 soit dix-sept jours après repiquage, la vitesse de croissance des plantes de courgette s'accélère quel que soit les traitements testés (T1), (T2), (T3) et (T4).

Après dix jours de traitement, la vitesse de croissance diminue brusquement au niveau des plantes irriguées par le traitement (T4), mais la vitesse des plantes cultivées au niveau du traitement T2 et T3 reste assez faible par rapport aux plantes du traitement (T1).

VI .1.3. Hauteur finale des plantes [cm]

La hauteur des tiges a été mesurée au moment de la coupe finale. Les résultats relatifs au paramètre mesuré sont mentionnés dans la figure N°14.

L'analyse de la variance au seuil de 5% montre une différence non significative du facteur traitement sur le paramètre mesuré.

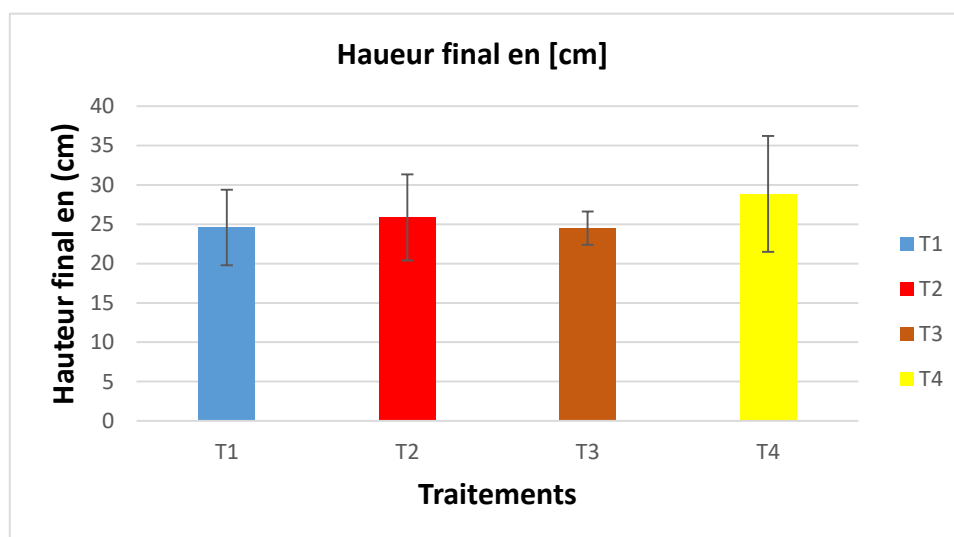


Figure N°14 : Hauteur finale en [cm]

Les résultats obtenus durant la coupe finale révèlent qu'il semblera l'existence d'une augmentation de la hauteur des plants au niveau des solutions témoin (T4) par rapport aux solutions salines enrichies en $MgCl_2$ (T1), en $MgCl_2 + 0,5 \text{ mM d'A.S}$ (T2) et en $MgCl_2 + 1 \text{ mM d'A.S}$ (T3).

Selon les résultats obtenus, il semble que la hauteur finale des plantes la plus élevée est obtenue au niveau des plantes irriguées avec l'eau de Blida (T4), suivi par les traitements (T2), et (T1). Les plantes alimentées par le traitement (T3) manifestent la hauteur finale la plus faible.

VI .1.4. Nombre de feuilles par plante

Au moment de coupe finale, nous avons compté le nombre de feuilles par plante et par traitement.

L'analyse de la variance a révélé une différence significative du facteur traitement sur le paramètre mesuré.

Le test de Newman et Keuls au seuil de 5% classe les traitements en trois groupes homogènes.

Tableau N° 10 : Nombre de feuilles par plant et par traitement

Nombre de feuilles/ Plante			
T1	T2	T3	T4
7,71 ± 1,25 (ab)	7,28 ± 1,11 (b)	9,00 ± 1,73 (a)	8,85 ± 1,21 (a)

Selon les résultats obtenus, le nombre de feuilles par plant le plus élevé est obtenu chez les plantes irriguées avec l'eau de Chleff enrichie en MgCl₂ +1 mM d'A.S (T3), suivi par le traitement témoin (T4), le traitement (T1), et enfin le traitement (T2).

VI .1.5. Biomasse fraîche des feuilles [g]

L'analyse de la variance montre l'existence d'un effet remarquable du facteur traitement sur le paramètre mesuré tableau N° 11. Le test de Newman et Keuls ($\alpha = 5\%$) classe les traitements testés en deux groupes homogènes (a) et (b).

Tableau N° 11 : Biomasse fraîche des feuilles [g].

Biomasse fraîche des feuilles [g]			
T 1	T 2	T 3	T 4
1,46 ± 0,360 (b)	1,42 ± 0,133 (b)	1,98 ± 0,379 (a)	1,87 ± 0,093 (a)

Nous remarquons au niveau des plantes alimentées par le traitement T3 composé de MgCl₂ +1 Mm d'Acide salicylique manifestent une biomasse fraîche des feuilles la plus élevée, ce qui montre bien le rôle efficace de l'A.S dans la régularisation de l'absorption hydrominérale des plantes en milieu salin.

VI .1.6. Biomasse fraîche des tiges [g]

La biomasse fraîche des tiges est pesée au niveau de chaque plante de chaque traitement au moment de la coupe finale. Les résultats sont mentionnés dans la figure N°15.

L'analyse de la variance montre que le facteur traitement exerce une action significative sur le paramètre mesuré. Le test de Newman et Keuls ($\alpha = 5\%$) classe les traitements testés en trois groupes homogènes (a), (b) et (ab).

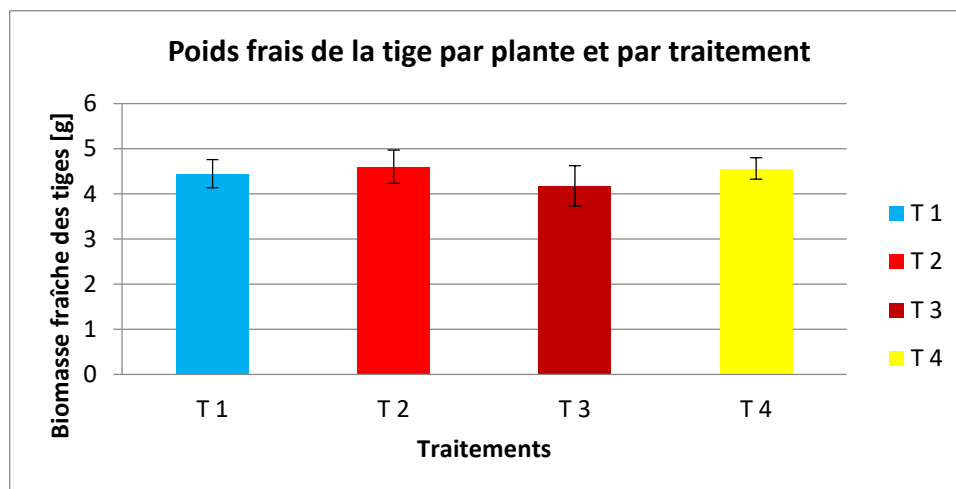


Figure N°15 : Biomasse fraîche des tiges [g].

Les plantes issues du traitement T2 enregistrent une biomasse fraîche des tiges de 4,60 g, la plus élevée, suivies par celles du traitement T4 avec une valeur de 4,56 g, du traitement T1 et enfin le traitement T3 qui présente le paramètre mesuré le plus faible avec une valeur de 4,17 g/plante.

VI .1.7. Biomasse fraîche des racines [g]

La mesure de la biomasse fraîche des racines a été faite au moment de la coupe finale, sur toutes les plantes et pour chacun des traitements

L'analyse de la variance montre qu'il y a une différence significative au seuil de 5% du facteur traitement sur la biomasse fraîche des racines.

Tableau N° 12 : Biomasse fraîche des racines[g].

Biomasse fraîche des racines[g]			
T 1	T 2	T 3	T 4
4,064	3,58	3,37	4,182
±	±	±	±
0,761	0,348	0,212	0,205
(a)	(b)	(b)	(a)

Selon les résultats présentés dans le tableau N° 12 nous remarquons que les plantes irriguées avec l'eau de Blida (T4) enregistrent une biomasse fraîche des racines la plus élevée (4,18 g/plante), suivie par celles issues du traitement T1 (4,06 g/plante), puis celles du T2 et enfin celles alimentées par le traitement T3 où la biomasse fraîche des racines est la plus faible.

VI .1.8. Biomasse fraiche totale [g]

La biomasse fraiche totale (feuilles + tiges) est pesée au niveau de chaque plante de chaque traitement au moment de la coupe finale.

L'analyse de la variance montre que le facteur traitement manifeste un effet significatif sur la biomasse fraiche totale au seuil de 5%.

Les résultats relatifs à la biomasse fraiche totale sont mentionnés dans la figure N°16

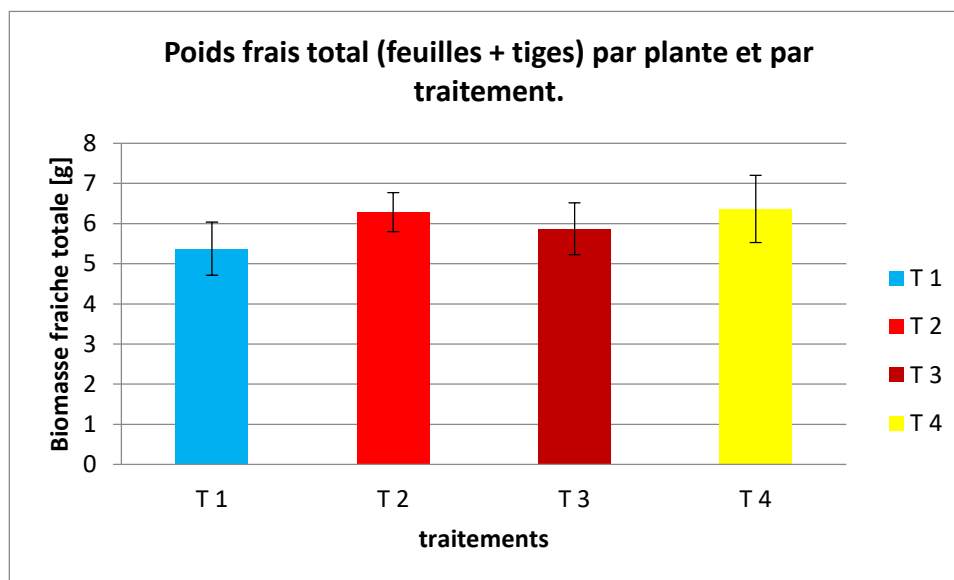


Figure N°16 : Biomasse fraiche totale [g].

Selon les résultats présentés dans la figure N°16, on remarque que les plantes irriguées avec l'eau de Blida (T4) enregistrent une biomasse fraiche totale de 6,36 g/plante la plus élevée, suivie par les plantes alimentées par l'eau de Chleff enrichie en $MgCl_2 + 0,5$ ml d'A.S (T2) avec une valeur de 6,29 g/plante.

A l'inverse, les plantes alimentées par l'eau de Chleff enrichie en $MgCl_2$ se traduisent par une biomasse fraiche totale la plus faible en raison de la teneur en $MgCl_2$ défavorable à la croissance et au développement des plantes

VI .1.9. Biomasse sèche des feuilles[g]

Ce paramètre est déterminé après séchage des feuilles dans une étuve à 70°C jusqu'à la stabilité du poids sec. Les résultats obtenus sont illustrés dans la figure N°17.

L'analyse de la variance montre une différence significative au seuil de 5% du facteur traitement sur le paramètre mesuré.

Les plantes alimentées par le traitement (T2) à savoir l'eau de Chleff enrichie en $MgCl_2 + 0,5$ mM d'A. S présentent une biomasse sèche des feuilles la plus importante, suivies des plantes issues du traitement (T3). Il faut rappeler que ces deux traitements renferment du $MgCl_2$ associé

à l'acide salicylique qui joue un rôle important dans l'atténuation du rôle néfaste des sels sur la croissance et le développement des cultures en milieu salin.

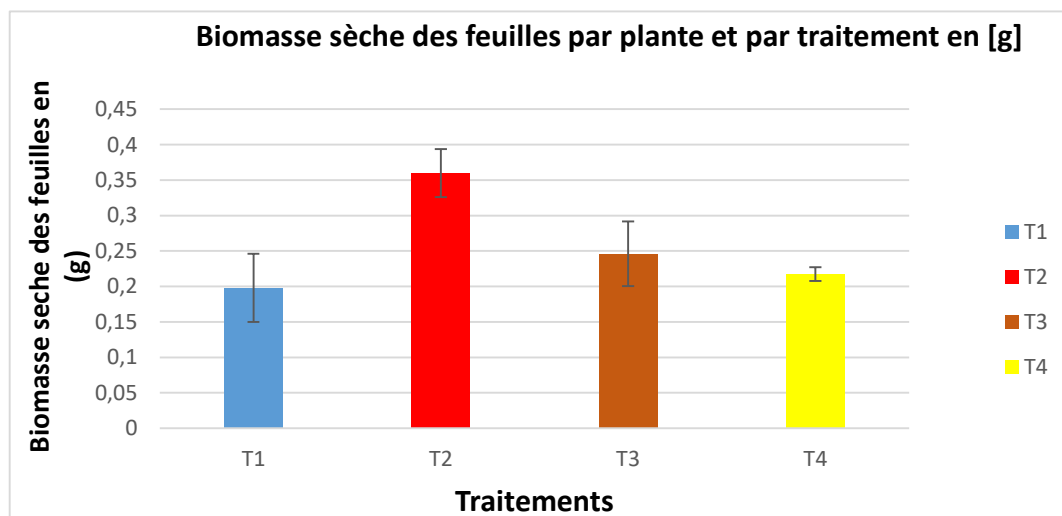


Figure N°17 : Biomasse sèche des feuilles en [g]

Aussi, il y a lieu de mentionner que les plantes alimentées par l'eau de Blida (T4) et celles du traitement (T1) enregistrent les biomasses sèches des feuilles les plus faibles.

VI .1.10. Biomasse sèche des tiges [g]

Ce paramètre suit le même principe que le poids sec des feuilles. Il y a eu séchages des tiges dans une étuve à 70°C jusqu'à la stabilité du poids sec. Les résultats obtenus sont illustrés dans la figure N°18.

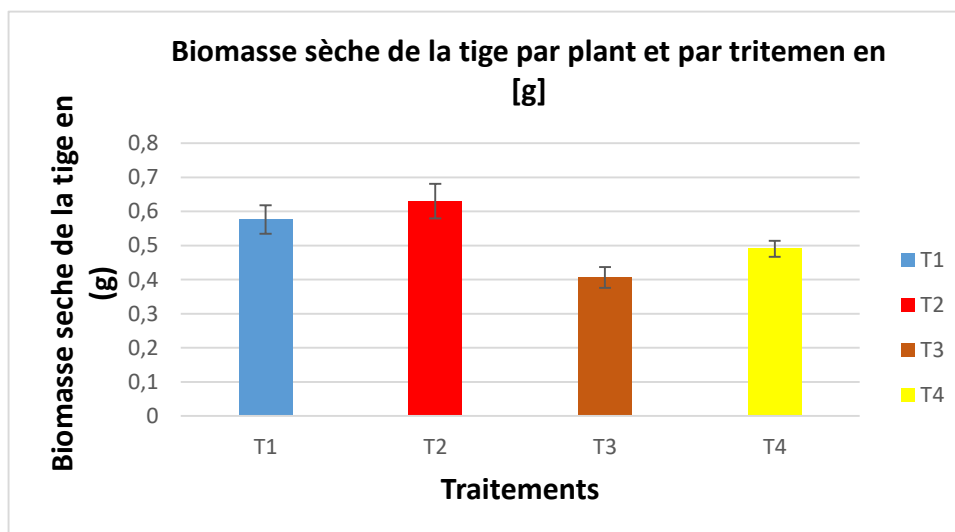


Figure N°18 : Biomasse sèche de la tige en [g]

Selon l'analyse de la variance, on peut noter une différence significative du facteur traitement sur le paramètre mesuré.

Les meilleures performances sont enregistrées au niveau des plantes issues du traitement (T2) avec un poids qui correspond à 0,63 g/plante, suivi par le traitement (T1) avec valeur de 0,576 g. Enfin, les plantes alimentées par traitements (T4 et T3) présentent des biomasses sèches des tiges les moins élevées avec des valeurs de 0,49 g et 0,406 g respectivement.

VI.1.11. Biomasse sèche des racines [g]

Ce paramètre suit le même principe que le poids sec des feuilles et des tiges. Il y a eu séchage des racines dans une étuve à 70°C jusqu'à la stabilité du poids sec. Les résultats obtenus sont illustrés dans le Tableau N°13.

L'analyse de la variance montre un effet significatif du facteur traitement sur le paramètre mesuré. Le test de Newman et Keuls ($\alpha = 5\%$) fait ressortir trois groupes homogènes (a), (b), (c).

Tableau N°13 : Biomasse sèche des racines par plante et par traitement en (g)

Biomasse sèche des racines en (g)			
T1	T2	T3	T4
0,488	0,138	0,332	0,548
±	±	±	±
0,090	0,016	0,022	0,028
(a)	(c)	(b)	(a)

Les plantes irriguées par l'eau de Blida (T4) enregistrent les valeurs les plus élevées. À l'inverse, les traitements (T3 et T2) présentent un poids sec racinaire le plus faible. La présence du MgCl₂ dans les milieux de culture (T1, T2 et T3) conduit à chute de la biomasse sèche des racines comparativement aux plantes issues du (T4) à savoir irrigation uniquement avec l'eau de Blida.

VI.1.12. Biomasse sèche totale (feuilles +tiges) en [g]

Les résultats relatifs à la biomasse sèche totale (feuilles + tiges) sont mentionnés dans la figure N°19.

L'analyse de la variance montre que le facteur traitement exerce une action significative au seuil de 5% sur la biomasse sèche totale produite par plante.

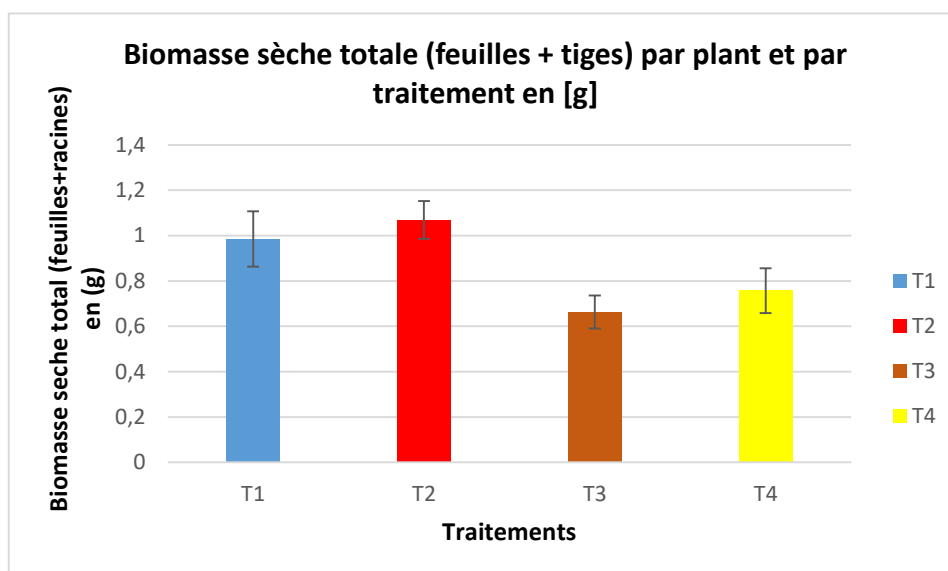


Figure N°19 : Biomasse sèche totale (feuilles +tiges) en [g]

Pour ce qui est de la biomasse sèche totale (feuilles + tiges), les meilleures performances sont enregistrées par le traitement (T2) avec un poids qui correspond à 1,07 g/plante, suivi par le traitement (T1) avec valeur de 0,986 g. Les traitements (T4 et T3) manifestent les biomasses sèches totales les moins importantes de 0,758 g/plante et 0,664 g/plante respectivement.

Chapitre VII

Discussions générale

Discussion générale

L'essai entrepris, et les principaux résultats issus de cette expérimentation portant sur le comportement de la courgette vis-à-vis de quatre traitements dont trois renfermant un sel, le $MgCl_2$ nuisible au développement et à la croissance des espèces cultivées, nous ont permis de classer par ordre les différents traitements et de déterminer le ou les traitements les plus performants, selon les critères biométriques mesurés.

1. Classement des traitements selon les paramètres biométriques

Tableau N° 14 : Classements des traitements selon les paramètres biométriques.

Traitements	T 1	T 2	T 3	T 4
Hauteur finale des plantes	3	2	4	1
Nombre de feuilles par plante	3	4	1	2
Biomasse fraîche des feuilles	3	4	1	2
Biomasse fraîche des tiges	3	1	4	2
Biomasse fraîche de racines	2	3	4	1
Biomasse fraîche totale	4	2	3	1
Biomasse sèche des feuilles	4	1	2	3
Biomasse sèche des tiges	2	1	4	3
Biomasse sèche des racines	2	4	3	1
Classement final	0	2	3	1

Selon les résultats présentés dans le tableau N° 14, nous remarquons que le traitement témoin correspondant aux plantes alimentées par l'eau de Blida (T4) et le traitement eau de Chleff enrichie en $MgCl_2$ + 0,5 mM d'Acide salicylique (T2) respectivement, manifestent les meilleures performances biométriques par rapport aux traitements (T3) eaux de Chleff enrichie en $MgCl_2$ + 1 mM d'A. S, et le traitement (T1) eau de Chleff enrichi de $MgCl_2$.

L'irrigation des plantes par le traitement (T1) renfermant uniquement le $MgCl_2$ provoque un ralentissement de la vitesse de croissance, et par conséquent une réduction de la croissance et un retard dans le développement des plantes

A travers les performances issues du tableau N° 14, nous pouvons conclure que les traitements T4 et T2 ont été classés quatre fois et trois fois au premier rang respectivement et de ce fait on peut les retenir et les reconfirmer à travers une autre expérimentation.

CONCLUSION

CONCLUSION

Notre expérimentation a été conduite afin d'obtenir des informations sur l'impact de deux concentrations 0,5 et 1 mMole de l'acide salicylique dans une eau saline enrichie de $MgCl_2$ sur la germination et la croissance d'une glycophyte cultivée : la courgette, *Cucurbita pepo* et ce par le procédé hors-sol.

A travers les principaux résultats obtenus, nous avons remarqué que le traitement témoin correspondant aux plantes alimentées par l'eau de Blida (T4) et le traitement eau de Chleff enrichie en $MgCl_2$ + 0,5 mM d'Acide salicylique (T2) respectivement, manifestent les meilleures performances biométriques par rapport aux traitements (T3) eaux de Chleff enrichie en $MgCl_2$ + 1 mM d'A. S, et le traitement (T1) eau de Chleff enrichi de $MgCl_2$.

L'irrigation des plantes par le traitement (T1) renfermant uniquement le $MgCl_2$ provoquant ainsi un retard de la vitesse de croissance, suivi d'une réduction de la croissance et par conséquent un retard significatif dans le développement des plantes se traduisant par un effet dépressif sur la majorité des paramètres biométriques mesurés. L'acide salicylique inhibe l'effet néfaste du sel étudié et contribue à l'amélioration de la nutrition hydrominérale chez la courgette.

Compte tenu la pertinence de la thématique abordée, il serait judicieux de confirmer ces résultats à travers d'autres essais, avec d'autres concentrations et d'autres espèces cultivées.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ABATZIAN V., LIZOT J.F., COLLIN F. et BRUN L., 2003 Produire des semences de Courgette dans itinéraire Agrobiologique. IT AB 149, rue de Bercy 75595 Paris Cedex 12 et FNAMS 74, rue J. J. Rousseau 75001 Paris, pp 1-4.

ACKERSON R.C. ET HERBERT, R.R. 1981- Osmorégulation in cotton in response to water stress. I. Alterations in photosynthesis, leaf conductance, translocation, and ultra-structure. *Plant Physiol.* 67 : 484-488.

AIT HOUSSA A., NOUGA E.L., OUALILI H., CHTAAIBAT Y., CHADDAD A., (2005) -Fertigation de la tomate hors sol dans la région de Douiet (Maroc). Ecole National d'Agriculture de Meknès, domaine agricole de Douiet : 1-15p.

ALAMI I., JOUY N. AND CLÉRIVET A. (1999). The lipoxygenase pathway is involved in elicitor-induced phytoalexin accumulation in plane tree *Platanus acerifolia*. cell-suspension cultures. *J. Phytopathol.* 147 : 515-519.

ANONYME, 2014 (https://www.agroligne.com/IMG/pdf/AGROLIGNE_87_web.pdf Pp15 et 20).

ANONYME., (2003) - Détermination du pH à l'eau dans les sols agricoles. Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec et ministère de l'agriculture, des pêcheries et de l'alimentation du Québec, Ministère de l'Environnement du Québec : 8 p.

ANSARI R., (1990) - Growth and chemical composition of barley (*Hordeumvulgare* L.) cultivars on saline substrate as compared with a salt tolerant variety of wheat (*Triticumaestivum* L.). In: M.L. van Beusichen (ed.), *Plant Nutrition, Physiology and Applications*. KluwarAcademic, Amsterdam : 463pp...

ANTIPOLIS S., (2003) - Les menaces sur les sols dans les pays méditerranéens. France. Le cahier du plan bleu n° 2 : 69p.

APEL K., HIRT H., (2004) - Reactive oxygen species: Metabolism, oxidative stress, and signal transduction, *Annu. Rev. Plant Biol.* 55: 373–399.

ASHRAF M., ATHAR H. R., HARRIS P. J. C. and KWON T. R., 2008 – Some Prospective Strategies for Improving Crop Salt Tolerance. *Advances in Agronomy*,97 : 45-110.

ASHRAF M., HARRIS P.J.C., 2004 - Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. *Plant Science*, 166 : 3-16 Review.

ASHRAF M., (2001)- Relationships between growth and gas exchange characteristics in some salt- tolerant amphidiploid Brassica species in relation to their diploid parents. *Environ. Exp. Bot.* 45 : 155-163p.

AZHAR F.M., MCNEILLY T., (1987)- Variability for salt tolerance in *Sorghum bicolor* (L.) Moench. under hydroponic conditions. *J. Agron. Crop Sci.* 195, 269-277.

AZIZ I., KHAN M.A., (2001)- Effect of seawater on the growth, ion content and water potential of *Rhizophoramucronata* Lam. *J. Plant Res.* 114, 369-373.

BAISE D. (2004) - Petit lexique de pédologie. INRA, Paris: 150-188p.

BAKER N.R., (2002) - A possible role for photosystem II in environmental perturbations of photosynthesis, *Physiol. Plant* 81 (1991) 563–570. 46.

BAR Y., KAFKAFI U., LAHAV E., (1997)- Nitrate nutrition as a tool to reduce chloride toxicity in avocado. Yearbook. South African Avocado Growers Association 10 : 47-48p.

BAYUELO- JIMENEZ J.S., GRAIG R. LYNCH J.P., (2002)- Salinity tolerance of *Phaseolus* species during germination and early seedling growth. *Crop Sci.* 42, 1584- 1594.

BAYUELO-JIMENEZ J.S., DEBOUCK D.G., LYNCH J.P., (2003)- Growth, gas exchange, water relations, and ion composition of *Phaseolus* species grown under saline conditions. *Field Crops Res.* 80 : 207-222p.

BELKHODJA M., BIDAI Y., (2004) - Réponse des graines d’*Atriplexhalimus* L. à la salinité au stade de la germination. *Sécheresse*, 4, vol. 15p.

BENACHOUR, K. 2008 Diversité et activité pollinisatrice des abeilles (Hymenoptera : Apoidea) sur les plantes cultivées [en ligne]. Thèse de doctorat : Entomologie appliquée. Constantine : Université des frères Mentouri. 151p.

BENTON JONES J.R., (2005)- Hydroponics: A practical guide for the the soilless grower.2nd ed. Ed CRC Press New York: 349p.

BERTRAND, C. (2001). Lutter contre les nématodes à galles en agriculture biologique. GRAB (édition). Pp : 1-4.

BEZRUKOVA M. V., SAKHABUTDINOVA. R., FATKHUTDINOVA R. A., KYLDIAROVA I., SHAKIROVA F., (2001)-The role of hormonal changes in protective action of salicylic acid on growth of wheat seedlings under water deficit. *Agrochemiya (Russ)*, 2, 51–54.

BLANC D., (1987) - Les cultures hors sol, 2eme, Ed. INRA, Paris : 409p.

BOLARIN M.C., FERNANDEZ F.G., CRUZ V., Cuartero J.,(1991)- Salinity tolerance in four wild tomato species using vegetative yield salinity response curves. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 116, 285-290.

BOUALLA N., BENZIANE A., DERRICH Z., (2012) - Origine de la salinisation des sols de la plaine de M’léta, Oran. Algérie. *Journal of Applied Biosciences* 53: 3787-3796p.

BOUKORTT, YAMNA 2016 Effets de la salinité sur les caractéristiques physico-chimiques d'un sol du périmètre du Bas Cheliff et sur le comportement écophysologique de la courgette (*Cucurbitapepo*). Master en AGRONOMIE Spécialité : Gestion Durable de l'Environnement. Mostaganem : Université Abdelhamid Ibn Badis. 25-26p.

BOUMHIRIZ, RACHID.2017 Etude «in vitro » de l'efficacité de l'extrait hydroéthanolique des feuilles matures de la courge *Cucurbita pepo*, et de l'extrait hydro-méthanolique des feuilles de la menthe *Mentha spicata* sur les larves de *T. absoluta* [en ligne]. Master en sciences agronomiques Spécialité : Protection des cultures. Mostaganem : Université Abdelhamid Ibn Badis ,60p.

BURKHANOVA E. A., FEDINA A. B., KULAEVA O. N., (1999)- Effect of salicylic acid and (2'-5') oligoadenylates on protein synthesis in tobacco leaves under heat shock conditions: A comparative study. Russ. J. of Plant Physiol., 46, 16–22.

CALU, G., (2006) - Effet du stress salin sur les plantes. Comparaison entre deux plantes modèles *Arabidopsis thaliana* et *Thellungiella halophila*. Master 1, Recherche biotechnologie : du gène à la molécule SpectroSciences, article 23, 10 p.

CARDEN F., (2009) - Des connaissances aux politiques : Tirer le meilleur parti possible de la recherche en développement. Ed IDRC. 336 p.

Carvajal, M., F. Del Amor, M., Fernanadez-Ballester, V. Martinez et A. Cerdà, (1998). Time course of salt accumulation and water relations in muskmelon plants exposed to salt during different growth stage. Plant Sci. 138 : 103-112.

Cedex 12 et FNAMS 74, rue J. J. Rousseau 75001 Paris, pp 1-4.

CHADHA. K. C. ET S. A. BROWN (1974). "Biosynthesis of phenolic acids in tomato plants infected with *Agrobacterium tumefaciens*." Cm. J. Bot. 52(9): 204 1-2046.

CHADLI R., BELKHODJA M., (2007) - Réponses Minérales Chez la Fève (*Vicia faba* L.) au stress salin. European Journal of ScientificResearch. Vol.18. No.4. 645 – 654p.

CHAUX CL., FOURY CL., (1994), Production légumière - tome1 Généralités (série Agriculture d'aujourd'hui) Edition Tec et Doc Lavoisier Paris, Londres, New York, 43p.

CLÉRIVET, A., I. ALAMI, F. BRETON, D. GARCIA ET C. SANIER (1996). "Phenolic compounds and plant resistance to pathogenic microorganisms." Acta Bot. Gd. 143(6): 53 1-538.

conjugation, and function of salicylic acid in tobacco during the hypersensitive

COUTURE I., (2006) - L'eau, source de qualité et de rendement. Conseillère en production maraîchère Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation 113p.

DAJIC Z., 2006 - Salt stress. In : *Physiology and Molecular Biology of Stress Tolerance in Plants*. Madhava Rao K.V., Raghavendra A.S. and Janardhan Reddy K.(eds.), Netherlands., Springer, 41-99.

DAT J.F., VAN BREUSEGEM F., VANDENABEELE S., VRANOVÁ E., VAN MONTAGU M., INZE D., (2000)- Dual action of active oxygen species during plant stress responses, *Cell. Mol. Life Sci.* 57: 779-795.

DATTA, S. K. (2002). Recent developments in transgenic for abiotic stress in rice. JIRCAS Working Report : 43-53.

DEKHINAT S., BENSAID R., BENSID Z., KOREIB F., MOUNA Y.,(2010)- Analyse de la variabilité spatiale de la salinité des sols dans une palmeraie Algérienne (Biskra, Algérie). *Science et Technologie D.* N°31. 9-14p.

DELAUNEY A.J., HU C.A., KISHOR P.B., VERMA D.P., (1993). Cloning of ornithine delta-aminotransferase cDNA from *Vigna aconitifolia* by transcomplementation in *Escherichia coli* and regulation of proline biosynthesis. *The Journal of Biological Chemistry* 268: 18673–8

DELFINE S., ALVINO A., ZACCHINI M. et LORETO F., (1998). Consequences of salt stress on conductance to CO₂ diffusion, rubisco characteristics and anatomy of spinach leaves. *Aust. J. Plant Physiol.* 25, 395-402.

DEMPSEY, D. A. ET D. F. KLESSIG (1994). " Salicylic acid, active oxygen species and systemic acquired resistance in plants." *Trends Cell Biol.* 4(9): 334-338. **DEMPSEY, D.A., VLOT, A.C., WILDERMUTH, M.C., and KLESSIG, D.F.,)2011(-** Salicylic Acid biosynthesis and metabolism. *Arabidopsis Book* 9, e0156. doi: 10.1199/tab.0156 **DEMPSEY, D.M.A., SHAH, J., KLESSIG, D.F., 1999-** Salicylic acid and disease resistance in plants. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 18 : 547-575

DERKAOUI K., (2011). Les réponses morphologiques physiologique et anatomique des racines de la tomate vis-à-vis du stress salin. Thèse de Magister. Université d'Oran, 1p.

DEROUICHE B., (2012) - Ecophysiologie du haricot (*Phaseolus vulgaris*) variété Djadida dans un environnement salin. Mémoire de magister, USDB. 145P

DESIKAN R., MACKERNESS S., HANCOCK J., NEILL S., (2001)- Regulation of the *Arabidopsis* transcriptome by oxidative stress, *Plant Physiol.* 127: 159–172.

DJERAH A ET OUDJEHIH B., 2015. Effet du stress salin sur la germination de seize varieties d'orge (*Hordeum vulgare* L.), *Courrier du savoir-N°20*, Décembre, pp.47-56.

DUBEY R.S., (1997)- Photosynthesis in plants under stressful conditions. In: M. Pessarakli, (ed.), *Handbook of Photosynthesis*, Marcel Dekker, New York, 859-875p.

DUTHIL D., (1973) - Eléments d'écologie et d'agronomie, tome 3, exploitation et amélioration du milieu, emploi des facteurs de la production végétale. Ed. J. B. Baillière, Paris : 392p.

ENYEDI, A. J., N. YALPANI, P. SILVENNAN ET 1. RASKIN (1992). " Localiization, conjugation, and function of salicylic acid in tobacco dunnng the hypersensitive reaction to tobacco mosaic virus." Proc. Natl Acad. Sci. USA 89(6): 2480-2484.

ERARD P. (2002) La courgette C.t.i.f.l. (Centre technique interprofessionnel des fruits et légumes Edition Buguet Comptour, Macon-Ctifl- Paris. P 145.

FAO. 1988. Culture protégée en climat méditerranéen. Foods and Agriculture Org., 317p.

FAVIER J.C, IRELAND RIPET J, TOQUE C, FEINBERG M. (1995) « Répertoire général des aliments » Table de composition INRA, CNEVA, Ciqual Tec et Doc /Paris p 897.

FEIGIN A., PRESSAN E., IMAS P., MILTAU O.,(1991)- Combined effects of KNO₃ and salinity on yield and chemical composition of lettuce and Chinese cabbage. Irrig. Sci. 12, 223-230p.

FERNANDEZ R., (1995) - Culture hydroponique, Envio, revue de l'université centraméricaine de Managua, Nicaragua : 07p.

FERRIER J. D., 2005. Courgette protection sanitaire. Chambre d'Agriculture de l'Ain (CAA), 5p.

FISARAKIS I., CHARTZOULAKIS K., STAVRAKAS D., (2001)- Response of sultana vines (*V. vinifera* L.) on six rootstocks to NaCl salinity exposure and recovery. Agric. Water Manage. 51, 13-27p.

FLOWERS T. J. and FLOWERS S. A., 2005 - Why does salinity pose such a difficult problem for plant breeders ? *Agricultural Water Management*, **78** : 15–24.

GHOULAM C., FOURSY A. FARES K., (2002)- Effects of salt stress on growth, inorganic ions and proline accumulation in relation to osmotic adjustment in five sugar beet cultivars. Environ. Exp. Bot. 47, 39-50p.

GRATTAN S.R., GRIEVEC.M., (1999)- Salinity-mineral nutrient relations in horticultural crops. Sci. Hort. 78, 127-157p.

GREENWAY H. and MUNNS R., 1980-Plant response to saline substrates; II. Chloride, sodium and potassium uptake and translocations in young plants of *hordeum vulgare* during and after short sodium chloride treatment, Australian Journal of Biological Sciences, Vol. 15, 39-57.

GUERRIER G., (1996)- Fluxes of Na⁺, K⁺ and Cl⁻, and osmotic adjustment i *Lycopersiconpimpinellifolium* and *L. esculentum* during short- and long-term exposures to NaCl. Physiol. Plant. 97, 583-591p.

GUTIERREZ C.M.A., TREJO L.C., LARQUE S.A., (1998)- Effects of salicylic acid on the growth of roots and shoots in soybean. Plant Physiology and Biochemistry Paris 36:563-565

HABIB, K.E., GOLD, P.W. et CHROUSOS, G.P., (2001)- Neuroendocrinology of stress. *Endocrinol Metab Clin North Am.* Vol 30, pp. 695-728.

HARA KY, et al. (2012) An energy-saving glutathione production method from low-temperature cooked rice using amylase-expressing *Saccharomyces cerevisiae*. *Biotechnol J* 7(5) :686-9

HARTANI T., DOUAOUI A., KUPER M., HASSANI F., (2008) - Stratégies de gestion individuelle de la salinité dans les périmètres irrigués de bas du Chélib cas de périmètre d'Ouarizane. Actes de troisième atelier du projet du sirma, Nabeul, Tunisie. 12p.

HASEGAWA P.M., BRESSAN R.A., ZHU J-K., BOHNERT H.J., (2000)- Plant cellular and molecular responses to high salinity. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 51:463–499p.

HELLER R., ESNAULT R., LANCE C., (1998) - Physiologie végétale 1- nutrition 6eme Ed, Ed DUNOD, Paris, 323p.

HELLER R., ESNAULT.R., LANCE.C., (1998) - Physiologie Végétale. Tome 1 Nutrition. Paris; 323 p.

HENNIG, J., J. MAIAMY, G. GRYNKIEWICZ, J. LNDULSKI ET D. F. KIESSIG (1993). "Interconversion of the salicylic acid signal and its glucoside in tobacco." *Plant.i.* 4(4) : 593-600.

HESTER M.W., MENDELSSOHN I.A., MCKEE K.L.,(2001)- Species and population variation to salinity stress in *Panicum hemitomon*, *Spartina patens*, and *Spartina alterniflora*: morphological and physiological constraints. *Environ. Exp. Bot.* 46: 277-297p.

HOPKINS, W.G. (2003) - Physiologie végétale. Edition de Boeck, Université de Bruxelles, Belgique, 532 p.

IMALET R., (1979) - Influence de différente concentration de sel (NaCl, Na₂SO₄) des eaux d'irrigation sur le rendement du haricot. Thèse d'ingénieur : I. N. A El Harrach, Alger. 43p.

INSID, (2008) - Les sols salins en Algérie. Institut National des Sols, Irrigation et drainage. 06p.

IYENGAR E.R. REDDY M. P., (1996) - Photosynthesis in highly salt-tolerant plants. In : M. Pessarakli (ed.), *Handbook of Photosynthesis*, Marcel Dekker, New York : 897- 909p

JANDA T., SZALAI G., TARI L., PALDI E., (1999)- Hydroponic treatment with salicylic acid Decreases the effects of chilling injury in maize (*Zea mays L.*) plants. *Planta Berlin* 208: 175-180

KAUR N., GUPTA A. K., (2005)- Signal transduction pathways under abiotic stress implants. *Current Science*, Vol.88, N°11, pp.1771-1779

KAYA C., KIRNAK H., HIGGS D., (2001)- Enhancement of growth and normal growth grown at high (NaCl) salinity. *J. Plant Nutr.* 24 : 357-367p.

KHAN M.A., UNGAR I.A., SHOWALTER A.M., (2000)- Effects of sodium chloride treatments on growth and ion accumulation of the halophyte *Haloxylon recurvum*. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 31 : 2763-2774p.

KINET J.M., BENREBIHA F., BOUZID S., LAILHACAR S., DUTUIT P.,(1999)- Le réseau Atriplex ou comment allier biotechnologies et écologie pour une sécurité alimentaire accrue en régions semi arides et arides. IN ESTEM Eds, *Actualités scientifiques: Biotechnologie, amélioration des plantes et sécurité alimentaire.* 89-93p.

KINGSBURY R.W., EPSTEIN E., (1984)- Selection for salt resistant spring wheat. *CropSci.* 24 : 310-315p.

KLARZYNSKI O., FRITIG B., (2001) - Stimulation des défenses naturelles des plantes. *C.R. Acad. Sci. Paris, Sciences de la vie / Life Sciences* 324 : 953–963

KORKMAZ A., UZUNLU M., DEMIRKIRAN AR. 2007 – Treatment with acetyl salicylic acid protects muskmelon seedlings against drought stress. *Franciszed Gorski institute of plant physiologie. polish Academy of science. Krakaow.Tyrkey.*

KURBAN H., SANEOKA H., NEHIRA K., ADILLA R., PREMACHANDRAG.S., FUJITA K., (1999)- Effect of salinity on growth, photosynthesis and mineral composition in leguminous plant *Alhagipseudoalhagi* (Bieb.). *Soil Sci. Plant Nutr.* 45: 851-862p.

LARKINDALE J., HALL J.D., KNIGHT M.R., VIERLING E., (2005)- Heat stress phenotypes of *Arabidopsis* mutants implicate multiple signaling pathways in the acquisition of thermotolerance, *Plant Physiol.* 138: 882–897.

LASSANA D., (1991) : Contribution à l'étude de la résistance de quelque espèce fourragère au phénomènes de salinisation. Thèse ing, université de Bamako .63p.

LEA-COX J.D. SYVERTSEN J.P., (1993)- Salinity reduces water use and nitrateN-use leaves. *Aust. J. Plant Physiol.* 25: 395-402p.

LEE H., LEON J., RASKIN I., (1995)- Biosynthesis and metabolism of salicylic acid. *Proc Natl Acad. Sci. USA* 92 : 4076–4079

LEGOUPIL J.C., (1974) - Evaluation de la salure du sol sous irrigation (station INRAA). I. N. R. A Algérie. 16-32p.

LEMAIRE F., (1989) - Culture en pots et conteneurs, Ed. INRA, Paris : 184p.

LEPOIVRE P, (2003) a. L'amélioration génétique de la résistance aux agents phytopathogènes. In *Phytopathologie.* Lepoivre P. (Ed.) Bruxelles, De Boeck Université, 259-

288. Lepoivre P, 2003b. Les mécanismes de résistance et la spécificité parasitaire. In Phytopathologie. Lepoivre P. (Ed.) Bruxelles, De Boeck Université, 161-191.

LESAIN C., (1974) - Évaluation de la fertilisation et l'irrigation vers l'utilisation des solutions nutritives équilibrées. Ed. Versailles : 118 p.

LETARD M., PATRICIAE., (1995) - Maîtrise de l'irrigation fertilisante : tomate sous serre et abris en sol et hors sol, Ed. C.T.I.F.L., Paris : 220p.

LEVIGNERON A., LOPEZ F., VANSUYT G., BERTHOMIEU P., FOURCROY P., LOZER J., et MATHIEU C., (1990) - Dictionnaire de science du sol. Ed Technique et Documentation – Lavoisier :384 p. □

LEVITT J., (1980)- Responses of Plants to Environmental Stresses: Water, Radiation, Salt, and other stresses, Academic Press, New York. 365-488p.

LONGSTRETH D.J. et NOBEL P.S., (1979). Salinity effects on leaf anatomy: consequences for photosynthesis. J. Plant Physiol., 63 (4): 700-703.

LUHUA S., CIFTCI-YILMAZ S., HARPER J., CUSHMAN J. MITTLER R., (2008)- Enhanced Tolerance to Oxidative Stress in Transgenic Arabidopsis Plants Expressing Proteins of Unknown Function. Plant Physiol. 148 : 280-292p.

LUTTS S., LEFÈVRE I., DELPÈRÈE C., KIVITS., DESCHAMPS C., ROBLEDO A., et al .,(2004)-Heavy metal accumulation by the halophytes species Mediterranean saltbush. Journal of Environment Quality,33,1271-1279.

MAAS E. V., 1996 - Plant response to soil salinity. In : 4th National Conference and Workshop on the Productive Use and Rehabilitation of Saline Land. Promaco Conventions Pty Ltd, 25-30 March 1996, Albany Western Australia.

MACHEIX JJ, FLEURIET A AND JAY-ALLEMAND C. Les composés phénoliques des végétaux : un exemple de métabolites secondaires d'importance économique. Ed. Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne, 2005, p. 4-5.

MARCUM K.B., (2006)- Use of saline and non-potable water in the turf grass industry: Constraints and developments. Agri. Water Manag. 80 : 132-146p.

MARTINEZ S., MORARD P., (2000) -Recyclage des solutions nutritives en culture hors-sol, Forum Graines de Chercheurs, ENSAT, Toulouse.

MATHIEU C., GERALD C. et RONAN R, 2009. Production biologique de courgettes En Bretagne : Plateforme Agrobiologique d'Inter Bio Bretagne à Suscinio pp 1-5.

MEDVEDEV, S.S. & MARKOVA, I.V. Participation of salicylic acid in plant gravitropism. Dokl. Akad. Nauk. SSSR, 316:1014-1016, 1991.

MELONI D.A., OLIVA M.A., RUIZ H.A. MARTINEZ C.A., (2001)- Contribution of proline and inorganic solutes to osmotic adjustment in cotton under salt stress. *J. Plant Nutr.* 24 : 599-612p.

MERMOUD A., MUSY A., (2006) - Salinisation du sol depuis une nappe peu profonde : Stimulation de l'effet d'un abaissement de la nappe sur les remontées d'eau vers la surface, 42th. Int. Executiveconcil Meeting of ICID, China, 14: 1-9p.

MESSIAEN C. M. et FAGBAYIDE J. A~ 2004.*Cucurbita pepo L.* [Internet] Fiche de PROT A4U. Grubben, G.J.H. & Denton, O.A. (Editeurs). PROTA (Plant Resources of Tropical Africa / Ressources végétales de r Afrique tropicale), Wageningen, Pays Bas. <[Http://www.prota4u.org/search.asp](http://www.prota4u.org/search.asp)>.

MIKOLAJCZYK M., AWOTUNDE O. S., MUSZYNSKA G., (2000)- Osmotic stress induces rapid activation of a salicylic acid-induced protein kinase and a homolog of protein kinase ASK1 in tobacco cell. *Plant Cell*, 12, 165–178.

MISHRA A., CHOUDHURI M. A., (1999)- Effect of salicylic acid on heavy metalinduced membrane deterioration mediated by lipoxygenase in rice. *Biol. Plant*, 42, 409–415.

MORARD P., (1995) -Les cultures végétales en hors sol•h, Pub. Agris, Paris: 301p.

MORRIS K., S. A.-H. MACKERNESS, T. PAGE ET AL., (2000)- Salicylic acid has a role in regulating gene expression during leaf senescence. *Plant J.*, 23, 677– 685.

MULHOLLAND B.J., TAYLOR I.B., JACKSON A.C. THOMPSON A.J., (2003)- Can ABA mediate responses of salinity stressed tomato. *Environmental and Experimental Botany* 50: 17-28p.

MUNNS R., (1993)- Physiological processes limiting plant growth in saline soils: some dogmas and hypotheses. *Plant, Cell and Environment* 16: 15-24p

MUNNS R., (2002) – Comparative physiology of salt and water stress. *Plant Cell Environ* 25:239-250.

MUNNS R., (2005)- Genes and salt tolerance: bringing them together. *New Phytologist* 167: 645-663p.

MUNNS R., TERMAAT A., (1986)- Whole plant response to salinity. *Australian Journal of Plant Physiology* 13: 143-160p.

NANJO T., KOBAYASHI M., YOSHIBA Y., SANADA Y., WADA K., et al., (1999)- Biological functions of proline in morphogenesis and osmotolerance revealed in antisense transgenic *Arabidopsis thaliana*. *The Plant Journal: For Cell and Molecular Biology* 18: 185– 93

NEUMANN P., (1997)- Salinity resistance and plant growth revisited. *Plant Cell Environ.* 20: 1193- 1198p.

OLMOS E., HELLIN E. (1996) - Cellular adaptation from a salt-tolerant cell line of *Pisum sativum*, *J. Plant Physiol.* 148 (1996) 727–734.

OMAMI E.N., (2005)- Response of Amaranth to salinity stress. Thesis Ph.D Horticulture. Departement of plant production and soil science, Faculty of natural and agricultural sciences, University of Pretoria. 235p.

PANCHEVA TV, POPOVA LP, UZUNOVA AN. (1996)- Effects of salicylic acid on growth and photosynthesis in barley plants. *Journal of Plant Physiology* 149: 57-63

PAPDI C., ABRAHAM E., PRATHIBA J. M., POPESCU C., KONCZ C., SZABADOS L., (2008)- Functional Identification of Arabidopsis Stress Regulatory Genes Using the parameters by foliar application of potassium and phosphorus in tomato cultivars Controlled cDNA Overexpression System. *Plant Physiol.* 147: 528542p. □

PARDOSSI A., BAGNOLI G., MALORGIO F., CAMPIOTTI C.A., TOFNONI F., (1999)-NaCl effects on celery (*Apiumgraveolens* L.) grown in NFT. *ScientiaHortic.* 81 : 229-242p.

PARENT C., CAPELLI C. et DAT J., (2008). Formes réactives de l'oxygène, stress et mort cellulaire chez les plantes. Académie des sciences. Elsevier Masson SAS. *C. R. Biologies* 331: 255–261

PARIDA A., DAS A.B., DAS P., (2002)- NaCl stress causes changes in photosynthetic pigments, proteins and other metabolic components in the leaves of a true mangrove, *Bruguiera arviiflora*, in hydroponic cultures. *J. Plant Biol.* 45, 28– 36.

PARIDA A.K., Das A.B. et MITTRA, B., (2004). Effects of salt on growth, ion accumulation, photosynthesis and leaf anatomy of the mangrove *Bruguiera parviflora*. *Trees-Struct. Funct.* 18, 167-174.

PEREZ-ALFOCEA F., BALIBREA M.E., SANTA CRUZ A. ESTAN M.T., (1996)- Agronomical and physiological characterization of salinity tolerance in a commercial tomato hybrid. *Plant and Soil* 180 : 251-257p. plants infected with *Agrobacterium tumefaciens*." *Cm. J. Bot.* 52(9): 204 1-2046.

PRADO F.E, BOERO C, GALLARDO M. et GONZALEZ J.A., (2000). "Effect of NaCl on germination, growth and soluble sugar content in *Chenopodium quinoa* Willd. Seeds", *Botanical Bulletin of Academia Sinica* 4:27-34.

RAHMAN M.S., MIYAKE H., Et Takeoka Y., (2002) -Effects of exogenous glycinebetaine on growth and ultrastructure of salt-stressed rice seedlings (*Oryza sativa* L.), *Plant Prod. Sci.* 5: 33–44.

RASANEN, L- A., (2002)- Biotic and abiotic factors influencing the development of N₂-fixing symbioses between rhizobia and the woody legumes *Acacia* and *Prosopis* . Academic dissertation in microbiology. Helsinki. Thesis. 80Pp.

RASKIN I., 1992- Role of salicylic acid in plants. *Annu. Rev. Plant Physiology Plant Mol. Biol.*, 43, 439–463.

RASKIN LA; EHRNANN W; MELANDER R et MEEUSE B J D. (1987) - Salicylic acid: A natural inducer of heat production in Arum lilies. *Scienc* 237(4822):1601-1602.

reaction to tobacco mosaic virus." *Proc. Natl Acad. Sci. USA* 89(6): 2480-2484.

RENAUD V. (2003) Tous les légumes courants, rares ou méconnus, cultivables sous nos climats Les éditions Eugen Ulmer Paris p 224.

ROMERO, ARANDA R., SORIA T. et CUARTERO J., (2001). Tomato plant-water uptake and plant- water relationships under saline growth conditions. *Plant Sciences*. 160,265-272.

ROMERO-ARANDA R., SORIA T., CUARTERO J., (2001)- Tomato plant-water uptake and plant- water relationships under saline growth conditions. *Plant Sciences*. 160: 265-272p.

RUBIO S., LYNNE W.T.R., GRAHAM L.I.A., RODRIGUEZ P.L., (2008)- The Coenzyme a Biosynthetic Enzyme PhosphopantetheineAdenylyltransferase Plays a Crucial Role in Plant Growth, Salt/Osmotic Stress Resistance, and Seed Lipid Storage. *Plant Physiol*. 148: 546-556p.

SACHER R.F., STAPLES R.C., (1984)- Chemical microscopy for study of plants in saline environments. In: R.C. Staples and G.H.Toenniessen (eds.), *Salinity tolerance in plants: Strategies for crop improvement*. John Wiley and Sons, New York. 17-35p.

SAKHABUTDINOVA A. R., FATKHUTDINOVA D. R., BEZRUKOVA M. V. et SHAKIROVA F. M., (2003)- Salicylic acid prevents the damaging action of stress factors on wheat plants. *BULG. J. PLANT PHYSIOL., SPECIAL ISSUE*, 314–319.

SALAMA S., TRIVEDI S., BUSHEVA M., ARATA A.A., GARAB G. AND ERDEI L., (1994)-Effects of NaCl salinity on growth, cation accumulation, chloroplasts structure and function in wheat cultivars differing in salt tolerance. *J. Plant Physiol*. 144 : 241-247.

SAOU A., (2012) - Impact des eaux salines non conventionnelles sur la production de la chlorophylle et la proline de deux espèces maraichère haricot et tomate en hors sol. Thèse d'Ing. Université de Blida-1 : 116p

SAVVAS D., LENZ F., (1996) - Influence of NaCl concentration in the nutrient solution on mineral composition of eggplants grown in sand culture. *Angew. Bot*. 70: 124-127p.

SAXENA N. B., (2006)-Aride zone ecology. Ed. ParagatiPrakashan, Meerut. 191p.

SCHAEFER and RENNER 2011 in European medicines agency. Assessment report on - *Cucurbita pepo L.*, semen.44p.

SCHULZE E.D., BECK E., MULLER-HOHENSTEIN K., (2005)- Plant ecology. Edition Springer Berlin- Heidelberg. 692p.

SEKI M., UMEZAWA T., URANO K., SHINOZAKI K., (2007)- Regulatory metabolic networks in drought stress responses. *Current Opinion in Plant Biology* 10 : 296–302,

SENARATNA T., TOUCHELL D., BUNN E., DIXON K., (2000)- Acetyl salicylic acid (Aspirin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plant. *Plant Growth Regulation*, 30, 157–161.

SHAH, J., KACHROO, P., KLESSIG, D., (1999). The *Arabidopsis* *ssi1* mutation restores PR gene expression in SA-Insensitive (*npr1*) plants and renders PDF1.2 (Defensin) gene expression SA dependent. *Plant Cell*, 11:191-206.

SHAKIROVA F.M., BEZRUKOVA M.V., (1997)- Induction of wheat resistance against environmental salinization by salicylic acid. *Biology Bulletin*, 24, 109–112.

SHANNON M. C., 1986 - New insights in plant breeding efforts for improved salt tolerance. *Hort. Technol.*, 6 : 96–99.

SHANNON M.C., (1984)- Breeding, selection, and the genetics of salt tolerance. In: R.C. Staples and G.H. Toenniessen (eds.), *Salinity tolerance in plants: Strategies for crop improvement*. John Wiley and Sons, New York. 231-254p. □

SHANNON M.C., GRIEVE C.M., FRANCOIS L.E., (1994)- Whole-plant response to salinity. In: *Plant-environment Interactions* (R. E. Wilkinson ed). Marcel Dekker, New York. 199-244p.

SHARPLEY A.N., MEISINGER J.J., POWER J.F., SUAREZ D.L., (1992)- Root extraction of in nutrients associated with long-term soil management. In: B. Stewart (ed.), *Advances Soil Science*, vol. 19. Springer. 151-217p.

SHOLTO J.D., (1984)-Advancedguid to hydroponics. Ed .Polham, London: 1-25p.

SILVEIRA J.A.G., MELO A.R.B., VIEGAS R.A., OLIVEIRA J.T.A., (2001)- Salinity-induced effects on nitrogen assimilation related to growth in cowpea plants. *Environ. Exp. Bot.* 46 : 171-179p.

SINGH N.K; HANDA A.K; HASEGAWA P.M ET BRESSAN R.A., (1987)– Characterisation of osmotin. *Plant physiology* 85 :529 – 536.

SNOUSSI S.A., (1980) - Caractérisation de quelques substrats disponible dans la région d'Alger en vue de leur utilisation en culture hydroponique. ThèseingAgro I. N. A. El Harrach, Alger: 67p.

SNOUSSI S.A., (2001). Valorisation des eaux salines pour la nutrition minérale des plantes cultivées. Thèse de Doctorat, INA Alger : 152 p.

SOHAN D., JASONI R., ZAJICEK J., (1999). Plant-water relations of NaCl and calcium-treated sunflower plants. *Environ. Exp. Bot.* 42, 105-111.

SONNEVELD C., DE KREIJ C., (1999)- Response of cucumber (*Cucumis sativus* L.) to an unequal distribution of salt in the root environment. *Plant Soil* 209: 47-56p.

SOUCI S.W, FACHMANN W, KRANT H, (1994) La composition des aliments ; Tableaux des valeurs nutritives 5ème édition medpharm, CRC preo/Germany, p 1091.

SRIVASTAVA M.K., DWIVEDI U.N., (2000)- Delayed ripening of banana fruit by salicylic acid. *Plant Science*, 158, 87–96.

SWEPESE A., CSISZAR J., BAJAKAN SZ., GEMES K., HORVATH F., ERDEI L., DEER A., SIMON LM., TARI I., 2005- Role of salicylic acid pre-treatment on the acclimation of tomato plants to salt and osmotic stress. *Acta Biol Szegediensis* 49, P : 123-125.

systemic acquired resistance in plants." *Trends Cell Biol.* 4(9): 334-338.

SZABALOCS I., (1989)- Salt affected soils. C. R. P. Press. Boca Raton FL, 49-59p.

TAIZ L., ZEIGER E., (2002)- *Plant Physiology*. 3rd ed. Sinauer Associates Publishers, Sunderland, 427 p.

TARI I., CSISZAR J., SZALAI G., HORVATH F., PECSVARADI A., KISS G., SWEPESE A., SZABO M., ERDEI L., 2002- Acclimation of tomato plants to salinity stress after a salicylic pretreatment. *Acta Biol Szegediensis* 46 : 55-56

THIAULT J.F., (2004) - *Détail fruits et légumes « la maîtrise de la culture hors sol »*. Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et Légumes, Paris : 1-4p.

URBAN L., (1997) - *Introduction à la production sous serre : irrigation fertilisante en Culture hors sol (TOME 2)*. Ed. Maison Rustique. Paris : 180p.

UZUNOVA A.N., POPOVA L.P., (2000) - Effect of salicylic acid on leaf anatomy and chloroplast ultrastructure of barley plants. *Photosynthetica Prague* 38: 243-250.

VANDENABEELE S., VAN DER KELEN K., DAT J., GADJEV I., BOONEFAES T., MORSA S., ROTTIERS P., SLOOTEN L., VAN MONTAGU M., ZABEAU M., INZE D., VAN BREUSEGEM F., (2003)- A comprehensive analysis of hydrogen peroxide-induced gene expression in tobacco, *Proc. Natl Acad. Sci. USA* 100:16113–16118.

VASYUKOVA, N.I., OZERETSKOVSKAYA, O.L., (2007)- Induced Plant Resistance and Salicylic Acid: A Review. *Applied Biochemistry and Microbiology*, 43: 367–373.

VICENTE O., BOSCAIU M., NARANJO M.A., ESTRELLES E., BELLES J.M., SORIANO P., (2004)- Responses to salt stress in the halophyte *Plantagocrassifolia* (Plantaginaceae). *J. Arid Environ.* 58: 463-481p.

VILLORA G., PULGAR G., MORENO D.A., Romero L., (1997)- Salinity treatments and their effect on nutrient concentration in zucchini plants (*Cucurbitapepo* L. var. *Moschata*). *Aust. J. Exp. Agri.* 37: 605-608p.

WANG H, X SHAN, T LIU, Y XIE, B WEN, S ZHANG, F HAN AND M GENUCHTEN (2007)- "Organic acids enhance the uptake of lead by wheat roots." *Planta.* 225:1483–1494.

YALPANI N, SILVERMAN P, WILSON TM, KLEIER DA, RASKIN I., (1991)- Salicylic acid is a systemic signal and an inducer of pathogenesis-related proteins in virus-infected tobacco. *Plant Cell* 3: 809-818
YALPANI N. AND RASKIN I. 1993- Salicylic acid: a systemic signal in induced plant disease resistance. *Trends Microbiol.* 3, 88-92.

YEO A., (1998)- Molecular biology of salt tolerance in the context of whole-plant physiology. *Journal of Experimental Botany* 49: 915-929p.

ZAGO E., MORSA S., DAT J.F., ALARD P., FERRARINI A., INZE D., DELLEDONNE M., VAN BREUSEGEM F., (2006)- Nitric oxide- and hydrogen peroxide-responsive gene regulation during cell death induction in tobacco, *Plant Physiol.* 141: 404–411.

ZHOU X.M., MACKENZIE A.F., MADRAMOOTOO C.A. and SMITH D.L., (1999)- Effects of stem-injected plant growth regulators, with or without sucrose, on grain production, biomass and photosynthetic activity of field-grown corn plants. *Journal of Agronomy and Crop Science* 183: 103-110

ZHU J.K., (2000)- Genetic analysis of plant tolerance using *Arabidopsis*, *Plant Physiol.* 124: 941-948.

ZHU J.K., (2001)- Plant salt tolerance. *Trends in Plant Sci.* 6: 66-71p.

ZHU J.K., 2001-Plant salt tolerance. *Trends in plant Science* ,2001, n°2vol.6, p 66-71.

ZIEGLER., (2008) - L'hydroponie ou culture hydroponique maladies des plantes, agriculture et écologie : 16p.

ZUANG H., (1982) - La fertilisation des cultures légumières, ctifl, Paris : 395p. **FEVRAU J., (1987)** - Culture en containers. *Revue horticole.*33 :17-19p.

ANNEXES

Annexes

Annexes N° 01 : Hauteur finale des plantes [cm].

	Source de variation	S.C.E	DDL	Carrés moyens	Test F	PROB	Valeur critique pour F	CV
COUPE FINALE	Var. facteur 1	87,24107 14	3	29,08035 71	1,043352 91	0,391355 5	3,008786 57	5%
	Var. résiduel	668,9285 71	24	27,87202 38				
	Var. Totale	756,1696 43	27					

Annexes N° 02 : Nombre de feuilles par plant.

	Source de variation	S.C.E	DDL	Carrés moyens	Test F	PROB	Valeur critique pour F	CV
COUPE FINALE	Var. facteur 1	15	3	5	2,745098 04	0,065161	3,008786 57	5%
	Var. résiduel	43,71428 57	24	1,821428 57				
	Var. Totale	58,71428 57	27					

Annexes N° 03 : Biomasse fraîche des feuilles [g].

	Source de variation	S.C.E	DDL	Carrés moyens	Test F	PROB	Valeur critique pour F	CV
COUPE FINALE	Var. facteur 1	1,680855	3	0,560285	11,27944	8,24536 E-05	3,008787	5%
	Var. résiduel	1,192155	24	0,049673				
	Var. Totale	2,87301	27					

Annexes N° 04 : Biomasse fraîche des tiges [g].

	Source de variation	S.C.E	DDL	Carrés moyens	Test F	PROB	Valeur critique pour F	CV
COUPE FINALE	Var. facteur 1	0,782516	3	0,260839	3,159319	0,04307	3,008787	
	Var. résiduelle 1	1,98148	24	0,082562				
	Var. Totale	2,763996	27					

Annexes N° 05 : Biomasse fraîche des racines [g].

	Source de variation	S.C.E	DDL	Carrés moyens	Test F	PROB	Valeur critique pour F	CV
COUPE FINALE	Var. facteur 1	3,142412	3	1,04747	7,9832	0,00073	3,0087	5%
	Var. résiduelle 1	3,149	24	0,13120				
	Var. Totale	6,291412	27					

Annexes N° 06 : Biomasse fraîche totale (feuilles + tiges) [g].

	Source de variation	S.C.E	DDL	Carrés moyens	Test F	PROB	Valeur critique pour F	CV
COUPE FINALE	Var. facteur 1	4,338936	3	1,446312	4,831481	0,009045	3,008787	5%
	Var. résiduelle 1	7,18444	24	0,299352				
	Var. Totale	11,52338	27					

Annexes N° 07 : Biomasse sèche des feuilles[g].

	Source de variation	S.C.E	DDL	Carrés moyens	Test F	PROB	Valeur critique pour F	CV
COUPE FINALE	Var. facteur 1	0,11032481	3	0,03677494	39,2702336	2,0435E-09	3,00878657	5%
	Var. résiduel	0,022475	24	0,00093646				
	Var. Totale	0,13279981	27					

Annexes N° 08 : Biomasse sèche des tiges [g].

	Source de variation	S.C.E	DDL	Carrés moyens	Test F	PROB	Valeur critique pour F	CV
COUPE FINALE	Var. facteur 1	0,203077	3	0,06769233	69,9060241	5,2705E-12	3,00878657	5%
	Var. résiduel	0,02324	24	0,00096833				
	Var. Totale	0,226317	27					

Annexes N° 09 : Biomasse sèche des racines [g].

	Source de variation	S.C.E	DDL	Carrés moyens	Test F	PROB	Valeur critique pour F	CV
COUPE FINALE	Var. facteur 1	0,704949	3	0,234983	144,16135	1,7534E-15	3,00878657	5%
	Var. résiduel	0,03912	24	0,00163				
	Var. Totale	0,744069	27					

Annexes N° 10 : Biomasse sèche totale (feuilles + tiges) [g].

	Source de variation	S.C.E	DDL	Carrés moyens	Test F	PROB	Valeur critique pour F	CV
COUPE FINALE	Var. facteur 1	0,759045	3	0,253015	41,1072299	1,2977E-09	3,00878657	5%
	Var. résiduelle1	0,14772	24	0,006155				
	Var. Totale	0,906765	27					

Annexes N° 11 : Hauteur finale des plantes [cm].

Traitements	Moyennes	Groupe homogènes			
T1	24,57	a			
T2	25,85		a		
T3	24,5			a	
T4	28,85				a

Annexes N° 12 : Nombre de feuilles par plant.

Traitements	Moyennes	Groupe homogènes			
T1	7,71	ab			
T2	7,28		b		
T3	9			a	
T4	8,85				a

Annexes N° 13 : Biomasse fraîche des feuilles [g].

Traitements	Moyennes	Groupes homogènes			
T1	1,464			b	
T2	1,428			b	
T3	1,982	a			
T4	1,8775	a			

Annexes N° 14 : Biomasse fraîche des tiges [g].

Traitements	Moyennes	Groupe homogènes			
T1	4,444				ab
T2	4,604		a		
T3	4,176	b			
T4	4,564		a		

Annexes N° 15 : Biomasse fraîche des racines [g].

Traitements	Moyennes	Groupe homogènes			
T1	4,064			a	
T2	3,58	b			
T3	3,37	b			
T4	4,182			a	

Annexes N° 16 : Biomasse fraîche totale (feuilles + tiges) [g].

Traitements	Moyennes	Groupe homogènes		
T1	5,378	b		
T2	6,288		a	
T3	5,87			ab
T4	6,368		a	

Annexes N° 17 : Biomasse sèche des feuilles[g].

Traitements	Moyennes	Groupe homogènes		
T1	5,378	c		
T2	6,288		a	
T3	5,87			b
T4	6,368			ab

Annexes N° 18 : Biomasse sèche des tiges [g].

Traitements	Moyennes	Groupe homogènes		
T1	0,576	b		
T2	0,63		a	
T3	0,406			d
T4	0,49			c

Annexes N° 19 : Biomasse sèche des racines [g].

Traitements	Moyennes	Groupe homogènes		
T1	0,488	a		
T2	0,138		c	
T3	0,332			b
T4	0,548			a

Annexes N° 20 : Biomasse sèche totale (feuilles + tiges) [g].

Traitements	Moyennes	Groupe homogènes		
T1	0,986	a		
T2	1,07		a	
T3	0,664			c
T4	0,758			b

Annexes N° 21 : Moyenne de hauteur finale des plants en (cm)

Moyenne de hauteur finale des plants en (cm)			
T1	T2	T3	T4
24,57	25,85	24,5	28,85
±	±	±	±
4,79	5,48	2,10	7,35
(a)	(a)	(a)	(a)

Annexes N° 22 : Nombre de feuilles par plant et par traitement

Nombre de feuilles/ Plante			
T1	T2	T3	T4
7,71	7,28	9,00	8,85
±	±	±	±
1,25	1,11	1,73	1,21
(ab)	(b)	(a)	(a)

Annexes N° 23 : Biomasse fraîche des feuilles [g].

Biomasse fraîche des feuilles [g]			
T 1	T 2	T 3	T 4
1,46	1,42	1,98	1,87
±	±	±	±
0,360	0,133	0,379	0,093
(b)	(b)	(a)	(a)

Annexes N° 24 : Biomasse fraîche des racines[g].

Biomasse fraîche des racines[g]			
T 1	T 2	T 3	T 4
4,064	3,58	3,37	4,182
±	±	±	±
0,761	0,348	0,212	0,205
(a)	(b)	(b)	(a)

Annexes N° 25 : Biomasse fraîche des tiges en [g].

Biomasse fraîche des tiges [g]			
T 1	T 2	T 3	T 4
4,444	4,604	4,176	4,564
±	±	±	±
0,312	0,369	0,449	0,241
(ab)	(a)	(b)	(a)

Annexes N° 26 : Biomasse fraîche totale [g].

Biomasse fraîche totale [g]			
T 1	T 2	T 3	T 4
5,378	6,288	5,87	6,368
±	±	±	±
0,662	0,486	0,647	0,838
(b)	(a)	(ab)	(a)

Annexes N° 27 : Biomasse sèche des feuilles [g].

Biomasse sèche des feuilles [g].			
T1	T2	T3	T4
0,198 ± 0,048 (c)	0,36 ± 0,033 (a)	0,246 ± 0,045 (b)	0,2175 ± 0,009 (ab)

Annexes N° 28 : Biomasse sèche des racines en (g)

Biomasse sèche des racines en (g)			
T1	T2	T3	T4
0,488 ± 0,090 (a)	0,138 ± 0,016 (c)	0,332 ± 0,022 (b)	0,548 ± 0,028 (a)

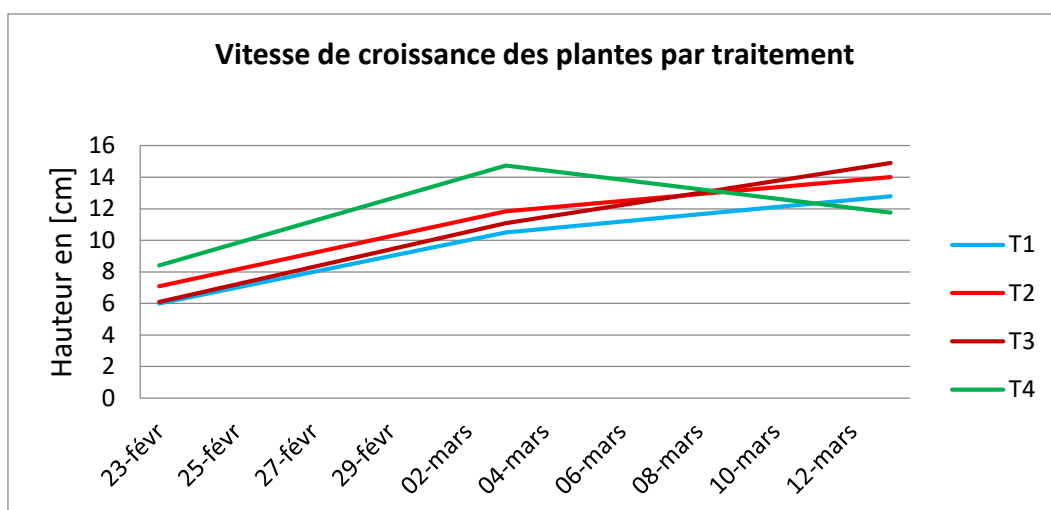
Annexes N° 29 : Biomasse sèche des tiges en (g)

Biomasse sèche des tiges en (g)			
T1	T2	T3	T4
0,576 ± 0,0417 (b)	0,63 ± 0,050 (a)	0,406 ± 0,030 (d)	0,49 ± 0,023 (c)

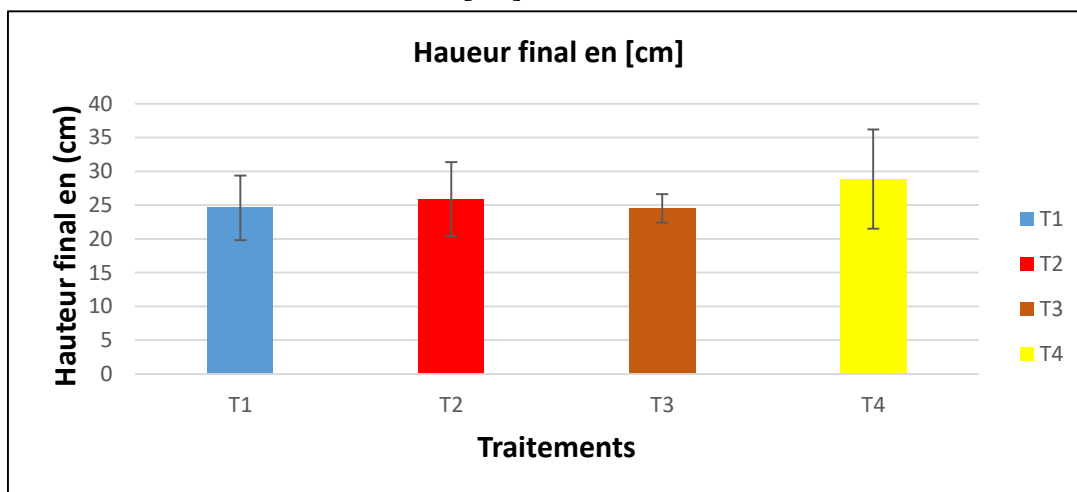
Annexes N° 30 : Biomasse sèche totale (feuilles +tiges) en (g)

Moyenne de poids sec total (feuilles +tiges) par plante et par traitement en (g)			
T1	T2	T3	T4
0,986 ± 0,122 (a)	1,07 ± 0,083 (a)	0,664 ± 0,072 (c)	0,758 ± 0,098 (b)

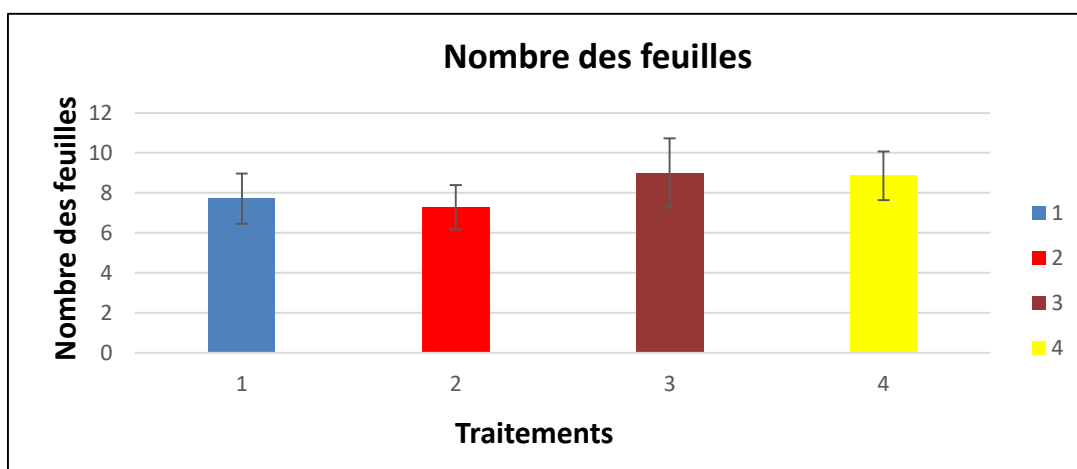
Annexes N° 31 : Vitesse de croissance des plantes de courgette [cm/jour].



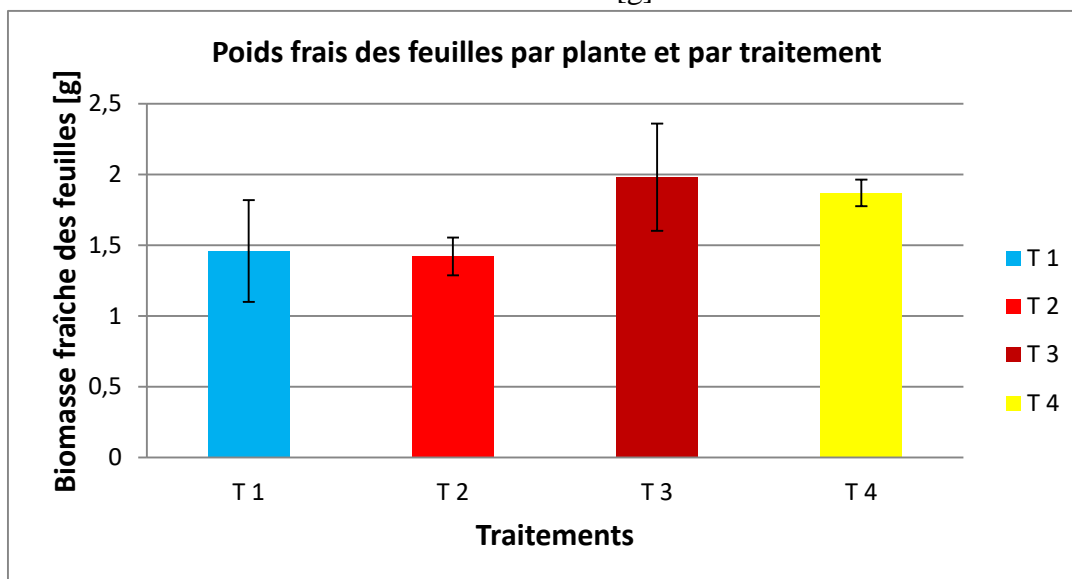
Annexes N° 32 : Hauteur finale en [cm]



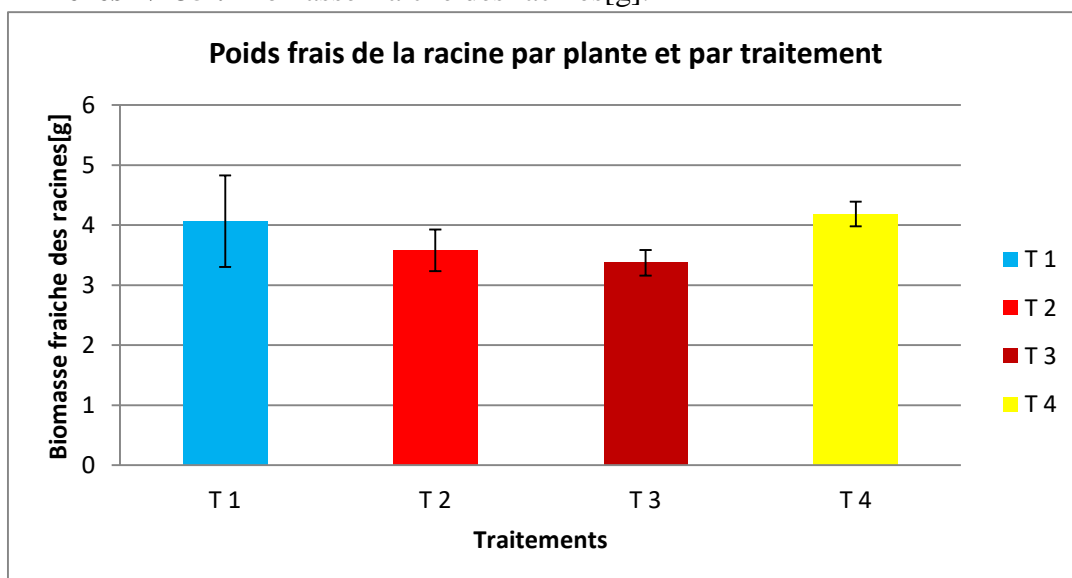
Annexes N° 33 : Nombre de feuilles par plant et par traitement



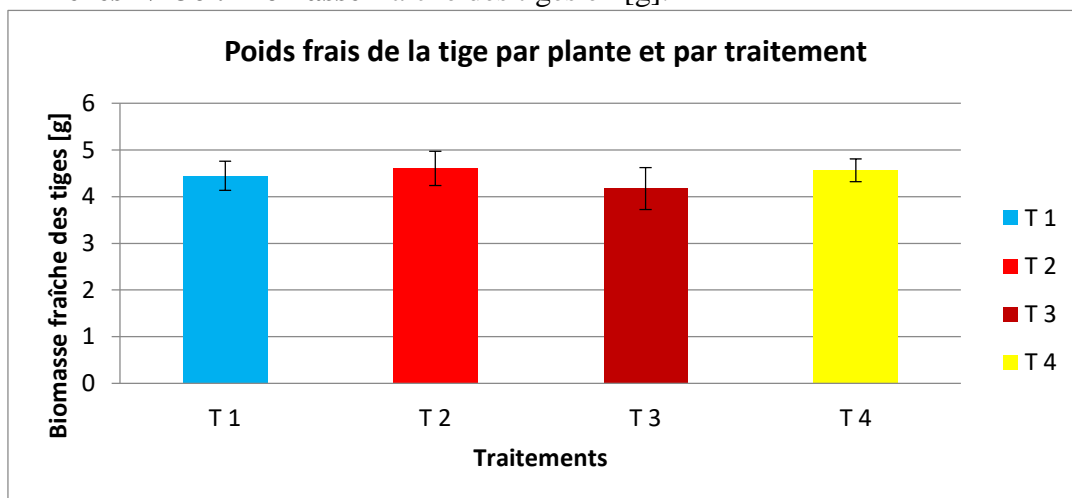
Annexes N° 34 : Biomasse fraîche des feuilles [g]



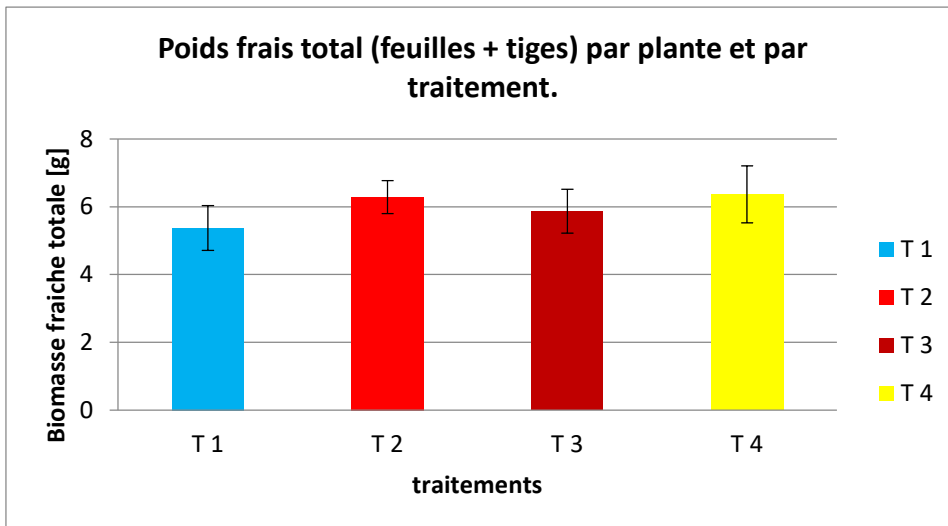
Annexes N° 35 : Biomasse fraîche des racines[g].



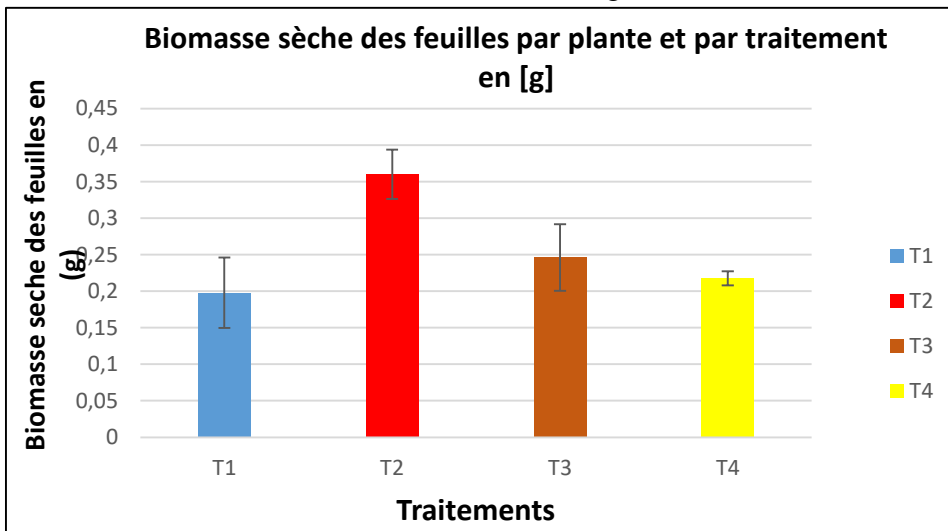
Annexes N° 36 : Biomasse fraîche des tiges en [g].



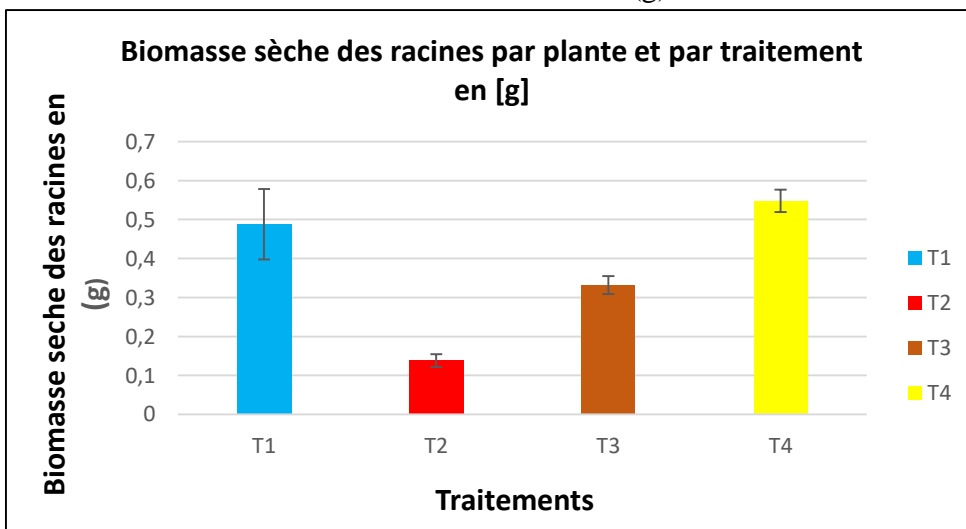
Annexes N° 37 : Biomasse fraîche totale [g].



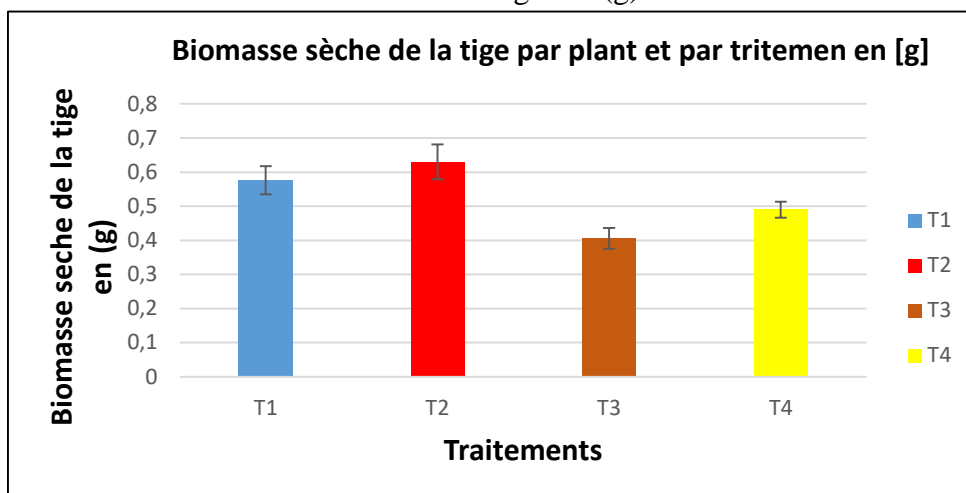
Annexes N° 38 : Biomasse sèche des feuilles [g].



Annexes N° 39 : Biomasse sèche des racines en (g)



Annexes N° 40 : Biomasse sèche des tiges en (g)



Annexes N° 41 : Biomasse sèche totale (feuilles + tiges) en (g)

