

UNIVERSITE SAAD DAHLEB DE BLIDA
Faculté des sciences Agro-vétérinaires

Département d'Agronomie

MEMOIRE DE MAGISTER

Spécialité : Production végétale.

Option : Amélioration des productions végétales.

THEME

**Interaction génotype-milieu de deux variétés de tomate
(*Lycopersicum esculentum*. Mill) cultivées en hydroponie
sous l'effet d'un anti-stress.**

Par

Fatiha OUAZZOUG

Devant le jury composé de :

A. Achouch	Maître de conférence, U. de Blida	Président
M. Benmoussa	Maître de conférence, U. de Blida	Promoteur
S. A. Snoussi	Maître de conférence, U. de Blida	Examineur
M.S. Abdul Hussein	Chargée de cours, U. de Blida	Examineur

2006

RESUME

Des plantules de tomate de deux variétés (Marmande et Saint-Pierre) cultivées en hydroponie, sont alimentées par trois types de solution nutritive à différents niveaux de salinités et afin de tenter de réduire l'effet néfaste du stress salin au niveau de ces milieux qui sont considérés comme témoins. Deux apports d'anti-stress « Ferti-Actyl » ont été testés. L'apport de l'anti-stress est induit en une seule dose de 0.5 ml/l pour les différents milieux testés chaque trois jours. Après douze jours en condition d'alimentation standard, un premier apport est appliqué au stade première feuille et après trente deux jours un deuxième apport est appliqué coïncidant avec le stade quatre feuilles.

Les résultats obtenus pour la plupart des paramètres étudiés montrent que l'apport combiné d'anti-stress au stade première feuille aux différents milieux testés notamment les milieux S1 et S2 a amélioré les paramètres étudiés. Ce qui explique l'effet stimulant le développement végétatif et l'activité racinaire. Le milieu S3 ainsi que les milieux combinés qui produisent plus de biomasse chez les deux variétés. La dose de 0.5ml/l semble atténué l'effet de toxicité des sels enregistrés au niveau des milieux témoins salins. Les effets de l'anti-stress sur l'absorption hydrominérale dépendent de la variété et du stade d'apport. Les milieux combinés à l'anti-stress manifestent le taux le plus élevé durant les trois prélèvements quelque soit le stade de l'apport. L'absorption hydrominérale est dominante chez Saint-Pierre comparativement à la variété Marmande à chacune des périodes étudiées.

Mots clés : *Lycopersicum esculentum mill*, stress salin, Adaptation des plantes au stress salin, Ferti-Actyl, Interaction milieu-génotype.

SUMMARY

Seedlings of tomato of two Varieties (Marmande and Saint-Pierre) cultivated under hydroponie, are fed by three nutritive types of solution at various levels of salinities and in order to try to reduce the harmful effect of the saline stress to the level of these mediums which are regarded as control. Two contributions of anti-stress were tested. The contribution of the anti-stress is an armature by only one amount of 0.5 ml/l for the various mediums tested each three days. After twelve days in condition of standard supply, a first contribution of Ferti-Actyl is applied (stage first leaf) and after thirty-two days a second contribution is done and which coincide to the stage four leaves.

The results obtained for the most studied parameters show that the contribution combined application of anti-stress at the stage of first in the various mediums tested in particular the S1 mediums and S2 improved the studied parameters. This could explain the effect stimulating the vegetative development and the root activity. The S3 medium as well as the combined mediums, which produce more biomass for the two varieties. The amount of 0.5ml/l of anti stress seems to decrease the effect of toxicity of the salts recorded on the control mediums. The effects of the anti-stress on mineral-water absorption depend on the variety and the stage of supply of these solutions contribution. The mediums combined with the anti-stress gave the highest rate during the three cuts Mineral-water absorption is dominant in Saint-Pierre compared to the Marmande variety during the studies period.

Key Words: *Lycopersicum esculentum mill* saline stress, Adaptation of the plants to the saline stress, Ferti-Actyl, Interaction medium-genotype.

ملخص

ان هذا البحث يندرج في اطار التفاعل بين البنية مع الوسط الحي لهذا الغرض قمنا بدراسة تأثير اضافة محلول مضاد الاضطراب "الفريتيلاكتيل" ذو تركيز 5ملل/لتر بصفة دورية كل ثلاثة ايام وذلك لصنفين من نبات الطماطم (ليكوبرسيكون اسكولانتوم ميل) والموجودة باوساط مختلفة الملوحة خلال مرحلتين مختلفتين، المرحلة الأولى توافق النبيتات ذات الورقة أما المرحلة الثانية فتوافق النبيتات ذات الاربع ورقات ، ان النتائج المتحصل عليها دلت على ان اضافة الدورية لمضاد الاضطراب اثناء السقي بمياه مختلفة الملوحة في مرحلة النبتات الورقة حسنت مقاييس بالاوساط الشاهدة خاص s1 (ماء البلدية) و s2 (ماء ملحي طبيعي Gassi-Touil) مما يفسر ان الفريتيلاكتيل خفض من نسبة تأثير الملوحة المسجلة على مستوى الاوساط الشاهدة التي تسبب انخفاض الطاقة المائية للأوراق التي تؤدي إلى غلق المسامات ورفع المقاومة المساماتية، امتصاص الماء والاملاح المعدنية سائد عند سانبيار (Saint-Pierre) بالمقارنة مع مارموند (Marmande) يبدو ان الامتصاص متعلق بصنف النبات ومرحل تطورهم.

الكلمات الدالة : الطماطم (*Lycopersicum esculentum. Mill*)، الملوحة ، الفريتيلاكتيل، التأقلم مع الملوحة.

REMERCIEMENTS

Je remercie dieu qui m'a donné la force, la santé, et le courage de pouvoir achever ce modeste travail.

Je ne saurais exposer ce mémoire sans exprimer ma reconnaissance à mon promoteur monsieur BENMOUSSA de bien vouloir m'encadrer ainsi que pour avoir suivi attentivement la progression de ce travail et pour ses conseils judicieux.

J'adresse aussi toute ma gratitude à monsieur ACHOUCH qui m'a fait l'honneur de présider ce jury.

Mes sincères remerciements vont à monsieur SNOUSSI et madame ABDUL HUSSEIN qui m'ont fait l'honneur d'être examinateurs de mon jury de mémoire.

A tout ceux qui m'ont aidé à la réalisation de ce travail.

LISTE DES FIGURES ET DES TABLEAUX

Figure 1 : Effet de la glycine-bétaine contre le stress hydrique	37
Figure 2 : Schéma du dispositif expérimental.	44
Figure 3 : Schéma représentant le procédé suivi pour l'estimation du bilan d'absorption hydrominérale.	55
Tableau 1 : Absorption des éléments nutritifs par la tomate en meq/l d'eau absorbée.	22
Tableau 2 : Caractéristiques des variétés Marmande et Saint- Pierre.	40
Tableau 3 : Moyenne des températures par semaines (serre + substrat).	41
Tableau 4 : composition minérale de l'eau de Blida.	47
Tableau 5 : Composition de l'eau saline naturelle de Gassi-Touil en meq /l.	49
Tableau 6 : Composition de l'eau saline naturelle de Gassi-Touil corrigée en meq/l.	50
Tableau 7 : Solutions mères complémentaires d'oligo-éléments A et B.	52
Tableau 8 : La vitesse de croissance des plants (cm/j) en fonction de la variété et du stade de l'apport d'anti-stress.	57
Tableau 9 : La vitesse de croissance des plants (cm/j) en fonction de la solution et du stade de l'apport d'anti-stress.	58
Tableau 10 : La hauteur finale des plants (cm) en fonction de la variété et de la solution.	60
Tableau 11 : La hauteur finale des plants (cm) en fonction de la variété et du stade de l'apport d'anti-stress.	60
Tableau 12 : La hauteur finale des plants (cm) en fonction de la solution et du stade de l'apport d'anti-stress.	61
Tableau 13 : La hauteur finale des plants (cm) en fonction de la variété, de la solution et du stade de l'apport d'anti-stress.	62

Tableau 14 : Diamètre de tiges (cm) en fonction de la variété et de la solution.	65
Tableau 15 : Diamètre de tiges (cm) en fonction de la variété et du stade de l'apport d'anti-stress.	65
Tableau 16 : Diamètre de tiges (cm) en fonction de la solution et du stade de l'apport de l'anti-stress.	66
Tableau 17 : Diamètre de tiges (cm) en fonction de la variété, de la solution et du stade de l'apport d'anti-stress.	66
Tableau 18 : Nombre de feuilles par plant en fonction de la variété et de la solution.	70
Tableau 19 : Nombre de feuilles par plant en fonction de la variété et du stade de l'apport d'anti-stress.	70
Tableau 20 : Nombre de feuilles par plant en fonction de la solution et du stade de l'apport d'anti-stress.	71
Tableau 21 : Nombre de feuilles par plant en fonction de la variété, de la solution et du stade de l'apport d'anti-stress.	72
Tableau 22 : Poids frais total des plants (g) en fonction de la variété et de la solution.	75
Tableau 23 : Poids frais total des plants (g) en fonction de la variété et du stade de l'apport d'anti-stress.	75
Tableau 24 : Poids frais total des plants (g) en fonction de la solution et du stade de l'apport d'anti-stress.	76
Tableau 25 : Poids frais total des plants (g) en fonction de la variété, de la solution et du stade de l'apport d'anti-stress.	77
Tableau 26 : Poids sec total des plants (g) en fonction de la variété et de la solution.	79
Tableau 27 : Poids sec total des plants (g) en fonction de la variété et du stade de l'apport d'anti-stress.	79
Tableau 28 : Poids sec total des plants (g) en fonction de la solution et du stade de l'apport d'anti-stress.	80
Tableau 29 : Poids sec total des plants (g) en fonction de la variété, de la solution et du stade de l'apport d'anti-stress.	81
Tableau 30 : Poids frais des feuilles (g) en fonction de la variété et de la solution.	83
Tableau 31 : Poids frais des feuilles (g) en fonction de la variété et du stade de l'apport d'anti-stress.	83

Tableau 32 : Poids frais des feuilles (g) en fonction de la solution et du stade de l'apport d'anti-stress.	84
Tableau 33 : Poids frais des feuilles (g) en fonction de la variété, de la solution et du stade de l'apport d'anti-stress.	85
Tableau 34 : Poids sec des feuilles (g) en fonction de la variété et de la solution.	87
Tableau 35 : Poids sec des feuilles (g) en fonction de la variété et du stade de l'apport d'anti-stress.	87
Tableau 36 : Poids sec des feuilles (g) en fonction de la solution et du stade de l'apport d'anti-stress.	88
Tableau 37 : Poids sec des feuilles (g) en fonction de la variété, de la solution et du stade de l'apport d'anti-stress.	89
Tableau 38 : Poids frais des tiges (g) en fonction de la variété et de la solution.	91
Tableau 39 : Poids frais des tiges (g) en fonction de la variété et du stade de l'apport d'anti-stress.	91
Tableau 40 : Poids frais des tiges (g) en fonction de la solution et du stade de l'apport d'anti-stress.	92
Tableau 41 : Poids frais des tiges (g) en fonction de la variété de la solution et du stade de l'apport d'anti-stress.	93
Tableau 42 : Poids sec des tiges (g) en fonction de la variété et de la solution.	95
Tableau 43 : Poids sec des tiges (g) en fonction de la variété et du stade de l'apport d'anti-stress.	95
Tableau 44 : Poids sec des tiges (g) en fonction de la solution et du stade de l'apport d'anti-stress.	96
Tableau 45 : Poids sec des tiges (g) en fonction de la variété, de la solution et du stade de l'apport d'anti-stress.	97
Tableau 46 : Poids frais des racines (g) en fonction de la variété et de la solution.	99
Tableau 47 : Poids frais des racines (g) en fonction de la variété et du stade de l'apport d'anti-stress.	100
Tableau 48 : Poids frais des racines (g) en fonction de la solution et du stade de l'apport d'anti-stress.	101
Tableau 49 : Poids frais des racines (g) en fonction de la variété, de la solution et du stade de l'apport d'anti-stress.	101
Tableau 50 : Poids sec des racines (g) en fonction de la variété et de la solution.	103

Tableau 51 : Poids sec des racines (g) en fonction de la variété et du stade de l'apport d'anti-stress.	103
Tableau 52 : Poids sec des racines (g) en fonction de la solution et du stade de l'apport d'anti-stress.	104
Tableau 53 : Poids sec des racines (g) en fonction de la variété, de la solution et du stade de l'apport d'anti-stress.	105
Tableau 54 : Estimation du bilan d'absorption hydrominérale au cours des trois coupes pour la variété «Marmande ».	110
Tableau 55 : Estimation du bilan d'absorption hydrominérale au cours des trois coupes pour la variété «Saint- Pierre ».	111

TABLE DES MATIERES

Résumé	1
Remerciement	3
Table des matières	4
Liste des tableaux et des figures	7
Introduction	11
1- PRESENTATION DE L'ESPECE CULTIVEE	14
1.1 -Origine génétique et géographique de la tomate.	14
1.2 -Classification de la tomate.	15
1.3 - Importance de la culture de tomate	16
2-CULTURE HORS SOL ET ENVIRONNEMENT.	17
3- NUTRITION MINERALE DE LA PLANTE.	20
3.1 - Absorption de l'eau et des éléments minéraux	21
3.1.1 - Absorption de l'eau u cellulaire.	21
3.1.2 - Absorption des éléments minéraux	21
3.2 - Mécanismes d'absorption sélective au niveau cellulaire	23
3.2.1 – Absorption passive	24
3.2.2 – Absorption active	24
3.3- Facteurs de variation de l'absorption	24
3.3.1 - Facteurs externes	25
3.3.2 – Facteurs internes	25

4- LES PLANTES FACE AU STRESS SALIN	27
4.1- Définition du stress salin.	27
4.2- Origine des stress salins.	27
4.3- Effet du sel sur les plantes.	28
4.4 -Stratégie d'adaptation au stress salin et multiplicité des caractères morphophysiologiques d'adaptation.	31
5- LES PRODUITS ANTI-STRESS	34
5.1- Présentation du Ferti-Actyl	35
5.2- Action du Ferti-Actyl	38
5.3 – Mode d'application du Ferti-Actyl	38
6- MATERIEL ET METHODES	39
6.1- But de l'étude.	39
6.2 -Choix du matériel végétal.	39
6.3 -Conditions expérimentales	40
6.3.1- Lieu de l'expérimentation	40
6.3.2- substrat utilisé	42
6.3.3- containers	42
6.4- Disposition expérimentale	42
6.4.1- facteurs étudiés	42
6.5- Conduite de l'essai	45
6.5.1- Pré- germination- semis - levée	45
6.5.2- Description des différentes solutions	45
6.5.2.1- Formulation des solutions testées	46
6.5.2.1.1- Caractéristiques de l'eau de Blida	46
6.5.2.1.2- Correction de l'eau de Blida	47
6.5.2.1.3- Formulation et reconstitution de l'eau saline naturelle	48
6.5.2.1.4- Formulation de la solution saline corrigée à partir de l'eau saline naturelle	50
6.5.2.3- Préparation des solutions salines S2et S3	51
6.5.4- Irrigation	52

6.6- Méthode d'étude	53
6.6.1- Paramètres mesurés	53
6.6.2- Estimation du bilan d'absorption hydrominérale	54
6.7-Analyse statistique	56
7- RESULTATS ET DISCUSSIONS.	57
7.1- Les paramètres de croissance	57
7.1.1- La vitesse de croissance (Cm /j)	57
7.1.2- La hauteur finale des plants en fin de coupe (Cm).	60
7.1.3- Diamètre des tiges (cm)	65
7.2- Analyse de la végétation	70
7.2.1- Nombre de feuilles par plant	70
7.2.2- Poids frais total des plants (g)	75
7.2.3- Poids sec total des plants (g)	79
7.2.4- Poids frais des feuilles (g)	83
7.2.5- Poids sec des feuilles(g)	87
7.2.6- Poids frais des tiges (g)	91
7.2.7- Poids sec des tiges (g)	95
7.2.8- Poids frais des racines (g)	99
7.2.9- Poids sec des racines (g)	103
7.4- Absorption hydrominérale	107
CONCLUSION	112
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	115
ANNEXES	

INTRODUCTION

Dans de nombreuses régions du monde, la salinité est une contrainte majeure qui limite la productivité agricole [1]. La superficie des terres agricoles touchées par une teneur excessive en sels notamment, NaCl, ne cesse d'augmenter. 27% environ des terres irriguées [2], sont confrontées à ce problème qui touche en Algérie de grandes superficies surtout en zones à climat aride ou semi-aride. Cette situation résulte de la pratique d'une irrigation intensive associée à une surestimation des besoins en eau des plantes cultivées et à l'absence d'un réseau de drainage [3].

Les processus impliqués dans l'élaboration du rendement sont influencés par deux types de facteurs : des facteurs génétiques (intrinsèques à la plante) et des facteurs environnementales. En effet, la présence de sels dans un sol, en affectant les mécanismes physiologiques peut occasionner des pertes de rendement considérables. En réalité, celle-ci subie par la plante associe le plus souvent, des stress ioniques (toxicité des ions Na^+ et Cl^-) et osmotiques qui peuvent intervenir seuls ou en interactions.

La majorité des espèces d'intérêt agronomiques sont sensibles à divers degrés à la salinité ont dans ces conditions des rendements très faibles.

LEVY *et al* [4], confirment que la germination et le premier stade physiologique affecté par la salinité. Par exemple : la tomate est très sensible à ce stade où les symptômes de toxicité sont plus fréquents, et où la germination est soit réduite ou retardée [5].

Chez les légumineuses, le stress salin perturbe non seulement la croissance végétale mais également la fixation d'azote en affectant les bactéries symbiotiques des nodules [6].

MIZRAHI *et al* [7], notent que la croissance et la fructification ont également affectés aussi bien u niveau qualitatif dont l'aspect (fruit plus petits et nécrosés) et la qualité organoleptique sont modifiés et dont la valeur marchande devient médiocre.

Sachant que le rendement est contrôlé par l'interaction entre le potentiel génétique d'une plante et son environnement agro- pédoclimatique [3 ; 8]. Deux solutions semblent se dessiner pour limiter le problème de la salinité :

- Au niveau du sol, modification de la texture par des amendements calcaires [9], amélioration des technique culturales notamment par des compagnes de fertilisation adéquates [10 ; 11], ou bien par desalinisation des eaux d'irrigation.

- Au niveau de la plante, utilisation d'espèces tolérante est la meilleure alternative[11].

La présence de fortes concentrations salines dans le milieu, entraîne pour les plantes deux conséquences étroitement liées. La première, que l'on peut qualifier de directe, est due aux ions eux mêmes (ioniques) ; la seconde, indirecte, est le résultat de l'abaissement du potentiel osmotique du substrat accélérant le déficit hydrique.

Les travaux de recherches portant sur la sélection des variétés tolérantes à la salinité sous condition d'environnement contrôlé ne suffisent pas, car il est nécessaire de conduire l'expérimentation en condition de plein champ ou les plantes montrent des degrés différents de résistances aux changements climatiques [12].

Différents modèles de réponse à la salinité ont été proposé pour analyser les interactions « géotypes /milieu », ils reposent tous sur un suivi de comportement sur une large gamme de situations différentes d'un même groupe de variétés tout en déterminant la stabilité du rendement de la variété sur les différents sites et le rendement moyen de l'essai [13]. Ces modèles ont été appliqués non seulement au rendement de fruit mais également aux caractéristiques de développement tels que la taille et le rendement végétatif.

C'est dans ce cadre que s'inscrit notre travail ayant pour objectif l'étude de l'effet du milieu salin sur la biomasse de deux variétés de tomates à savoir Marmande et Saint-pierre au stade plantule et d'autre part d'analyser l'interaction de ces deux variétés lorsque le milieu salé est combiné à un anti-stress et ses conséquences sur leur nutrition et donc sur leur développement

CHAPITRE 1 : GENERALITES SUR LA TOMATE

1. Origine géographique et génétique de la tomate.

La tomate est originaire d'Amérique tropicale : Bolivie, le Mexique et le Pérou [15], qui était dans le temps cultivée dans un but ornemental. Ce n'est qu'en 1778 qu'elle a été considérée comme légume par les Français.

Selon CASE *et al* [16], la tomate appartient au genre *Lycopersicum* qui comprend 9 espèces, 8 sont restées dans les limites de leur origine, une seule espèce *Lycopersicum esculentum* sous forme sauvage cerasiforme, a émigré vers le sud de l'Amérique du nord. C'est au Mexique que la tomate a été domestiquée [17].

Ce même auteur ajoute qu'en Italie, puis dans les pays méditerranéens que la tomate a connus ses débuts d'utilisation culinaire en Europe.

Sa culture ne prit d'ailleurs de l'extension qu'à partir de 1800. Introduite au Maghreb vers la fin du 18^{ème} siècle par les morisques et fut introduite en Algérie vers la fin du 19^{ème} siècle près d'Oran au départ, puis elle s'est étendue vers le centre du pays étant donnée les conditions du sol et le climat propice. La tomate s'est répandue dans le reste du monde durant le 19^{ème} siècle.

D'après PHILOUZE et LATEROT in GALLAIS et BANNEROT [18], l'espèce cultivée (*Lycopersicum esculentum* Mill) appartient à la famille des solanacées, c'est une espèce diploïde ($2n = 24$ chromosomes) chez laquelle, il existe de nombreux mutants monogéniques dont certains sont très importants pour la sélection.

Du fait de son introduction et de son autogamie, la tomate cultivée, malgré une très grande diversité apparente (taille, forme, couleur des fruit, ports des plantes...etc., caractères souvent mono ou oligo-generiques) présente une variabilité réduite.

C'est donc vers les espèces sauvages que le sélectionneur se tournera pour augmenter la variabilité de l'espèce : la tomate est en fait l'espèce cultivée chez la quelle, les espèces sauvages ont été les plus utilisées dans les programmes de sélection et qui se sont, en effet, révélées une source de variabilité très importante en ce qui concerne l'adaptation aux stress ou l'amélioration de la qualité des fruits [18].

2. Classification botanique:

D'après PAPADOPOULOUS *et al* [15], la tomate, *Lycopersicum esculentum*, est une plante annuelle grimpante ou rampante de la famille des solanacées, c'est une espèce diploïde, chez laquelle existe de nombreux mutants, et dont la systématique est la suivante :

Règne :	végétal
Sous règne :	Cormophytes
Embranchement :	Spermaphytes
Sou embranchement :	Angiospermes
Classe :	Gamopétales
Sous classe :	Palemoniales
Famille :	solanaceae.
Genre :	<i>Lycopersicum</i>
Espèce :	<i>L. esculentum</i>

La sélection de cette espèce a donné un très grand nombre de variétés dont certaines sont classées dans un groupe a croissance indéterminée et d'autres dans le groupe a croissance déterminée.

Les nombreuses variétés existantes donnent des fruits différents, de forme ronde, ovoïde ou longue, de couleur jaune et de taille variant de celle d'une cerise à celle d'un petit melon.

3. Importance de la culture de la tomate.

Autrefois considéré comme toxique, la tomate est aujourd'hui une des cultures les plus importantes économiquement. On la cultive en annuelle dans la plus part des pays, sous toutes les latitudes de l'équateur a quasiment le cercle polaire [18]. Elle constitue une source d'alimentation riche en minéraux et en vitamines.

Vue sa gamme d'utilisation très large, elle est considérée comme étant la culture maraîchère la plus répandue à travers le monde après celle de la pomme de terre [19].

En Algérie, la tomate constitue le légume de base pour la population algérienne, la tomate est pratiquée principalement en culture protégée sous serre et conduite en culture forcée, car il s'agit d'un produit très exigeant et très intensifs [20] ou le risque de salinité est relativement élevé, surtout avec le système de culture hydroponique. Les fruits sont destinés à la consommation en frais, ou à la transformation (Concentré, jus, ketchup, tomates pelées, concassés, poudre, etc....).

A l'échelle mondiale, la production annuelle de tomate, en tant que fruit frais, représente environ 100 millions de tonnes [21]. En Algérie, la culture de la tomate occupe 6.58% de la superficie consacrée à l'ensemble des cultures maraîchères, soit 17820ha avec un rendement de 225.2qx/ha et 69.12% de la surface consacrée aux cultures industrielles, soit 24 690 avec un rendement de 167.5x/ha [22].

CHAPITRE 2 : CULTURE HORS SOL ET ENVIRONNEMENT.

MARTINEZ et MORARD [23], définies les cultures hors sol ou sans sol comme étant « des cultures des végétaux affectant leur cycle complet de production sans que leur système racinaire ait en contact avec leur environnement naturel, le sol ».

La culture hors sol a été initialement une technique de laboratoire visant à introduire en détail le fonctionnement des plantes [24]. Mais l'essor actuel de cette technique sur une grande quantité d'espèces cultivées en serres (Tomate, concombre, rose...etc.) est principalement motivé par les progrès de productivité et par l'amélioration de la qualité des récoltes [25].

Les différentes pratiques du hors-sol présentent des caractéristiques communes. Le confinement des racines entraîne une absence du pouvoir tampon du support et exige une gestion rigoureuse de l'irrigation et des éléments fertilisants susceptibles d'affecter le statut hydrique et minérale des organes impliqués dans l'élaboration du rendement et de la qualité (feuilles, fleurs, fruits) [24].

La faible dimension de ces agro-systèmes et la conduite individuelle des plantes ; Exigeante en main d'œuvre, encouragent donc l'automatisation de la fertilisation elle-même exigeante en investissement et en compétences [26; 27].

Dans ce contexte, le faible coût des fertilisants par rapport aux autres charges de production conduit le plus souvent les praticiens du hors-sol, comme dans les autres agro-systèmes, à ne pas en faire l'économie.

Le contrôle du drainage permet de s'assurer de la satisfaction des besoins hydriques.

La pratique de cette technique tend à favoriser les taux élevés de drainage (25 à 30%). Elle est aussi favorisée par l'hétérogénéité des conditions climatiques au sein d'une parcelle ou d'une serre.

Cette gestion de la fertilisation est assurée en continue avec des solutions nutritives complètes sur un support inerte, alors que celle-ci est le plus souvent intermittente avec des solutions impliquées de type NPK sur les supports actifs [28].

En fait, selon ROBIN *et al* [24], ces systèmes reposent à chaque fois, sur la mise en scène de deux facteurs qui sont le climat et la plante exprimant respectivement des contraintes et des besoins.

Afin d'obtenir la meilleure expression des potentialités du végétal, l'agriculteur dispose de deux outils essentiels : le support inerte ou actif et la solution nutritive complète ou simplifiée ainsi que d'autres indicateurs.

- Le substrat ; s'applique à tout matériau naturel ou artificiel qui, placé en conteneurs pur ou mélangé permet l'encrage du système racinaire et joue aussi vis à vis de la plante un rôle du support [29]. Il assure le maintien de la plante par l'intermédiaire de la solution nutritive qu'il contient, il contribue à l'alimentation hydrique et à la respiration du système racinaire [30] et à la régulation des apports en eau en fonction des besoins de la plante [28].

- La solution nutritive ; est la seule source d'alimentation en eau et ions minéraux de la plante, il est nécessaire que la composition de cette solution soit équilibrée par rapport aux besoins relatifs et spécifiques de la plante [31].

La composition de la solution est donc tributaire du support, de l'espèce et du stade de développement, mais aussi de la nature de l'eau.

Dans la pratique, l'élaboration des solutions nutritives repose sur des règles basées sur trois critères principaux [32] :

- Le pH suivant le caractère acidophile ou neutrophile de l'espèce [33; 34; 35]. L'optimum physiologique du pH se situe entre 5,5 et 6,5.
- La conductivité qui exprime en ms/cm la salinité de la solution nutritive à moduler en fonction de la demande climatique
- L'équilibre anions/cations en fonction de l'espèce, de la variété mais surtout du stade de développement. Les équilibres NPK ou K/N en culture ornementale ou K / (Ca + Mg) en culture légumière, sont des critères privilégiés en fonction du stade de développement pour assurer la qualité de la plante, de la fleur ou du fruit. Quelque soient ces équilibres, le nitrate représente en général 60 à 70 % de la charge anionique nécessaire à l'ajustement de la salinité alors que l'ammonium représente généralement que 10 % de l'azote en cultures légumières [36, 31].

L'optimisation du fonctionnement de ces facteurs repose largement sur la disponibilité d'indicateurs fiables = indicateurs du milieu (rayonnement, température, humidité, pH, conductivité, teneur en eau du support, volume drainé pour apprécier indirectement la réactivité du facteur plante), mais aussi indicateurs de la plante elle-même [26; 27].

Fournissant l'eau et les éléments minéraux sous forme d'ions facilement assimilables par la plante, les cultures hydroponiques visent à mieux maîtriser l'alimentation minérale chose qui n'est pas évidente au niveau du sol [28].

CHAPITRE 3 : NUTRITION MINERALE DE LA PLANTE.

La plante parvient à ses besoins minéraux essentiellement par absorption racinaire [35]. Les éléments minéraux sont transportés vers les différentes parties de la plante, surtout dans les feuilles où a lieu la photosynthèse.

Les produits élaborés (assimilés) sont redistribués dans toute la plante et assurent sa croissance et son développement [37].

La production en rendement et en qualité d'une culture de tomate est fortement influencée par son alimentation en eau et en éléments minéraux [38].

MUSARD [38], note que l'alimentation hydrominérale doit satisfaire les besoins en eau et en éléments minéraux tout en maintenant une salinité régulière au voisinage des racines et un taux d'oxygène dissous suffisant.

Ces besoins sont apportés sous forme d'une solution nutritive dans des substrats souvent inertes, suivant leur stade de développement. Cela s'est traduit par des pourcentages respectifs bien définis d'azote, de phosphore, de potassium et d'autres éléments majeurs [39].

1. Absorption de l'eau et des éléments minéraux.

Selon Heller [40], l'absorption se définit comme « l'opération réalisée par un système qui fait pénétrer en lui un corps qui lui était extérieur », l'absorption se fait par le biais des racines.

1.1. Absorption de l'eau.

L'eau participe à l'absorption et au transport des éléments dans la plante mais les mécanismes sont différents et il n'y a pas de proportionnalité entre les deux.

Selon COIC et LESAIN [35], l'eau est le véhicule des éléments minéraux et des produits organiques synthétisés par la plante (Sève ascendante, sève descendante).

De point de vue de la physiologie végétale, l'eau joue le rôle spécifique primordial dont nous soulignerons deux aspects :

- C'est sur l'eau qu'agissent primordialement, grâce aux chlorophylles (A et B), les radiations lumineuses impliquées dans la photosynthèse.

- une grande quantité d'eau est consommée dans le processus de transpiration, qui utilise une forte proportion de l'énergie d'origine solaire.

1.2. Absorption des éléments minéraux.

Selon MORARD [31], l'absorption des éléments minéraux est réalisée, en général, sous forme d'ions, mais aussi sous forme de chélates (pour le fer) ou de petites molécules organiques.

La capacité d'absorption des racines est toujours très supérieure (10 à 20 fois) à celle qui serait nécessaire à la complète satisfaction des besoins nutritifs même en période de pleine croissance.

En conditions contrôlées, une fraction du système racinaire suffit en effet à assurer la satisfaction à l'ensemble des besoins de la plante.

Tableau 3.2 : Absorption des éléments nutritifs par la tomate en meq/l d'eau absorbée [41].

Eléments	meq / l
K⁺	6,3
Ca⁺²	4,0
Mg⁺²	1,2
Na⁺	1,0
NH₄⁺	1,2
NO₃⁻	8,8
H₂PO₄⁻	1,4
SO₄⁻	2,6

Selon LAUMONNIER [41], Les besoins de la tomate en éléments fertilisants, sont élevés en azote en potasse et en calcium, alors que ceux du phosphore et magnésium sont moyens.

Pour un même génotype, les besoins en minéraux varient presque avec l'âge et le stade de développement et souvent avec les conditions extérieures pour la réalisation de son potentiel génétique de production [42].

Selon MORAL *et al* [43], l'absorption de l'azote est réduite chez la tomate cultivée dans un environnement salin, ce qui réduit le rendement.

D'autre part, la faible croissance est observée même avec un niveau d'azote élevé lorsque la disponibilité en eau est réduite [44; 45]. Le même effet est observé pour le cas du phosphore.

Par contre, l'augmentation du niveau de potassium peut améliorer la croissance des plantes en condition saline, du fait de son effet favorable sur le statut hydrique de la plante [11].

En effet, le potassium est impliqué dans le mouvement des stomates et dans l'osmorégulation. Il améliore la perméabilité des racines pour l'eau, ainsi que l'efficacité de la transpiration [44; 11].

Il est aussi connu que l'augmentation du niveau de calcium peut inverser l'effet négatif du sodium avec le maintien de la sélectivité K/Na [46], mais peut avoir des effets antagonistes secondaires vis à vis du potassium [47].

D'autre part, l'augmentation du niveau de Ca et Mg n'est pas bénéfique comme le potassium pour un rendement économique chez la tomate [48].

2. Mécanismes d'absorption sélective au niveau cellulaire :

L'absorption des éléments minéraux se fait à l'encontre d'un gradient de concentration. La concentration est beaucoup plus élevée à l'intérieure de la cellule que dans le milieu externe.

En outre, l'équilibre des éléments dans les deux milieux est différent, et donc l'absorption sera sélective ou certains éléments sont plus absorbés que d'autres [49].

Les racines représentent une surface de contact considérable avec le milieu extérieur, alors que les différentes membranes racinaires constituent une barrière sélective pour les différents ions. Cette traversée des membranes fait appel à deux mécanismes d'absorption [49] et qui sont :

2.1. Absorption passive

L'échange d'ions se fait initialement par diffusion (effet de potentiel électrochimique). Après la répartition des ions diffusibles et non diffusibles, l'équilibre atteint est appelé équilibre de DONNAN. Cet équilibre, s'exprime ensuite par des pôles électronégatifs, au niveau des membranes, qui vont exercer ensuite par une force d'attraction sur les cations et des répulsion sur les anions. Cette force est appelée la capacité d'échange cationique [47].

Il est définit le plus souvent la capacité d'échange cationique racinaire ou CECR, qui varie selon les espèces [49].

2.2. Absorption active

Ce mécanisme fait appel à des transporteurs spécifiques à chaque élément. Le fonctionnement de ces transporteurs nécessite de l'énergie et de l'oxygène. Ceci confirme que l'activité des racines est directement liée à la température et à l'aération du milieu [26 ; 49 ; 50].

En effet, le manque d'oxygène apporté aux racines, peut causer des nécroses apicales chez la tomate [51].

D'autre part, une autre activité des pompes à protons est nécessaire pour assurer l'absorption des ions, et maintien le pH à l'intérieur des cellules à une valeur compatible au bon fonctionnement des protéines enzymatiques [49].

3. Facteurs de variation de la nutrition minérale.

L'absorption est sous l'effet un nombreux facteur autre que la capacité respiratoire du génotype, soit physiologique (type, age, état des cellules), soit physico-chimique (déficit hydrique, pH et concentration des ions dans le milieu externe) [47].

3.1. Facteurs internes :

VILAIN [51], note que par mis les facteurs internes qui influencent l'absorption, les plus important sont :

- La nature de la plante ; il existe une sélectivité lié à l'espèce et même aux variétés végétales.
- Le stade de développement ; par exemple, La teneur en azote est plus élevée au stade juvénile qu'ultérieurement.

3.2. Facteurs externes

Selon VILAIN [51], les facteurs externes sont divisés en deux catégories qui peuvent être climatiques ou édaphiques (solution nutritive dans le cas des cultures hydroponiques).

Les températures élevées aboutissent à une transpiration très active ce qui nécessite une absorption importante de l'eau et des éléments minéraux.

D'après CORNILLON [50], la plus forte température favorise l'absorption de l'ammonium. Aucune tendance nette n'apparaît pour le calcium et le magnésium.

L'augmentation de l'éclairement provoque également un accroissement des réserves carbonées.

Une exaltation de la respiration et l'augmentation de la transpiration entraînant un appel d'eau et des minéraux vers les régions de métabolisme intense ce qui se traduit par une absorption accrue [40].

D'après les travaux de SYLVIE et al [52] des variations journalières de la concentration minérale sont observées, elles atteignent les valeurs durant le jour pour NO_3^- et K ainsi que H_2SO_4 et SO_4 .

Selon VILAIN [51], la composition du sol a une forte influence sur l'absorption hydrominérale.

HELLER [40], indique qu'il existe entre les éléments minéraux des interactions qui se traduisent par les phénomènes d'antagonisme et de synergie qui font que la présence d'un élément diminue la pénétration d'un autre. Ces interactions doivent prendre en considération le génotype, l'organe analysé et la fonction physiologique [47].

Le même auteur note que le PH influe sur la solubilité des sels, il conditionne l'hydrolyse des sels, d'acides ou de bases faibles et change la forme de certains ions.

Chez la tomate qui est une espèce légèrement acidophile, le PH des solutions d'apport et de drainage doit se situer entre 5.5 et 6.2 pour favoriser l'assimilation de l'ensemble des éléments minéraux nécessaires à la croissance des plantes. Si le PH s'écarte de ses valeurs, l'absorption de certains éléments sera pénalisée.

IL ajoute que la plupart des sels minéraux sont plus solubles en milieu acide qu'en milieu alcalin.

Selon MAZLIAK [53] et VILAIN [51], l'intensité respiratoire des racines qui est sous l'influence de l'aération du milieu, de la température, du substrat, ainsi que les sécrétions radiculaires fait varier l'absorption des éléments minéraux.

CHAPITRE : 4

LES PLANTES FACE AU STRESS SALIN.

1. Définition

Le stress est défini comme l'ensemble des facteurs d'environnement qui provoque la réduction de la croissance des plantes. Le stress salin est du à des effets indésirables liés aux excès de sels [54].

2. Origine des stress salins

Les apports d'engrais réalisés par les producteurs sont habituellement excessifs. Les ions sont donc généralement moins concentrés dans la solution absorbée par les plantes que dans celle baignant les racines. Les ions en excès s'accumulent de façon durable à proximité des racines, car la diffusion ionique, qui tend à homogénéiser la concentration ionique est un processus lent [55].

La concentration ionique augmente de façon exponentielle à proximité des racines [56; 57; 58; 59]. Cette augmentation de la solution prélevée et celle au voisinage des racines est élevée.

Dans des conditions climatiques caractérisées par une forte demande évaporative, la proportion d'ions prélevés diminue aggravant donc le phénomène d'accumulation ionique qui est plus marqué dans les substrats utilisés pour la culture hors sol qui ont une C.E.C voisin de zéro.

3. Effet du sel sur les plantes

On évalue le degré de résistance des plantes à la salinité pour une concentration du milieu par diminution de la croissance exprime en % de celle des plantes témoins [60].

En effet, il n' y a pas de corrélation pour une même espèce entre la résistance au sel à la germination, au stade végétatif à la floraison et à la maturation des fruits et des graines [61]. Ainsi, chez certaines solanacées telles que la tomate et le piment, espèces classées dans le même intervalle de tolérance, les organes végétatifs sont beaucoup plus affectées par le sel que la production de fruits [61].

Dans beaucoup de cas, au sein d'une même espèce, des différences variétales importantes pour la sensibilité ou la tolérance au sel ont été enregistrées [60].

Ainsi selon CHIFU [62], on peut classer les plantes suivant la tolérance à la salinité en trois groupes :

- Glycophytes : ce sont les plantes qui ne se développent que sur milieu ne contenant pas de sel, c'est le cas de nombreuses plantes cultivées (haricot, concombre).
- Glyco-halophytes : ce sont des plantes qui tolèrent une teneur modérée en sel, le *Datura stramonium* se placerait dans ce groupe.
- Halophytes : ce sont des plantes qui trouvent les conditions optimales de croissance sur des sols salés par exemple : *Salicornia*, *Atriplex*. Pour ces plantes, le sel est indispensable pour régler leur alimentation minérale ou pour orienter leur métabolisme de façon à permettre une croissance active malgré les adversités externes [63].

En milieu salé, les plantes sont en face de deux problèmes : l'effet d'intoxication causé par des ions spécifiques et une concentration élevée des sels dans la solution du sel (Donc une pression osmotique élevée) accélérant le déficit hydrique des plantes.

C'est ainsi que LEVIGNERON *et al* [64] et SEELIG [65], synthétisent les conséquences d'un stress salin par trois types d'effets que le sel provoque chez les plantes :

- Le stress hydrique : lorsque l'ajustement osmotique est insuffisant l'eau a tendance à quitter les cellules, ce qui provoque un déficit hydrique et la perte de la turgescence ;
- Le stress ionique : en déficit d'un ajustement osmotique correct, la toxicité ionique survient lorsque l'accumulation de sels dans les tissus perturbe l'activité métabolique ;
- Le stress nutritionnel : des concentrations salines trop fortes dans le milieu provoquent une altération de la nutrition minérale. En particulier, vis-à-vis des transporteurs ioniques cellulaires, le sodium (Na^+) rentre en compétition avec le calcium (Ca^{+2}) et le chlorure (Cl^-) avec le nitrate (NO_3^-), le phosphate (PO_4^{-2}) et le sulfate (SO_4^{-2}).

La réponse la plus immédiate d'une concentration saline excessive est une tension des racines, suivie de flétrissement de la plante [66]. L'augmentation de la concentration saline entraîne une défense d'énergie supplémentaire et une dégradation des produits internes provoquant un arrêt de la croissance et des accidents végétatifs variés : arrêt de l'allongement des organes et de leur ramification, raccourcissement des entre-nœuds des tiges, diminution de la surface foliaire avec des symptômes de brûlures [63]. Une salinité prolongée provoque la chute des feuilles et la mort totale du végétal.

Ces effets sont causés selon RENGEL [66] par la combinaison des facteurs suivants :

- La disponibilité en eau due à l'augmentation de la pression osmotique de la solution du sol ;
- Accumulation excessive des ions, en particulier du sodium ;
- Absorption réduite des cations essentiels provoque ainsi un déséquilibre ionique.

ALAM [67], note qu'il est possible de mettre en évidence l'action du sel sur des activités métaboliques et importantes que l'absorption d'eau et de nutriment telles que l'ajustement osmotique, la synthèse de protéines et d'acide nucléique, l'accumulation des solutés organiques, la balance hormonale, les taux de respiration, la photosynthèse et leur interaction avec la microflore.

La photosynthèse étant réduite chez les plantes cultivées en milieu salin, cet effet dépressif était à l'origine de la diminution de la croissance cellulaire [68], donc de la surface foliaire photosynthétisante, ceci se traduit par une réduction de toutes les dimensions de la plante.

MUNNS [69], considère que l'assimilation de carbone par les plantes serait affectée par la salinité à cause d'une réduction de l'indice foliaire du taux de photosynthèse.

Le sel peut provoquer également, la modification du nombre des stomates, du nombre et du diamètre des vaisseaux lignifiés du xylème et sa capacité d'échange des ions [70] ou accélérer le cycle biologique avec changement de la voie métabolique de fixation de carbone chez certaines espèces [64].

De même BINET (1982) in BEECHER [71], note que l'activité de l'enzyme respiratoire diminuant rapidement dès que la concentration saline devient supra-optimale. De telles modifications de structures anatomiques ou de vies métaboliques peuvent permettre de faire face à la diminution de la disponibilité en eau de milieu, qui constitue une des composantes majeures du stress salin.

La tomate est considérée comme une espèce modérément tolérante à la salinité, lorsque la CE est de 4 mmhos/cm soit 2,5 g/l de sels totaux, le rendement baisse de 10 %. Cependant, elle peut atteindre 25 % à une salinité de l'ordre de 4 g/l [72]. Les concentrations supérieures de l'ordre de 10 g et 20 g/l ont dès le début de culture un effet dépressif qui va en s'accroissant [73].

Il est confirmé cependant, la valeur de 2 g/l comme valeur optimale pour la croissance des jeunes plants [31] et fixée entre 1 et 4 g / l la fourchette des concentration à respecter pendant les trois premières semaines de culture [74].

Il est généralement considéré qu'un excès de vigueur du plant de tomate en début de culture peut retarder la précocité de la production [72] et la modulation de la concentration saline de la solution nutritive est l'un des moyens utilisés pour maîtriser le développement en jours court et améliorer la qualité de fruits [75 ; 26].

D'une manière générale, les effets de la salinité se manifestent par une diminution de la croissance des plantes [76]. Mais les impacts de la salinité sur le développement et le rendement de la plante sont aussi nombreux que difficile a hiérarchisé [64].

3. Stratégie d'adaptation au stress salin et multiplicité des caractères morphologique d'adaptation.

Selon VERDU *et al* [77], les plantes n'ayant pas la faculté de réagir aux sollicitations du milieu en se déplaçant, elles ont développées in situ une stratégie d'adaptation à leur milieu et aux éventuelles agressions qui en émanent.

La caractéristique physiologique des variétés tolérantes à la salinité est encore mal connue, car elle varie en fonction de l'espèce et de la variété [78]. Les plantes développent des mécanismes qui leur permettent, soit de modifier leur concentration saline interne, soit de tolérer une salinité élevée dans les tissus en rétablissant l'équilibre de turgescence grâce a un ajustement osmotique [79].

L'adaptation osmotique est la première condition au maintien de la croissance en milieu salé [61]. Selon BINET [63], la plupart des plantes cultivées sont capables a des degrés divers d'ajuster leur potentiel osmotique à celui du milieu grâce à l'absorption et à l'accumulation des ions présents en excès.

La saturation de l'espace intercellulaire (ou apoplasme) des parties aériennes par le sel apporte par le xylème et le facteur déterminant de la nécrose et de la mort ce qui provoque une sortie d'eau intracellulaire qui conduit à la déshydratation rapide des cellules. Certaines plantes présentent une aptitude à éviter l'accumulation d'ions. Elle s'effectue grâce au phénomène d'exclusion des ions ou la diminution de la concentration ionique.

D'après HUBAC [79], les halophytes présentent un comportement d'exclusion des ions, le sel peut être concentré dans les feuilles basales qui tombe ensuite rapidement, il peut également s'accumuler dans des vésicules et glandes à se qui l'excrètent par la suite à la surface de la feuilles [78], c'est le cas de l'Atriplex et du Tamarix.

D'autres plantes peuvent diminuées leur concentration ionique en augmentant leurs teneur en eau, c'est le phénomène de succulence des parois extensibles permettant un fort agrandissement cellulaire [61].

Selon les travaux de SLAMA [60], YEO et FLOWERS [80], les plantes sensibles au sel n'accumulent pas le sodium dans leurs feuilles, elles sont donc incapables d'utiliser l'ion sodium pour l'ajustement osmotique dans les limbes. Ces dernières sont dites exclusives vis à vis du Na^+ . A l'inverse, les plantes qui tolèrent le NaCl ont, en général, des feuilles plus chargées en Na^+ que les racines. Elles ont donc la capacité d'utiliser le Na^+ pour leur réajustement osmotique, ce qui n'est pas le cas pour les premières.

En cas de stress (suite a une augmentation de la concentration saline dans le milieu), la plante réagit a cette augmentation par l'arrêt des fonctions métabolique du fait de la déshydratation due a une diminution du potentiel entre la plante et le milieu.

L'évitement d'un potentiel élevé dans la plante, ceci peut être obtenu selon LEVITT [81] par une réduction de la productivité.

La limitation de la transpiration est en effet en grande partie obtenue par une fermeture des stomates qui limite l'assimilation du gaz carbonique et la photosynthèse. Si la fermeture des stomates permet une réduction effectuée de la transpiration qui favorise le rééquilibrage du déficit hydrique [82]. Elle signe néanmoins l'entrée en état de survie de la plante avec une altération plus ou moins irréversible de la machinerie productive, due à une coupure des échanges gazeux entre la plante et l'atmosphère donc inhibition de la photosynthèse et des principales fonctions physiologiques [83] d'où chute de la production [84].

Les travaux de BATES et HALL [85], de GOLLAN *et al* [86], de SCHULZE [87], de DAVIES *et al* [88] ont montré que les stomates pourraient fermer en conditions d'eau non limitantes, lorsque les racines sont soumises à un choc salin. Donc, la fermeture des stomates est sensible à des messages émis par les racines et transmis aux feuilles via le xylème « informant » ces dernières de la réduction des disponibilités en eau au niveau du sol [89].

L'acide abscissique apparaît, ainsi que le montrent des travaux récents, comme une composante majeure mais non exclusive de cette signalétique racinaire [90].

En cas de stress, et lorsque les stomates sont fermés, la transpiration se poursuit par la cuticule. La présence de cire au sein de la matrice cuticulaire et sur la cuticule ainsi que leur structure et leur composition peuvent modifier la conductivité hydraulique de la cuticule [91].

La tolérance dans le cas d'un stress implique que la plante survit, croit, et arrive à se reproduire sous la contrainte saline [8 ; 92]. Elle s'exprime par un maintien de la turgescence rendu possible grâce au phénomène d'ajustement osmotique par l'accumulation au niveau cytoplasmique et de manière actifs certains solutés [93; 94]. Les ions sont des ions inorganiques tel que le potassium, les nitrates, des sucres solubles, des acides organiques comme l'acide malique [95] ou des composés azotés comme la proline et la choline [12].

La proline semble jouer un rôle dans le maintien des pressions cystol-vacuole mais aussi dans la protection des membranes et des systèmes enzymatiques, ainsi qu'un rôle de régulation du pH [96].

Les mesures d'émission de fluorescence par les chlorophylles de la feuille permettent quand à elles, une appréciation globale des effets non stomatiques de la déshydratation sur les membranes chloroplastiques [97].

Selon LEVIGNERON *et al* [64], l'apport des composées osmo-protecteurs dans le milieu ne modifie pas le comportement des plantes soumises à un stress salin. Pour estimer leur impact réel sur la tolérance au sel, il faudrait pouvoir modifier leur concentration endogène.

CHAPITRE : 5

LES PRODUITS ANTI-STRESS.

D'après ANONYME [98], comme tous les organismes vivants, les plantes sont soumises aux contraintes de leur environnement, comme le manque d'eau, la salinité (ou de la solution du substrat), la pollution de l'aire ou les températures extrêmes. Des mécanismes permettent de déclencher les réponses adaptées à chaque stress.

Les anti-stress sont des substances qui sont soit :

- Synthétisées par la plante naturellement lors de quelconque stress qu'elle subit du milieu, et qui sont appelées hormone ;

- Produits fabriqués dans les usines ayant presque les mêmes propriétés que ces hormones. Le « Ferti-Actyl » est l'un de ces produits il s'agit sur toutes les plantes en favorisant leur croissance, tout en améliorant leur résistance au stress. Il améliore l'activité micro biologique au niveau des sols ainsi que la mobilisation des éléments nutritifs [99].

1. Présentation de « fertiactyl ».

Selon MEDANE [99], l'anti-stress « fertiactyl » est sous forme liquide s'appliquant à l'eau d'irrigation. Il est fabriqué exclusivement à partir de produits d'origines végétales. C'est un fertilisant biologique et bio-stimulant métabolique naturel pour le sol et la plante. Sa composition est la suivante :

- Les éléments minéraux : il contient 13 % d'azote total sous forme uréique et 5 % d'oxyde de potassium.

- Le noyau organique actif est composé de : Acide humique et fulvique, Zeatine et Glycine-betaine.

- **Acide humique et fulvique.**

Ils proviennent de la dégradation des végétaux, ce sont des polymères. Ils ont pour rôles : L'amélioration de la fertilité des sols, la mobilisation des éléments minéraux, la stimulation de la croissance des cellules et l'action sur la photosynthèse et donc sur la production de chlorophylle

- **Zeatine**

La zéatine appartient à la famille des cytokenines qui interviennent dans de nombreux processus physiologiques. Les composées sont des bio-stimulants naturels présents à différentes concentrations chez tous les végétaux [99].

Selon le même auteur, la zéatine présente les propriétés suivantes :

1. Des propriétés cytokeniques : elle favorise l'absorption et le transport d'éléments nutritifs ; réduit les effets du stress osmotique ; elle a une action sur la levée de dormance des graines en agissant sur la synchronisation entre la germination et développement des plantules.

2. Des propriétés physiologiques et métaboliques : assimilation des éléments fertilisants, développement racinaire, activité photosynthétique et conservation des fruits et légumes.

- **Glycine-betaine.**

La glycine-betaine est une molécule naturelle au stress. Elle s'accumule en cas de stress pour permettre aux cellules de fonctionner. Elle protège les membranes et les enzymes [99].

La glycine-betaine présente les propriétés suivantes :

1. Anti-stress : elle réduit les effets du stress cellulaire, c'est l'acide aminé le plus efficace pour lutter contre le stress (Fig 5.1).
2. Croissance racinaire : les travaux de CITHARELL (1989) in MEDANE [99], ont montré que la glycine-betaine active la croissance racinaire par l'augmentation de la longueur et des ramifications des racines.
3. Résistance au froid : d'après ZHAO (1984) in MEDANE [99], les pulvérisations foliaires de la glycine-betaine abaissent le point de gel (-2°C) des plantes en protégeant les membranes.

Le « Ferti-Actyl » s'applique sur une large gamme d'espèces et à différents stades. Par exemple, en pépinière pour préparer des plantes meilleures résistants. On applique une solution à base de « Ferti-Actyl » à la dose 1 ml /l d'eau d'arrosage renouveler l'application 2 à 3 fois.

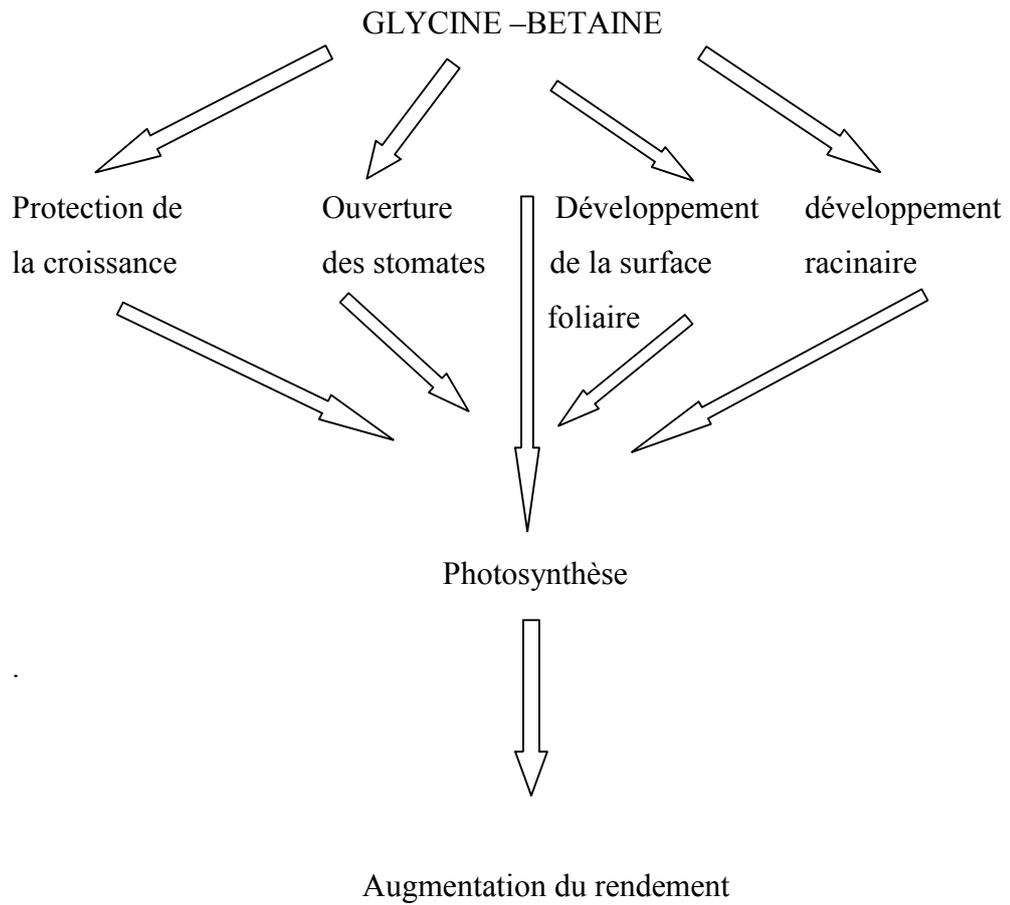


Figure 5.1 : Effet de la glycine-betaine contre le stress hydrique.
D'après LUDLOW (1989) in MEDANE [99].

5.2. Action du «Ferti-Actyl »:

Le Ferti-Actyl est un fertilisant biologique qui:

- Stimule le développement et l'activité racinaire.
- Stimule le développement végétatif et la vie microbienne du sol.
- Mobilise les éléments fertilisants du sol fertilisants du sol par formation de complexes métalliques stables et solubles.
- Permet à la plante de mieux résister au stress.
- Le Ferti-Actyl possède une très large champ d'action, il est utilisé pour tout mode, tout type ou système de culture ; plein champ, cultures protégées, céréaliculture, cultures maraîchères (pomme de terre, tomate, poivron,.....), viticulture, pépinière, horticulture, espace vert [99].

5.3. Mode d'application du « Ferti-Actyl »:

Les cultures qui peuvent être traitées par le Ferti-Actyl :

- Les cultures maraîchères : tomate, pomme de terre, poivron, concombre, courgette, melon pastèque, laitue,.....etc.
- les grandes cultures : blé, orge, avoine, tourne sol,.....etc.
- Arboriculture : agrumes, olivier, pommier, abricotier
- Horticulture- Espace verts : plantes d'intérieur, gazon, haie.

CHAPITRE 6 :

MATERIEL ET METHODES

Dans ce chapitre nous présenterons le matériel biologique et les méthodes qui ont été utilisées dans notre travail.

1. but de l'étude

L'objectif de cette expérimentation est d'étudier l'adaptation de deux variétés de tomate cultivées en milieu salin. Elle va nous permettre d'évaluer le rendement végétatif, ces derniers sont testés dans des milieux de culture à différentes concentrations salines.

Mettre au point l'interaction de ces deux variétés lorsque le milieu salin est combiné à l'anti- stress.

2. Choix du matériel végétal

Notre travail porte sur deux variétés de tomates (*Lycopersicum esculentum*.Mill) cultivées en Algérie .Il s'agit de la variété Marmande et Saint –Pierre.

C'est un matériel expérimental de qualité sur ses réactions rapides aux changements du milieu, sa rapidité de croissance et surtout à sa tolérance moyenne aux sels [28].

Les caractéristiques des deux variétés sont données dans le tableau 6.2.

Tableau 6.2 : Caractéristiques des variétés Marmande et Saint-Pierre.

	MARMANDE	SAINT- PIERRE
Type de variété	Fixé	-
Précocité	Très précoce	-
Productivité	Productive	Productive
Destination	Marché frais	Marché frais
Culture	Plein champ	Plein champ
Croissance	Indéterminée	Indéterminée
Végétation	Réduite	Moyenne
Résistance aux maladies	Peu sensible	-
Résistance à la chaleur	Résistante	-
Résistance aux sels	Moyenne	-
Qualité technologique		
Fruit	Gros	assez gros
Couleur	Bien colorée	bien colorée

Source : Anonyme [100].

2. Conditions expérimentales.

2. 1. Lieu de l'expérimentation.

Notre essai s'est déroulé à la station expérimentale de l'université de Blida au niveau du laboratoire des cultures maraîchères de l'institut d'agronomie. Sous serre. en polyméthacrylate de méthyle où les conditions d'aération et de température sont plus ou moins bien contrôlées.

Des relevés quotidiens de la température ambiante à l'intérieure de la serre et au niveau du substrat ont été effectués à trois moments de la journée (9h, 12h, 16h) et sont présentés dans le tableau 6.3

Tableau 6.3 : Moyennes des températures par semaines (serre + substrat).

Périodes	Température moyenne de la serre (c°)			Température moyenne du substrat (c°)		
	9h	12h	16h	9h	12h	16h
18/04/2002 au 24/04/2002	22.42	28.42	26.71	22.71	31.42	28.42
25/04/2002 au 01/05/2002	29.71	33.85	30.71	28.14	36.85	36.57
02/05/2002 au 08/05/2002	22.42	28.14	27.00	22.72	31.57	31.42
09/05/2002 au 15/05/2002	25.42	30.42	30.71	25.71	34.14	34.00
16/05/2002 au 22/05/2002	27.85	36.00	32.42	27.00	39.14	36.00
23/05/2002 au 29/05/2002	29.00	34.14	32.71	28.71	35.28	36.14

D'après le tableau 6.3, nous remarquons que la moyenne des températures enregistrées durant la première semaine de culture était plus ou moins favorables à la croissance des jeunes plantules. A partir de la deuxième semaine et jusqu'à la fin du cycle végétatif qu'on a enregistré des moyennes de très élevés. Celles-ci s'avèrent défavorable au bon développement des plants de tomate malgré l'ouverture des fenêtres et des portes.

Selon LAUMONNIER [41], la tomate se développe le plus rapidement dans les terrains dont la température oscille entre + 24 c° et 31 c° à 35 c°, la plante végète lentement, et qui reste stationnaire à + 35 c°.

LETARD *et al* [26], signalent que les températures favorables à la croissance de la tomate se situent entre 20 à 22c°

2.2. Substrat utilisé

Le substrat utilisé est du gravier roulé de l'oued ayant une dimension de 3 à 8 mm, C'est un matériau inerte provenant de la carrière de "Chebli" située à 25 Km d'Alger.

Le substrat est lavé à l'eau de robinet, puis désinfecté par de l'eau de javel avant son utilisation afin d'éviter toute contamination par des agents pathogènes.

2.3. Containers

Nous avons utilisés des pots en polyéthylène de couleur blanche, d'une capacité de 200 ml muni d'un orifice à la base permettant l'évacuation de l'excès la de solution d'irrigation.

2.4. Dispositif expérimental

Notre dispositif correspond à un plan sans contrôle d'hétérogénéité en randomisation totale à trois facteurs étudiés avec 5 répétitions par coupe.

2.4.1. Facteurs étudiés

Facteur 1 : Facteur variétal comportant deux variantes V1 et V2.

- **V1** : Marmande.
- **V2** : Saint- Pierre.

Facteur 2 : Facteur solution à trois niveaux S1, S2, S3.

- **S1** : Eau de Blida.
- **S2** : Eau saline naturelle de Gassi- touil .
- **S3** : Eau saline naturelle de Gassi- touil corrigée.

Facteur 3 : Stade d'apport d'anti –stress.

- **A0** : Absence d'apport.
- **A1** : Premier apport (au stade première feuille).
- **A2** : Deuxième d'apport (au stade quatre feuilles).

* Le nombre de traitements utilisé est :

$$2 N_V \times 3 N_S \times 3 N_A = 18 \text{ traitements combinés de base.}$$

* La nature des traitements :

$$\begin{array}{l} V1, V2 \\ S1, S2, S3 \\ A0, A1, A2 \end{array} \left\{ \begin{array}{l} V1S1A0, V1S1A1, V1S1A2, \\ V1S2A0, V1S2A1, V1S2A2, \\ V1S3A0, V1S3A1, V1S3A2, \\ V2S1A0, V2S1A1, V2S1A2, \\ V2S2A0, V2S2A1, V2S2A2, \\ V2S3A0, V2S3A1, V2S3A2. \end{array} \right.$$

Le dispositif expérimentale compte tenu des coupes effectués comprend au total 270 unités expérimentales. Parmi ces 270 unités, nous distinguons 18 unités expérimentales de base qui diffèrent entre elles par les 18 traitements combinés. Chacun de ces traitements est affecté au hasard au niveau de l'unité expérimentale correspondante par le procédé de la randomisation totale. Comme le nombre de répétitions ($r = 5$), chacune des unités expérimentales est répétée 5 fois pour chaque traitement combiné par coupe.

C3 : troisième coupe										C2 : Deuxième coupe										C1 : Première coupe										
Apport 2					Apport 1					Apport 2					Apport 1					Apport 2					Apport 1					
P30	P29	P28	P27	P26	P25	P24	P23	P22	P21	P20	P19	P18	P17	P16	P15	P14	P13	P12	P11	P10	P9	P8	P7	P6	P5	P4	P3	P2	P1	S1V1
P30	P29	P28	P27	P26	P25	P24	P23	P22	P21	P20	P19	P18	P17	P16	P15	P14	P13	P12	P11	P10	P9	P8	P7	P6	P5	P4	P3	P2	P1	S1V1
P30	P29	P28	P27	P26	P25	P24	P23	P22	P21	P20	P19	P18	P17	P16	P15	P14	P13	P12	P11	P10	P9	P8	P7	P6	P5	P4	P3	P2	P1	S2V1
P30	P29	P28	P27	P26	P25	P24	P23	P22	P21	P20	P19	P18	P17	P16	P15	P14	P13	P12	P11	P10	P9	P8	P7	P6	P5	P4	P3	P2	P1	S2V2
P30	P29	P28	P27	P26	P25	P24	P23	P22	P21	P20	P19	P18	P17	P16	P15	P14	P13	P12	P11	P10	P9	P8	P7	P6	P5	P4	P3	P2	P1	S3V2
P30	P29	P28	P27	P26	P25	P24	P23	P22	P21	P20	P19	P18	P17	P16	P15	P14	P13	P12	P11	P10	P9	P8	P7	P6	P5	P4	P3	P2	P1	S3V1

C3					C2					C1					
P15	P14	P13	P12	P11	P10	P9	P8	P7	P6	P5	P4	P3	P2	P1	S3V1
P15	P14	P13	P12	P11	P10	P9	P8	P7	P6	P5	P4	P3	P2	P1	S3V2
P15	P14	P13	P12	P11	P10	P9	P8	P7	P6	P5	P4	P3	P2	P1	S2V2
P15	P14	P13	P12	P11	P10	P9	P8	P7	P6	P5	P4	P3	P2	P1	S2V1
P15	P14	P13	P12	P11	P10	P9	P8	P7	P6	P5	P4	P3	P2	P1	S1V1
P15	P14	P13	P12	P11	P10	P9	P8	P7	P6	P5	P4	P3	P2	P1	S1V1

Figure 6. 1. Dispositif expérimental

3. conduite de l'essai.

3.1. Pré- germination- semis - levée.

Les grains des deux variétés étudiées ont été mises en germination le 11/04/2002 dans des boîtes de pétri sur papier filtre imbibé d'eau distillée à l'étuve et à une température de 25 c°.

Les graines germées sont semés le 18/04/2002, à raison d'une graine par pot et qui sont arrosés avec de l'eau de robinet pour favoriser une croissance homogène des plants (pendant trois jours), puis avec une solution nutritive non saline de concentration équilibrée (solution T_M) jusqu'à l'apparition de la première feuille, où nous avons procédé à l'application des différentes solutions d'irrigation sur l'ensemble des plants y compris le premier apport d'un anti-stress « Ferti-Actyl ».

Après deux semaines, on applique le deuxième apport c'est-à-dire juste après la première coupe a fin de voir son effet sur la croissance des plants expérimentés.

3.2. Description des différentes solutions.

Pour atteindre notre objectif, nous avons testé trois solutions qui sont :

S1 : eau du robinet de Blida chargée en sels à pH= 7.8

S2 : eau saline naturelle de Gassi- Touil contenant 2.5 g/l de sels.

S3 : eau saline de Gassi- touil corrigée représentant une proposition de $\text{NH}_4^+ = 1.8 \text{ meq /l}$ et celle de $\text{NO}_3^- = 10.2 \text{ meq /l}$. soit 15% et 85% de l'Azote total respectivement contenant 3.60q/l de sels.

Ces trois solutions sont considérées comme témoins. Afin de voir le comportement des plantes expérimentés sous l'effet d'adjonction d'une dose de 0.5 ml de chacune de ces solutions témoins appliquée pendant les irrigations chaque trois jours, il a été mis au point le dispositif suivant :

05 plantules irriguées par la solution S1 + le Ferti-Actyl
(1l de S1 +0.5 ml d'anti – stress)

05 plantules irriguées par la solution S2 + le Ferti-Actyl
(1l de S2+ 0.5 ml d'anti- stress)

05 plantules irriguées par la solution S3 +le Ferti-Actyl
(1l de S3 + 0.5 ml d'anti- stress)

L'apport de l'anti-stress a été réalisé à deux stades :

1^{er} apport correspond au stade « première feuille »

2^{eme} apport correspond au stade « quatre feuilles ».

3.2.1. Formulation des solutions testées.

Vu l'importance des besoins hydriques de la totalité des plantules, et vu la difficulté d'approvisionnement de ces eaux salines, une reconstitution de ces dernières avec l'eau de Blida s'est avérée nécessaire.

3.2.1.1. Caractéristiques de l'eau de Blida.

La concentration globale des sels contenus dans l'eau de Blida est de 0.43 g/l, dose supérieure à 0.2g/l [101] d'où une analyse de l'eau est jugée indispensable.

Selon l'analyse de l'eau de Blida réalisée par l'A.N.R.H de Soumaa (Blida), nous avons ce qui suit :

Tableau 6.4 : composition minérale de l'eau de Blida.

Elément	Teneur	
	mg/l	meq /l
K⁺	0.00	0.00
Ca⁺⁺	56.00	2.80
Na⁺	29.90	1.30
Mg⁺⁺	21.60	1.80
NO₃⁻	21.70	0.35
SO₄⁻²	38.40	0.80
Cl⁻	21.30	0.60
CO₃⁻	0.00	0.00
HCO₃⁻	24.50	4.08
Total	433.90	11.73
p H= 7.8		

3.2.1.2. Correction de l'eau de Blida.

D'après le tableau 6.4, l'eau de Blida, est chargée en ions bicarbonates (4.08meq/l), quantité nocive pour les jeunes plantules. De plus, le p H de 7.8 peut provoquer le blocage de certains éléments nutritifs.

La correction consiste à abaisser le pH de 7.8 à 5.8 par un apport d'acide fort. Les bicarbonates sont attaqués et transformés en molécules d'eau et en gaz carbonique qui se dégage dans l'air selon la réaction suivante :



La gamme d'acides à utiliser est très variable, mais il est utile d'utiliser des acides constitués d'éléments utiles pour la plante, tels que l'acide nitrique (HNO₃) et l'acide phosphorique (H₃PO₄) qui permettent d'apporter respectivement à la plante les nitrates et le phosphore.

La quantité d'acide nécessaire à la correction du pH est obtenue par la relation suivante :

$$Q = \text{quantité de HCO}_3 \text{ (meq/l)} \times 0.833$$

$$Q = 4.08 \times 0.833 = 3.3 \text{ meq/l d'acides.}$$

Ces 3.3 meq/l d'acides sont réparties entre :

$$\text{H}_3\text{PO}_4 = 1.1 \text{ meq/l (1 meq d'acide utilisable équivaut 3.3 meq /l de Po}_4^{-3}\text{)}$$

$$\text{HNO}_3 = 3.3 - 1.1 = 2.2 \text{ meq /l}$$

3.2.1.3. Formulation et reconstitution de l'eau saline naturelle

L'eau saline naturelle expérimentée est une eau qui caractérise la région de Gassi-Touil, qui se situe au sud-est de Ouargla. L'analyse de l'eau de Gassi-Touil montre qu'elle est riche en Mg^{2+} , Na^+ , Ca^{2+} , So_4^{-2} et Cl^- par rapport aux autres éléments utiles (NO_3^- et K^+). C'est une eau qui présente une salinité supérieure à 2.5 g/l. Elle nécessite donc une transformation afin qu'elle puisse être utilisée en irrigation.

Pour reconstituer cette eau, il suffit de connaître sa composition en éléments minéraux, ainsi que celle de Blida et à compléter la différence par un apport de sels minéraux approprié.

La composition de cette eau est présentée dans le tableau 6.5.

Tableau 6. 5 : Composition de l'eau saline naturelle en meg/l.

Ions	NO₃⁻	PO₄⁻³	SO₄⁻²	Cl⁻	Eau de Blida	Total
K⁺	0.20			0.30	0.00	0.50
Na⁺			9.35	5.85	1.30	16.50
Ca⁺²				6.30	2.80	9.10
Mg⁺²			6.60		1.80	8.40
NH₄⁺						
HCO₃⁻					4.08	2.22
Eau de Blida	0.35	0.00	0.80	0.60		
Total	0.55		16.75	13.05		
pH = 7.6						

Quantités et ordre de dissolution de sels :

$$\text{Mg SO}_4, 7\text{H}_2\text{O} = 6.60 \times 120.30 = 811.8 \text{ mg/l.}$$

$$\text{KNO}_3 = 0.20 \times 101 = 20.20 \text{ mg/l}$$

$$\text{NaCl} = 5.85 \times 58.45 = 341.93 \text{ mg /l}$$

$$\text{KCL} = 0.30 \times 74.50 = 22.35\text{mg /l}$$

$$\text{Na}_2 \text{SO}_4 = 9.35 \times 71 = 636.85 \text{ mg/l}$$

$$\text{Ca Cl}_2, 2\text{H}_2\text{O} = 6.30 \times 75 = 793.98 \text{ mg/l}$$

$$\text{Composition de l'eau de Blida} = 433.90 \text{ mg/l}$$

$$\text{Total des sels} : 2.75 \text{ g/l}$$

3.2.2.4. Formulation de la solution saline corrigée à partir de l'eau saline naturelle.

C'est une eau saline corrigée caractérisée par une teneur élevée en sels (sulfates, chlorures...). Elle contient une quantité suffisante en éléments nutritifs, ce qui fait que l'équilibre parfait entre anions et cations diminue les risques de toxicité.

La formulation de cette solution est faite en tenant compte des éléments présents dans l'eau de Blida et ceux que l'on doit apporter par différence.

Tableau 6.6 : Composition de l'eau saline corrigée en meg/l.

Ions	NO₃⁻	PO₄⁻³	SO₄⁻²	Cl⁻	Eau de Blida	Total
K⁺			7.60		0.00	7.60
Na⁺	5.85		2.45	6.90	1.30	16.50
Ca⁺²				6.30	2.80	9.10
Mg⁺²			6.60		1.80	8.40
NH₄⁺	1.80				0.00	1.80
H⁺	2.20	1.10				3.30
Eau de Blida	0.35	0.00	0.80	0.60		
Total	10.20	1.10	17.45	13.80		
PH = 5.8						

Quantités et ordre de dissolution des sels :

$$\text{HNO}_3 = 2.20 \times 63 = 138.6 \text{ mg/l}$$

$$\text{H}_3\text{PO}_4 = 1.10 \times 98 = 107.8 \text{ mg/l}$$

$$\text{Mg SO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} = 6.60 \times 120.3 = 793.98 \text{ mg/l}$$

$$\text{NH}_4 \text{NO}_3 = 1.80 \times 80 = 144 \text{ mg /l}$$

$$\text{NaCl} = 6.90 \times 58.45 = 403.30 \text{ mg/l}$$

$$\text{Na NO}_3 = 5.85 \times 85 = 497.25 \text{ mg/l}$$

$$\text{Na}_2 \text{SO}_4 = 2.45 \times 71 = 173.95 \text{ mg/l}$$

$$\text{K}_2 \text{SO}_4 = 7.60 \times 87 = 661.2 \text{ mg /l}$$

$$\text{Ca Cl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} = 6.3 \times 75 = 472.50 \text{ mg/l.}$$

Composition de l'eau de Blida = 188.9 mg/l

Composition des oligo-éléments A & B = 14.80 mg/l

Total des sels : 3.60 g/l

3.3. Préparation des solutions salines S2et S3 :

Ces solutions sont préparées avec l'eau de Blida (tableau 5et 6). On élabore préalablement des solutions concentrés, puis on dilue au moment de l'emploi.

Les produits sont apportés par ordre de dissolution en commençant par ceux à fonction acide et les plus solubles, ensuite on rajoute au fur et à mesure les autres produits pour éviter tout risque de précipitation des sels (les ions phosphates et sulfates se combinent au calcium pour former un précipité).

Les besoins en azote et en phosphore doivent être fournis selon une solution type COIC et LESAIN [32], à savoir :

- 12 meq/l d'azote total (10.2 meq de NO_3^- et 1.8 meq NH_4^+).
- 3.3 meq/l de phosphore.

En dernier lieu, on apporte les oligo-éléments (tableau 6.7), préconisé par COIC et LESAIN [32].

Tableau 6.7 : composition des Solutions mères complémentaires d'oligo- éléments A et B.

Solutions	Composition en éléments	Dose (g/l)	Prélèvement
A	Molybdate d'ammonium $(\text{NH}_4)_6\text{MO}_7, 14\text{H}_2\text{O}$	0.50	0.10
	Acide borique H_3BO_4	15.00	
	Sulfate de manganèse $\text{Mn So}_4, 4\text{H}_2\text{O}$	20.00	
	Sulfate de cuivre $\text{CuSo}_4, 5\text{H}_2\text{O}$	2.50	
	Sulfate de zink $\text{Zn So}_4, 7\text{H}_2\text{O}$	10.00	
B	Sequestrène de fer (138 Fe)	2.00	5.00

En fin, un contrôle systématique après chaque préparation se fait par la mesure de la conductivité électrique (CE) et le (pH) à l'aide d'un conductimètre électrique et un pH-mètre.

3.4- Irrigation.

Le système d'irrigation adopté est celui de la percolation discontinue à circuit ouvert (drainage perdu), qui permet l'évacuation de 30 à 40% de la dose d'arrosage et aussi l'aération racinaire au niveau des substrats.

Les besoins hydriques sont fonction du stade physiologique et de la température de la serre. Plus la plante grandit, en présence d'une température élevée et plus les besoins hydriques sont importants.

L'irrigation par les différentes solutions a commencé le 29/04/2001, c'est-à-dire 12 jours après le semis.

4. Méthode d'étude.

4.1. Paramètres mesurés.

Des mesures bio métriques ont été effectuées, a fin de voir le comportement des deux variétés de tomate vis-à-vis des différents milieux qui sont pour nous les différentes solutions testées.

Pour estimer les effets des différents milieux sur la croissance et la biomasse de tomate, nous avons effectué trois coupe correspond à différents stades du cycle de développement végétatif (soit 32 jours, 40 jours, 48jours) à savoir les différentes coupes :

Coupe 1 : C1 = 32 jours après semis.

Coupe 2 : C2 = 40 jours après semis.

Coupe 3 : C3 = 48 jours après semis.

Le procédé adopté étant celui de la destruction afin d'avoir une idée sur le diagnostic précoce des plantules en milieu salin avec adjonction d'un anti- stress « Ferti-Actyl ».

Autrement dit, le comportement des plantules est-il le même à 32 jours (lors du premier apport d'un anti- stress), à 40 jours et à 48 jours après semis ou y'aura- t-il changement de comportement à une période bien déterminée.

Au moment de chaque coupe, nous avons effectué les mesure biométrique suivante :

- Vitesse de croissance des plantules (cm/j) : La vitesse de croissance est obtenue par la mesure des plant tous les trois jours.

- La hauteur des tiges : Ce paramètre a été mesuré à l'aide d'une règle en fin de coupe.

- Le diamètre des tiges : Ce paramètre à été mesuré à l'aide d'un pied à coulisse en centimètre (cm).

- La Biomasse fraîche produit : A chaque coupe, nous avons pesé les différents organes en g/plante au moyen d'une balance de précision.

Les pesés sont :

Le Poids des feuilles }
Le Poids frais des tiges } Poids frais total (poids frais feuilles + poids frais tiges)

Le Poids frais des racines

- La Biomasse sèche produite: Après le séchage de la matière fraîche de chacune des parties de la plante dans l'étuve à 70C°, Jusqu'à stabilité du poids sec, on aura en g / plante.

Le Poids sec des feuilles }
Le Poids sec des tiges } Poids sec total (poids sec des feuilles + poids sec des tiges)

Le Poids sec des racines.

4.2. Estimation du bilan d'absorption hydrominérale

Avant chaque coupe un dispositif de percolation est mis en place afin d'estimer les besoins en eau et éléments minéraux des plants.

Le dispositif consiste à installer des flacons de drainage sous les pots expérimentés de façon à recueillir l'éventuel excès de la solution testée et ce devant 24 heures.

Le volume récupéré est estimé en (ml) par pot et par solution

Le pH et la CE sont également mesurés.

Le volume d'eau absorbé est calculé selon la relation suivante :

$$V \text{ absorbé} = \text{Volume donné} - \text{volume percolé.}$$

Le schéma suivant permet une description parfaite de cette option

Jour « j »

(Volume d'arrosage, PH, CE)

Après 24 heures, mesure de :

-Volume du percolat

-PH du percolât

-CE du percolât

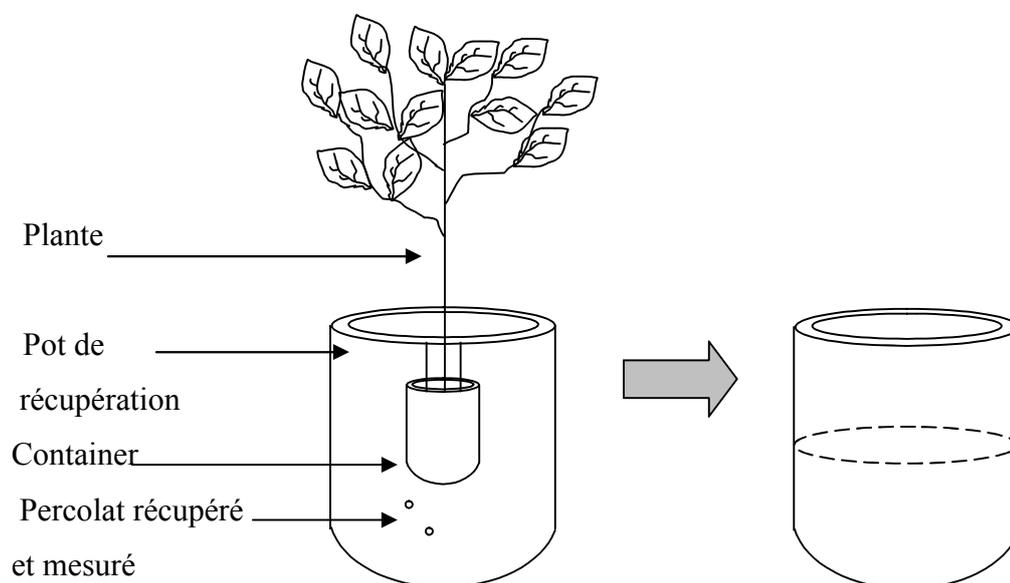


Figure 6.3 : Schéma représentant le procédé suivi pour l'estimation du bilan d'absorption hydrominérale.

5. Analyse statistique.

Les traitements des résultats ont été effectués par des méthodes statistiques sur ordinateur avec le logiciel STATITCF, au centre de calcul de l'institut d'agronomie. Ce programme nous a permis de faire.

- L'analyse de la variance.

Elle consiste à rechercher si l'effet traitement est significatif avec certains risques d'erreur. La signification des résultats exprimés en fonction de la probabilité pour une erreur réellement commise est :

$P > 0.000$ les traitements sont très hautement significatifs THS.

$P > 0.001$ les traitements sont hautement significatifs HS.

$P > 0.01$ les traitements sont significatifs S.

$P > 0.05$ les traitements sont non significatifs NS.

Dans notre analyse, la probabilité d'erreur de 5% a été choisie comme seuil de signification.

- Le test de Newman-Keuls au seuil de 5% qui permet de classer les moyennes et constituer les groupes homogènes. en se basant sur les plus petites amplitudes significatives (P.P.A.S).

Lorsque l'amplitude observée entre les moyennes extrêmes d'un groupe de moyennes sera inférieur à la P.P.A.S, alors nous pouvons déduire que ses moyennes constituent des groupes homogènes.

CHAPITRE 7 : RESULTAS ET DISCUSSION

1. Les paramètres de croissance :

1.1. La vitesse de croissance (Cm /j) :

Pour mieux observer l'interaction des deux variétés sous l'effet d'apport d'anti-stress, un suivi périodique de la vitesse de croissance a été effectué dès le début de l'attribution des solutions testées.

Les résultats sont présentés dans les tableaux suivants

Tableau 7. 8. La vitesse de croissance (Cm /j) en fonction de la variété et de l'apport d'anti-stress.

Prélèvement	F1	F3	S1	S2	S3
	P1 : 32 jours après le semis.	V1		0.17 ± 0.03 -	0.20 ± 0.03 -
V2			0.23 ± 0.05 -	0.22 ± 0.03 -	0.28 ± 0.05 -
P2 : 40 jours après le semis.	V1		0.22 ± 0.04 -	0.20 ± 0.04 -	0.31 ± 0.03 -
	V2		0.26 ± 0.02 -	0.24 ± 0.04 -	0.36 ± 0.04 -
P3 : 48 jours après le semis.	V1		0.25 ± 0.04 b	0.18 ± 0.04 c	0.37 ± 0.04 a
	V2		0.23 ± 0.03 c	0.24 ± 0.03 c	0.36 ± 0.03 a

V1: Marmande.
V2: Saint- Pierre

S1 : Eau de Blida.
S2: Eau saline naturelle de Gassi- touil
S3 : Eau saline naturelle de Gassi- touil corrigée

Tableau 7. 9. La vitesse de croissance (Cm /j) en fonction de la solution et de l'apport d'anti-stress.

Prélèvement	F2		S1	S2	S3
	F3				
P1 :32 jours après le semis.	A0		0.18 ± 0.03 -	0.19 ± 0.03 -	0.25 ± 0.06 -
	A1		0.24 ± 0.06 -	0.25 ± 0.05 -	0.33 ± 0.06 -
	A2		-	-	-
P2 :40 jours après le semis.	A0		0.20 ± 0.02 -	0.18 ± 0.04 -	0.30 ± 0.06 -
	A1		0.28 ± 0.03 -	0.26 ± 0.04 -	0.38 ± 0.03 -
	A2		0.23 ± 0.05 -	0.23 ± 0.05 -	0.38 ± 0.03 -
P3 :48 jours après le semis.	A0		0.21 ± 0,90 c	0.17 ± 0.04 d	0.36 ± 0.05 a
	A1		0.23 ± 0.04 c	0.22 ± 0.03 c	0.38 ± 0.02 a
	A2		0.28 ± 0.03 b	0.24 ± 0.05 bc	0.35 ± 0.04 a

A0 : Absence d'apport

A1 : Premier apport (au stade première feuille)

A2 : Deuxième d'apport (au stade quatre feuilles)

L'analyse de la variance révèle une différence hautement significative entre les deux facteurs F1F2 au risque de 1% au stade de prélèvement P3 pour le paramètre mesuré alors qu'elle est non significative durant les stades P1 et P2 (Annexe 01).

Le test de NEWMAN-KEULS indique la présence de trois groupes homogènes.

Selon les moyennes obtenues, nous remarquons que les combinaisons V1S3, V2S3 sont classés dans le même groupe (A), et présentent les vitesses de croissance les plus élevées. Par contre, le traitement V1S2 donne la vitesse de croissance la plus faible. Ceci a pour origine le déséquilibre ionique dans ce milieu, l'excès de sels et la faible teneur minéralogique en éléments utiles. Aussi, les carences des éléments nutritifs tels que,

l'azote, phosphore et notamment le potassium qui selon REY et COSTES [101] ralentit la croissance.

Le stress hydrique et nutritionnel et salin que les plantes subissent en milieu salin freine l'absorption hydrominérale et par conséquent la croissance est retardée. La variété Saint-Pierre semble être plus résistante à la salinité que la Marmande.

L'analyse de l'interaction des deux facteurs F2F3 montre une différence non significative aux 32 jours et 40 jours après le semis. Alors qu'elle est hautement significative aux 48 jours après le semis au risque de 1% (Annexe 01).

Le test de NEWMAN- KEULS indique la présence de 5 groupes homogènes.

Les valeurs les plus élevées ont été enregistrées au niveau des traitements S3 (A0, A1, A2) et qui sont classées dans le même groupe. La valeur la plus faible a été donnée par le traitement S2A0.

Quelque soit, le stade de l'apport d'anti-stress aux milieux salins témoins S1 et S2, a amélioré la vitesse de croissance des plants de tomate.

2.2. La hauteur finale des plants en fin de coupe (Cm).

Les résultats sont présentés dans les tableaux qui se suivent :

Tableau 7. 10. Hauteur des plants (cm) en fonction de la variété et de la solution.

Prélèvement	F2		S1	S2	S3
	F1				
P1 : 32 jours après le semis.	V1		4.82 ± 0.71 b	5.67 ± 0.79 b	7.39 ± 1.67 a
	V2		6.66 ± 1.28 b	6.21 ± 0.72 b	8.18 ± 1.22 a
P2 : 40 jours après le semis.	V1		8.58 ± 0.85 -	6.96 ± 1.47 -	11.02 ± 1.62 -
	V2		9.29 ± 0.85 -	8.54 ± 1.58 -	11.56 ± 1.61 -
P3 : 48 jours après semis.	V1		9.47 ± 0.94 c	8.07 ± 1.79 d	16.03 ± 2.06 a
	V2		10.36 ± 1.24 bc	11.41 ± 1.80 b	16.04 ± 1.28 a

Tableau 7.11. Hauteur des plants (Cm) en fonction de la variété et du stade de l'apport d'anti-stress.

Prélèvement	F3		A0	A1	A2
	F1				
P1 : 32 jours après le semis.	V1		5.31 ± 1.22 -	7.25 ± 0.99 -	-
	V2		6.32 ± 0.86 -	8.42 ± 1.50 -	-
P2 : 40 jours après le semis.	V1		7,53 ± 1,46 -	9,65 ± 1,31 -	9,37 ± 1.29 -
	V2		8.86 ± 1.64 -	10.80 ± 1.36 -	9.73 ± 1.13 -
P3 : 48 jours après semis.	V1		9.73 ± 1.94 -	12.11 ± 1.16 -	11.73 ± 1.79 -
	V2		11.69 ± 1.67 -	12.67 ± 1.18 -	13.44 ± 1.48 -

Tableau 7.12. Hauteur des plants (cm) en fonction de la solution et du stade de l'apport d'anti-stress.

Prélèvement	F2		S1	S2	S3
	F3				
P1 :32 jours après le semis.	A0		5.06 ± 0.79 -	5.33 ± 0.74 -	7.05 ± 1.51 -
	A1		7.12 ± 1.12 -	7.13 ± 0.89 -	9.27 ± 1.41 -
	A2		5.05 ± 0.84 -	5.37 ± 0.67 -	7.03 ± 1.46 -
P2 :40 jours après le semis.	A0		7.37 ± 0.74 d	6.48 ± 1.06 d	10.74 ± 0.75 abc
	A1		10.14 ± 1.59 bc	9.37 ± 1.46 c	11.17 ± 1.61 ab
	A2		9.30 ± 2.10 c	7.40 ± 1.51 d	11.96 ± 1.20 a
P3 :48 jours après le semis.	A0		7.93 ± 0.90 d	10,41 ± 2.08 bc	11,40 ± 2.25 b
	A1		8.61 ± 1.39 cd	9.84 ± 1.23 bc	10.77 ± 0.22 b
	A2		15.59 ± 1.02 a	16.92 ± 2.04 a	15.59 ± 1.79 a

Tableau 7.13. Hauteur des plants (cm) en fonction de la variété, de la solution et de l'apport d'anti-stress .

Prélèvement	F2 F3	V1			V2		
		S1	S2	S3	S1	S2	S3
P1 : 32 jours après le semis.	A0	4.38±0.73 -	4.84 ±0.84 -	6.70±1.98 -	5.74 ±0.94 -	5.82±0.72 -	7.40±1.09 -
	A1	5.68±0.77 -	7.34±0.88 -	8.74±1.43 -	8.55±1.99 -	6.92±1.00 -	9.80±1.71 -
	A2	-	-	-	-	-	-
P2 : 40 jours après le semis.	A0	6.74±0.67 fg	5.54±1.13 g	10.32±2.38 abcde	8.00±0.89 defg	7.42±2.10 efg	11.16±2.05 abc
	A1	8.68±1.22 bcdef	8.34±1.45 cdefg	11.94±1.56 a	11.60±1.03 ab	10.40±1.64 abcde	10.40±1.64 abcde
	A2	10.32±0.78 abcde	7.00±2.05 fg	10.80±1.03 abcd	8.28±1.27 cdefg	7.80±1.27 defg	13.12±1.47 a
P3 : 48 jours après le semis	A0	7.56 ± 0.47 -	6.94 ± 1.87 -	14.68±3.08 -	8.30 ± 1.26 -	10.28±2.50 -	16.0±1.39 -
	A1	9.94± 1.61 -	8.40± 1.39 -	17.98±0.46 -	10,88±1.31 -	11.8±1.2 -	15.6±1.30 -
	A2	10.90±0.49 -	8.88± 2.42 -	15.42±2.26 -	11.90±1.45 -	12.66±1.88 -	15.76±1.44 -

L'analyse de la variance pour l'interaction génotype-milieu (F1F2) est significative pour le paramètre au stade de prélèvement P1 au risque de 5% et hautement significative au stade de prélèvement P3. Par contre elle n'a pas été significative au stade de prélèvement P1 pour le paramètre mesuré (Annexe 02) ; ce qui explique bien l'effet remarquable des milieux sur le développement des deux génotypes de tomate à savoir V1 (Marmande) et V2 (Saint-Pierre).

Les deux variétés présentent la hauteur finale des plants la plus élevée en milieu salin corrigé (S3), par contre la hauteur la plus faible a été enregistré au niveau du milieu S2 (eau saline de Gassi-touil) pour la variété Marmande qui présente une certaine sensibilité par rapport à la variété Saint-Pierre.

L'interaction des deux facteurs F1F3 montre l'existence d'une différence non significative pour le paramètre étudié durant le stade végétatif.

D'après l'analyse de l'interaction factorielle F2F3 (milieu / apport anti-stress), il existe des différences significatives entre les traitements pour le paramètre étudié durant la deuxième et la troisième coupe (Annexe 02).

Selon les résultats observés dans le tableau 3.13, la hauteur finale la plus élevée a été obtenue au niveau du traitement S3A2 suivie par le traitement S3A1 ; par contre la hauteur la plus faible a été obtenue au niveau des traitements A0 (S1, S2) et S2A2.

Le test de Newman-Keuls indique la présence de six groupes homogènes.

Le traitement S3A2 qui donne les valeurs les plus élevées en P1 et P2 avec des moyennes respectives de 11.96 cm et 15.59cm. Le traitement S1A0 a enregistré la valeur la plus faible qui est de 7.37 en p2 et une valeur de 7.93 cm.

En effet, nous constatons que la dose de 0.5ml/l de ferti-actyl aux différents milieux testée (S1, S2, S3) au stade quatre feuilles stimulent et améliore la hauteur finale des plants. Ceci nous amène à dire que le ferti-actyl a une action positive sur le stress salin en réduisant leurs effets sur les plants.

Nos résultats sont similaires à ceux de TORCHIT [102], où il a montré que l'application d'une dose de 0,5 ml/l du Ferti-Actyl en milieu salin (S2) améliore légèrement la hauteur finale des plants de tomate (variété Marmande).

Selon l'analyse de la variance, l'interaction F1 F2 F3 est très hautement significative (Annexe 02).

Le test de Newman-Keuls a donné 12 groupes homogènes (tableau 7.13). Il ressort de ce test que les traitements V2S3A2 et V1S3A1 manifestent les hauteurs les plus élevées. La différence n'est pas significative entre le reste des traitements ou l'effet solution (milieu) n'est pas encore manifesté. A l'inverse, le traitement V1S1A0 présente la plus faible hauteur.

Ce rabougrissement ou nanisme au niveau des plants irrigués par l'eau du robinet (S1) est un symptôme lié à la forte salinité causant un stress hydrique, ce phénomène est aussi une des conséquences de carence nutritionnelle liée à l'azote, au phosphore et au potassium.

Le rabougrissement des plants induit par une forte salinité est un symptôme qui a été confirmé par les résultats de DAOUD et HALITIM [103]. Ainsi que ceux de SNOUSSI [76].

Par contre, les géotypes se développant dans un milieu riche en éléments minéraux tels que N, P, K et combinés à l'anti-stress, influencent positivement la hauteur finale des plants.

2.3. Diamètre des tiges (cm).

Les résultats sont présentés dans les tableaux qui se suivent :

Tableau 7.14. Diamètre des tiges (cm) en fonction de la variété et de la solution.

Prélèvement	F2		S1	S2	S3
	F1				
P1 : 32 jours après le semis.	V1		0.21±0.08 -	0.22 ± 0.05 -	0.27 ± 0.06 -
	V2		0.24 ± 0.01 -	0.28 ± 0.05 -	0.33 ± 0.06 -
P2 : 40 jours après le semis.	V1		0.30 ± 0.04 b	0.31 ± 0.03 b	0.40 ± 0.04 a
	V2		0.33 ± 0.02 b	0.33 ± 0.04 b	0.38 ± 0.04 a
P3 : 48 jours après semis.	V1		0.34 ± 0.05 c	0.36 ± 0.05 c	0.53 ± 0.14 a
	V2		0.38 ± 1.24 bc	0.41 ± 0.04 bc	0.45 ± 0.05 b

Tableau 7.15. Diamètre des tiges (Cm) en fonction de la variété et de l'apport d'anti-stress.

Prélèvement	F3		A0	A1	A2
	F1				
P1 : 32 jours après le semis.	V1		0.20 ± 0.05 -	0.31 ± 0.08 -	-
	V2		0.26 ± 0.04 -	0.33 ± 0.05 -	-
P2 : 40 jours après le semis.	V1		0.31 ± 0.03 -	9.65 ± 1.31 -	9.37 ± 1.29 -
	V2		0.34 ± 0.05 -	0.35 ± 0.03 -	0.35 ± 0.02 -
P3 : 48 jours après le semis.	V1		0.34 ± 0.04 c	0.40 ± 0.04 bc	0.48 ± 0.15 a
	V2		0.38 ± 0.05 bc	0.42 ± 0.03 ab	0.42 ± 0.04 ab

Tableau 7.16. Diamètre des tiges (cm) en fonction de la solution et du stade de l'apport d'anti-stress.

Prélèvement	F2	S1	S2	S3
	F3			
P1 :32 jours après semis.	A0	0.19 ± 0.03	0.21 ± 0.04	0.28± 0.06
	A1	0.29 ± 0.02	0.32± 0,05	0.34± 0.06
	A2	-	-	-
P2 :40 jours après semis.	A0	0.29 ± 0.03 d	0.29 ± 0.05 d	0.40 ± 0.04 a
	A1	0.36 ± 0.02 bc	0.33± 0,04 cd	0.37± 0.05 b
	A2	0.30 ± 0.03 d	0.33 ± 0.02 cd	0.40± 0.04 a
P3 :48 jours après semis.	A0	0.32 ± 0.04 -	0.35 ± 0.05 -	0.43 ± 0.05 -
	A1	0.38 ± 0.03 -	0.39 ± 0.04	0.47 ± 0.04
	A2	0.37 ± 0.06 -	0.42 ± 0.04 -	0.56± 0.8 -

Tableau 7.17. Diamètre des tiges (cm) en fonction de la variété de la solution et du stade d'apport d'anti-stress.

Prélèvement	F2 F3	V1			V2		
		S1	S2	S3	S1	S2	S3
P1 : 32 jours après le semis.	A0	0.18 ± 0.04 -	0.16 ± 0.05 -	0.25 ± 0.06 -	0.21 ± 0.01 -	0.26 ± 0.05 -	0.32 ± 0.07 -
	A1	0.27 ± 0.13 -	0.32 ± 0.04 -	0.33 ± 0.08 -	0.32 ± 0.01 -	0.31 ± 0.06 -	0.35 ± 0.06 -
	A2	-	-	-	-	-	-
P2 : 40 jours après le semis.	A0	0.27 ± 0.05 E	0.26 ± 0.04 e	0.41 ± 0.02 ab	0.30 ± 0.02 e	0.32 ± 0.06 cde	0.39 ± 0.06 abcd
	A1	0.33 ± 0.02 bcde	0.34 ± 0.04 abcde	0.41 ± 0.06 ab	0.39 ± 0.02 ab	0.32 ± 0.04 cde	0.32 ± 0.04 cde
	A2	0.34 ± 0.04 abcde	0.33 ± 0.02 cde	0.39 ± 0.05 abcd	0.30 ± 0.03 e	0.34 ± 0.02 abcde	0.41 ± 0.02 a
P3 : 48 jours après le semis	A0	0.29 ± 0.04 cf	0.32 ± 0.06 bc	0.42 ± 0.02 bc	0.34 ± 0.04 e	0.38 ± 0.04 abcde	0.43 ± 0.04 bc
	A1	0.36 ± 0.02 bc	0.36 ± 0.05 bc	0.47 ± 0.06 b	0.39 ± 0.04 b	0.41 ± 0.04 bc	0.47 ± 0.03 b
	A2	0.35 ± 0.09 bc	0.41 ± 0.05 bc	0.69 ± 0.06 a	0.39 ± 0.03 bc	0.44 ± 0.04 bc	0.44 ± 0.06 bc

L'analyse de la variance pour l'interaction entre les deux facteurs F1F2 est significative au stade 40 jours après le semis au risque de 5% et hautement significatif au stade 48 jours après le semis au risque de 1% (Annexe 03). Le test de Newman-Keuls indique la présence de deux groupes homogènes au stade P2 et quatre groupes homogènes au stade P3.

Selon les résultats obtenus dans le tableau 7.14, nous remarquons que le traitement V1S3 a enregistré le diamètre de tiges le plus élevé durant P2 et P3 par contre le diamètre de tiges le plus faible a été obtenu pour les traitements V1 (S1, S2), quelque soit le stade de coupe.

L'aspect chétif des tiges issues des milieux salins S1, S2 s'explique par le phénomène de plasmolyse qui aboutit à la formation des tiges moins rigides et moins développées.

L'interaction F1 F3 est significative au stade 48jours après le semis au risque de 5% (Annexe 03). Le test de Newman- Keuls a donné quatre groupes homogènes.

Les valeurs les plus élevées ont été données par les traitements V1A2 et V2 (A1, A2). Il est à noter qu'aux 48jours après le semis, le diamètre des tiges le plus élevé est obtenu avec l'apport d'anti-stress pour les deux variétés. La valeur la plus faible a été observée au niveau du traitement témoin V1A0; Ce qui explique que le deuxième apport d'anti-stress qui coïncide au stade quatre feuilles a amélioré le paramètre mesuré.

L'apport d'une dose de 0,5 ml/l du ferti-actyl a permis l'adaptation des variétés au stress salin notamment pour la variété V1 considérée sensible en milieu salin par rapport à la variété V2.

L'analyse factorielle F2 F3 est très hautement significative et ce durant le deuxième prélèvement (40 jours après semis) (Annexe 03). Le test de Newman- Keuls indique la présence de cinq groupes homogènes.

Les valeurs les plus élevées ont été obtenues au niveau des traitements S3 (A0, A2) avec 0,4 cm pour chacune des deux interactions suivies du traitement S3A1 avec 0,39 cm. Tandis que, les valeurs les plus faibles ont été obtenues au niveau des traitements S1 (A, A2) et S2A0 qui sont respectivement de 0.29, 0.30 et 0.29.

L'apport combiné d'anti-stress pour les différents milieux S1, S2 et S3 a amélioré légèrement le diamètre des tiges et ceci est très marqué au niveau du milieu S1.

L'analyse de la variance, montre une influence significative de F1 F2 F3 aux 40 jours et 48 jours après le semis (Annexe 03). Donc l'effet de la combinaison des trois facteurs exerce une influence significative sur le diamètre des tiges.

Il faut noter que la valeur la plus élevée est observée au niveau des traitements V2S3A2, A1S3 (A1, A2) avec 0,41 cm et ce au deuxième prélèvement. Alors qu'elle est observée au niveau du V1S3A2 pour le troisième prélèvement. Tandis que les valeurs les plus faibles ont été obtenues au niveau des traitements témoins V1A0 (S1,S2), V2S1A pour le stade de prélèvement P2 avec respectivement 0.26 cm, 0.20 cm et 0.30 cm et au niveau du traitement V1S1A0 avec 0.29 cm durant le P3.

2. Analyse de la végétation.

2.1. Nombre de feuilles par plant :

Ce comptage est réalisé au niveau de chaque plante au moment du prélèvement pour chacun des traitements.

Les résultats sont présentés dans les tableaux qui se suivent :

Tableau 7.18. Nombre de feuilles par plant en fonction de la variété et de la solution.

Prélèvement	F2		S1	S2	S3
	F1				
P1 : 32 jours après le semis.	V1		3.80 ± 0.63 -	3.47 ± 0.59 -	5.00 ± 0.81 -
	V2		3.75 ± 0.69 -	3.60 ± 0.41 -	4.40 ± 0.94 -
P2 : 40 jours après le semis.	V1		5.93 ± 0.65 b	5.60 ± 0.56 bc	7.80 ± 1.11 a
	V2		4.87 ± 0.97 cd	4.33 ± 0.68 d	5.60 ± 0.81 bc
P3 : 48 jours après le semis.	V1		6.47 ± 0.89 -	6.13 ± 0.70 -	9.33 ± 1.20 -
	V2		5.20 ± 0.72 -	5.00 ± 0.56 -	7.53 ± 0.96 -

Tableau 7.19. Nombre de feuilles par plant en fonction de la variété et du stade d'apport d'anti-stress.

Prélèvement	F3		A0	A1	A2
	F1				
P1 : 32 jours après le semis.	V1		3.73 ± 0.61 b	4.64 ± 0.79 a	3.87 ± 0.63 b
	V2		3.33 ± 0.63 b	5.08 ± 0.86 a	3.33 ± 0.63 b
P2 : 40 jours après le semis.	V1		5.93 ± 0.65 -	7.07 ± 0.72 -	6.33 ± 0.41 -
	V2		4.87 ± 0.61 -	5.07 ± 1.01 -	5.13 ± 0.81 -
P3 : 48 jours après le semis.	V1		6.67 ± 0.94 -	7.47 ± 1.12 -	7.80 ± 0.76 -
	V2		5.47 ± 0.74 -	6.07 ± 0.61 -	6.20 ± 0.91 -

Tableau 7.20. Nombre de feuilles par plant en fonction de la solution et du stade d'apport d'anti-stress.

Prélèvement	F2	S1	S2	S3
	F3			
P1 :32 jours après le semis.	A0	3.20 ± 0.60 -	3.00± 0.42 -	4.40± 0.82 -
	A1	4.82± 0.81	4.50± 0.63	5.30 ± 1.03 -
	A2	-	-	
P2 :40 jours après le semis.	A0	4.40 ± 0.67 c	4.70± 0.76 c	6.70± 1.25 a
	A1	6.30 ± 1.12 ab	5.50±0.70 bc	6.40 ± 0.82 ab
	A2	5.50± 0.67 bc	4.70 ± 0.37 c	7.00± 0.84 a
P3 :48 jours après le semis.	A0	5.00 ± 0.97 c	4.90± 0.52 c	8.30± 1.01 ab
	A1	5.80± 0.67 b	5.90 ± 0.67 b	8.60± 1.28 b
	A2	6.70± 0.82 b	5.90 ± 0.73 b	8.40± 0.99 b

Tableau 7.21. Nombre de feuilles par plant en fonction de la variété de la solution et du stade d'apport d'anti-stress.

Prélèvement	F2 F3	V1			V2		
		S1	S2	S3	S1	S2	S3
P1 : 32 jours après le semis.	A0	3.40 ± 0.55 cde	3.20 ± 0.45 cde	4.60 ± 0.89 abcd	3.00 ± 0.71 de	2.80 ± 0.45 e	4.20 ± 0.84 bcde
	A1	4.40 ± 0.84 abcde	3.80 ± 0.84 bcde	5.80 ± 0.84 a	5.25 ± 0.83 ab	5.20 ± 0.45 ab	4.80 ± 1.30 abc
	A2	–	–	–	–	–	–
P2 : 40 jours après le semis.	A0	5.20 ± 0.84 cdefg	5.00 ± 0.71 cdefg	7.60 ± 1.82 ab	3.60 ± 0.55 g	4.40 ± 0.89 efg	5.80 ± 0.45 cde
	A1	6.60 ± 0.89 bc	6.40 ± 0.55 bcd	8.20 ± 0.84 a	6.00 ± 1.41 bcde	4.60 ± 0.89 defg	4.60 ± 0.89 defg
	A2	6.00 ± 0.00 bcde	5.40 ± 0.55 cdef	7.60 ± 0.55 ab	5.00 ± 1.00 cdefg	4.00 ± 0.00 fg	6.40 ± 1.14 bcd
P3 : 48 jours après le semis	A0	5.60 ± 1.14 -	5.40 ± 0.55 -	9.00 ± 1.22 -	4.40 ± 0.89 -	4.40 ± 0.55 -	7.60 ± 0.89 -
	A1	6.20 ± 0.84 -	6.20 ± 0.84 -	10.00 ± 1.73 -	5.40 ± 0.55 -	5.60 ± 0.55 -	7.20 ± 0.84 -
	A2	7.60 ± 0.89 -	6.80 ± 0.84 -	9.00 ± 0.71 -	5.80 ± 0.84 -	5.00 ± 0.71 -	7.80 ± 1.30 -

D'après les tableaux de l'analyse de la variance (Annexe04), l'interaction F1F2 présente une différence significative durant le P2 au risque de 5%. Alors qu'elle est non significative au cours de P1 et P3. Le test de Newman-Keuls nous donne cinq groupes homogènes

Le nombre de feuilles par plant est plus important au niveau du traitement V1S3 qui se distingue seul dans le premier groupe avec un nombre de feuilles plus ou moins élevé que les autres traitements qui enregistrent des valeurs intermédiaires. Le traitement V1S2 a donné le nombre de feuille le plus faible. Ceci indique que le comportement de la variété V1 (Marmande) été meilleur que la variété V2 (Saint-Pierre).

Ce changement morfo- génétique au niveau des plants alimentés par des solutions salines implique certainement une réponse complexe d'un ensemble de gènes (repressées ou induit) faisant face aux interactions génotype -environnement.

Au stade 32 jours après le semis, l'interaction F1F3 est significative et dont les traitements sont classés en deux groupes. Les traitements A1 (V1, V2) se distinguent seuls dans le premier groupe avec un nombre de feuilles le plus élevé, qui sont respectivement de 4.67 et 5.08 par rapport aux traitements témoins, les autres traitements ont donné des valeurs intermédiaires.

L'interaction F2F3 est hautement significative aux 40 jours après le semis et significative aux 48 jours après le semis. Par contre elle est non significative aux 32 jours après le semis (Annexe04).

D'après le tableau 7.20, les traitements S3A0, S3A2 ont donné les meilleurs valeurs du nombre de feuilles avec des moyennes respectives : 7.00 et 6.70 ; les traitements S1A0 avec 4.40, S2 (A0, A2) avec 4.70 pour chacune des combinaisons ont données les valeurs les plus faibles par rapport aux autres traitements. L'effet combiné d'anti-stress est plus marqué au niveau du milieu S1 (Eau de Blida). Donc l'apport d'anti-stress au stade première feuille a inhibé l'effet de toxicité des éléments enregistré au niveau du milieu S1 au stade 40 jours après le semis.

Notant que la carence en azote entraîne une réduction de la surface foliaire avec réduction de l'activité photosynthétique par unité de surface ; ceci rend les photoassimilats plus disponibles pour l'élaboration des racines et des organes de réserves.

A ce propos TOLLEY et RAPER [106] ont travaillé sur le transfert des plantes de soja cultivées en hydroponie d'un milieu riche en un milieu pauvre en nitrate note en quelques jours un fort ralentissement de la croissance des jeunes feuilles et un blocage de la croissance des bourgeons après fourniture à nouveau du nitrate a ces mêmes plantes et de ce fait la croissance des jeunes feuilles reprend. Selon ces auteurs, le nitrate piloterait la croissance et par voie de conséquence celle des racines.

L'analyse de la variance nous fait constater que l'effet variété x solution x stade d'apport exerce un effet significatif au stade 32 et 40 jours après le semis au risque de 5%. Elle est non significative au stade 48 jours après le semis (annexe 04). Autrement dit, plus le milieu est salin et moins le nombre de feuilles par plant est important.

En se référant au tableau 7.21, on remarque que Les meilleures valeurs ont été données par le traitement V1S3A1 et ce jusqu'à la fin du cycle végétatif suivi par les traitements V1S3 (A2, A0). Ces résultats sont liés au facteur azote présent en quantité convenable jouant un rôle important dans la formation des feuilles.

Le nombre de feuilles le plus faible a été donné par le traitement V2S1A0 et ce jusqu'à la fin du cycle végétatif. Le nombre réduit de feuilles au niveau des plants alimentés par des solutions semble être dû à une chute importante des feuilles suite à l'effet toxique de certains éléments tels que les chlorures, les sulfates et à la carence en éléments minéraux et la concentration totale des sels (2.5g/l) du milieu alimentaire testé conduisant à une faible activité photosynthétique et par conséquent, le feuillage est moins important.

Ce nombre réduit confirme les résultats trouvés par HELLER [40], SATTI *et al* [11], SNOUSSI [76], MALLEM [105] où l'émission d'un nombre réduit de feuilles est l'une des réponses des plantes sensible au stress salin.

Les traitements combinés à l'anti-stress ont donné des résultats se rapprochant du milieu salin corrigé. Le premier apport d'anti-stress qui coïncide au stade première feuille et durant le 2^{ème} prélèvement après le semis a amélioré légèrement le nombre de feuilles et ce au niveau des milieux témoins S1 et S2. Ce qui pourrait expliquer que les plants des deux variétés de tomate présente une forme d'adaptation au stress enregistré dans les milieux témoins (S1, S2) afin d'atteindre un nombre de feuilles meilleur.

2.2. Poids frais total des plants (g).

Le poids frais total correspond à la somme du poids frais feuilles et du poids frais des tiges.

Tableau 7.22. Poids frais total des plants (g) en fonction de la variété et de la solution.

Prélèvement	F1 \ F2	S1	S2	S3
	P1 : 32 jours après le semis.	V1	0.42 ± 0.06 -	0.65 ± 0.17 -
V2		0.57 ± 0.21 -	0.77 ± 0.15 -	2.04 ± 0.81 -
P2 : 40 jours après le semis.	V1	1.33 ± 0.33 -	1.41 ± 0.35 -	4.92 ± 1.94 -
	V2	1.56 ± 0.28 -	1.89 ± 0.58 -	4.63 ± 1.57 -
P3 : 48 jours après le semis.	V1	2.04 ± 0.63 -	2.28 ± 1.11 -	9.38 ± 2.31 -
	V2	2.18 ± 0.43 -	3.12 ± 0.50 -	9.76 ± 1.22 -

Tableau 7.23. Poids frais total des plants (g) en fonction de la variété et du stade d'apport d'un anti-stress

Prélèvement	F1 \ F3	A0	A1	A2
	P1 : 32 jours après le semis.	V1	0.53 ± 0.30 -	1.44 ± 0.62 -
V2		0.88 ± 0.39 -	1.61 ± 0.65 -	-
P2 : 40 jours après le semis.	V1	2.25 ± 1.51 c	3.10 ± 1.24 a	2.30 ± 0.43 c
	V2	2.35 ± 1.46 a	2.60 ± 0.53 b	3.13 ± 0.69 a
P3 : 48 jours après le semis.	V1	3.58 ± 1.54 -	5.49 ± 1.39 -	4.64 ± 1.63 -
	V2	4.38 ± 0.89 -	5.46 ± 0.67 -	5.22 ± 0.83 -

Tableau 7.24. Poids frais total des plants (g) en fonction de la solution et du stade d'apport d'anti-stress.

Prélèvement	F2		S1	S2	S3
	F3				
P1 :32 jours après le semis.	A0		0.33 ± 0,08 -	0.43 ± 0.12 -	1.35 ± 0,59 -
	A1		0.81 ± 0,24 -	1.27 ± 0,24 -	2.49 ± 1.06 -
	A2		-	-	-
P2 :40 jours après le semis.	A0		0.79 ± 0,16 b	1.22 ± 0.53 b	4.89 ± 2.55 a
	A1		2,18 ± 0.47 b	2.23 ± 0.53 b	4.15 ± 1.52 a
	A2		1.36 ± 0.21 b	1.51 ± 0.37 b	5.28 ± 0.91 a
P3 :48 jours après le semis.	A0		1.01 ± 0,28 c	2.12 ± 0.81 c	8.80 ± 2.05 a
	A1		2.71 ± 0.74 b	2.82 ± 0.63 b	10,88 ± 1.66 a
	A2		2.60 ± 0.52 b	3.15 ± 1.12 b	9.03 ± 1.91 a

Tableau 7.25. Poids frais total des plants (g) en fonction de la variété, de la Solution et du stade de l'apport d'anti-stress.

prélèvement	F2 F3	V1			V2		
		S1	S2	S3	S1	S2	S3
P1 : 32 jours après le semis	A0	0.30 ± 0.06	0.32 ± 0.12	0.97 ± 0.54	0.37 ± 0.10	0.55 ± 0.12	1.73 ± 0.70
	A1	0.66 ± 0.05	1.32 ± 0.28	2.34 ± 1.12	0.96 ± 0.36	1.22 ± 0.23	2.34 ± 1.13
	A2	–	–	–	–	–	–
P2 : 40 jours après le semis.	A0	0.74 ± 0.15 d	0.89 ± 0.35 d	5.13 ± 2.79 ab	0.84 ± 0.20 d	1.56 ± 0.72 cd	4.65 ± 2.62 b
	A1	1.67 ± 0.52 cd	1.90 ± 0.51 cd	5.73 ± 2.20 ab	2.70 ± 0.48 cd	2.56 ± 0.61 cd	2.56 ± 0.61 cd
	A2	1.57 ± 0.31 cd	1.46 ± 0.19 d	3.89 ± 0.71 bc	1.15 ± 0.07 d	1.57 ± 0.53 cd	6.67 ± 1.17 a
P3 : 48 jours après le semis	A0	0.98 ± 0.31	1.55 ± 1.00	8.20 ± 2.69	1.05 ± 0.29	2.68 ± 0.68	9.41 ± 1.49
	A1	2.72 ± 0.95	2.35 ± 0.77	11.39 ± 2.29	2.71 ± 0.57	3.29 ± 0.55	10.38 ± 0.96
	A2	2.41 ± 0.61	2.93 ± 1.64	8.57 ± 2.49	2.79 ± 0.50	3.38 ± 0.34	9.50 ± 1.43

L'analyse de la variance, montre que l'interaction (F2F3) est significative au stade P2 au risque de 5% Elle est non significative au P1 et P3 (Annexe05). Le test de Newman-Keuls indique la présence de trois groupes homogènes (Tableau 7.23)

Les deux variétés ont enregistré les meilleures valeurs du poids frais total, la variété Marmande après application du Ferti-Actyl au stade première feuille, tandis que la variété Saint-Pierre après application de Ferti-Actyl au stade quatre feuilles. Cet effet contradictoire chez les deux variétés est peut être lié a des facteurs environnementaux autre que le milieu de culture.

L'analyse de la variance pour l'interaction F2F3, montre une différence significative au stade P2 et P3 au risque de 5% (Annexe05).

D'après les résultats du tableau 7.24, les traitements S3 (A0, A1, A2) ont présenté les valeurs les plus élevées se distinguant seule dans le premier groupe durant le deuxième et le troisième prélèvement comparés aux autres traitements.

L'adjonction d'une dose de 0.5ml/l a montré une différence significative pour ce paramètre entre les différents traitements. Il apparaît que l'apport d'anti-stress au stades A1 et A2 présenté par les traitements S1 (A1, A2) et S2 (A1, A2), a amélioré le poids frais total par rapport aux traitements témoins S1A0 et S2A0 qui ne bénéficient pas d'un apport d'anti-stress. Ceci nous amène à dire que le Ferti-Actyl a une action très positive sur le stress enregistré au niveau des milieux S1, S2 en réduisant leur effet sur les plants des deux génotypes étudiés.

Nous constatons aussi une différence très hautement significative entre les trois facteurs (F1, F2, F3) au risque de 1% et ce durant le deuxième prélèvement (Annexe05).

La comparaison des différentes interactions nous montre que le traitement V2S3A2 a donné le paramètre mesuré le plus élevé et que les traitements V1S1A0, V1S1S2 (A0, A2), V2S1 (A0, A2) ont manifesté les valeurs les plus faibles. Ce qui montre bien qu'il y'a eu déshydratation du cytoplasme cellulaire causé par un déficit hydrique.

La diminution de la biomasse fraîche est l'un des symptômes causés par le phénomène de la salinité. L'excès de sels selon MONGI [61], provoque la réduction de toutes les dimensions de la plante (Diminution de la surface foliaire, arrêt de la croissance et de l'allongement des organes et de leurs ramifications), ainsi qu'une perturbation dans le métabolisme azoté et glucidique, se traduisant par une réduction de la synthèse des protéines ce qui entraîne une chute des feuilles

La salinité du milieu naturel agit sur la croissance en diminuant la biomasse totale, en faisant tomber les feuilles qui atteignent le seuil d'accumulation de Na^+ [107].

2.3. Poids sec total des plants (g).

Le poids sec total correspondant a la somme du poids sec feuilles et du poids sec des tiges.

Les résultats sont présentés dans les tableaux qui se suivent :

Tableau 7.26. Poids sec total des plants (g) en fonction de la variété et de la solution.

Prélèvement	F2		S1	S2	S3
	F1				
P1 : 32 jours après le semis.	V1		0.06 ± 0.01 -	0.08 ± 0.02 -	0.15 ± 0.08 -
	V2		0.09 ± 0.02 -	0.10 ± 0,02 -	0.21 ± 0.09 -
P2 : 40 jours après le semis.	V1		0.14 ± 0.04 -	0.14 ± 0.04 -	0.49 ± 0.19 -
	V2		0.20 ± 0.04 -	0.20 ± 0.06 -	0.46 ± 0.16 -
P3 : 48 jours après semis.	V1		0.31 ± 0.10 -	0.26 ± 0.13 -	1.01 ± 0.25 -
	V2		0.33 ± 0.07 -	0.35 ± 0.06 -	1.06 ± 0.13 -

Tableau 7. 27. Poids sec total des plants (g) en fonction de la variété et du stade de l'apport d' anti-stress.

Prélèvement	F3		A0	A1	A2
	F1				
P1 : 32 jours après le semis.	V1		0.06 ± 0.03 -	0.18 ± 0.07 -	-
	V2		0.10 ± 0.04 -	0.21 ± 0.07 -	-
P2 : 40 jours après le semis.	V1		0.22 ± 0.15 b	0.31 ± 0.13 a	0.24 ± 0.05 b
	V2		0.23 ± 0.15 b	0.31 ± 0.06 a	0.31 ± 0.07 a
P3 : 48 jours après semis.	V1		0.41 ± 0.18 -	0.66 ± 0.17 -	0.51 ± 0.17 -
	V2		0.52 ± 0.11 -	0.61 ± 0.08 -	0.61 ± 0.09 -

Tableau 7.28. Poids sec total des plants (g) en fonction de la solution et du stade de l'apport d'anti-stress.

Prélèvement	F2 F3	S1	S2	S3
	P1 :32 jours après le semis.	A0	0.04 ± 0.01 -	0.05 ± 0.01 -
A1		0.14 ± 0.02 -	0.17 ± 0.03	0.27 ± 0.12
A2		0.04 ± 0.01 -	0.05 ± 0.01 -	0.14 ± 0.06 -
P2 :40 jours après le semis.	A0	0.05 ± 0.02 e	0.08 ± 0.03 de	0.32 ± 0.07 ab
	A1	0.24 ± 0.04 bc	0.21 ± 0.02 bc	0.36 ± 0.06 a
	A2	0.13 ± 0.03 cd	0.11 ± 0.03 cd	0.31 ± 0.07 b
P3 :48 jours après le semis.	A0	0.14 ± 0.04 d	0.27 ± 0.10 cd	1.00 ± 0.13 b
	A1	0.43 ± 0.12 c	0.31 ± 0.07 c	1.17 ± 0.19 a
	A2	0.39 ± 0.08 c	0.34 ± 0.13 c	0.95 ± 0.19 b

Tableau 7.29. Poids sec total des plants (g) en fonction de la variété, de la solution et du stade de l'apport d'anti-stress.

Prélèvement	F2 F3	V1			V2		
		S1	S2	S3	S1	S2	S3
P1 : 32 jours après le semis.	A0	0.03 ± 0.01 -	0.04 ± 0.01 -	0.10 ± 0.06 -	0.05 ± 0.01 -	0.06 ± 0.01 -	0.18 ± 0.08 -
	A1	0.10 ± 0.01 -	0.16 ± 0.03 -	0.26 ± 0.13 -	0.18 ± 0.03 -	0.17 ± 0.03 -	0.27 ± 0.13 -
	A2	-	-	-	-	-	-
P2 : 40 jours après le semis.	A0	0.05 ± 0.02 d	0.04 ± 0.03 d	0.29 ± 0.09 bc	0.06 ± 0.02 d	0.11 ± 0.03 d	0.34 ± 0.06 b
	A1	0.14 ± 0.04 d	0.07 ± 0.02 d	0.43 ± 0.06 a	0.14 ± 0.03 d	0.12 ± 0.03 d	0.30 ± 0.05 bc
	A2	0.11 ± 0.03 d	0.09 ± 0.05 d	0.25 ± 0.05 bcd	0.14 ± 0.03 d	0.13 ± 0.02 d	0.36 ± 0.07 b
P3 : 48 jours après le semis	A0	0.13 ± 0.05 c	0.18 ± 0.12 c	0.93 ± 0.31 b	0.14 ± 0.04 c	0.35 ± 0.09 c	1.07 ± 0.17 ab
	A1	0.44 ± 0.16 c	0.26 ± 0.09 c	1.28 ± 0.26 a	0.42 ± 0.09 c	0.35 ± 0.06 c	1.06 ± 0.10 ab
	A2	0.36 ± 0.09 c	0.33 ± 0.19 c	0.83 ± 0.24 b	0.42 ± 0.07 c	0.36 ± 0.03 c	1.06 ± 0.14 ab

L'analyse de la variance pour l'interaction F1F3 est significative aux 48 jours après le semis (annexe07).

L'analyse de la variance pour l'interaction des deux facteurs F1F3 est non hautement significative aux 40 et 48 jours après semis. Elle est non significative aux 32 jours après

D'après les résultats du tableau 7.28, nous constatons que la variété V1(Marmande) sous l'effet d'anti-stress au stade première feuille V1A1 qui a donné le poids sec total le plus élevé. A l'inverse, c'est toujours Marmande qui semble avoir le poids sec total le plus faible V1A0.

L'analyse de la variance pour l'interaction inter factorielle (F1F3) est hautement significative aux 40 et 48 jours après semis. Elle est non significative aux 32 jours après.

Le poids sec total le plus élevé est enregistré au niveau du traitement S3A2 et toujours lors de la 2^{ème} coupe l'apport d'anti-stress au stade première feuille améliore le paramètre mesuré dans la solution saline naturelle.

Selon le tableau 3.29, l'analyse de l'interaction F1F2F3 montre l'existence d'une différence très hautement significative au 40 jours après semis alors qu'elle est significative au 48 jours après semis.

Selon les résultats obtenus, le poids sec le plus élevé au niveau du traitement V2S3A2 avec 0,66 gr à la coupe, suivie par le traitement V1S3A1 que 1, 28 gr au niveau de la coupe 3.

Selon AYERS et WESTCOTT (1984), l'apport d'eau nécessaire pour assuré un rendement maximum tant en produit frais qu'en produit sec. Autrement dit, une plante a besoin de quantité importante d'eau pour produire de la matière sèche.

La concentration des sels est notamment le déséquilibre ionique au niveau des milieux témoins fait que la pression osmotique de ces dernières est supérieure à la pression des éléments minéraux vers les plantes à travers les parois du système racinaire se traduisant ainsi par une réduction de matière sèche.

2.4. Poids frais des feuilles (g).

Les résultats sont présentés dans les tableaux qui se suivent :

Tableau 7. 30. Poids frais des feuilles (g) en fonction de la variété et de la solution.

Prélèvement	F2		S1	S2	S3
	F1				
P1 : 32 jours après le semis.	V1		0.27 ± 0.07 -	0.41± 0.12 -	0.94± 0.49 -
	V2		0.39 ± 0.08 -	0.49± 0.10 -	1.36± 0.61 -
P2 : 40 jours après le semis.	V1		0.72 ± 0.25 -	0.89± 0.24 -	3.33± 1.39 -
	V2		0.85± 0.23 -	1.16± 0.36 -	3.09± 1.13 -
P3 : 48 jours après le semis.	V1		1.23 ± 0.42 -	1.54± 0.77 -	6.26± 1.02 -
	V2		1.23± 0.25 -	1.87± 0.27 -	6.81± 0.96 -

Tableau 7.31. Poids frais des feuilles (g) en fonction de la variété et du stade de l'apport d'anti-stress.

Prélèvement	F3		A0	A1	A2
	F1				
P1 : 32 jours après le semis.	V1		0.33 ± 0.19 -	0.95 ± 0.42 -	-
	V2		0.57 ± 0.28 -	1.10 ± 0.47 -	-
P2 : 40 jours après le semis.	V1		1.50 ± 1.06 b	1.98± 0.91 a	1.47± 0.30 b
	V2		1.52 ± 1.05 b	1.53± 0.34 b	2.06± 0.50 a
P3 : 48 jours Après le semis.	V1		2.32 ± 1.05 -	3.60± 1,02 -	3.10± 1.11 -
	V2		2.85 ± 0.61 -	3.70± 0.49 -	3.35± 0.67 -

Tableau 7.32. Poids frais des feuilles (g) en fonction de la solution et du stade de l'apport d'anti-stress.

Prélèvement	F2	S1	S2	S3
	F3			
P1 :32 jours après le semis.	A0	0.19 ± 0.07 -	0.26± 0.07 -	0.90± 0.42 -
	A1	0.59± 0.08 -	0.83± 0.17 -	1.64 ± 0.77 -
	A2	-	-	-
P2 :40 jours après le semis.	A0	0.42 ± 0.10 b	0.75± 0.35 b	3.35± 1.83 a
	A1	1.16 ± 0.39 b	1.38±0.33 b	2.71 ± 1.10 a
	A2	0.78± 0.14 b	0.94 ± 0.24 b	3.57± 0.67 a
P3 :48 jours après le semis.	A0	0.53 ± 0.15 -	1.31± 0.53 -	5.92± 1.41 -
	A1	1.65± 0.51 -	1.38 ± 0.40 -	7.48± 1.26 -
	A2	1.51± 0.30 -	1.96 ± 0.77 -	6.20± 1.39 -

Tableau 7.33. Poids frais des feuilles (g) en fonction de la variété de la solution et du stade de l'apport d'anti-stress.

prélèvement	V1						V2		
	F2	S1	S2	S3	S1	S2	S3		
	F3								
P1 :32 jours après le semis.	A0	0.18 ± 0.08 -	0.19 ± 0.07 -	0.64 ± 0.35 -	0.21 ± 0.06 -	0.33 ± 0.07 -	1.17 ± 0.52 -		
	A1	0.44 ± 0.06 -	0.85 ± 0.19 -	1.56 ± 0,76 -	0.74 ± 0.11 -	0.81 ± 0.16 -	1.73 ± 0.87 -		
	A2	-	-	-	-	-	-		
P2 : 40 jours après le semis.	A0	0.42±0.08 d	0.53±0.23 d	3.55±1.98 ab	0.42±0,14 d	0.98±0.47 cd	3.15±1.90 b		
	A1	0.86±0.42 cd	1.21±0.37 cd	3.86±1.61 ab	1.47±0.40 cd	1.56±0.34 cd	1.56±0.34 cd		
	A2	0.89±0.19 cd	0.94±0.12 cd	2.57±0.51 bc	0.66±0.10 d	0.94±0.34 cd	4.57±0.87 a		
P3 : 48 jours après semis	A0	0.54 ± 0.18 -	1.01±0.69 -	5.42±1,83 -	0.52±0.13 -	1.62±0.38 -	6.42±1.07 -		
	A1	1.69±0.65 -	1.64±0,54 -	7.49±1,71 -	1.60±0.38 -	2.03±0.26 -	7.47±0.79 -		
	A2	1.45±0.38 -	1.96±1.14 -	5.88±1.71 -	1.57±0.25 -	1.97±0.22 -	6.53±1.21 -		

L'analyse de l'interaction F1F2, est non significative durant tout le cycle végétatif pour le paramètre mesuré (Annexe06).

D'après l' Annexe06, L'interaction F1F3, montre une différence significative au stade 40 jours après le semis au risque de 5%. Le test de Newman-Keuls indique la présence de deux groupes homogènes.

D'après les résultats de tableau 7.31, on constate que Poids frais des feuilles le plus élevé a été donné par les traitements V1A1 et V2A2 qui sont classés dans le même groupe avec des valeurs respectivement de 1.98gr et 2.06gr.

Ceci explique que la réaction des deux variétés à l'effet combiné d'anti-stress est différente. Les autres valeurs ont donné des valeurs inférieures.

L'apport combiné d'anti-stress aux différentes solutions testées (Tableau 3.32) est significatif et ce durant le 2^{èm} prélèvement. Le test de Neuwman-Keuls indique la présence de deux groupes homogènes.

Les traitements S3 (A0, A1, A2) ont donné le meilleur poids frais des feuilles, par rapport aux autres traitements. Le milieu salin corrigé (S3) a donné le poids frais feuille le plus élevé quel que soit le stade d'apport d'anti-stress. L'équilibre nutritionnel et la richesse des éléments minéraux caractérisant le milieu salin corrigé (S3) a amélioré le poids frais des feuilles des deux génotypes de tomate. Alors que les autres traitements ont manifestés des valeurs faibles. Les milieux salins naturels S1, S2 combinés à l'anti-stress sont classés dans le même groupe que le témoin. Ceci montre bien que l'anti-stress n'influence pas le paramètre mesuré

L'analyse de la variance (annexe06), montre une différence très hautement significative au risque de 1% entre les différentes interactions au cours de 2^{ème} prélèvement. Le test de Neuwman-Keuls indique la présence de six groupes homogènes.

Le poids frais des feuilles le plus élevé est observé au niveau de V2S3A2 lors de la coupe 2 alors que les valeurs les plus faibles sont observés au niveau des traitements V1S1A0, V1S2A0, V2S1A0, V2S1A2 ; ce qui explique que l'effet de la salinité enregistré au niveau des milieux salins témoins a provoqué une réduction de poids frais des feuilles, ceci est l'une des conséquences d'une réduction de la photosynthèse, d'une perturbation de l'absorption hydrominérale et de la diminution de toutes les dimensions de la plante. Les autres traitements ont donnés des valeurs intermédiaires. L' effet combiné des trois facteurs a améliorés le poids frais des feuilles.

2.5. Poids sec des feuilles(g).

Les résultats sont présentés dans les tableaux qui se suivent :

Tableau 7. 34. Poids sec des feuilles par plant (g) en fonction de la variété et de la solution.

Prélèvement	F1 \ F2	S1	S2	S3
	P1 : 32 jours après le semis.	V1	0.05 ± 0.01 -	0.09 ± 0.09 -
V2		0.07 ± 0.01 -	0.07 ± 0.02 -	0.16 ± 0.07 -
P2 : 40 jours après le semis.	V1	0.09 ± 0.03 -	0.10 ± 0.03 -	0.36 ± 0.15 -
	V2	0.12 ± 0.04 -	0.13 ± 0.04 -	0.33 ± 0.12 -
P3 : 48 jours après le semis.	V1	0.21 ± 0.08 -	0.19 ± 0.10 -	0.69 ± 0.18 -
	V2	0.21 ± 0.04 -	0.23 ± 0.04 -	0.73 ± 0.11 -

Tableau 7.35. Poids sec des feuilles par plant (g) en fonction de la variété et du stade de l'apport d'anti-stress.

Prélèvement	F1 \ F3	A0	A1	A2
	P1 : 32 jours après le semis.	V1	0.07 ± 0.09 -	0.14 ± 0.05 -
V2		0.07 ± 0.03 -	0.16 ± 0.06 -	-
P2 : 40 jours après le semis.	V1	0.16 ± 0.11 -	0.21 ± 0.10 -	0.17 ± 0.04 -
	V2	0.16 ± 0.11 -	0.20 ± 0.05 -	0.22 ± 0.05 -
P3 : 48 jours après le semis.	V1	0.29 ± 0.13 -	0.45 ± 0.13 -	0.36 ± 0.12 -
	V2	0.35 ± 0.07 -	0.42 ± 0.06 -	0.40 ± 0.08 -

Tableau 7.36. Poids sec des feuilles par plant (g) en fonction de la solution et du stade de l'apport d'anti-stress .

Prélèvement	F3 \ F2	S1	S2	S3
	P1 :32 jours après le semis.	A0	0.03 ± 0.01 -	0.07 ± 0.11 -
A1		0.11 ± 0.01 -	0.13 ± 0.03 -	0.20 ± 0.09 -
A2		-	-	-
P2 :40 jours après le semis.	A0	0.04 ± 0.01 d	0.09 ± 0.04 cd	0.34 ± 0.19 ab
	A1	0.17 ± 0.06 c	0.16 ± 0.04 c	0.29 ± 0.12 b
	A2	0.10 ± 0.02 cd	0.10 ± 0.03 cd	0.39 ± 0.07 a
P3 :48 jours après le semis.	A0	0.08 ± 0.02 d	0.19 ± 0.07 c	0.68 ± 0.16 b
	A1	0.29 ± 0.09 c	0.21 ± 0.05 c	0.80 ± 0.14 a
	A2	0.27 ± 0.05 c	0.23 ± 0.10 c	0.64 ± 0.15 b

Tableau 7.37. Poids sec des feuilles par plant (g) en fonction de la variété, de la solution et du stade de l'apport d'anti-stress.

prélèvement	F2 F3	V1			V2		
		S1	S2	S3	S1	S2	S3
P1 :32jours après le semis.	A0	0.03 ± 0,01 -	0.10 ± 0.17 -	0.07 ± 0.04 -	0.04 ± 0.01 -	0.05 ± 0.01 -	0.13 ± 0.06 -
	A1	0.08 ± 0.01 -	0.13 ± 0.03 -	0.19 ± 0,10 -	0.14 ± 0.02 -	0.13 ± 0.03 -	0.20±0.10 -
	A2	-	-	-	-	-	-
P2 :40jours après le semis.	A0	0.04±0.01 e	0.06±0.03 e	0.36±0.20 ab	0.04±0.01 e	0.11±0.05 de	0.32±2.05 bc
	A1	0.09±0.04 de	0.14±0.04 de	0.41±0.17 ab	0.26±0.07 bcd	0.18±0.04 cde	0.18±0.04 cde
	A2	0.13±0.03 de	0.10±0.01 de	0.30±0.06 bc	0.08±0.01 de	0.11±0.04 de	0.48±0.09 a
P2 : 48 jours après le semis.	A0	0.08 ± 0.03 -	0.14±0.09 -	0.64±0.21 -	0.09±0.02 -	0.25±0.06 -	0.72±0.12 -
	A1	0.30±0.12 -	0.20±0.07 -	0.85±0.20 -	0.28±0.07 -	0.23±0.03 -	0.76±0.08 -
	A2	0.25±0.07 -	0.24±0.14 -	0.58±0.17 -	0.28±0.04 -	0.23±0.02 -	0.69±0.14 -

L'analyse de la variance pour les interactions F1F2, F2F3 est non significative des plants de deux variétés quelque soit le stade de prélèvement pour le paramètre mesuré (Annexe 10).

L'interaction des deux facteurs F2F3 est hautement significative durant les stades P2 et P3 sur le paramètre mesuré. Par contre elle est non significative au stade P1.

L'analyse de la variance, montre que l'effet solution x anti-stress (F2F3) est hautement significative durant les stades P2 et P3 sur le paramètre mesuré (Annexe 10).

Au stade 40 jours après le semis, Le test de Newman- Keuls a donné six groupes homogènes. On remarque que le traitement S3A2 a donné le poids sec des feuilles le plus élevé avec une valeur de 0.39, suivi par son témoin S3A0 (sans application d'anti-stress) avec une valeur de 0.34.

Au stade 48 jours après le semis, l'interaction inter factorielle (F2F3) a donné quatre groupes homogènes. On constate que c'est le traitement S3A1 qui occupe le premier groupe (A).

Le tableau 7.36, montre aussi que quelque soit le stade de prélèvement, le poids sec des feuilles le plus faible a été observé au niveau du traitement témoin S1A0 (Eau de robinet sans Ferti-Actyl).

L'apport d'anti-stress aux différents milieux est plus marqué aux 40 jours après le semis ou on a remarqué une légère amélioration au niveau des milieux combinés à l'anti-stress par rapport aux milieux témoins. Cependant, ces traitements ont formé un groupe plus ou moins homogène en fin de cycle végétatif quelque soit le stade d'apport.

L'effet de la salinité ainsi que le déséquilibre de la balance ionique au niveau des milieux salins témoins S1, S2 a provoqué une réduction du poids sec des feuilles.

L'analyse de la variance (Annexe 10) pour le paramètre mesuré est très hautement significative correspondant à l'interaction F1 F2 F3 au troisième prélèvement troisième. Par contre elle est non significative durant le premier et le deuxième prélèvement et sept groupes homogènes ont pu se former.

La variété Saint-Pierre a présenté la moyenne la plus élevée en milieu salin corrigé sous l'effet d'apport d'anti-stress au stade 4 feuilles (V2S3A2) qui est de 0.45 gr suivi par la variété Marmande dans le même milieu après apport d'anti-stress au stade première feuille suivie de son témoin avec respectivement de 0.41 g et 0.36 g.

Les valeurs les plus faibles ont été enregistrées pour les deux variétés au niveau du milieu S1 correspond à l'eau de Blida avec une valeur de 0.04 gr. Les autres traitements prennent des valeurs intermédiaires.

2.6. Poids frais des tiges (g).

Les résultats sont présentés dans les tableaux qui se suivent :

Tableau 7.38. Poids frais tiges (g) en fonction de la variété et de la solution.

Prélèvement	F2		S1	S2	S3
	F1				
P1 : 32 jours après le semis.	V1		0.20 ± 0.10 -	0.25 ± 0.06 -	0.48 ± 0.25 -
	V2		0.26 ± 0.08 -	0.28 ± 0.06 -	0.68 ± 0.21 -
P2 : 40 jours après le semis.	V1		0.60 ± 0.19 -	0.52 ± 0.14 -	1.59 ± 0.55 -
	V2		0.71 ± 0.11 -	0.67 ± 0.23 -	1.53 ± 0.47 -
P3 : 48 jours après le semis.	V1		0.81 ± 0.22 c	0.74 ± 0.34 c	3.12 ± 0.70 a
	V2		0.95 ± 0.21 bc	1.24 ± 0.26 b	2.95 ± 0.49 a

Tableau 7.39. Poids frais tiges (g) en fonction de la variété et du stade de l'apport d'anti-stress.

Prélèvement	F3		A0	A1	A2
	F1				
P1 : 32 jours après le semis.	V1		0.22 ± 0.13	0.49 ± 0.20	-
	V2		0.31 ± 0.11	0.59 ± 0.17	-
P2 : 40 jours après le semis.	V1		0.75 ± 0.44	1.13 ± 0.38	0.84 ± 0.15
	V2		0.83 ± 0.42	1.01 ± 0.24	1.07 ± 0.22
P3 : 48 jours après le semis.	V1		1.25 ± 0.50 d	1.88 ± 0.38 a	1.54 ± 0.52 c
	V2		1.53 ± 0.33 c	1.75 ± 0.34 b	1.87 ± 0.35 a

Tableau 7.40. Poids frais tiges (g) en fonction de la solution et du stade de l'apport d'anti-stress.

Prélèvement	F2	S1	S2	S3
	F3			
P1 :32 jours après le semis.	A0	0.17 ± 0.09 -	0.17 ± 0.05 -	0.45 ± 0.18 -
	A1	0.34 ± 0.10 -	0.44 ± 0.08 -	0.84 ± 0.31 -
	A2	-	-	-
P2 :40 jours après le semis.	A0	0.37 ± 0.07 c	0.46 ± 0.19 c	1.54 ± 0.74 a
	A1	1.02 ± 0.25 b	0.75 ± 0.23 bc	1.44 ± 0.44 a
	A2	0.58 ± 0.09 c	0.57 ± 0.16 c	1.71 ± 0.27 a
P3 :48 jours après le semis.	A0	0.48 ± 0.15 d	0.80 ± 0.29 cd	2.88 ± 0.67 b
	A1	1.07 ± 0.27 c	0.99 ± 0.26 c	3.40 ± 0.51 a
	A2	1.09 ± 0.23 c	1.19 ± 0,37 c	2.83 ± 0.65 b

Tableau7.41. Poids frais tiges (g) en fonction de la variété de la solution et du stade de l'apport d'anti-stress .

prélèvement	F2 F3	V1			V2		
		S1	S2	S3	S1	S2	S3
P1 : 32 jours après le semis.	A0	0.19 ± 0.12 -	0.13 ± 0.05 -	0.34 ± 0.20 -	0.16 ± 0.05 -	0.21 ± 0.05 -	0.57 ± 0.19 -
	A1	0.22 ± 0.08 -	0.48 ± 0.09 -	0.78 ± 0.36 -	0.47 ± 0.12 -	0.41 ± 0.08 -	0.90 ± 0.29 -
	A2	-	-	-	-	-	-
P2 : 40 jours après le semis.	A0	0.32 ± 0.07 f	0.34 ± 0.12 f	1.58 ± 0.82 abc	0.42 ± 0.07 f	0.58 ± 0.26 ef	1.50 ± 0.74 bc
	A1	0.81 ± 0.35 def	0.69 ± 0.18 def	1.87 ± 0.60 ab	1.23 ± 0.19 cde	0.80 ± 0.30 def	1.00 ± 0.29 cdef
	A2	0.67 ± 0.13 def	0.52 ± 0.14 ef	1.32 ± 0.21 bcd	0.48 ± 0.04 f	0.63 ± 0.19 def	2.10 ± 0.35 a
P3 : 48 jours après le semis	A0	0.43 ± 0.13 d	0.55 ± 0.31 d	2.78 ± 0.87 c	0.53 ± 0.18 d	1.06 ± 0.31 d	2.99 ± 0.52 b
	A1	1.04 ± 0.31 d	0.71 ± 0.24 d	3.70 ± 0.59 a	1.10 ± 0.25 d	1.26 ± 0.31 d	2.90 ± 0.49 b
	A2	0.96 ± 0.23 d	0.97 ± 0.51 d	2.69 ± 0.79 d	1.23 ± 0.26 d	1.41 ± 0.22 d	2.97 ± 0.56 b

L'analyse de la variance (Annexe07), révèle l'existence d'une différence non significative durant le P1 et P2. Elle est significative lors du troisième prélèvement.

Les deux variétés donnent le meilleur poids frais des tiges en milieu salin corrigé (S3) avec une valeur de 3.12 gr pour V1 (Marmande) et 2.95 gr pour V2 (Saint-Pierre). Par contre la variété Marmande présente des valeurs faibles en milieu S1 (eau du robinet) et S2 (eau saline naturelle); ce qui explique que la sensibilité aux sels est plus marquée chez V1 en comparaison avec V2.

L'aspect chétif des plants en milieu S1, S2 est dû à une nutrition minérale déséquilibrée et incomplète donnant un poids frais des tiges le plus faible durant tout le cycle végétatif des deux génotypes.

L'apport d'anti-stress aux différents milieux testés est très hautement significatif lors de 2^{ème} et le 3^{ème} prélèvement. Le traitement S3 A1, a présenté le poids frais le plus élevé par rapport aux autres traitements testés et ce jusqu'à la fin du cycle végétatif. Le traitement témoin S1A0 a présenté la valeur la plus faible.

On note que dans chaque coupe, les milieux témoins à l'exception du milieu salin corrigée (S3) ont présenté une différence non significative. L'apport combiné du fertia-ctyl au stade première feuille a amélioré le paramètre étudié.

L'analyse de l'interaction F1F2F3, montre l'existence d'une différence très hautement significative au stade 40 jours au risque de 1 pour mille et significative au stade 48 jours après le semis. Par contre elle est non significative au stade 32 jours après semis (Annexe 07).

Selon les résultats, Le poids frais des tiges est plus élevé au niveau du traitement V2S3A2 qui est classé seul dans le premier groupe. Par contre, le traitement V1S3A1 qui donne le poids le plus élevé en fin du cycle végétatif.

Les traitements A0 (V1S1, V1S2), V2S1 (A0, A2) manifestent les valeurs les plus faibles du paramètre mesuré durant les trois prélèvements; ce qui explique que l'interaction variété- milieu salin naturel n'a pas d'effet sur le poids frais des tiges sous l' effet d'apport d'anti- stress en fin du cycle végétatif.

2.7. Poids sec des tiges (g).

Les résultats sont présentés dans les tableaux qui se suivent :

Tableau 7.42. Poids sec des tiges (g) en fonction de la variété et de la solution.

Prélèvement	F2		S1	S2	S3
	F1				
P1 : 32 jours après le semis.	V1		0.01 ± 0.00 -	0.02 ± 0.02 -	0.04 ± 0.02 -
	V2		0.02 ± 0.01 -	0.02 ± 0.01 -	0.05 ± 0.02 -
P2 : 40 jours après le semis.	V1		0.10 ± 0.15 -	0.04 ± 0.01 -	0.13 ± 0.05 -
	V2		0.07 ± 0.01 -	0.07 ± 0.02 -	0.14 ± 0.04 -
P3 : 48 jours après semis.	V1		0.10 ± 0.03 -	0.07 ± 0.03 -	0.32 ± 0.07 -
	V2		0.12 ± 0.03 -	0.12 ± 0.03 -	0.34 ± 0.06 -

Tableau 7.43. Poids sec des tiges (g) en fonction de la variété et du stade de l'apport d' anti-stress.

Prélèvement	F3		A0	A1	A2
	F1				
P1 : 32 jours après le semis.	V1		0.02 ± 0.02 -	0.04 ± 0.02 -	-
	V2		0.02 ± 0.01 -	0.05 ± 0.01 -	-
P2 : 40 jours après le semis.	V1		0.06 ± 0.04 -	0.10 ± 0.03 -	0.11 ± 0.15 -
	V2		0.08 ± 0.04 -	0.11 ± 0.02 -	0.09 ± 0.02 -
P3 : 48 jours après le semis.	V1		0.13 ± 0.05 c	0.21 ± 0.04 a	0.15 ± 0.05 bc
	V2		0.17 ± 1.67 abc	0.19 ± 0.04 ab	0.21 ± 0.04 a

Tableau 7.44. Poids sec des tiges (g) en fonction de la solution et de l'apport d'anti-stress .

Prélèvement	F2	S1	S2	S3
	F3			
P1 :32 jours après le semis.	A0	0.01 ± 0,00	0.02 ± 0.03	0.04 ± 0.02
	A1	0.03 ± 0.01	0.04 ± 0.01	0.07 ± 0.03
	A2	–	–	–
P2 :40 jours après le semis.	A0	0.03 ± 0.01 -	0.04 ± 0.02 -	0.13 ± 0.06 -
	A1	0.10 ± 0.02 -	0.07 ± 0.02 -	0.12 ± 0.04 -
	A2	0.12 ± 0.19 -	0.04 ± 0.01 -	0.14 ± 0.02 -
P3 :48 jours après le semis.	A0	0.05 ± 0.02 e	0.08 ± 0.03 de	0.32 ± 0.07 b
	A1	0.14 ± 0.04 c	0.09 ± 0.02 cde	0.36 ± 0.06 a
	A2	0.13 ± 0.03 cd	0.11 ± 0.03 cd	0.31 ± 0.07 b

Tableau 7.45. Poids sec des tiges (g) en fonction de la variété, de la solution et du stade de l'apport d'anti-stress.

prélèvement	F2 F3	V1			V2		
		S1	S2	S3	S1	S2	S3
P1 : 32 jours après le semis.	A0	0.01 ±0.00 -	0.32 ±0.04 -	0.03 ±0.02 -	0.02 ±0.01 -	0.07 ±0.03 -	0.04 ±0.02 -
	A1	0.04 ±0.01 -	0.03 ±0.01 -	0.07 ±0.03 -	0.04 ±0.01 -	0.04 ±0.01 -	0.04 ±0.02 -
	A2	-	-	-	-	-	-
P2 : 40 jours après le semis.	A0	0.03±0.01 a	0.03±0.01 a	0.16±0.05 a	0.13±0.02 a	0.06±0.03 a	0.13±0.07 a
	A1	0.08±0.03 a	0.06±0.02 a	0.10±0.02 a	0.03±0.01 a	0.09±0.03 a	0.09±0.03 a
	A2	0.19±0.29 a	0.04±0.01 a	0.29±0.09 bc	0.06±0.02 d	0.05±0.02 a	0.18±0.03 a
P3: 48 jours après le semis	A0	0.05 ± 0.02 d	0.04±0.03 d	0.43±0.06 a	0.14±0.03 d	0.11±0.03 d	0.34±0.06 b
	A1	0.14±0.04 d	0.07±0.02 d	0.25±0.07 c	0.14±0.03 d	0.12±0.03 d	0.30±0.05 bc
	A2	0.11±0.03 d	0.09±0.05 d	0.13±0.07 a	0.04±0.01 a	0.13±0.02 d	0.36±0.07 b

L'interaction des deux facteurs F1F2 exerce un effet non significatif durant les trois stades de prélèvement. La combinaison variété-solution n'influence pas le poids sec de tiges.

L'analyse de l'interaction F1F3 révèle une différence hautement significative au stade 48 jours au risque de 1% après le semis. La différence est non significative au stade 32 et 40 jours après le semis (Annexe 11). Le test de Newman-Keuls a donné cinq groupes homogènes.

D'après le tableau 7.43, les résultats montrent que le poids sec des tiges le plus élevé est observé au niveau des combinaisons V1A1 et V2A2 avec une moyenne de 0.21 ± 0.04 suivi par la combinaison V2A1 avec une moyenne de 0.19 ± 0.04 . La valeur la plus faible a été enregistré au niveau de la combinaison V1A0 avec une moyenne de 0.13 ± 0.05 .

Nous pouvons conclure que l'effet d'adjonction du « Ferti-actyl » aux différents stades d'application a amélioré le paramètre mesuré et donne des comportements différents pour les deux variétés. Ces dernières ont données la même valeur du poids sec tiges sauf que le stade d'apport diffère.

La réponse des plants de tomate à l'apport d'anti-stress dépend du génotype. La variété V1 après application du Ferti-actyl au stade première feuille, alors que la variété V2 après application du Ferti-actyl au stade quatre feuilles. Ce qui explique bien que la variété Marmande s'adapte mieux au stress salin enregistré au niveau des milieux témoins S1 et S2 après application du « Ferti-actyl » au stade première feuille que la variété Saint-Pierre .

L'analyse de la variance pour l'interaction F2F3 est significative au stade 48 jours au risque de 5% après le semis (Annexe 11). Le test de Newman-Keuls nous donne sept groupes homogènes (Annexe 7.44).

Le traitement S3A1 a donné le poids sec des tiges le plus élevé avec une moyenne de 0.36 ± 0.06 suivi par les traitements S3 (A1, A2) avec des moyennes respectives de 0.32 ± 0.04 et 0.31 ± 0.04 . Les valeurs les plus faibles ont été enregistrés au niveaux des traitements témoins A0 (S1, S2) qui sont respectivement de (0.05 ± 0.02 et 0.08 ± 0.03). Les autres traitements ont des valeurs intermédiaires.

Donc l'apport d'anti-stress aux différents stades a atténué l'effet de toxicité enregistré surtout au niveau des milieux témoins notamment le milieu S1 (Eau de robinet).

Au stade 40 jours après le semis, L'analyse de l'interaction F1F2F3 est significative sur le paramètre étudié (Annexe 11). Le test de Newman-Keuls nous donne un seul groupe homogène.

Le traitement V2S3A2 a montré la meilleure valeur avec une moyenne de 0.18 ± 0.03 . Par contre la valeur la plus faible a été enregistré par les traitements V1A0 (S1, S2) et V2S1A2 avec une moyenne de 0.03 ± 0.01 .

Au stade 48 jours après le semis, les différents traitements ont montré une certaine hétérogénéité. L'analyse de la variance (annexe11) montre que l'effet de F1F2F3 sur le paramètre étudié est hautement significatif durant la troisième coupe. Le V1S3A1 donne le poids sec tiges le plus élevé. Excepté V2S3 (A0, A2) les traitements témoins ou combinés à l'anti-stress semblent enregistrés le poids sec tiges le plus faible donc l'apport d'anti-stress aux différents stades et aux différents milieux à savoir S1etS2. Ceci est dû vraisemblablement à un excès de sulfates (SO4--) dans le milieu favorisant le durcissement des tiges d'où un taux de matière sèche le plus faible.

2.8. Poids frais des racines (g).

Les résultats sont présentés dans les tableaux qui se suivent :

Tableau 7. 46. Poids frais racines (g) en fonction de la variété et de la solution.

Prélèvement	F2		S1	S2	S3
	F1				
P1 : 32 jours après le semis.	V1		0.32 ± 0.13 -	0.26 ± 0.08 -	0.55 ± 0.32 -
	V2		0.30 ± 0.03 -	0.42 ± 0.12 -	0.60 ± 0.23 -
P2 : 40 jours après le semis.	V1		1.29 ± 0.57 -	1.15 ± 0.32 -	2.71 ± 1.12 -
	V2		1.44 ± 0.38 -	1.33 ± 0.51 -	2.48 ± 0.86 -
P3 : 48 jours après le semis.	V1		1.92 ± 0.98 -	1.80 ± 0.80 -	4.63 ± 1.65 -
	V2		1.85 ± 0.55 -	2.24 ± 0.41 -	4.06 ± 0.47 -

Tableau 7.47. Poids frais racines (g) en fonction de la variété et du stade de l'apport d'anti-stress.

Prélèvement	F1 \ F3	A0	A1	A2
	P1 : 32 jours après le semis.	V1	0.24 ± 0.13 -	0.65 ± 0.30 -
V2		0.29 ± 0.13 -	0.73 ± 0.19 -	-
P2 : 40 jours après le semis.	V1	1.53 ± 0.82 -	1.87 ± 0.96 -	1.76 ± 0.31 -
	V2	1.37 ± 0.77 -	1.98 ± 0.49 -	1.90 ± 0.57 -
P3 : 48 jours après le semis.	V1	2.06 ± 1.08 -	3.38 ± 1.47 -	2.91 ± 1.00 -
	V2	2.31 ± 0.40 -	3.04 ± 0.62 -	2.80 ± 0.35 -

Tableau 7. 48. Poids frais racines (g) en fonction de la solution et du stade l'apport d'anti-stress.

Prélèvement	F3 \ F2	S1	S2	S3
	P1 :32 jours après le semis.	A0	0.21 ± 0.10 -	0.18 ± 0.07 -
A1		0.51 ± 0.10 -	0.68 ± 0.15 -	0.82 ± 0.40 -
A2		-	-	-
P2 :40 jours après le semis.	A0	0.92 ± 0.24 d	0.87 ± 0.41 d	2.55 ± 1.32 ab
	A1	1.83 ± 0.77 bcd	1.65 ± 0.45 cd	2.29 ± 1.01 abc
	A2	1.35 ± 0.31 d	1.19 ± 0.44 d	2.94 ± 0.59 a
P3 :48 jours après le semis.	A0	1.17 ± 0.39 d	1.46 ± 0.51 d	3.92 ± 1.29 b
	A1	2.23 ± 1.05 c	2.18 ± 0.49 c	5.23 ± 1.61 a
	A2	2.26 ± 0.84 c	2.42 ± 0.87 c	3.89 ± 0.53 b

Tableau 7.49. Poids frais racines (g) en fonction de la variété, de la solution et stade de l'apport d'anti-stress.

prélèvement	F2 F3	V1			V2		
		S1	S2	S3	S1	S2	S3
P1 : 32 jours après le semis.	A0	0.22 ± 0.15 -	0.14 ± 0.08 -	0.35 ± 0.19 -	0.19 ± 0.03 -	0.21 ± 0.06 -	0.48 ± 0.23 -
	A1	0.50 ± 0.14 -	0.51 ± 0.10 -	0.94 ± 0,53 -	0.51 ± 0.04 -	0.84 ± 0.20 -	0.84 ± 0.28 -
	A2	-	-	-	-	-	-
P2 : 40 jours après le semis.	A0	1.00 ± 0.30 cd	0.73 ± 0.38 d	2.84 ± 1.46 ab	0.83 ± 0.20 cd	1.01 ± 0.49 cd	2.27 ± 1.34 abcd
	A1	1.21 ± 0.99 cd	1.56 ± 0.46 bcd	2.83 ± 1.42 ab	2.44 ± 0.59 abc	1.74 ± 0.51 bcd	1.74 ± 0.51 bcd
	A2	1.66 ± 0.30 bcd	1.16 ± 0.12 cd	2.46 ± 0.47 abc	1.04 ± 0,36 cd	1.23 ± 0.65 cd	3.42 ± 0.75 a
P3 : 48 jours après le semis	A0	1.23 ± 0.57 -	1.16 ± 0.57 -	3.79 ± 1.86 -	1.11 ± 0.15 -	1.76 ± 0.51 -	4.05 ± 0.52 -
	A1	2.08 ± 1.30 -	1.92 ± 0,47 -	6.14 ± 2.37 -	2.38 ± 0.89 -	2.44 ± 0.57 -	4.32 ± 0.48 -
	A2	2.45 ± 1.15 -	2.31 ± 1.30 -	3.97 ± 0.69 -	2.06 ± 0.49 -	2.53 ± 0.14 -	3.80 ± 0.39 -

L'analyse de la variance concernant les interactions F1F2 et F1F3, révèle une différence non significative, cela veut dire que le milieu et le stade de développement n'exercent aucune influence sur le poids frais racinaire et ce quelque soit le stade de prélèvement (Annexe 08).

Le tableau 7.48, montre que l'interaction inter F2F3 est significative et ce durant le 2^{ème} et le 3^{ème} prélèvement pour le paramètre mesuré (Annexe 08). D'après les résultats recueillis, nous constatons que le traitement S3A1 a présenté la meilleure valeur du poids frais des racines. Les valeurs les plus faibles ont été présentées au niveau des traitements A0 (S1 et S2).

L'apport combiné d'anti-stress aux différents milieux testé a amélioré l'effet de toxicité des sels enregistrés surtout au niveau des milieux salins S1 et S2 au stade première feuille qui coïncide au premier apport (A1) par rapport au stade quatre feuilles (A2).

L'analyse de l'interaction des trois facteurs F1F2F3 révèle une différence hautement significative entre les traitements testés au cours de deuxième prélèvement. Alors que cette analyse est non significative au P1 et P3 pour le paramètre mesuré (Annexe 08).

Le test de Newman-Keuls a donné sept groupes homogènes. Il ressort de ce test que les meilleurs résultats semblent être enregistrés au niveau des traitements V2S3A2 suivi du V1S3 (A0 et A1) par rapport à la valeur recueillie au niveau du traitement V1S2A0. Ce dernier se trouve entravé par la réduction de la photosynthèse, et donc incidence sur l'assimilation du CO₂.

Aussi l'augmentation de la pression osmotique que les sels provoquent, ainsi la diminution de l'absorption minérale entraînant une chute de la biomasse fraîche racinaire.

2.9. Poids sec des racines (g).

Les résultats sont présentés dans les tableaux qui se suivent :

Tableau 7. 50. Poids sec racines (g) en fonction de la variété et de la solution.

Prélèvement	F2		S1	S2	S3
	F1				
P1 : 32 jours après le semis.	V1		0.05± 0.02 -	0.06 ± 0.07 -	0.13 ± 0.03 -
	V2		0.05 ± 0.02 -	0.07 ± 0.02 -	0.14 ± 0.08 -
P2 : 40 jours après le semis.	V1		0.13 ± 0.06 -	0.13± 0.04 -	0.25± 0.11 -
	V2		0.18± 0.05 -	0.18 ± 0.07 -	0.30 ± 0.10 -
P3 : 48 jours après le semis.	V1		0.29 ± 0.13 c	0.23± 0.12 c	0.70 ± 0.28 a
	V2		0.24± 0.07 c	0.25 ± 0.05 c	0.46± 0.05 b

Tableau 7.50. Poids sec racines (g) en fonction de la variété et du stade de l'apport d'anti-stress.

Prélèvement	F3		A0	A1	A2
	F1				
P1 : 32 jours après le semis.	V1		0.01 ± 0.02 -	0.09 ± 0.03 -	-
	V2		0.06 ± 0,03 -	0.11 ± 0.03 -	-
P2 : 40 jours après le semis.	V1		0.15 ± 0.08 b	0.19 ± 0.10 b	0.18 ± 0.03 b
	V2		0.14 ± 0.08 b	0.31 ± 0.08 a	0.22 ± 0.06 b
P3 : 48 jours après le semis.	V1		0.29 ± 0.17 c	0.56 ± 0.25 a	0.36 ± 0.14 b
	V2		0.28 ± 0.05 c	0.37 ± 0.08 b	0.30 ± 0.04 c

Tableau 7.50. Poids sec racines (g) en fonction de la solution et du stade de l'apport d'anti-stress .

Prélèvement	F2	S1	S2	S3
	F3			
P1 :32 jours après le semis.	A0	2.04 ± 0.02 -	0.03 ± 0.02 -	0.07 ± 0.02 -
	A1	0.08 ± 0.02 -	0.10 ± 0.05 -	0.12 ± 0.06 -
	A2	-	-	-
P2 :40 jours après le semis.	A0	0.08 ± 0.02 c	0.10 ± 0.05 c	0.24 ± 0.13 ab
	A1	0.23 ± 0.09 ab	0.24 ± 0.07 ab	0.28 ± 0.11 a
	A2	0.15 ± 0.04 bc	0.13 ± 0.05 c	0.31 ± 0.06 a
P3:48 jours après le semis.	A0	0.14 ± 0.05 e	0.16 ± 0.06 de	0.56 ± 0.21 b
	A1	0.35 ± 0.14 cd	0.25 ± 0.06 cde	0.79 ± 0.29 a
	A2	0.30 ± 0.12 cde	0.31 ± 0.13 cde	0.39 ± 0.05 c

Tableau 7. 50. Poids sec racines (g) en fonction de la variété, de la solution et du stade de l'apport d'anti-stress.

Prélèvement	F2 F3	V1			V2		
		S1	S2	S3	S1	S2	S3
P1 : 32 jours après le semis.	A0	0.03 ± 0.02 -	0.02 ± 0.01 -	0.04 ± 0.03 -	0.04 ± 0.02 -	0.04 ± 0.01 -	0.09 ± 0.05 -
	A1	0.08 ± 0.02 -	0.08 ± 0.02 -	0.12 ± 0.06 -	0.08 ± 0.00 -	0.13 ± 0.03 -	0.13 ± 0.04 -
	A2	-	-	-	-	-	-
P2 : 40 jours après le semis.	A0	0.09 ± 0.03 de	0.09 ± 0.05 e	0.26 ± 0.14 abcd	0.08 ± 0.02 e	0.11 ± 0.06 cde	0.23 ± 0.13 abcde
	A1	0.13 ± 0.11 cde	0.19 ± 0.06 bcde	0.26 ± 0.14 abcd	0.34 ± 0.08 ab	0.29 ± 0.09 abc	0.29 ± 0.09 abc
	A2	0.18 ± 0.03 bcde	0.12 ± 0.01 cde	0.24 ± 0.04 abcde	0.13 ± 0.05 cde	0.14 ± 0.08 cde	0.38 ± 0.08 a
P3 : 48 jours après le semis	A0	0.14 ± 0.07 d	0.13 ± 0.06 d	0.61 ± 0.30 b	0.15 ± 0.02 d	0.20 ± 0.06 cd	0.50 ± 0.07 bc
	A1	0.37 ± 0.16 bcd	0.22 ± 0.06 cd	1.10 ± 0.43 a	0.33 ± 0.13 bcd	0.28 ± 0.06 cd	0.49 ± 0.05 bc
	A2	0.36 ± 0.17 bcd	0.35 ± 0.20 bcd	0.38 ± 0.06 bcd	0.23 ± 0.06 cd	0.28 ± 0.02 cd	0.40 ± 0.04 bcd

L'analyse de la variance pour l'interaction factorielle F1F2 est hautement significative au risque de 1% et ce au troisième prélèvement. Cette dernière ne montre aucune différence significative au premier et deuxième prélèvement (Annexe 12).

Le test de Newman-Keuls a donné trois groupes homogènes. La variété V1 a exprimé le poids sec racinaire le plus élevé au milieu salin corrigé (S3) avec une moyenne de 0.70 ± 0.28 par rapport à la variété V2 qui a enregistré dans ce même milieu une moyenne de 0.46 ± 0.06 . Par ailleurs, le poids sec le plus faible a été enregistré en milieux salins naturels S1 et S2 pour les deux génotypes.

L'augmentation de la pression osmotique au niveau du milieu salin provoque soit des troubles au niveau des flux transmembranaire soit une sortie de l'eau vers l'espace intracellulaire.

Il est à noter que le milieu salin corrigé (S3) est pourvu en éléments potassium et pour cela le système racinaire est le plus développé. Selon les travaux de JACOB et JENESSEN [108], le potassium intervient dans le développement du système racinaire. Des résultats analogues ont été trouvés en 1984 par SNOUSSI [109].

L'analyse de l'interaction F1F3, montre l'existence d'une différence significative à la deuxième et la troisième coupe. Alors qu'elle est non significative à la première coupe (Annexe 12).

Au stade 40 jours après le semis, Le traitement V2A1 a donné un poids sec nettement plus élevé ; par contre au stade 48 jours après le semis, c'est le traitement V1A1 qui a présenté le poids sec le plus élevé par rapport aux autres traitements

D'après l'annexe 12, l'interaction F2F3 est très hautement significative au stade 32 jours et significative au stade 40 jours après le semis, alors qu'elle est non significative lors du premier prélèvement.

Selon les résultats du tableau 7.52, le PSR le plus élevé est observé au niveau du traitement S3A1 et toujours lors de 2^{ème} et le 3^{ème} prélèvement avec respectivement 0.28 gr et 0.79 gr. Tandis que les valeurs les plus faibles sont observées au niveau du S1 A0, S2 (A0, A2) lors du 2^{ème} prélèvement. Ce qui explique que l'effet toxique des sels se propage d'un stade à un autre jusqu'à l'arrêt de la croissance et peut en finir par la mort du végétal.

L'apport d'anti-stress au niveau des milieux salins témoins S1S2 a amélioré le poids sec racinaire en fin du cycle de développement végétatif.

L'analyse de la variance montre l'effet combiné de F1F2F3 sur le paramètre étudié est hautement significatif au deuxième et au troisième prélèvement. Ce dernier ne montre aucune différence significative au premier prélèvement. (Annexe 12)

Il est à noter que la valeur la plus élevée est observée au niveau du V2S3A2 et V2S1A1 avec respectivement 0.38 gr et 0.34 gr et ce aux 40 jours après le semis alors qu'elle est observée au niveau du V1S3A1 aux 48 jours après le semis. Les valeurs les plus faibles ont été observées au niveau des milieux témoins à savoir S1 et S2.

L'effet conjugué des trois facteurs variété x solution x anti-tress a amélioré le poids sec racinaire pour la variété marmande.

3. L'absorption hydrominérale.

Afin d'estimer l'absorption hydrominérale des plants des deux variétés, un dispositif est mis au point représenté par un pot de culture contenant la plante et le substrat. Cet ensemble est déposé sur un pot de récupération. Après une irrigation journalière, on récupère le percolat au jour J+1 tout en mesurant le volume drainé.

On estime le pourcentage de l'absorption hydrominérale par la relation suivante :

$$\% \text{ absorption} = \left[\frac{\text{Volume donné} - \text{volume drainé}}{\text{volume donné}} \right] \times 100.$$

Il faut noter que le pH et la CE des solutions testées mesurées avant chaque opération.

Les solutions de départ sont notées pH_i et CE_i, le pH et la CE sont également mesurés à la fin de chaque coupe (C1, C2, C3) et sont notés pH_f et CE_f.

L'absorption minérale est estimée en trois périodes :

- 32 jours après le semis.
- 40 jours après le semis.
- 48 jours après le semis.

La différence entre la quantité de la solution apportée et la quantité drainée représente la consommation de la surface couverte. Donc plus le volume drainé est faible et plus l'absorption est importante.

D'après les tableaux 7. 54 et 7. 55, nous remarquons que le pH final est plus élevé que le pH initial au niveau de tous les milieux (Témoins ou combinés à l'anti-stress) ; ceci est dû probablement au prélèvement de l'élément NO_3^- qui est nécessaire au développement des plants des deux variétés ce qui entraîne une alcalinisation du milieu.

La CE finale est plus élevée que la CE initiale en C1 et C , suite d'une part à l'accumulation préalable de sels au niveau du substrat et d'autre part aux quantités de sels qui n'ont pas été absorbées par la plante, donc ces dernières se trouvent dans le percolat.

A la C3 la CE finale pour le traitement S1A1 qui coïncide avec le stade première feuille où on a enregistré une CE finale inférieure à la CE initiale, ceci montre bien qu'il y a lieu absorption de sels par les plantes des deux variétés [26].

Ces résultats sont obtenus à la date :

- 12/05/2002 et sous une température de 29°C (serre) et 31°C(substrat).
- 22/05/2002 et sous une température de 32°C (serre) et 34°C(substrat).
- 22/05/2002 et sous une température de 32°C (serre) et 33° C(substrat).

D'après les volumes obtenus de percolat et d'après le taux d'absorption, nous constatons que les besoins hydriques et minéraux des plants sont plus élevés au 32^{ème} jour après le semis. Ensuite, ils diminuent au 40^{ème} jours et augmentent de nouveau après 48 jours après le semis.

Selon Blanc [29], la concentration saline de la solution nutritive joue un rôle prépondérant dans l'alimentation hydrique de la plante. Elle détermine la pression osmotique de la solution. Celle-ci doit être inférieure à la pression osmotique du suc cellulaire pour que l'eau puisse diffuser de la solution vers la plante.

Il reste à signaler que, les faibles taux d'absorption présentés par les milieux témoins s'explique par le déséquilibre de la balance ionique du milieu et des difficultés d'assimilation des éléments minéraux en milieu salin, ainsi que l'accumulation des sels au niveau des racines engendrent inévitablement une mauvaise absorption racinaire. Cette constatations reste valable quelque soit le stade de coupe.

Alors que les milieux combinés à l'anti-stress manifestent le taux le plus élevé durant les trois coupes quelque soit le stade d'apport. L'absorption hydrominérale est dominante chez Saint-Pierre comparativement avec la variété Marmande à chacune des périodes étudiées.

En outre, la chute du taux d'absorption des plantes enregistrés au stade de la deuxième coupe peut être expliquée par l'augmentation de la température de l'air ainsi que la température du substrat, le jour de la réalisation du percolat ce qui a influencé le taux d'absorption hydrominérale, ceci confirme l'hypothèses de MAZLIAK [53] selon laquelle la température influence l'absorption.

En définitif, nous pouvons conclure que l'estimation du bilan de l'absorption hydrominérale des plants de tomate après adjonction d'une dose de 0,5 ml/l du ferti-actyl aux différents milieux témoins notamment S1 et S2 améliore l'absorption hydrominérale de la tomate le jour du prélèvement. Ceci pourrait être dû à un changement au niveau de l'absorption racinaire notamment aux flux transmembranaire, des pompes à ions où a l'effet bio stimulant du ferti-actyl qui permet une bonne adaptation des plants de tomate au milieu salin.

Tableau 7. 54. Estimation du bilan d'absorption hydrominérale au cours des trois coupes pour la variété « Marmande ».

Solution parametres		Apport 1			Apport 2			Témoins		
		S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3
pHi	C1	7.90	7.60	6.02	7.80	7.48	5.86	7.80	7.48	5.86
	C2	7.77	7.49	5.79	7.77	7.48	5.79	7.68	7.39	5.80
	C3	8.01	7.87	7.44	7.97	7.87	6.44	7.80	7.71	5.95
CEi	C1	0.52	2.80	3.80	0.51	2.63	3.44	0.41	2.63	3.44
	C2	0.64	2.42	3.46	0.61	2.42	3.46	0.40	2.32	3.42
	C3	0.52	2.76	3.42	0.52	2.76	3.42	0.42	2.30	3.20
pHf	C1	7.82	7.52	6.77	7.79	7.54	6.86	7.79	7.54	6.86
	C2	8.17	8.07	7.67	8.11	8.04	7.65	7.85	7.40	6.70
	C3	8.15	8.05	7.59	8.18	8.03	7.67	8.23	7.86	6.82
CEf	C1	0.68	3.22	4.74	0.59	2.97	4.58	0.59	2.97	4.58
	C2	0.90	3.36	4.84	0.91	3.31	4.89	0.61	3.04	4.77
	C3	0.45	4.03	6.49	0.94	4.03	5.50	3.95	4.01	6.44
Volume de la solution donnée (ml)		60	60	60	60	60	60	60	60	60
Moyenne du volume du percolat	C1	30.70	27.40	23.20	34.60	31.00	26.80	34.00	32.00	24.80
	C2	28.60	32.80	25.60	30.70	32.80	27.20	37.20	36.20	20.80
	C3	26.40	30.80	20.40	26.80	30.60	24.20	32.20	30.40	24.00
Volume de la solution absorbée (ml)	C1	29.30	32.60	36.80	25.40	29.00	33.20	26.00	28.00	35.20
	C2	31.40	27.20	34.40	29.30	27.20	32.80	22.80	23.80	39.20
	C3	33.60	29.20	39.60	33.20	29.40	35.80	27.80	29.60	36.00
Pourcentage d'absorption (%)	C1	48.83	51.33	61.33	42.33	48.33	55.33	43.33	46.66	58.66
	C2	52.33	45.33	57.33	48.83	45.33	54.66	38.00	39.66	65.33
	C3	56.00	48.66	66.00	55.33	49.00	59.66	46.33	49.33	60.00

Tableau 7. 55. Estimation du bilan d'absorption hydrominérale au cours des trois coupes pour la variété « Saint-Pierre ».

Solution parameters		Apport 1			Apport 2			Témoins		
		S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3
pHi	C1	7.90	7.60	6.02	7.80	7.48	5.86	7.80	7.48	5.86
	C2	7.77	7.49	5.79	7.77	7.48	5.79	7.68	7.39	5.80
	C3	8.01	7.87	7.44	7.97	7.87	6.44	7.80	7.71	5.95
CEi	C1	0.52	2.80	3.80	0.51	2.63	3.44	0.41	2.63	3.44
	C2	0.64	2.42	3.46	0.61	2.42	3.46	0.40	2.32	3.42
	C3	0.52	2.76	3.42	0.52	2.76	3.42	0.42	2.30	3.20
pHf	C1	7.98	7.52	6.87	7.88	7.52	6.84	7.89	7.52	6.84
	C2	8.30	7.73	8.07	8.23	8.14	7.64	7.87	7.50	6.81
	C3	8.18	8.06	7.67	8.13	8.11	7.54	8.09	7.96	7.08
CEf	C1	0.68	3.43	4.61	0.55	3.03	4.64	0.56	0.05	4.65
	C2	0.89	3.43	5.20	0.87	3.40	5.30	0.54	3.08	4.67
	C3	0.47	4.01	5.49	0.90	4.19	5.42	3.99	4.52	7.04
Volume de la solution donnée (ml)		60	60	60	60	60	60	60	60	60
Moyenne du volume du percolat	C1	26.80	24.80	20.80	31.00	27.44	21.40	31.00	27.60	21.40
	C2	25.60	29.60	23.20	30.00	32.75	21.75	33.40	34.75	21.33
	C3	23.40	27.00	25.80	24.40	26.60	24.00	31.40	28.25	23.50
Volume de la solution absorbée (ml)	C1	33.20	35.20	39.20	29.00	32.56	38.60	29.00	32.40	38.60
	C2	34.40	30.40	36.80	30.00	27.25	38.25	26.60	25.25	38.66
	C3	36.60	33.00	34.20	35.60	34.40	36.00	28.60	31.75	36.50
Pourcentage d'absorption (%)	C1	55.33	58.66	65.33	50.00	54.26	64.33	51.66	54.00	64.33
	C2	57.33	50.66	61.33	50.00	54.41	63.75	44.33	42.08	64.43
	C3	61.00	55.00	57.00	59.33	55.66	60.00	47.66	52.91	60.83

CONCLUSION

Les résultats de cette étude nous ont montré que la salinité enregistrée au niveau des milieux témoins, notamment l'eau de Blida et l'eau saline naturelle de Gassi-Touil, diminue la croissance des jeunes plants de tomate, ainsi que sa photosynthèse, elle provoque un nanisme qui est une caractéristique des plantes sous l'effet du stress salin.

L'effet remarquable de toxicité de sels qui se manifeste au niveau des milieux témoins est du à :

- Une augmentation de la pression osmotique de la solution (milieu) qui provoque un ralentissement de la transpiration et par conséquent de l'absorption de l'eau.
- Une faible alimentation minérale résultante de l'élévation de la concentration du NaCl provoque un déséquilibre anionique se traduisant par une diminution de l'absorption des éléments essentiels pour la nutrition tels que : le potassium et le calcium, notamment dans le processus biochimique et physiologique.
- Une forte teneur en CaCO_3 dans le milieu S1 (Eau de Blida) qui est nocive pour les jeunes plantules entraîne des perturbations d'ordre nutritionnelles puis physiologiques.

L'interaction génotype-milieu salin sous l'effet d'anti-stress a amélioré significativement les paramètres de croissance tels que la vitesse de croissance, la hauteur finale des tiges, le nombre de feuilles et le poids frais et sec des différents organes végétatifs et qui manifestent un comportement proche des plants issus du milieu salin corrigé (S3) des deux génotypes. A l'exception du poids sec total et du poids sec des tiges où on a enregistré des résultats non significatifs. Les traitements V2S3A2 et V1S3A1 qui donnent les meilleures performances concernant l'ensemble des paramètres étudiés. Les faibles valeurs ont été données par les traitements témoins.

L'adjonction d'une dose de 0.5 ml/l du Fert-Actyl aux différents milieux testés d'une journée sur trois a bien atténué l'effet de toxicité des milieux salins utilisés seuls, puisque cette dernière nous a permis d'obtenir des résultats significatifs comparés à ceux des milieux témoins pour les paramètres étudiés.

En fin du cycle végétatif c'est-à-dire 48 jours de culture l'apport d'anti-stress au stade première feuille a donné des résultats meilleurs que l'apport d'anti-stress au stade quatre feuilles. Il a été remarqué, que le comportement des deux variétés sous l'effet d'anti-stress est différent. La variété Marmande a donné de meilleurs résultats après application du Ferti-Actyl au stade première feuille par contre la variété Saint- Pierre après application du Ferti-Actyl au stade quatre feuilles.

Ceci montre bien que la réponse de la plante à l'apport d'anti-stress dépend de la durée de traitement et du stade de développement. Donc, la variabilité dépend des facteurs intrinsèques liés à la variété (caractère variétale, capacité physiologique de la plante, stade de développement) et des facteurs externes (milieu de culture, conditions de la serre, saison de culture).

Aussi, il a été observé une légère amélioration de l'absorption hydrominérale des plants des deux variétés se développent sur milieu salin combiné à l'anti-stress comparée à ceux qui se développent en milieux témoins S1 et S2 . L'adjonction d'une dose de 0.5ml/l de Ferti-Actyl aux différents milieux témoins salins a amélioré l'absorption racinaire quelque soit le stade de l'apport.

Enfin, nous pouvons dire que l'application de l'anti-stress a un effet atténuant sur le rôle néfaste du stress osmotique des plantes, et son utilisation joue un rôle important sur la précocité des plants de tomate.

Donc, à l'issue de cet essai, il nous est clairement apparu que l'expression du potentiel génétique d'un matériel végétal est régit par le milieu environnant, et que par conséquent, la productivité dépendra surtout de l'interaction génotype- milieu.

Vue l'importance d'une telle démarche pour l'augmentation de la résistance à la salinité ; il est recommandé de poursuivre ce type d'étude afin de confirmer les résultats obtenus dans de telles conditions (salinité accompagné de fortes températures) durant le cycle complet de la plante et de faire des analyses complémentaires tels que : dosage d'éléments nutritifs, dosage de la chlorophylle, la prolinedans les organes de tomate afin de comprendre d'une part, les réactions métaboliques sous un stress salin et en milieux stimulés par des apports d'anti-stress et d'autre part, de bien cerner l'utilisation et l'efficacité du « Ferti-Actyl ».

REFERENCES

1. **Bouraoui, N., Grignon, C, ZID, E.,** " Effet de NaCl sur la croissance et la respiration du triticale (X- triticosecal Wittmack) ", Cahiers agricultures, V.7, n°5, (septembre-octobre 1998), 2-6.
2. **Lasram, M.,** " Comportement des plantes en milieu salé et placées en pourtour méditerranée ", académie d'agriculture, n°2, (1995), 47-60.
3. **Katerji, V.,** " Réponse des cultures à la contrainte hydrique d'origine saline : Approches empiriques et mécanistes ", ACR .ACAD .Agric, V. 81, n°2, (1995), 73-86.
4. **Levy, D., Fogelman, E., Ytzhak, Y.,** " Influence of waters and soil salinity on emergence and early development of potato (*solanum tuberosum*. L)cultivars and effect of physiological age of seed tubers ", Potato Res, n°36,(1993), 335-340.
5. **Schwarz, M.,** " New molecular approach to improving salt tolerance in crop plants ", Annals of botany, n°82, (1998), 703-710.
6. **Epstein, E., Norly, J.D. and Rush, D.W.,** "saline culture of crops ", A genetic approach Science, n°210, (1980),399 – 404
7. **Mizrahi, Y.and Pasternac, D.,** " Effect of salinity on quality of various agricultural a crops ",Plant. soil, n°89, (1985), 301-307.
8. **Wincov, L.** " New molecular approaches to improving salt tolerance in crop plants", Annals of botany, n°82, (1998), 703-710.
9. **Heuer, B., Schaffer, A., Meiri, A.,** " Saline water irrigation and gypsum amendment effects on the quality of seeds ", Eur. J. Agronomy, V.3, n°1,(1994), 69-74.
10. **Feigin, A.,** " Fertilization management of crops irrigated with saline water ", Plant. soil, V. 89, n° 2, (1985), 258-299.
11. **Satti, S.M.E., Lopez, M. et Fahd, (A. AL-SAID),** " Salinity induced changes in vegetative and productive growth in tomato ", Commun, Soil. Sci. Plant. Annals, V.25, n°5-6, (1994), 501-510.
12. **Serrano,P. et Gaxiola, L.** " Microbial models and salt tolerance in plants critical ", Reviews in plant science, V.13, n°2, (1994), 121-138.

13. **Botia, P., Carvajal, M., Cerda, A. and Martinez, V.**, " response of eight *cucumis melo* cultivars to salinity during germination and early vegetative growth ", *Agronomy*, n°18, (1998), 503-513.
14. **Fox, P.N. et Rosielle, A.A.**, "Reference sets of genotypes and selection for yield in unpredictable environments ", *Crop sci*, n°22, (1982), 1171-1176.
15. **Papadopoulos, D., Hao, X., Demers, D., Dorais, M.**, " concepts de culture ", *Agriculture et Agrochimica*, V.9, Canada, (juillet 1999), 11-117.
16. **Case, M., Caranta, C., Saliba-Colombal, V., Moretti, A., Danidoux, R. et Rousselle, P.**, " Valorisation des Ressources Génétiques de la tomate par l'utilisation de marqueurs moléculaires ", *Cahiers d'études et de recherches francophones/ agriculture*, V.9, n°3, France, (2000), 197-210.
17. **Philouze, J.**, " Les tomates ", INRA, station d'amélioration des plantes maraîchères, Montfavet, (1994), 3p.
18. **Gallais, A. et Bannerot, H.**, " Amélioration des espèces végétales cultivées : amélioration et critères de sélection ", INRA, Paris, (1992), 768p.
19. **Anonyme.**, " La tomate : bibliographie analytique ", I.T.C.M.I, Staouali, (1989), 2-55.
20. **Morard, P.**, " tomate, concombre. In : l'analyse végétale dans le contrôle de l'alimentation des plantes tempérées et tropicales ", Eds. Martin-Prével, P., Gagnard, J., Gautier, P., Ed. Lavoisier, Paris, (1984), 810p.
21. **Anonyme.**, " Larousse agricole ", VUEF, Quebec, (2002), 768p.
22. **Anonyme.**, " Statistiques agricoles : superficies et productions ", série b. direction des statistiques et systèmes d'informations. Sous direction des statistiques agricoles. Ministère de l'agriculture, (Janvier 2003), 59p.
23. **Martinez, P.F et Morard, P.**, " Les cultures hors sol ", Polytechnique, Toulouse, (2002), 5p.
24. **Robin, P., Francois, J-M., Lemaire, F., Letard, M.**, " Gestion de L'azote dans les systèmes Horticoles Artificialisés. In : Maîtrise de L'azote dans les agro-systèmes ", Eds. Lemaire, G. et Nicolardot, B ; *Les colloques*, n° 83, France, (1997), 217-231.
25. **Bougoul, S., Brun, R. and JAFFRIN, A.**, " Modèle pour la conduite en temps réel des besoins hydriques et minéraux du Rosier en hors sol ", *Cahier option méditerranéenne*, n°31, France, (2000), 220p.
26. **Letard, M., Erard, P. et Jeannequin, B.**, " Maîtrise de l'irrigation Fertilisante de la tomate sous serre ", Ed. CTIFL, Paris, (1995), 224p.
27. **Wacquand, C.**, " Maîtrise de la conduite climatique. Tomate sous serre et Abri ", Ed. CTIFL, Paris, (1995), 127p.

28. **Lemaire, F., Dartigue, A., Rivière, I-M., Charpentier, S.,** " Cultures en Pots et Conteneurs. Principe agronomiques et applications ", Ed. Paris- Limoges, (1989), 184p.
29. **Blanc, D.,** " Les Cultures hors sol ", Ed. INRA, Paris, (1987), 301p.
30. **Letard, M et Leteinturier, J.** " Recyclage des Effluents de La solution nutritive en culture hors sol sous Serre ", Infos- CTIFL, n°111, France, (1995), 29-31.
31. **Morard, P.,** " Les cultures végétales en hors sol ", Pub, Agri, Paris, (1995), 301p.
32. **Coic, Y. et Lesaint, C.,** " Culture hydroponique. technique d'avenir ", Ed. Maison rustique, Paris, (1983), 13-201.
33. **Milani, H.,** " La production végétale : maîtrise de la production ", 2^{ème} édition, Lavoisier, Paris, (1997), 125p.
34. **Robin, P.,** " Horticulture sans sol : histoire et actualité ", Cahiers d'économie et sociologie rurale, n° 46-47, (1998), 113-130.
35. **Coic, Y. et Lesaint, C.,** " Les besoins alimentaires des plantes ", Collection. Maison rustique, Paris, (2002), 110 p.
36. **Ctifl.,** " cultures légumières sur substrat ", Hors série, Info-Ctifl, Paris, (1990), 79 p.
37. **Voogt, W.,** " The growth of beefsteak tomato as affected by K/CA ratios in the nutrient solution", Acta Horticulturae, n°222, (1988), 155-165.
38. **Musard, L.,** " Qualité de la tomate de serre : Conduite de l'alimentation hydro-minérale en culture sur substrat ", P.M.H, Revue horticole, n°291, (1990), 34-35.
39. **Brun, R.,** " Fertilisation de l'œillet et du gerbera cultivées en bac sur substrat dans Les cultures hors sol ", Edité par D.Blanc ;INRA , Paris, (1987), 409p.
40. **Heller, P.,** " Abrégé de la physiologie végétale, Tome 1.nutrition", Ed. Masson, 4^{ème} édition, Paris, (1977), 273 p.
41. **Laumonnier, R.,** "Cultures légumières et maraîchères", Ed. J.B. Baillière, Paris, (1979), 276p.
42. **Pivot, D., Reist, A., Jillioz, J-M. et Reyser, J.P.,** " Qualité de l'eau d'irrigation, environnement climatique et nutrition de la tomate cultivée en solution recyclée ", Revue vitic, arboric, horti, V. 28, n°6, Suisse (1996), 399-405.
43. **Moral, R., Gomez, I., Navaro-Pedreno, J. and Matax, J.,** " absorption of Cr and effects on micronutrient content in tomato plant (*lycopersicum esculentum*. Mill) ", Agrochemica, V. XI, n° 2-3, (1996).
44. **Begg, J.E. and Turner, N.C.,** " crop water deficit ", advances in agronomy, n°28, (1976), 161-217.

45. **Pitman, M.G.**, " Ion uptake. In: The physiology and biochemistry of drought resistance in plants ", Eds. Palegl,G., Aspinall,D. Academic Press, New-York, (1981),350p.
46. **Cramer, G.R., Lauchli, A. and Polito, V.S.**, " Displacement of Ca by Na from plasma- lemma of root cells ", Plant Physiology, V.79, n°2, (1985), 7-11.
47. **Martin-Prével, P., Gagnard. J., Gautier, P.**, " Généralités : In : l'analyse végétale dans le contrôle de l'alimentation des plantes tempérés et tropicales ", Ed. Lavoisier, Paris, (1984), 810p
48. **Winsor, G.W.**, "The nutrition of glasshouse and other horticultural crops", Proc.fertil.soc, (1968), 103p.
49. **Callot, G., Chamayou, H., Heartens, C., Salsac, L.**, " Mieux comprendre les interactions sol-racine: incidence sur la nutrition minérale ", Ed.INRA, Paris, (1982), 325p.
50. **Cornillon, P.**, " Effet de la température des racines sur l'absorption des éléments par la tomate ", Ann.Agron, V.28, n°4, (1977), 409-423.
51. **Vilain, M.**, " La production végétale: Les composantes de la production", Ed.J.B. Ballière, n°1, Paris, (1993), 318-325.
52. **Sylvie, F., Irene, A. and Alain, M.**, " Daily variation of the mineral composition of scylemic escudates in tomato ", Journal of plant nutrition, n°15, (1992), 85-98.
53. **Mazliak, R.**, " Physiologie végétale, nutrition et métabolisme ", Ed. HERMANN, Paris, (1981), 31-49.
54. **Monneveux, P. et This, D.**, " La génétique face au problème de la tolérance des plantes cultivées à la sécheresse : espoirs et difficultés ", Sécheresse, V.1, n°8, (1997), 29-37.
55. **Urban, L.**, " Introduction à la production sous serre ", Ed. Maison Rustique, Paris, (1997), 180p.
56. **Jaffrin, A., Andre, J.P. et champeroux, A.**, "Howly hydric and mineral absorption of 'Vivaldi' roses grown on a pure and medium under summers conditions. ISHS symposium on new cultivation systems in green house ", Calgary, Italy, (1993), 168p.
57. **Urban, L., Brun, R. et Pyrha, P.**, " Seasonal variations in water relations of roses (Rosa hybrida c.v Sonia) ", Bio logia Plant arum, n°36, (1994), 423-427.
58. **Urban, L., Brun, R. et Pyrha, P.**, " Water relations of leaves of 'Sonia' rose plants grown in rock wool at two electrical conductive, Under controlled and uncontrolled relative humidity ", Horti. Science, n°29, (1994), 627-630.

- 59. Urban, L., Jaffrin, A. et Brun, R.,** " Control of salinity in the rhizosphère of plants grown in soulless media ", *Acta Horticulturae*, n°408, (1995), 73-80.
- 60. Slama, F.,** " Effet de NaCl sur la Croissance et la Nutrition Minérale de 6 espèces de plantes cultivées ", *Agrochimica*, V. xxx, n°12, (1986), 137-146.
- 61. Mongi, H.,** " Adaptations physiologiques à la salinité des plantes cultivées ", Faculté des sciences. Tunisie, (1982), 169 p.
- 62. Chifu, T.,** " Ecologie végétale", Cours Polycopié , I.N.A. Alger, (1979), 101p.
- 63. Binet, P.,** "Adaptations physiologiques à la salinité des végétaux supérieures en environnements naturels", *Bull.Soc. Ecophysiol*, V.7, n°2, (1982), 139-168.
- 64. Levigneron, A., Lopez, F., Vasxy, G., Berthomieu, P., Foureroy, P. et Casse-Delbart, F.,** "Les plantes face au stress salin", *Cahier d'agriculture*, n°4, (1995), 263-273.
- 65. SEELIG, BD.,** "Salinity and Sodicity in north Dakota Soils", N.D.S.U. Extension service, North Dakota, (2000), 20p.
- 66. Rengel, Z.,** "The role of calcium in salt toxicity", *Plant. Cell and Environment*, n°15, (1992), 625 – 632.
- 67. Alam, S.M.,** " Nutrient uptake by plants under stress conditions", in Pessaraki.M, Ed. *Hand book of plant and crop stress*, n°2, New York, (1994), 27-46.
- 68. Urban, L. et Langelez, I.,** "Affect of high pressure mist of leaf water potential, leaf Diffusive conductance, CO₂ fixation and production of 'Sonia' rose plants grown in rock wool", *scientia. Horticulturae*, n°50, (1992), 229-244.
- 69. Munns, R.,** " Physiological processes limiting plant growth in saline soil : some dogmas and hypotheses ", *Plant. Cell. Environ*, n°16, (1993), 15-24.
- 70. Belda, R.M. and Ho, L.C.,** " Salinity effects on the net work of vascular bundles, during tomato fruit development ", *Journal of horticultural science*, V.68, n°4, (1992), 557-564.
- 71. Beecher, H.G.,** " Effects of saline irrigation water on soybean yield and soil salinity in the murrum bidgee valley ", *Aust.Jexp.Agri*, n°33, (1993), 85-91.
- 72. Rodriguez, P., Dell-Amico, J., Morales, D., Sanchez-Blanco, M.J., Alarcon, J.J.,** " Effect of salinity on growth, shoot water relations and root hydraulique conductivity in tomato plants ", *Journal of agricultural science, Cambridge*, n°128, (1997), 439-444.
- 73. Kotuby, A.J., Koeing, R. et Kitchen, B.,** " salinity and plant tolerance ", U.T.A.H. State, University extension bulletin, (July, 1997), 6p.

- 74. Brun, R. et Montarone, C.,** " Influence de la concentration saline sur la réaction de la plante ", Ed.INRA, Paris, (1987), 60 p.
- 75. Han chi, S., Shimohara, Y. and Susuki, Y.,** " Effect of concentration of nutrient solution on vegetative growth and yield of hydroponically grown tomato plants", Environ.Control in biol., V.28, n°4, (1991), 185-192.
- 76. Snoussi, S.A.,** " Valorisation des eaux salines pour la nutrition minérale des plantes cultivées", Thèse doctorat d'état, I.N.A, Alger, (2001), 152p.
- 77. Verdus, M.C, Thellier, M. and Ripoll, C.,** " Storage of environmental signals in flax. Their morphogenetic effect as enabled by a transient depletion of calcium ", Plant. J, V.12, n°6, (1997), 1399-1410.
- 78. Guerrier, G.,** " L'absorption de Na^+ , K^+ et Ca^{2+} chez les plantes sensibles ou tolérantes à la salinité, cas particulier de *RAPHANUS SATIVUS* ", Agrochemica, V. XXVII, n°3, (1984), 235-247.
- 79. Hubac, C.,** "Stratégie des plantes en milieu salé ou semi-aride", Soc.Ecophysiol, V.15, n°1, (1990), 25-28.
- 80. Yeo, O.R. et flowers, T.J.,** " Salinity resistance in rice (*Oryza Sativa*.L) and pyramiding approach to breeding varieties for saline soils ", Aust. J.Plant Physiology, n°13, (1986), 163-173.
- 81. Levitt, J.,** " Responses of plants to environmental stress", Academic Press, New-York, (1982), 607p.
- 82. Derraissac, M.,** "Mécanisme d'adaptation à la sécheresse et maintien de la productivité des plantes cultivées", Agronomie tropicale, n°46, (1992), 29-39.
- 83. Pelleschi, S., Rocher, J.P. et Prioul, J.L.,** " Affect of waters restriction on carbohydrate métabolisme and photosynthesis immature maize leaves ", Plant. Cell. Envy, n°20, (1987), 493-503.
- 84. Gate, P.,** " Mieux comprendre l'élaboration du rendement de grains par épi chez le blé : Influence des facteurs climatiques ", Pers agro, n°114, (1987), 40 p.
- 85. Bates, L.M. et Hall, A. E.,** " Stomatal closure with water depletion not associated in bulk leaf water potential" , Oecologia, n°50, (1981), 62-65.
- 86. Gollan, T., Passioura, G.B. et Munns, R.,** " Soil water affects the stomata conductance of fully turgid wheat and sun flower leaves ", Australian Journal of plant physiology, n°13, (1985), 459-464.
- 87. SCHULZE, E.D.,** "Carbon dioxide and water exchange in responses to drought in the atmosphere and in the soil", Annual revue of plant physiology, n°37, (1986), 247-274.

- 88. Davies, W.G., Mansfield, T.A. et Hetherington, A.M.**, "sensing of soil water status and the regulation of p growth and development", *Pant, cell and environment*, n°13, (1990), 709-719.
- 89. Gowing, D.J.G., Davies, W.J., Jones, H.G.**, " Appositive root sourced signal as an indicator of soil drying in apple, *Malus Domestica* ", *Borkh, J. Exp.Bot*, n°41,(1990) 35-40.
- 90. Sarda, X., Vansuyt, G., Tusch, D., Casse-Delbart, F., Lamaze, T.**, " Les signaux racinaires de la régulation stomatique. In : tolérance à la sécheresse des céréales en zone méditerranéenne. diversité génétique et amélioration variétale", INRA. Les colloques, n°64, France, (1993), 75-79.
- 91. Araus, J., Alegre, L., Alidib, T., Benlaribi, M., Monneveux, P.**, "Epidermal and stomatal conductance in seed lings of durum wheat landraces and varieties", Ed.INRA, Les colloques, n°55, Paris, (1991), 225-242.
- 92. Khan, A., Ungar, I.A. and Showalter, A.M.**, "Effect of salinity on growth, water relations and ion accumulation of the subtropical perennial halophyte *Atriplex griffithii* var. *stocksii*", *Annals of botany*, n°85, (2000), 225-232.
- 93. Blum, A.**, " Plant breeding for stress environments ", Boca Raton.R.C, Press, n°4, (1988), 223p.
- 94. Bray, E.A.**, " Molecular response to water deficit ", *Plant Physiology*, n°103,(1993), 1035-1040.
- 95. Johnson, R.C., Nguyen, H.T., Croy, L.T.**, "Osmotic adjustment and solute accumulation in two wheat genotypes differing in drought résistance", *Crop Sci*, n°24, (1984), 957-962.
- 96. Venekamp, J.H.,Lamp, E.M, Koot, J.T.M.**, "Organic acids as sources for drought- induced proline synthesis in Field bean plants, *Vici Fada.L*", *J.Plant Physiology*, n°133, (1989), 654-659.
- 97. Havaux, M.**, "La fluorescence de la chlorophylle in vivo: quelques concepts appliqués à l'étude de la résistance de la photosynthèse aux contraintes de l'environnement. In: Tolérance à la sécheresse des céréales en zone méditerranéenne. Diversité génétique et amélioration variétale", Les Colloques, n°64, France, (1993), 19-30.
- 98. Anonyme**, w w w. smcv.ups- tlse.fr/equipes/stress abio, (2000).
- 99. Medane, M.**, "Ferti-Actyl", Ed. Sofertal, Paris, (2001), 72p.
- 100. Anonyme**, " Note sur les amendements minéraux ", I.T.C.M.I, Staouali, (1994), 2-3.

101. **Penningsfeld, A. et Kurzman, T.**, " les cultures sans sol ou hydroponiques et sur tourbe ", Ed. Maison Rustique, Paris, (1969), 219p.
102. **REY, Y. et Costes, C.**, " La physiologie de la tomate. Etude bibliographique ", Ed. INRA. Paris, (1965), 111p.
103. **Torchit, N.**, "Absorption hydrominérale chez la tomate (*Lycopersicum esculentum*. Mill) variété Marmande avec des eaux non conventionnelles puis corrigées", Th. Ing. I.N.E.S de Blida, (2002), 68p.
104. **Daoud, Y. et Halitim, A.**, " Irrigation et salinisation au Sahara algérienne ", Sécheresse, V.5, n°3, (1994), 151-160
105. **Tolley, H. et Rapper., C.D.**, "Expansion and photosynthetic rate of leaves of soybean plants during onset of and recovery from nitrogen stress", Bot. Gaz, V.147, n°4,(1986), 400-406.
106. **Mallem, H.**, " Effet d'adjonction d'une solution nutritive dans la conduite de l'alimentation du haricot de *Phaseolus vulgaris*.L, par une eau saline non conventionnelle cultivées en hors sol", Th. Mag. I.N.E.S de Blida, (2001), 86p.
107. **Lachaal, M., Abdelly, C., Grignon, G., Soltani, A. et Hajji, M.**, " Variation de la sensibilité au sel en fonction du stade de développement chez la lentille (*Lens culinaris*. L)", Agronomie, V. 16, Elsevier. INRA, (1996), 381-390.
108. **Jacob, J. et Jennessen, J.**, " Les cultures hors sol ", Ed. INA. Alger, (1987), 20p.
109. **SNOUSSI, S.A.** " Effet des variations de la concentration d'azote et de potassium d'une solution nutritive de base sur la tomate (*Lycopersicum esculentum*.mill, variété Marmande) cultivée en hydroponie ", Thèse magister I.N.A. Alger ,(1984), 115 p.

Annexe A : Vitesse de croissance

Prélèvement1 !!	!!SCE	!!DDL	!!CM	!!Test F	!!Proba	!!E.T	!!CV	!!S.D.S
!Var. totale	!!0.39	!!89	!!0.00	!!	!!	!!	!!	!!
!Var.facteur1	!!0.02	!!1	!!0.02	!!10.34	!!0.0021	!!	!!	!!
!Var.facteur2	!!0.09	!!2	!!0.05	!!19.70	!!0.0000	!!	!!	!!
!Var.facteur3	!!0.10	!!2	!!0.05	!!20.99	!!0.0000	!!	!!	!!
!Var.inter1.2	!!0.01	!!2	!!0.00	!!1.81	!!0.1697	!!	!!	!!N.S
!Var.inter1.3	!!0.00	!!2	!!0.00	!!0.03	!!0.9697	!!	!!	!!N.S
!Var.inter2.3	!!0.00	!!4	!!0.00	!!0.15	!!0.9601	!!	!!	!!N.S
!Var.inter1.2.3	!!0.01	!!4	!!0.00	!!0.97	!!0.4305	!!	!!	!!N.S
!Var.residuelle	!!0.16	!!72	!!0.00	!!	!!	!!0.05	!!20.9	!!

Prélèvement2 !!	!!SCE	!!DDL	!!CM	!!Test F	!!Proba	!!E.T	!!CV	!!S.D.S
!Var. totale	!!0.52	!!89	!!0.01	!!	!!	!!	!!	!!
!Var.facteur1	!!0.04	!!1	!!0.04	!!21.68	!!0.0000	!!	!!	!!
!Var.facteur2	!!0.24	!!2	!!0.12	!!69.39	!!0.0000	!!	!!	!!
!Var.facteur3	!!0.09	!!2	!!0.05	!!29.87	!!0.0000	!!	!!	!!
!Var.inter1.2	!!0.00	!!2	!!0.00	!!0.24	!!0.7885	!!	!!	!!N.S
!Var.inter1.3	!!0.01	!!2	!!0.00	!!1.99	!!0.1419	!!	!!	!!N.S
!Var.inter2.3	!!0.00	!!4	!!0.00	!!0.13	!!0.9689	!!	!!	!!N.S
!Var.inter1.2.3	!!0.01	!!4	!!0.00	!!1.96	!!0.3351	!!	!!	!!N.S
!Var.residuelle	!!0.13	!!72	!!0.00	!!	!!	!!0.04	!!16.2	!!

!!

Prélèvement3 !!	!!SCE	!!DDL	!!CM	!!Test F	!!Proba	!!E.T	!!CV	!!S.D.S
!Var. totale	!!0.64	!!89	!!0.01	!!	!!	!!	!!	!!
!Var.facteur1	!!0.00	!!1	!!0.00	!!1.89	!!0.1703	!!	!!	!!
!Var.facteur2	!!0.42	!!2	!!0.21	!!128.07	!!0.0000	!!	!!	!!
!Var.facteur3	!!0.03	!!2	!!0.01	!!8.81	!!0.0005	!!	!!	!!
!Var.inter1.2	!!0.03	!!2	!!0.01	!!7.62	!!0.0011	!!	!!	!!H.S
!Var.inter1.3	!!0.00	!!2	!!0.00	!!0.29	!!0.7527	!!	!!	!!N.S
!Var.inter2.3	!!0.02	!!4	!!0.01	!!8.78	!!0.0077	!!	!!	!!H.S
!Var.inter1.2.3	!!0.01	!!4	!!0.00	!!1.93	!!0.1131	!!	!!	!!N.S
!Var.residuelle	!!0.12	!!72	!!0.00	!!	!!	!!0.04	!!15.0	!!

Annexe B : Hauteur finale des plantes

!!

Prélèvement1	!!SCE	!!DDL	!!CM	!!Test F	!!Proba	!!E.T	!!CV	!!D.S
!Var. totale	!!304.63	!!89	!!3.42	!!	!!	!!	!!	!!
!Var.facteur1	!!25.23	!!1	!!25.23	!!16.89	!!0.0002	!!	!!	!!
!Var.facteur2	!!75.95	!!2	!!37.97	!!25.43	!!0.0000	!!	!!	!!
!Var.facteur3	!!81.88	!!2	!!40.94	!!27.42	!!0.0000	!!	!!	!!
!Var.inter1.2	!!7.16	!!2	!!3.58	!!2.40	!!0.0961	!!	!!	!!S
!Var.inter1.3	!!0.14	!!2	!!0.07	!!0.05	!!0.9539	!!	!!	!!N.S
!Var.inter2.3	!!0.70	!!4	!!0.17	!!0.12	!!0.9729	!!	!!	!!N.S
!Var.inter1.2.3	!!7.56	!!4	!!1.89	!!1.26	!!0.2914	!!	!!	!!N.S
!Var.residuelle	!!106.02	!!72	!!1.49	!!	!!	!!1.22	!!18.8	!!

Prélèvement2 !!	!!SCE	!!DDL	!!CM	!!Test F	!!Proba	!!E.T	!!CV	!!S.D.S
!Var. totale	!!522.91	!!89	!!5.88	!!	!!	!!	!!	!!
!Var.facteur1	!!20.07	!!1	!!20.07	!!9.11	!!0.0036	!!	!!	!!
!Var.facteur2	!!194.78	!!2	!!97.39	!!44.20	!!0.0000	!!	!!	!!
!Var.facteur3	!!64.15	!!2	!!32.07	!!14.56	!!0.0000	!!	!!	!!
!Var.inter1.2	!!4.66	!!2	!!2.33	!!1.06	!!0.3541	!!	!!	!!N.S
!Var.inter1.3	!!3.96	!!2	!!1.98	!!0.90	!!0.4139	!!	!!	!!N.S
!Var.inter2.3	!!27.45	!!4	!!6.86	!!3.11	!!0.0201	!!	!!	!!S
!Var.inter1.2.3	!!49.19	!!4	!!12.30	!!5.58	!!0.0006	!!	!!	!!T.H.S
!Var.residuelle	!!158.65	!!72	!!2.20	!!	!!	!!1.48	!!15.9	!!

!!

Prélèvement3 !!	!!SCE	!!DDL	!!CM	!!Test F	!!Proba	!!E.T	!!CV	!!S.D.S
!Var. totale	!!186.54	!!89	!!13.33	!!	!!	!!	!!	!!
!Var.facteur1	!!44.94	!!1	!!44.94	!!15.69	!!0.0002	!!	!!	!!
!Var.facteur2	!!770.90	!!2	!!385.45	!!134.57	!!0.0000	!!	!!	!!
!Var.facteur3	!!63.83	!!2	!!31.91	!!11.14	!!0.0001	!!	!!	!!
!Var.inter1.2	!!44.38	!!2	!!22.19	!!7.75	!!0.0010	!!	!!	!!H.S
!Var.inter1.3	!!8.32	!!2	!!4.16	!!1.45	!!0.2396	!!	!!	!!N.S
!Var.inter2.3	!!35.35	!!4	!!8.84	!!3.09	!!0.0210	!!	!!	!!S
!Var.inter1.2.3	!!12.59	!!4	!!3.15	!!1.10	!!0.3640	!!	!!	!!N.S
!Var.residuelle	!!206.23	!!72	!!2.86	!!	!!	!!1.69	!!14.2	!!

Annexe3 : Diamètre des tiges

Prélèvement1 !!	!!SCE	!!DDL	!!CM	!!Test F	!!Proba	!!E.T	!!CV	!!S.D.S
!Var. totale	!!0.57	!!89	!!0.01	!!	!!	!!	!!	!!
!Var.facteur1	!!0.05	!!1	!!0.05	!!16.41	!!0.0002	!!	!!	!!
!Var.facteur2	!!0.09	!!2	!!0.05	!!13.63	!!0.0000	!!	!!	!!
!Var.facteur3	!!0.15	!!2	!!0.08	!!23.14	!!0.0000	!!	!!	!!
!Var.inter1.2	!!0.00	!!2	!!0.00	!!0.53	!!0.5989	!!	!!	!!N.S
!Var.inter1.3	!!0.01	!!2	!!0.01	!!1.69	!!0.1902	!!	!!	!!N.S
!Var.inter2.3	!!0.01	!!4	!!0.00	!!0.62	!!0.6520	!!	!!	!!N.S
!Var.inter1.2.3	!!0.01	!!4	!!0.00	!!1.07	!!0.3806	!!	!!	!!N.S
!Var.residuelle	!!0.24	!!72	!!0.00	!!	!!	!!0.06	!!22.3	!!

Prélèvement2 !!	!!SCE	!!DDL	!!CM	!!Test F	!!Proba	!!E.T	!!CV	!!S.D.S
!Var. totale	!!0.31	!!89	!!0.00	!!	!!	!!	!!	!!
!Var.facteur1	!!0.00	!!1	!!0.00	!!0.18	!!0.4989	!!	!!	!!
!Var.facteur2	!!0.10	!!2	!!0.05	!!33.27	!!0.0000	!!	!!	!!
!Var.facteur3	!!0.01	!!2	!!0.01	!!3.94	!!0.0233	!!	!!	!!
!Var.inter1.2	!!0.01	!!2	!!0.01	!!4.29	!!0.0171	!!	!!	!!S
!Var.inter1.3	!!0.00	!!2	!!0.00	!!1.55	!!0.2187	!!	!!	!!N.S
!Var.inter2.3	!!0.03	!!4	!!0.01	!!5.52	!!0.0007	!!	!!	!!T.H.S
!Var.inter1.2.3	!!0.02	!!4	!!0.01	!!3.50	!!0.0114	!!	!!	!!S
!Var.residuelle	!!0.11	!!72	!!0.00	!!	!!	!!0.04	!!11.6	!!

!!

Prélèvement3 !!	!!SCE	!!DDL	!!CM	!!Test F	!!Proba	!!E.T	!!CV	!!S.D.S
!Var. totale	!!106	!!89	!!0.01	!!	!!	!!	!!	!!
!Var.facteur1	!!0.00	!!1	!!0.00	!!0.01	!!0.9328	!!	!!	!!
!Var.facteur2	!!0.29	!!2	!!0.14	!!23.62	!!0.0000	!!	!!	!!
!Var.facteur3	!!0.12	!!2	!!0.06	!!10.01	!!0.0002	!!	!!	!!
!Var.inter1.2	!!0.08	!!2	!!0.04	!!6.64	!!0.0024	!!	!!	!!H.S
!Var.inter1.3	!!0.04	!!2	!!0.02	!!3.76	!!0.0274	!!	!!	!!S
!Var.inter2.3	!!0.03	!!4	!!0.01	!!1.25	!!0.2953	!!	!!	!!N.S
!Var.inter1.2.3	!!0.07	!!4	!!0.02	!!3.03	!!0.0226	!!	!!	!!S
!Var.residuelle	!!0.43	!!72	!!0.01	!!	!!	!!0.08	!!18.9	!!

Annexe D : Nombre de feuilles

Prélèvement1 !!	!!SCE	!!DDL	!!CM	!!Test F	!!Proba	!!E.T	!!CV	!!S.D.S
!Var. totale	!!112.56	!!89	!!126	!!	!!	!!	!!	!!
!Var.facteur1	!!0.67	!!1	!!0.67	!!1.15	!!0.2870	!!	!!	!!
!Var.facteur2	!!22.75	!!2	!!11.38	!!19.63	!!0.0000	!!	!!	!!
!Var.facteur3	!!34.30	!!2	!!17.15	!!29.59	!!0.0000	!!	!!	!!
!Var.inter1.2	!!2.18	!!2	!!1.09	!!1.88	!!0.1572	!!	!!	!!N.S
!Var.inter1.3	!!3.97	!!2	!!1.98	!!3.42	!!0.0372	!!	!!	!!S
!Var.inter2.3	!!1.75	!!4	!!0.44	!!0.76	!!0.5598	!!	!!	!!N.S
!Var.inter1.2.3	!!5.79	!!4	!!1.45	!!2.50	!!0.0498	!!	!!	!!S
!Var.residuelle	!!41.15	!!72	!!0.58	!!	!!	!!0.76	!!190.	!!

Prélèvement2 !!	!!SCE	!!DDL	!!CM	!!Test F	!!Proba	!!E.T	!!CV	!!S.D.S
!Var. totale	!!197.29	!!89	!!2.21	!!	!!	!!	!!	!!
!Var.facteur1	!!51.38	!!1	!!51.38	!!65.59	!!0.0000	!!	!!	!!
!Var.facteur2	!!48.82	!!2	!!24.41	!!31.16	!!0.000	!!	!!	!!
!Var.facteur3	!!9.69	!!2	!!4.84	!!6.18	!!0.0035	!!	!!	!!
!Var.inter1.2	!!5.49	!!2	!!2.74	!!3.50	!!0.0345	!!	!!	!!S
!Var.inter1.3	!!2.76	!!2	!!1.38	!!1.76	!!0.1775	!!	!!	!!N.S
!Var.inter2.3	!!4.58	!!4	!!3.64	!!4.65	!!0.0022	!!	!!	!!H.S
!Var.inter1.2.3	!!8.18	!!4	!!2.04	!!2.61	!!0.0420	!!	!!	!!S
!Var.residuelle	!!56.40	!!72	!!0.78	!!	!!	!!0.89	!!15.6	!!

Prélèvement3 !!	!!SCE	!!DDL	!!CM	!!Test F	!!Proba	!!E.T	!!CV	!!S.D.S
!Var. totale	!!287.39	!!89	!!3.23	!!	!!	!!	!!	!!
!Var.facteur1	!!44.10	!!1	!!44.10	!!50.88	!!0.0000	!!	!!	!!
!Var.facteur2	!!150.49	!!2	!!75.24	!!86.82	!!0.0000	!!	!!	!!
!Var.facteur3	!!14.16	!!2	!!7.08	!!8.17	!!0.0007	!!	!!	!!
!Var.inter1.2	!!1.87	!!2	!!0.93	!!1.08	!!0.3471	!!	!!	!!N.S
!Var.inter1.3	!!0.60	!!2	!!0.30	!!0.35	!!0.7134	!!	!!	!!N.S
!Var.inter2.3	!!7.44	!!4	!!1.86	!!2.15	!!0.0827	!!	!!	!!S
!Var.inter1.2.3	!!6.33	!!4	!!1.58	!!1.83	!!0.1318	!!	!!	!!N.S
!Var.residuelle	!!62.40	!!72	!!0.87	!!	!!	!!0.93	!!14.1	!!

Annexe E : Poids frais total (feuilles et tiges) des plants

Prélèvement1 !!	!!SCE	!!DDL	!!CM	!!Test F	!!Proba	!!E.T	!!CV	!!S.D.S
!Var. totale	!!62.74	!!89	!!0.70	!!	!!	!!	!!	!!
!Var.facteur1	!!2.00	!!1	!!2.00	!!7.94	!!0.0062	!!	!!	!!
!Var.facteur2	!!26.01	!!2	!!13.00	!!51.70	!!0.0000	!!	!!	!!
!Var.facteur3	!!13.54	!!2	!!6.77	!!26.92	!!0.0000	!!	!!	!!
!Var.inter1.2	!!1.18	!!2	!!0.59	!!2.34	!!0.1014	!!	!!	!!N.S
!Var.inter1.3	!!0.20	!!2	!!0.10	!!0.40	!!0.6793	!!	!!	!!N.S
!Var.inter2.3	!!1.48	!!4	!!0.37	!!1.48	!!0.2178	!!	!!	!!N.S
!Var.inter1.2.3	!!0.47	!!4	!!0.12	!!0.47	!!0.7628	!!	!!	!!N.S
!Var.residuelle	!!17.86	!!72	!!0.25	!!	!!	!!0.50	!!51.4	!!

!!

Prélèvement2 !!	!!SCE	!!DDL	!!CM	!!Test F	!!Proba	!!E.T	!!CV	!!S.D.S
!Var. totale	!!376.77	!!89	!!4.23	!!	!!	!!	!!	!!
!Var.facteur1	!!0.44	!!1	!!0.44	!!0.33	!!0.5729	!!	!!	!!
!Var.facteur2	!!208.48	!!2	!!104.24	!!78.18	!!0.0000	!!	!!	!!
!Var.facteur3	!!4.96	!!2	!!2.48	!!1.86	!!0.1611	!!	!!	!!
!Var.inter1.2	!!2.33	!!2	!!1.17	!!0.88	!!0.4238	!!	!!	!!N.S
!Var.inter1.3	!!6.59	!!2	!!3.29	!!2.47	!!0.0897	!!	!!	!!S
!Var.inter2.3	!!16.91	!!4	!!4.23	!!3.17	!!0.0185	!!	!!	!!S
!Var.inter1.2.3	!!41.06	!!4	!!10.26	!!7.70	!!0.0000	!!	!!	!!T.H.S
!Var.residuelle	!!95.99	!!72	!!1.33	!!	!!	!!1.15	!!44.0	!!

!!

Prélèvement3 !!	!!SCE	!!DDL	!!CM	!!Test F	!!Proba	!!E.T	!!CV	!!S.D.S
!Var. totale	!!221.38	!!89	!!13.72	!!	!!	!!	!!	!!
!Var.facteur1	!!4.62	!!1	!!4.62	!!2.68	!!0.1017	!!	!!	!!
!Var.facteur2	!!033.15	!!2	!!1516.57	!!299.86	!!0.0000	!!	!!	!!
!Var.facteur3	!!34.30	!!2	!!17.15	!!9.96	!!0.0002	!!	!!	!!
!Var.inter1.2	!!1.86	!!2	!!0.93	!!0.54	!!0.5913	!!	!!	!!N.S
!Var.inter1.3	!!2.80	!!2	!!1.40	!!0.81	!!0.4508	!!	!!	!!N.S
!Var.inter2.3	!!15.29	!!4	!!3.82	!!2.22	!!0.0746	!!	!!	!!S
!Var.inter1.2.3	!!5.32	!!4	!!1.33	!!0.77	!!0.5490	!!	!!	!!N.S
!Var.residuelle	!!124.04	!!72	!!1.72	!!	!!	!!1.31	!!27.4	!!

Annexe F : Poids frais de feuilles

!!

Prélèvement1 !!	!!SCE	!!DDL	!!CM	!!Test F	!!Proba	!!E.T	!!CV	!!S.D.S
!Var. totale	!!29.46	!!89	!!0.33	!!	!!	!!	!!	!!
!Var.facteur1	!!0.96	!!1	!!0.96	!!7.63	!!0.0072	!!	!!	!!
!Var.facteur2	!!11.80	!!2	!!5.90	!!46.84	!!0.0000	!!	!!	!!
!Var.facteur3	!!6.50	!!2	!!3.25	!!25.79	!!0.0000	!!	!!	!!
!Var.inter1.2	!!0.48	!!2	!!0.24	!!1.92	!!0.1525	!!	!!	!!N.S
!Var.inter1.3	!!0.04	!!2	!!0.03	!!0.16	!!0.8561	!!	!!	!!N.S
!Var.inter2.3	!!0.40	!!4	!!0.10	!!0.80	!!0.5342	!!	!!	!!N.S
!Var.inter8.23	!!0.34	!!4	!!0.09	!!0.67	!!0.6144	!!	!!	!!N.S
!Var.residuelle	!!8.94	!!72	!!0.13	!!	!!	!!0.35	!!55.3	!!

Prélèvement2 !!	!!SCE	!!DDL	!!CM	!!Test F	!!Proba	!!E.T	!!CV	!!S.D.S
!Var. totale	!!190.62	!!89	!!2.14	!!	!!	!!	!!	!!
!Var.facteur1	!!0.07	!!1	!!0.07	!!0.10	!!0.7521	!!	!!	!!
!Var.facteur2	!!106.99	!!2	!!53.49	!!8.25	!!0.0000	!!	!!	!!
!Var.facteur3	!!1.25	!!2	!!0.62	!!0.91	!!0.4080	!!	!!	!!
!Var.inter1.2	!!1.01	!!2	!!0.50	!!0.74	!!0.4867	!!	!!	!!N.S
!Var.inter1.3	!!4.07	!!2	!!2.03	!!2.98	!!0.0559	!!	!!	!!S
!Var.inter2.3	!!7.61	!!4	!!1.90	!!2.78	!!0.0327	!!	!!	!!S
!Var.inter1.2.3	!!20.41	!!4	!!5.10	!!7.46	!!0.0001	!!	!!	!!T.H.S
!Var.residuelle	!!49.22	!!72	!!0.68	!!	!!	!!0.83	!!49.4	!!

Prélèvement3 !!	!!SCE	!!DDL	!!CM	!!Test F	!!Proba	!!E.T	!!CV	!!S.D.S
!Var. totale	!!607.79	!!89	!!6.83	!!	!!	!!	!!	!!
!Var.facteur1	!!1.55	!!1	!!1.95	!!2.25	!!0.1338	!!	!!	!!
!Var.facteur2	!!516.95	!!2	!!258.47	!!298.32	!!0.0000	!!	!!	!!
!Var.facteur3	!!17.21	!!2	!!8.61	!!9.93	!!0.0002	!!	!!	!!
!Var.inter1.2	!!1.13	!!2	!!0.56	!!0.65	!!0.5295	!!	!!	!!N.S
!Var.inter1.3	!!0.71	!!2	!!0.35	!!0.41	!!0.6716	!!	!!	!!N.S
!Var.inter2.3	!!6.34	!!4	!!1.59	!!1.83	!!0.1312	!!	!!	!!N.S
!Var.inter1.2.3	!!1.12	!!4	!!0.28	!!0.32	!!0.8617	!!	!!	!!N.S
!Var.residuelle	!!49.22	!!72	!!0.87	!!	!!	!!0.93	!!295	!!

Annexe G : Poids frais des tiges

Prélèvement1 !!	!!SCE	!!DDL	!!CM	!!Test F	!!Proba	!!E.T	!!CV	!!S.D.S
!Var. totale	!!6.27	!!89	!!0.07	!!	!!	!!	!!	!!
!Var.facteur1	!!0.21	!!1	!!0.21	!!8.33	!!0.0052	!!	!!	!!
!Var.facteur2	!!2.28	!!2	!!1.14	!!45.34	!!0.0000	!!	!!	!!
!Var.facteur3	!!1.54	!!2	!!0.77	!!30.69	!!0.0000	!!	!!	!!
!Var.inter1.2	!!0.11	!!2	!!0.06	!!2.24	!!0.1114	!!	!!	!!N.S
!Var.inter1.3	!!0.00	!!2	!!0.00	!!0.01	!!0.9900	!!	!!	!!N.S
!Var.inter2.3	!!0.16	!!4	!!0.04	!!1.61	!!0.1789	!!	!!	!!N.S
!Var.inter1.2.3	!!0.19	!!4	!!0.05	!!1.89	!!0.1210	!!	!!	!!N.S
!Var.residuelle	!!1.78	!!72	!!0.03	!!	!!	!!0.16	!!44.2	!!

Prélèvement2 !!	!!SCE	!!DDL	!!CM	!!Test F	!!Proba	!!E.T	!!CV	!!S.D.S
!Var. totale	!!33.84	!!89	!!0.38	!!	!!	!!	!!	!!
!Var.facteur1	!!0.10	!!1	!!0.10	!!0.76	!!0.3895	!!	!!	!!
!Var.facteur2	!!17.65	!!2	!!8.83	!!70.55	!!0.0000	!!	!!	!!
!Var.facteur3	!!1.16	!!2	!!0.58	!!4.62	!!0.0129	!!	!!	!!
!Var.inter1.2	!!0.18	!!2	!!0.09	!!0.73	!!0.4904	!!	!!	!!N.S
!Var.inter1.3	!!0.47	!!2	!!0.23	!!1.86	!!0.1605	!!	!!	!!N.S
!Var.inter2.3	!!1.85	!!4	!!0.46	!!3.69	!!0.0087	!!	!!	!!H.S
!Var.inter1.2.3	!!0.43	!!4	!!0.86	!!9.86	!!0.0001	!!	!!	!!T.H.S
!Var.residuelle	!!9.01	!!72	!!0.13	!!	!!	!!0.35	!!37.7	!!

Prélèvement3 !!	!!SCE	!!DDL	!!CM	!!Test F	!!Proba	!!E.T	!!CV	!!S.D.S
!Var. totale	!!112.63	!!89	!!1.27	!!	!!	!!	!!	!!
!Var.facteur1	!!0.56	!!1	!!0.36	!!2.86	!!0.0901	!!	!!	!!
!Var.facteur2	!!88.50	!!2	!!44.25	!!225.63	!!0.0000	!!	!!	!!
!Var.facteur3	!!2.96	!!2	!!1.48	!!7.54	!!0.0012	!!	!!	!!
!Var.inter1.2	!!1.69	!!2	!!0.84	!!4.30	!!0.0170	!!	!!	!!S
!Var.inter1.3	!!0.94	!!2	!!0.47	!!2.39	!!0.0967	!!	!!	!!S
!Var.inter2.3	!!2.14	!!4	!!0.54	!!2.73	!!0.0353	!!	!!	!!S
!Var.inter1.2.3	!!1.73	!!4	!!0.43	!!2.20	!!0.0767	!!	!!	!!S
!Var.residuelle	!!14.12	!!72	!!0.20	!!	!!	!!0.44	!!27.0	!!

Annexe H : Poids frais racines

Prélèvement1 !!	!SCE	!DDL	!CM	!Test F	!Proba	!E.T	!CV	!S.D.S
!Var. totale	!8.19	!89	!0.09	!	!	!	!	!
!Var.facteur1	!0.10	!1	!0.10	!2.55	!0.1108	!	!	!
!Var.facteur2	!1.28	!2	!0.64	!16.86	!0.0000	!	!	!
!Var.facteur3	!3.62	!2	!1.81	!47.75	!0.0000	!	!	!
!Var.inter1.2	!0.12	!2	!0.06	!1.62	!0.2041	!	!	!N.S
!Var.inter1.3	!0.00	!2	!0.00	!0.04	!0.9599	!	!	!N.S
!Var.inter2.3	!0.16	!4	!0.04	!1.03	!0.3976	!	!	!N.S
!Var.inter1.2.3	!0.21	!4	!0.05	!1.41	!0.2370	!	!	!N.S
!Var.residuelle	!2.69	!72	!0.04	!	!	!0.19	!47.8	!

Prélèvement2 !!	!SCE	!DDL	!CM	!Test F	!Proba	!E.T	!CV	!S.D.S
!Var. totale	!93.97	!89	!1.06	!	!	!	!	!
!Var.facteur1	!0.02	!1	!0.02	!0.04	!0.8409	!	!	!
!Var.facteur2	!33.66	!2	!16.83	!30.51	!0.0000	!	!	!
!Var.facteur3	!3.78	!2	!1.89	!3.43	!0.0370	!	!	!
!Var.inter1.2	!0.77	!2	!0.39	!0.70	!0.5051	!	!	!N.S
!Var.inter1.3	!0.39	!2	!0.20	!0.35	!0.7075	!	!	!N.S
!Var.inter2.3	!5.59	!4	!1.40	!2.53	!0.0469	!	!	!S
!Var.inter1.2.3	!10.04	!4	!2.51	!4.55	!0.0026	!	!	!H.S
!Var.residuelle	!39.71	!72	!0.55	!	!	!0.74	!42.9	!

Prélèvement3 !!	!SCE	!DDL	!CM	!Test F	!Proba	!E.T	!CV	!S.D.S
!Var. totale	!219.55	!89	!2.47	!	!	!	!	!
!Var.facteur1	!0.10	!1	!0.10	!0.10	!0.7482	!	!	!
!Var.facteur2	!114.68	!2	!57.34	!59.22	!0.0000	!	!	!
!Var.facteur3	!16.33	!2	!8.17	!8.43	!0.0006	!	!	!
!Var.inter1.2	!3.93	!2	!1.96	!2.03	!0.1368	!	!	!N.S
!Var.inter1.3	!1.27	!2	!0.64	!0.66	!0.5260	!	!	!N.S
!Var.inter2.3	!8.02	!4	!2.01	!2.07	!0.0924	!	!	!S
!Var.inter1.2.3	!5.50	!4	!1.37	!1.42	!0.2352	!	!	!N.S
!Var.residuelle	!59.72	!72	!0.97	!	!	!0.98	!35.8	!

Annexe I: Poids sec Total

Prélèvement1 !!	!SCE	!DDL	!CM	!Test F	!Proba	!E.T	!CV	!S.D.S
!Var. totale	!0.73	!89	!0.01	!	!	!	!	!
!Var.facteur1	!0.03	!1	!0.03	!9.58	!0.0029	!	!	!
!Var.facteur2	!0.20	!2	!0.10	!32.11	!0.0000	!	!	!
!Var.facteur3	!0.26	!2	!0.13	!43.31	!0.0000	!	!	!
!Var.inter1.2	!0.01	!2	!0.00	!1.16	!0.3207	!	!	!N.S
!Var.inter1.3	!0.00	!2	!0.00	!0.04	!0.9603	!	!	!N.S
!Var.inter2.3	!0.00	!4	!0.00	!0.25	!0.9098	!	!	!N.S
!Var.inter1.2.3	!0.01	!4	!0.00	!1.11	!0.3594	!	!	!N.S
!Var.residuelle	!0.22	!72	!0.00	!	!	!0.06	!47.9	!

!!

Prélèvement2 !!	!SCE	!DDL	!CM	!Test F	!Proba	!E.T	!CV	!S.D.S
!Var. totale	!13.29	!89	!0.15	!	!	!	!	!
!Var.facteur1	!0.07	!1	!0.07	!3.04	!0.0819	!	!	!
!Var.facteur2	!10.47	!2	!5.24	!234.61	!0.0000	!	!	!
!Var.facteur3	!0.42	!2	!0.21	!9.52	!0.0003	!	!	!
!Var.inter1.2	!0.02	!2	!0.01	!0.52	!0.6004	!	!	!N.S
!Var.inter1.3	!0.12	!2	!0.06	!2.74	!0.0697	!	!	!S
!Var.inter2.3	!0.39	!4	!0.10	!4.35	!0.0034	!	!	!H.S
!Var.inter1.2.3	!0.18	!4	!0.05	!2.04	!0.0974	!	!	!S
!Var.residuelle	!1.61	!72	!0.02	!	!	!0.15	!27.0	!

Prélèvement3 !!	!SCE	!DDL	!CM	!Test F	!Proba	!E.T	!CV	!S.D.S
!Var. totale	!3.73	!89	!0.04	!	!	!	!	!
!Var.facteur1	!0.02	!1	!0.02	!1.35	!0.2477	!	!	!
!Var.facteur2	!1.84	!2	!0.92	!68.31	!0.0000	!	!	!
!Var.facteur3	!0.11	!2	!0.05	!4.05	!0.0211	!	!	!
!Var.inter1.2	!0.03	!2	!0.02	!1.24	!0.2946	!	!	!N.S
!Var.inter1.3	!0.02	!2	!0.01	!0.72	!0.4946	!	!	!N.S
!Var.inter2.3	!0.23	!4	!0.06	!4.29	!0.0037	!	!	!H.S
!Var.inter1.2.3	!0.50	!4	!0.13	!9.28	!0.0000	!	!	!T.H.S
!Var.residuelle	!0.97	!72	!0.01	!	!	!0.12	!42.8	!

Annexe J: Poids sec des feuilles

Prélèvement1 !!	!SCE	!DDL	!CM	!Test F	!Proba	!E.T	!CV	!S.D.S
!Var. totale	!0.52	!89	!0.10	!	!	!	!	!
!Var.facteur1	!0.01	!1	!0.01	!2.06	!0.1517	!	!	!
!Var.facteur2	!0.09	!2	!0.05	!13.53	!0.0000	!	!	!
!Var.facteur3	!0.14	!2	!0.07	!20.00	!0.0000	!	!	!
!Var.inter1.2	!0.01	!2	!0.00	!1.89	!0.1568	!	!	!N.S
!Var.inter1.3	!0.01	!2	!0.00	!0.29	!0.7545	!	!	!N.S
!Var.inter2.3	!0.01	!4	!0.00	!0.46	!0.7674	!	!	!N.S
!Var.inter1.2.3	!0.01	!4	!0.00	!0.97	!0.4280	!	!	!N.S
!Var.residuelle	!0.24	!72	!0.00	!	!	!0.06	!64.3	!

!!

Prélèvement2 !!	!SCE	!DDL	!CM	!Test F	!Proba	!E.T	!CV	!S.D.S
!Var. totale	!2.11	!89	!0.02	!	!	!	!	!
!Var.facteur1	!0.00	!1	!0.00	!0.45	!0.5117	!	!	!
!Var.facteur2	!1.07	!2	!0.53	!69.01	!0.0000	!	!	!
!Var.facteur3	!0.05	!2	!0.02	!3.07	!0.0512	!	!	!
!Var.inter1.2	!0.02	!2	!0.01	!1.45	!0.4212	!	!	!N.S
!Var.inter1.3	!0.01	!2	!0.01	!0.91	!0.4103	!	!	!N.S
!Var.inter2.3	!0.12	!4	!0.03	!3.87	!0.0068	!	!	!H.S
!Var.inter1.2.3	!0.28	!4	!0.07	!8.89	!0.0000	!	!	!T.H.S
!Var.residuelle	!0.56	!72	!0.01	!	!	!0.09	!47.0	!

Prélèvement3 !!	!SCE	!DDL	!CM	!Test F	!Proba	!E.T	!CV	!S.D.S
!Var. totale	!6.28	!89	!0.07	!	!	!	!	!
!Var.facteur1	!0.02	!1	!0.02	!1.31	!0.2542	!	!	!
!Var.facteur2	!4.88	!2	!2.44	!200.69	!0.0000	!	!	!
!Var.facteur3	!0.20	!2	!0.10	!8.40	!0.0006	!	!	!
!Var.inter1.2	!0.01	!2	!0.00	!0.29	!0.7534	!	!	!N.S
!Var.inter1.3	!0.04	!2	!0.02	!1.46	!0.2370	!	!	!N.S
!Var.inter2.3	!0.21	!4	!0.05	!4.28	!0.0038	!	!	!H.S
!Var.inter1.2.3	!0.0	!4	!0.01	!0.98	!0.4263	!	!	!N.S
!Var.residuelle	!0.88	!72	!0.01	!	!	!0.11	!29.2	!

Annexe K : Poids sec tiges

Prélèvement1 !!	!SCE	!DDL	!CM	!Test F	!Proba	!E.T	!CV	!S.D.S
!Var. totale	!0.05	!89	!0.00	!	!	!	!	!
!Var.facteur1	!0.00	!1	!0.00	!5.18	!0.0245	!	!	!
!Var.facteur2	!0.01	!2	!0.01	!24.50	!0.0000	!	!	!
!Var.facteur3	!0.01	!2	!0.01	!23.51	!0.0000	!	!	!
!Var.inter1.2	!0.00	!2	!0.00	!2.06	!0.1325	!	!	!N.S
!Var.inter1.3	!0.00	!2	!0.00	!0.52	!0.6032	!	!	!N.S
!Var.inter2.3	!0.00	!4	!0.00	!0.99	!0.4222	!	!	!N.S
!Var.inter1.2.3	!0.00	!4	!0.00	!1.20	!0.3197	!	!	!N.S
!Var.residuelle	!0.02	!72	!0.00	!	!	!0.02	!55.3	!

!!

Prélèvement2 !!	!SCE	!DDL	!CM	!Test F	!Proba	!E.T	!CV	!S.D.S
!Var. totale	!0.63	!89	!0.01	!	!	!	!	!
!Var.facteur1	!0.00	!1	!0.00	!0.02	!0.8941	!	!	!
!Var.facteur2	!0.09	!2	!0.05	!8.36	!0.0006	!	!	!
!Var.facteur3	!0.02	!2	!0.01	!1.81	!0.1687	!	!	!
!Var.inter1.2	!0.01	!2	!0.00	!0.89	!0.4158	!	!	!N.S
!Var.inter1.3	!0.01	!2	!0.00	!0.55	!0.5852	!	!	!N.S
!Var.inter2.3	!0.03	!4	!0.01	!1.28	!0.2844	!	!	!N.S
!Var.inter1.2.3	!0.08	!4	!0.02	!3.50	!0.0116	!	!	!S
!Var.residuelle	!0.39	!72	!0.01	!	!	!0.07	!81.3	!

!!

Prélèvement3 !!	!SCE	!DDL	!CM	!Test F	!Proba	!E.T	!CV	!S.D.S
!Var. totale	!1.39	!89	!0.02	!	!	!	!	!
!Var.facteur1	!0.02	!1	!0.02	!7.90	!0.0063	!	!	!
!Var.facteur2	!1.05	!2	!0.53	!232.62	!0.0000	!	!	!
!Var.facteur3	!0.04	!2	!0.02	!8.89	!0.0004	!	!	!
!Var.inter1.2	!0.01	!2	!0.00	!1.75	!0.1785	!	!	!N.S
!Var.inter1.3	!0.03	!2	!0.02	!6.79	!0.0021	!	!	!H.S
!Var.inter2.3	!0.03	!4	!0.01	!3.16	!0.0189	!	!	!S
!Var.inter1.2.3	!0.05	!4	!0.01	!5.26	!0.0010	!	!	!H.S!
!Var.residuelle	!0.16	!72	!0.00	!	!	!0.05	!27.0	!

Annexe L : Poids sec des racines

Prélèvement1 !!	!SCE	!DDL	!CM	!Test F	!Proba	!E.T	!CV	!S.D.S
!Var. totale	!0.22	!89	!0.00	!	!	!	!	!
!Var.facteur1	!0.01	!1	!0.01	!3.15	!0.0766	!	!	!
!Var.facteur2	!0.02	!2	!0.01	!5.19	!0.0080	!	!	!
!Var.facteur3	!0.06	!2	!0.03	!16.16	!0.0000	!	!	!
!Var.inter1.2	!0.00	!2	!0.00	!1.01	!0.3707	!	!	!N.S
!Var.inter1.3	!0.00	!2	!0.00	!0.35	!0.7093	!	!	!N.S
!Var.inter2.3	!0.00	!4	!0.00	!0.61	!0.6572	!	!	!N.S
!Var.inter1.2.3	!0.01	!4	!0.00	!1.37	!0.2507	!	!	!N.S
!Var.residuelle	!0.12	!72	!0.00	!	!	!0.04	!63.4	!

!!

Prélèvement2 !!	!SCE	!DDL	!CM	!Test F	!Proba	!E.T	!CV	!S.D.S
!Var. totale	!1.20	!89	!0.01	!	!	!	!	!
!Var.facteur1	!0.05	!1	!0.05	!7.74	!0.0068	!	!	!
!Var.facteur2	!0.29	!2	!0.14	!21.93	!0.0000	!	!	!
!Var.facteur3	!0.18	!2	!0.09	!13.44	!0.0000	!	!	!
!Var.inter1.2	!0.00	!2	!0.00	!0.00	!0.9900	!	!	!N.S
!Var.inter1.3	!0.05	!2	!0.03	!4.13	!0.0197	!	!	!S
!Var.inter2.3	!0.07	!4	!0.02	!2.60	!0.0428	!	!	!S
!Var.inter1.2.3	!0.10	!4	!0.02	!3.75	!0.0080	!	!	!H.S
!Var.residuelle	!0.47	!72	!0.01	!	!	!0.08	!41.0	!

!!

Prélèvement3 !!	!SCE	!DDL	!CM	!Test F	!Proba	!E.T	!CV	!S.D.S
!Var. totale	!6.04	!89	!0.07	!	!	!	!	!
!Var.facteur1	!0.17	!1	!0.17	!7.38	!0.0081	!	!	!
!Var.facteur2	!2.15	!2	!0.07	!46.01	!0.0000	!	!	!
!Var.facteur3	!0.51	!2	!0.26	!11.01	!0.0001	!	!	!
!Var.inter1.2	!0.25	!2	!0.12	!5.29	!0.0073	!	!	!H.S
!Var.inter1.3	!0.14	!2	!0.07	!2.97	!0.0564	!	!	!S
!Var.inter2.3	!0.65	!4	!0.16	!7.01	!0.0001	!	!	!T.H.S
!Var.inter1.2.3	!0.48	!4	!0.12	!5.10	!0.0012	!	!	!H.S
!Var.residuelle	!1.68	!72	!0.02	!	!	!0.15	!42.2	!

