

UNIVERSITE SAAD DAHLAB DE BLIDA
Faculté des Sciences Agro- Vétérinaires et Biologiques
Département d'Agronomie

MEMOIRE DE MAGISTER

en Science Agronomique
Spécialité : Amélioration des productions végétales

EFFET DE TOXICITE DU MAGNESIUM LIE AUX SULFATES
ET AUX CHLORURES CHEZ CERTAINES VARIETES DE TOMATES
CONDUITES SOUS SERRE EN CULTURE HYDROPONIQUE

Par

Djamel HOUASSINE

Devant le jury composé de :

M. Benmoussa	Maître de conférence, U. de Blida	Président
S. Snoussi	Maître de conférence, U. de Blida	Promoteur
Y. Daoud	Professeur, I.N.A., Alger	Examineur
A. Achouche	Maître de conférence, U. de Blida	Examineur
M.S. Abdulhussaine	Chargée de cours, U. de Blida	Invitée

Blida, juin 2004

RESUME

La croissance végétative et reproductive ont été étudiées chez deux variétés de tomates (*Lycopersicon esculentum* Mill) cultivées en serre, face à l'effet toxique du magnésium appliqué dans deux solutions nutritives sous différentes formes de liaison (combiné aux sulfates ou aux chlorures) et sous différentes conditions de salinité. L'équilibre nutritionnel dans les traitements salins corrigés a permis d'augmenter la hauteur des plantes, et le nombre de feuilles produites. Le nombre de fruits est aussi augmenté par les solutions salines corrigées alors que leur poids resté faible. La forme de magnésium lié aux chlorures semble mieux contrôler la croissance végétative aérienne des plantes de tomate au niveau des traitements salins corrigées, et a donné une meilleure production en fruits. La variété Marmande s'est montrée plus résistante en milieu salé que la variété merveille des marchés de point de vue croissance végétative et plus performante en rendement. La qualité des fruits des solutions salines corrigées est améliorée par l'augmentation des teneurs en matière sèche, en sucres solubles, en acides titrables et en vitamine C. La forme de magnésium combinée aux sulfates semble contribuer à une meilleure qualité des fruits. Les résultats montrent l'existence chez les deux variétés d'un seul mécanisme physiologique impliqué dans la tolérance à la salinité, qui permet une accumulation plus élevée d'ions, principalement dans les tissus foliaires. La forme de magnésium liée aux sulfates participe à une meilleure résistance de la tomate aux conditions salines du faite qu'elle maintient l'accumulation du K au niveau des feuilles.

Mots clés: toxicité; magnésium; sulfates; chlorures; solution nutritive; croissance; rendement; qualité; tolérance à la salinité; tomate; serre.

ABSTRACT

Vegetative and reproductive growth were studied in two tomato cultivars (*Lycopersicon esculentum* Mill) cultivated in greenhouse, in response to toxic effect of magnesium applied in two nutrient solution at different combination form (with sulphate or with chloride), and under different saline conditions.

The nutritional equilibrium in the adjusted saline solution increase both height and leaves number of plants. The fruit number is also increased by the adjusted saline solution, whereas the increase in fruit weight was low. The $MgCl_2$ form seems better to control shoot growth of tomato plants in the adjusting saline solution, and gived the highest yield. The Marmande tomato variety was found more resistant to salinity than Merveille des marchés variety, regarding both the vegetative growth and yield. Fruit quality was improved with adjusting saline solution by the increase in the content of dry matter, soluble sugars, titrable acid, and vitamine C. However, $MgSO_4$ form appeared to contribute to the best quality of fruit.

The results show that there exists a same physiological mechanism involved in the salt tolerance observed with both tomato variety that permit high ion accumulation, mostly in leaf tissues. The magnesium combined with sulphate seems better to participate on salts resistance in tomato plant because that maintain K accumulation in leaves.

Keywords: toxicity; magnesium; sulphate; chloride; nutrient solution; growth; yield; fruit quality; salt tolerance; tomato; greenhouse.

ملخص

النمو و الإنتاج درس عند صنفين من الطماطم ليكوبارسيكون أسكيلونتوم ميل مزروعة تحت بيت من الزجاج, اتجاه تأثير التسمم بالمغنيزيوم المتوفر بأشكال مختلفة في محلولين مغذيين [مرتبط بالكلور أو بالكبريت], و الموجود بأوساط مختلفة الملوحة. التوازن الغذائي للمحاليل الملحية المصححة سمح بالزيادة في الإرتفاع وفي عدد الأوراق المنتجة عند النبتة. كذلك عدد الثمار إزداد غير أن وزنها بقي ضعيفا عند المحاليل الملحية المصححة. المغنيزيوم المرتبط بالكلور ظهر أحسن شكل لمراقبة النمو النباتي للطماطم و سمح بإنتاج أحسن للثمار على مستوى المحاليل الملحية المصححة. الصنف مارموند ظهر الأحسن مقاوم للملوحة بالمقارنة مع الصنف مرفاي دي مارشي من حيث النمو والإنتاج. نوعية الثمار تحسنت على مستوى المحاليل الملحية المصححة بالزيادة في نسبة المادة الجافة وكمية السكر المنحل, وكذا في معيار الحموضة, و كمية الفيتامين س. المغنيزيوم المرتبط بالكبريت ظهر يساهم في أحسن نوعية للثمار. النتائج بينت تواجد ميكانيزم فيزيولوجي مشترك لدى الصنفين من الطماطم مسؤول في تحمل الطماطم للملوحة و الذي يسمح بتركيز عالي للأملاح , خاصة على مستوى أنسجة الأوراق . المغنيزيوم المرتبط بالكبريت ظهر يساهم في أحسن مقاومة للطماطم في حالة الملوحة بسبب محافظته على تركيز البوتاسيوم في الأوراق.

الكلمات الدلييلة:

التسمم, المغنيزيوم, الكبريت, الكلور, المحاليل الملحية, النمو النباتي, الإنتاجية, النوعية, تحمل الملوحة, الطماطم, بيت من الزجاج.

REMERCIEMENTS

Au terme de ce travail, je tiens à exprimer mes remerciements à :

Monsieur **SNOUSSI S.** Maître de conférence à l'Université de Blida d'avoir bien accepter d'encadrer ce travail.

Monsieur **BENMOUSSA M.** Maître de conférence à l'Université de Blida de l'honneur qu'il me fait de présider ce jury.

Messieurs **DAOUD Y.** Professeur à l'I.N.A El-Harrach et **ACHOUCH A.** Maître de conférence à l'Université de Blida de l'honneur qu'ils me font d'examiner et de juger ce travail.

Mes remerciements vont également à Madame **ABDULHUSSAINE M. S.** Chargée de cours à l'Université de Blida de l'honneur qu'elle me fait en participant à mon jury.

Aussi, je tiens à remercier Monsieur **AIT SADI N.** du laboratoire des cultures maraîchères de l'Université de Blida pour son précieux aide tout au long de mon expérimentation.

Enfin, je remercie tous ceux qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Je dédie cette thèse à mes parents, à mon frère et mes sœurs, et à tous mes amies.

TABLE DES MATIERES

RESUME	1
REMERCIEMENTS	3
TABLE DES MATIERES	4
LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES	8
INTRODUCTION	10
1. LA SALINITE DANS LES ZONES ARIDES	12
1.1. Définition de la zone aride	12
1.2. Développement du sol dans la zone aride	12
1.3. Origine naturelle des eaux salines	13
1.4. Utilisation des eaux salines dans l'irrigation	14
1.4.1. Caractérisation des eaux d'irrigation	14
1.4.2. Irrigation et méthodes de culture	14
2. REPONSE DE LA PLANTE A LA SALINITE	16
2.1. Définition du stress salin	16
2.2. Effets sur la croissance et le métabolisme	17
2.3. Effets de la salinité sur les mécanismes physiologiques de la plante	17
2.3.1. Effet sur l'absorption de l'eau	17
2.3.2. Effet sur la photosynthèse et les échanges gazeux	18
2.4. Effet de la salinité sur le rendement	18
3. LA NUTRITION DE LA PLANTE	20
3.1. Mécanismes d'absorption sélective au niveau cellulaire	20
3.2. Facteurs influençant l'absorption et interactions d'antagonismes dans l'absorption	21
3.3. Effets spécifiques de certains sels	22

3.3.1. Définition de la toxicité	22
3.3.2. Effet du magnésium	22
3.3.3. Effet du sodium	23
3.3.4. Effet des sulfates	23
3.3.5. Effet des chlorures	24
3.3.6. Symptômes de toxicité d'origine saline	24
3.4. Importance de la fertilisation dans les conditions salines	24
4. LA CULTURE DE LA TOMATE CONDUITE EN HORS SOL	26
4.1. Effet de la salinité sur les différents stades de développement de la tomate	26
4.1.1. Effet sur la germination	26
4.1.2. Effet sur la phase de croissance végétative	26
4.1.3. Effet sur la phase de fructification	26
4.1.4. Effet sur la phase de récolte	27
4.2. Influence de la salinité sur la qualité des fruits	28
4.2.1. Définition de la qualité	28
4.2.2. Effet sur l'aspect externe des fruits	28
4.2.3. Influence de la salinité sur la qualité nutritionnelle et organoleptique de la tomate	28
5. LA TOLERANCE DE LA TOMATE A LA SALINITE	30
5.1. Définition de la tolérance à la salinité	30
5.2. Mécanismes de tolérance à la salinité	30
5.2.1. Evitement ou esquivé	31
5.2.2. Exclusion des sels	31
5.2.3. Tolérance physiologique	31
5.2.3.1. La compartimentation	31
5.2.3.2. L'osmorégulation	32
6. MATERIEL ET METHODES	33
6.1. Objectifs et conditions de l'expérimentation	33

6.1.1. Caractéristiques de l'abri	33
6.1.2. Conditions climatiques	33
6.1.3. Matériel végétal	36
6.1.4. Substrat	36
6.1.5. Containers	36
6.1.6. Dispositif expérimental	37
6.1.7. La conduite de la culture	39
6.1.7.1. Semis et repiquage	39
6.1.7.2. Irrigation fertilisante	39
6.1.8. Entretien de la culture	47
6.1.9. Récolte	48
6.2. Méthodes d'études	49
6.2.1. Etude agronomique	49
6.2.1.1. Précocité et vigueur des plants	49
6.2.1.2. Rendement et facteurs du rendement	50
6.2.2. Etude de la qualité des fruits récoltés	51
6.2.2.1. Qualité organoleptique et nutritionnelle	51
6.2.2.2. Composition en matière sèche	52
6.2.3. Etude de la nutrition minérale ou de l'absorption cationique au niveau des différents organes de la plante (tige, feuille, et racine)	53
6.3. Analyse statistique	53
 7. RESULTATS ET DISCUSSIONS	 54
7.1. Evolution de la consommation en eau durant le cycle de développement	54
7.2. Evolution de la CE et du pH dans les solutions de drainage en cours de culture	55
7.3. Précocité et vigueur des plantes	57
7.3.1. Précocité à la floraison et à la nouaison	57
7.3.2. Evolution de la hauteur des plantes	58
7.3.3. Diamètre finale des tiges	59
7.3.4. Distance collet - 1 ^{er} bouquet et 1 ^{er} bouquet - 2 ^{ème} bouquet	60
7.3.5. Nombre de feuilles par plante	61
7.3.6. Poids frais et sec des feuilles, des tiges , des (feuilles + tiges)	

et des racines	62
7.4. Rendement et facteurs du rendement	64
7.4.1. Nombre de fleurs par plante	64
7.4.2. Nombre de fruits par plante	65
7.4.3. Taux des fleurs avortées par plante	66
7.4.4. Poids total des fruits récoltés par plante	66
7.4.5. Poids moyen des fruits par plante	67
7.4.6. Taux de nécrose apicale	68
7.4.7. Calibre des fruits	69
7.5- Paramètres de qualité	70
7.5.1. Qualité organoleptique et nutritionnelle	70
7.5.1.1. Acidité titrable des fruits	70
7.5.1.2. Teneur en sucre totaux	71
7.5.1.3. Teneur en vitamine 'C'	72
7.5.1.4. Teneur en cations des fruits	72
7.5.2. Paramètres morphologiques	74
7.5.2.1. Teneur en matière sèche des fruits	74
7.5.2.2. Epaisseur du péricarpe	75
7.5.2.3. Nombre de loges des fruits	75
7.6. Analyse de la teneur en cations des différents organes de la plante (Tige- feuille- racine)	76
DISCUSSION GENERALE	80
CONCLUSION	84
REFERENCES	86
ANNEXES	92

LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES

Tableau 6.1 Moyenne des températures par décades de la serre et du substrat, et moyenne des ETM par décades	35
Tableau 6.2 Caractéristiques des variétés utilisées	36
Tableau 6.3 Composition minérale de l'eau de Blida (meq/l)	40
Tableau 6.4 Composition de l'eau de Gassi Touil (meq/l)	41
Tableau 6.5 Composition de la solution saline naturelle (T1) en meq/l	42
Tableau 6.6 Composition de la solution saline naturelle (T2) en meq/l	43
Tableau 6.7 Composition de la première solution nutritive corrigée (T1c) en meq/l : Cas du Mg^{2+} lié aux sulfates	44
Tableau 6.8 Composition de la deuxième solution nutritive corrigée (T2c) en meq/l : Cas du Mg^{2+} lié aux chlorures	45
Tableau 6.9 Composition de la solution nutritive témoin (Tm) en meq/l	46
Tableau 6.10 Composition des solutions mères complémentaires d'oligo-éléments	47
Tableau 7.1 Floraison et nouaison du premier bouquet floral (jours après repiquage)	57
Tableau 7.2 Hauteur finale des plantes (cm)	58
Tableau 7.3 Diamètre des tiges (cm)	59
Tableau 7.4 Distance collet - 1 ^{er} bouquet et 1 ^{er} bouquet - 2 ^{ème} bouquet (cm)	60
Tableau 7.5 Nombre de feuilles par plant	61
Tableau 7.6 Poids frais et sec (feuilles, tiges, feuilles + tiges, et racines)	62
Tableau 7.7 Nombre de fleurs par plante	64
Tableau 7.8 Nombre des fruits par plante	65
Tableau 7.9 Taux des fleurs avortées par plante (%)	66
Tableau 7.0 Poids total des fruits par plante (g)	66
Tableau 7.11 Poids moyen des fruits par plante (g)	67
Tableau 7.12 Taux de nécrose apicale (%)	68
Tableau 7.13 Répartition des calibres en % du poids total des fruits récoltés	69
Tableau 7.14 Acidité titrable des fruits (g d'acide citrique / 100g de jus)	70

Tableau 7.15	Teneur en sucre totaux (%)	71
Tableau 7.16	Teneur en vitamine 'C' (mg d'acide ascorbique / 100 g de MF)	72
Tableau 7.17	Teneur en cations des fruits exprimées en % de MS	73
Tableau 7.18	Teneur en matière sèche des fruits (%)	74
Tableau 7.19	Epaisseur du péricarpe (cm)	75
Tableau 7.20	Nombre de loges des fruits	75
Tableau 7.21	Teneur en K ⁺ (% de MS) des Tiges, des feuilles et des racines	76
Tableau 7.22	Teneur en Na ⁺ (% de MS) des Tiges, des feuilles et des racines	77
Tableau 7.23	Teneur en Mg ²⁺ (% de MS) des Tiges, des feuilles et des racines	78
Tableau 7.24	Teneur en Ca ²⁺ (% de MS) des Tiges, des feuilles et des racines	79
Figure 6.1	Evolution de la température et de l'ETM (Janv - Juin)	34
Figure 6.2	Schéma du dispositif expérimental	38
Figure 7.1	Evolution de la consommation en eau chez la variété marmande	54
Figure 7.2	Evolution de la consommation en eau chez la variété merveille des marchés	54
Figure 7.3	Evolution de la CE des solutions de drainage au niveau de la variété Marmande	55
Figure 7.4	Evolution de la CE des solutions de drainage au niveau de la variété Merveille des marchés	55
Figure 7.5	Evolution du pH des solutions de drainage chez de la variété Marmande	56
Figure 7.6	Evolution du pH des solutions de drainage chez de la variété Merveille des marchés	56
Figure 7.7	Evolution de la hauteur des plantes	58

INTRODUCTION

La salinité constitue le problème le plus sévère qui affecte l'agriculture dans différentes régions du monde (RAMAGE in RODRIGUEZ et al., 1997). Elle influence beaucoup de régions du bassin méditerranéen et des zones arides (KATERJI,1995; KATERJI et al., 1998).

Dans ces zones, les sols présentent des niveaux de salinité de plus en plus élevés, car les agriculteurs sont contraints d'utiliser des eaux salines pour l'irrigation (AL-RAWAHY et al., 1992; SATTI et al.,1994). De plus, le problème de la salinité est accentué par la sécheresse (BEN NACEUR et al., 2001) suite à une évapotranspiration intense.

En effet, 25% des terres irriguées dans le monde sont aujourd'hui confrontées au problème de salinité (LEVIGNERON et al., 1995).

De nombreux aménagements dans les techniques culturales sont proposés pour limiter le problème de la salinité dans ces zones (fertilisation adéquate, irrigation contrôlée).Ceci demandent toutefois des investissements considérables que de nombreux pays ne peuvent les prendre en charge (LEVIGNERON et al., 1995).

L'amélioration de la tolérance des cultures à la salinité reste la voie la moins coûteuse et la plus recherchée pour exploiter ces zones. C'est pour cette raison que la réponse des plantes à la salinité est le plus souvent, le sujet de recherche dans la physiologie des plantes.

Pour répondre partiellement à cette préoccupation et compte tenu l'importance de la tomate dans le monde vue sa répartition et plus particulièrement dans notre pays et en plus sa tolérance modérée à la salinité (RODRIGUEZ et al., 1997) cette espèce a été retenue dans notre étude.

En Algérie, la culture de la tomate occupe 6.58% de la superficie consacrée à l'ensemble des cultures maraîchères, soit 17 820 ha avec un rendement de 225.2 qx/ha et 69.12% de la surface consacrées aux cultures industrielles, soit 24 690 ha avec un rendement de 167.5 qx/ha, selon les statistiques de la campagne 2001/2002 (ANONYME, 2002).

Aussi, la tomate est pratiquée principalement en culture protégée sous serre (KATERJI et al., 1998), où le risque de salinité est relativement élevé, surtout avec le système de culture hydroponique.

L'ajustement des eaux d'irrigation salines pour leur utilisation en hydroponie peut être prometteuse sous certaines conditions alors que cette eau est considérée impraticable en culture normale notamment en horticulture (SCHWARZ, 1985).

Il est bien connu que l'excès de sels réduit le rendement de la tomate, ceci est causé principalement par l'augmentation de la pression osmotique et par le déséquilibre ionique, en plus de l'effet toxique de certains ions présents en quantité excessive (FAUSTINO et AGTARAP, 1996; BALIBREA et al., 1997). Mais la présence des sels peut améliorer la qualité des fruits (SATTI et al., 1996; PETERSEN et al., 1998).

C'est dans ce cadre que s'inscrit notre étude portant sur l'effet de la toxicité du magnésium lié aux chlorures ou aux sulfates, sur deux variétés de tomate à savoir Marmande et Merveille des marchés.

La technologie adoptée est d'une part la synthèse de milieux aqueux convenables à la nutrition des plantes de tomate et ce à partir des eaux non conventionnelles et d'autre part mettre au point l'effet de comportement de deux variétés de tomate (Marmande et Merveille des marchés) lorsque le milieu de culture est salé et renferme du magnésium tantôt enrichi en chlorures et tantôt enrichi en sulfates.

CHAPITRE 1

LA SALINITE DANS LES ZONES ARIDES

1.1. Définition de la zone aride

Les zones arides sont caractérisées par les conditions suivantes (MANDEL, 1973):

- Le potentiel d'évaporation annuel est significativement grand par rapport aux précipitations annuelles;
- Les précipitations sont limitées à quelques saisons bien définies, et sont généralement rares et irrégulières d'une année à l'autre;
- La couverture végétale est limitée principalement par la disponibilité de l'eau dans le sol, surtout dans les sols excessivement salins.

Aussi, selon HALITIM, (1988) cette zone aride est généralement subdivisée en trois domaines:

- Le domaine hyper - aride dont la pluviométrie est inférieur à 100mm;
- Le domaine aride proprement dit dont la pluviométrie est comprise entre 100-300 et 400 mm;
- Le domaine semi-aride dont la pluviométrie est comprise entre 300-400 et 600mm.

En Algérie, la zone aride représente près de 95% du territoire nationale et dont 80% sont dans le domaine hyper - aride.

1.2. Développement du sol dans la zone aride

Dans les régions arides, les sols d'une manière générale posent d'énormes problèmes de mise en valeur, car ils présentent souvent des croûtes calcaires ou gypseuses. Ils sont la plupart du temps salés et sujettes à l'érosion et à une salinisation secondaire (HALITIM, 1988).

Le régime hydrique des sols est à la base des phénomènes pédologiques et en particulier de la dynamique des sels. En Algérie, les principaux sols sont ceux de la zone aride qui sont principalement des sols calcaires. Les autres sols de cette zone sont gypseux,

calcaire- gypseux, salsodiques, et salés. La salure de ces derniers est de type chloruré à sulfato-chloruré

Certaines conditions physico-chimiques sont préalables à la genèse de certains argiles développées dans la zone aride, notamment la présence du magnésium. Cet élément joue un rôle favorable dans la stabilité relative des minéraux argileux (HALITIM, 1988). En effet, les argiles fibreuses comme la playgorskite avec de forte teneur en magnésium caractérisent les bassins carbonatés à concentration saline élevée ainsi que les sols salsodiques ou désertiques (DEJOU, 1992).

Par contre, la présence des sulfates provoquent la destruction des argiles avec une libération intense de magnésium. Cette action est suivie de celle des chlorures et des bicarbonates (HALITIM, 1988).

1.3. Origine naturelle des eaux salines

La qualité de l'eau est fortement dépendante du substratum géologique et des conditions climatiques, mais elle varie à la fois dans l'espace et dans le temps. Dans les régions méditerranéennes, les eaux sont généralement chargées en ions bicarbonates et ont une réaction fortement alcaline (BRUN et MONTARONE, 1987).

Il est à noter que la salinisation des ressources en eau, spécialement en eau sous terrains, est le problème universel des régions arides. Cette salinisation est la cause des principaux mécanismes suivants (MANDEL, 1973):

- Evaporation de l'eau des surfaces ouvertes ou dépressions, et des eaux sous terrains peu profondes comme les lacs saisonniers, les sabkhas et dayas laissant derrière des incrustations salines extensives;

- Saumure fossile des eaux aquifères profondes et stagnantes du fait de leur poids spécifique qui est élevé. Ces nappes sont alimentées par des oueds très salés qui constituent le principal agent de salinisation des sols en zone aride comme les nappes profondes au centre des sabkhas (HALITIM, 1988);

- Dépôt des sels par des précipitations sous forme de retombées secs, phénomène très répandu dans certaines plaines côtières ;

- Eaux issues des roches carbonatées dans les régions méditerranéennes qui sont en convection continue avec l'eau de mer. Ces eaux présentent en générale les caractéristiques suivantes: $Ca > Mg > Na + K$ et $HCO_3 > SO_4 > Cl$.

1.4. Utilisation des eaux salines dans l'irrigation

En Algérie, un pourcentage relativement élevé des eaux d'irrigation tombent au dessus de 2250 micromho/cm alors que 98% des eaux considérées non salées contiennent pas plus de 15 milléquivalents de chlore et plus de 2250micromho/cm de sels totaux (YARON, 1973).

Des expériences sur tomate selon WINSOR (1968) indiquent qu'une conductivité électrique du sol comprise entre 2700 et 2800 micromoho/cm est généralement convenable avec une option de 2000 micromho/cm dans les sols sableux.

Par ailleurs, l'utilisation des eaux salines pour l'irrigation dépend de leur condition d'utilisation, du type de la culture, du climat, du sol, de la méthode d'irrigation et des pratiques d'aménagement et enfin l'aspect économique (SCHWARZ, 1985) .

1.4.1. Caractérisation des eaux d'irrigations

Les eaux d'irrigations sont classées sur la base de leur teneur totale en sel et en leur teneur spéciale en Na et Cl (ions responsables de l'alcalinité du sol et de la toxicité des plantes).

Selon MEIRI et LEVY (1973) il est indispensable de déterminer en condition de salinité un seuil économique du SAR (Sodium Absorption Ratio) et la CE (Conductivité Electrique) et ce pour maintenir la perméabilité du sol et son infiltration. Ces deux paramètres sont nécessaires dans la conduite et la gestion des irrigations.

L'eau est considérée saline généralement non convenable pour l'agriculture si elle contiennent plus de 1500 ppm de sel. De même une eau qui présente moins de 500 ppm de sel n'exige pas de traitements spéciaux, mais considérée théoriquement saline (SCHWARZ, 1985).

1.4.2. Irrigation et méthodes de culture

L'utilisation des eaux salines pour l'irrigation est praticable en agriculture sous certaines conditions et pour certaines cultures seulement où on peut accepter une perte relativement faible du rendement, comme le cas chez les céréales. Par contre, elle est généralement considérée impraticable dans le cas de l'horticulture, car la culture est très sensible et très exigeante (SCHWARZ, 1985).

L'expérience de certains pays comme l'Israël (SHIMSHI, 1973) et la Tunisie (VAN HOORN, 1995) montre qu'il est possible d'irriguer avec des eaux salines.

Selon SHIMSHI (1973) la tomate est très sensible aux méthodes de culture et des gains de rendement sont observés avec le développement de certaines pratiques qui facilitent l'utilisation de ces eaux salines comme l'irrigation par le goutte à goutte. Aussi, la maîtrise de l'irrigation permet d'éviter les pertes par drainage car les apports en eaux chargées sont généralement augmentées de 20 à 30% (KATERJI, 1995).

Par ailleurs, l'irrigation avec des eaux chargées exige un investissement considérable et peut causer la dégradation des sols (BOYER, 1997). En ces conditions limitées, il est recommandé de développer ces cultures de valeur sur des sols de faibles valeurs comme le sable, car ce dernier est facilement récupérable (MARTINEZ, 1992), ou valoriser ses eaux salines en cultures hydroponiques (SHCWARZ, 1985).

CHAPITRE 2

REPONSE DE LA PLANTE A LA SALINITE

La salinité constitue un problème sérieux qui affecte la croissance des cultures . Chez la tomate l'effet de la salinité se manifeste par des pertes en matières sèches des pousses et une chute du rendement en fruit (HASSAN et al.,1989; SOLIMAN et DOSS, 1992).

Les conditions de salinité influencent la croissance et le rendement des cultures selon quatre facteurs essentiels (MEIRI et LEVY, 1973 ; SATTI et al., 1994):

- 1- Effet résultant de l'augmentation de la pression osmotique qui est lié au potentiel hydrique dans la solution et dans la plante;
- 2- Accumulation des ions en concentration toxique;
- 3- Effet toxique causé par certains ions individuels présents en quantité relativement faible;
- 4- Perturbation de l'absorption en raison du déséquilibre ionique.

2.1. Définition du stress salin

Le stress salin est du à des effets indésirables liés aux excès de sels. De plus, ce stress salin est souvent associé à des stress thermiques, le cas de la sécheresse (MONNEVEUX et THIS, 1997), et peut induire une sécheresse physiologique comparable à un stress hydrique (SCHWARZ, 1985). Donc le stress salin est simultanément :

- Un stress hydrique

C'est la diminution du potentiel hydrique dans la zone racinaire qui se traduit par une diminution de la disponibilité en eau pour la plante, ce qui provoque un déficit hydrique et une perte de la turgescence au niveau des tissus;

- Un stress ionique

En dépit d'un ajustement osmotique correct, la toxicité ionique survient lorsque l'accumulation des sels dans les tissus perturbe l'activité métabolique;

- Un stress nutritionnel

Le stress salin provoque une altération de la nutrition minérale, en particulier, vis-à-vis des transporteurs ioniques cellulaires.

2.2. Effet sur la croissance et le métabolisme

La salinité du milieu provoque l'accélération du cycle biologique avec changement de la voie métabolique de fixation du carbone ou des modifications des structures anatomiques (LEVIGNERON et al., 1995).

EL-IKLIL et al. (2000) suggèrent que la faible croissance est liée au prix énergétique nécessaire pour assurer l'ajustement osmotique. En effet, l'ajustement osmotique est un mécanisme qui intervient à tous les stades de développement de la plante, pour assurer le maintien des activités physiologiques et le transfert des assimilats à des niveaux de potentiel hydrique très bas, et retarder aussi la sénescence en favorisant l'extraction de l'eau par les racines (TURNER, 1997).

L'accumulation de certains composés organiques ou inorganiques en réponse à la salinité est considérée comme une source de résistance chez la tomate (EL-IKLIL et al., 2000).

2.3. Effet de la salinité sur les mécanismes physiologiques de la plante

L'étude des conséquences de la salinité sur les mécanismes physiologiques intervenant dans le processus d'élaboration du rendement permet de comprendre le comportement de la plante sous ces conditions, et permet ainsi de définir certains traits ou caractères morphologiques et physiologiques d'adaptation à la salinité (KATERJI, 1995; LEVIGNERON et al., 1995; WINCOV, 1998).

2.3.1. Effet sur l'absorption de l'eau

L'absorption de l'eau dépend du potentiel hydrique dans le milieu et dans la plante. La teneur en eau et le potentiel hydrique foliaire diminuent avec l'augmentation de la salinité (KATERJI et al., 1988; KATERJI et al., 1998).

En effet, il existe une relation négative entre le potentiel osmotique foliaire et la teneur en matière sèche des pousses chez la tomate (EL-IKLIL et al., 2000).

Le stress salin affecte la conductivité hydraulique au niveau des racines. En conséquence, le flux d'eau qui les traverse sera limité, ainsi que le transfert des substances vers les parties aériennes (RODRIGUEZ et al., 1997).

De même, la conductance stomatique diminue avec l'augmentation de la salinité, ce qui conduit à l'élévation de la température au niveau des surfaces foliaires et de la transpiration (MONNEVEAUX et THIS, 1997; TURNER, 1997).

Le maintien d'un potentiel hydrique élevé chez certaines variétés de tomate malgré l'augmentation de la salinité est probablement le résultat d'une capacité d'absorption élevée par les racines (RODRIGUEZ et al., 1997).

En effet, la diminution de la croissance aérienne avec le maintien du développement racinaire est considéré comme une adaptation morphologique au stress salin et au stress hydrique (WINCOV, 1998).

2.3.2. Effet sur la photosynthèse et les échanges gazeux

La principale cause de la diminution de la croissance sous les conditions salines est la réduction de la photosynthèse (SCHWARZ, 1985).

Le changement dans la conductance du CO₂ à travers les stomates est le facteur initial qui limite la photosynthèse. Un stress salin sévère et prolongé, réduit l'activité des chloroplastes et des enzymes. Par contre, la respiration est moins affectée par la fermeture des stomates ,particulièrement chez la tomate, car la respiration est maintenue à travers la tige (BEGG et TURNER, 1976).

D'autre part, (SCHWARZ, 1985; LEVIGNERON et al., 1995) indiquent que le maintien d'une respiration élevée est le résultat d'une incapacité de la plante à utiliser les assimilats pour la croissance. Ces derniers auteurs, concluent que la réduction de la croissance sous stress salin n'est pas due à l'efficience dans la fixation du carbone mais, essentiellement due aux désordres morphologiques, plus particulièrement, la réduction de l'indice foliaire (sénescence précoce et surface réduite des feuilles, feuilles épaisses, rapprochement des entre nœuds).

2.4. Effet de la salinité sur le rendement

Il est bien connu que la salinité réduit le rendement de la tomate au dessus de $2.5-3\text{ds.m}^{-1}$ de CE dans l'extrait du sol (FAUSTINO et AGTARAP, 1996; BALIBREA et al.,1997). Selon les mêmes auteurs, lorsque la salinité est modérée, le rendement est surtout affecté par le poids des fruits que par leur nombre. Par contre, une salinité élevée affecte en même temps les deux composantes du rendements.

MEIRI ET LEVY (1973) indiquent que le rendement absolu obtenue sous condition saline est d'une grande signification économique. Bien qu'on considère le plus souvent sous les conditions salines un rendement relatif car le rendement est contrôlé par l'interaction entre le potentiel génétique de la plante et son environnement pédo-climatique (KATERJI, 1995; WINCOV,1998).

CHAPITRE 3

LA NUTRITION DE LA PLANTE

3.1. 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 où certains éléments sont plus absorbés que d'autres (CALLOT et al., 1982).

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 (CALLOT et al., 1982) et qui sont :

3.1.1. 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. Cette équilibre s'exprime ensuite par des pôles électrochimiques, au niveau des membranes, qui vont exercer une force d'attraction sur les cations et de répulsion sur les anions. Cette force est appelée la capacité d'échange cationique (MARTIN-PREVEL et al., 1984).

Il est définit le plus souvent la capacité d'échange cationique racinaire ou CECR, qui varie selon les espèces (CALLOT et al., 1982);

3.1.2. 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 (CORNILLON, 1977; CALLOT et al., 1982; LETARD et al., 1995).

En effet, le manque d'oxygène apporté aux racines, peut causer des nécroses apicales chez la tomate (PIVOT et al., 1996).

D'autre part, une autre activité des pompes à protons est nécessaire pour assurer l'absorption des ions, et maintenir le pH à l'intérieur des cellules à une valeur compatible au bon fonctionnement des protéines enzymatiques (CALLOT et al., 1982).

3.2. Facteurs influençant l'absorption et les interactions d'antagonismes

L'absorption est sous l'effet de nombreux facteurs autres que la capacité respiratoire du génotype, soit physiologique (type, âge, état des cellules), soit physico-chimique (déficit hydrique, température, pH et concentration des ions dans le milieu externe) (MARTIN-PREVEL et al., 1984).

La salinité s'exprime principalement par une concentration élevée des trois cations (Ca, Mg, et Na), et plus la présence des sulfates et des chlorures qui peuvent provoquer une toxicité. Le déséquilibre nutritionnel est souvent le premier effet de la salinité, accompagné des perturbations qui sont dues à l'effet de basicité du milieu, qui entraînent des carences en certains micro-éléments, plus spécialement la carence en fer (SCHWARZ, 1985).

D'après SATTI et al. (1994) la salinité induit d'une part un antagonisme d'absorption pour les différents éléments nutritifs, et d'autre part, elle provoque des effets toxiques spécifiques dus à la présence de certains ions en concentration élevée.

Les interactions d'antagonismes, entre les niveaux internes (ou concentrations) des éléments minéraux, peuvent être dans leur pénétration dans le végétal et/ou dans leur action sur le métabolisme. Ces interactions doivent prendre en considération le génotype, l'organe analysée, le stade, et la fonction physiologique (MARTIN-PREVEL et al., 1984).

L'absorption cationique est le domaine privilégié des antagonismes de compétition, le magnésium (Mg^{2+}) est en relation étroite avec le calcium (Ca^{2+}) et le potassium (K^+), et participe aux équilibres réciproques avec ces deux cations (MARTIN-PREVEL et al., 1984). Ce même auteur indique que la prééminence des cations dans la diffusion diminue

avec l'âge de la plante où d'autres compétitions s'associent à ce stade, surtout entre Ca^{2+} et Mg^{2+} .

D'après MARTIN-PREVEL et al. (1984) la compétition peut se manifester aussi entre anions. En effet, l'accumulation des cations fait appel à une absorption d'anions, auquel les ions Cl^- répondent plus facilement que les ions SO_4^{2-} (HELLER, 1977).

L'offre excessive en Mg^{2+} du milieu, peut provoquer des carences en Ca^{2+} (MARTIN-PREVEL et al., 1984), et/ou carence en K^+ (ANDRE, 1992), qui sont dues à un antagonisme.

D'autre part, en condition de salinité, la proportion de Ca^{2+} et Mg^{2+} absorbée par la plante est moins affectée que celle du K^+ , mais leurs teneurs sont proportionnelles à la transpiration ou au flux d'eau qui traverse la plante (PITMAN, 1981; PIVOT et al., 1996). En effet, les concentrations salines excessives au niveau des racines peuvent induire une baisse dans l'absorption et le transport du Ca^{2+} , et peuvent réduire la capacité d'échange ionique des vaisseaux lignifiés du xylème (PIVOT et al., 1996; BOTIA et al., 1998). Les conséquences des désordres en Ca^{2+} sont des symptômes spécifiques observés chez la tomate (nécrose apicale), surtout en milieu riche en sulfates (SCHWARZ, 1985). D'autres symptômes de déshydratation, sont liés à des carences en K^+ , accompagnés souvent par la sénescence des feuilles (PITMAN, 1981; AL-RAWAHY et al., 1992).

Par ailleurs, l'accumulation excessive de Na^+ sous conditions de salinité favorise des compétitions d'antagonisme avec le Ca^{2+} (CRAMER et al., 1985), et d'autres avec le K^+ (CRAMER et al., 1989).

3.3. Effets spécifiques de certains sels

3.3.1. Définition de la toxicité

La toxicité est généralement liée pour sa plus grande part à la substitution par certains radicaux (comme le Na^+ qui remplace le K^+).

D'autre part, selon MARTIN-PREVEL et al. (1984) tout élément est susceptible d'exercer une toxicité vis-à-vis des cellules ou de leur contenu, lorsqu'il se trouve en concentration élevée, même dans la zone de sa courbe d'action où il se montre globalement le plus bénéfique.

3.3.2. Effet du magnésium

Le magnésium est un élément indispensable à la vie de la plante et constitue un facteur important du fonctionnement de nombreux métabolismes. D'abord impliqué dans les métabolismes photosynthétiques et respiratoires, il intervient ensuite dans le métabolisme de l'azote et du phosphore (JOLIVET, 1992). De ce fait, il constitue un élément fondamental de la formation du rendement et de l'obtention de la qualité des produits récoltés. Il intervient également dans les équilibres cationiques de part sa mobilité facile dans la plante et donc, dans les rôles propres des autres cations tels que le potassium et le calcium (MARTIN-PREVEL et al., 1984).

Les carences magnésiennes entravent l'élaboration de la chlorophylle, entraînant des chloroses sur les feuilles du bas, principalement des tâches internervaires irrégulières. Les racines seront longues et peu ramifiées (LEMAIRE et al., 1989).

Un excès de magnésium provoque un déséquilibre par absorption insuffisante de potassium. La croissance des tiges et des racines est souvent exagérée. La floraison et la fructification sont diminuées (LEMAIRE et al., 1989)

3.3.3. Effet du sodium

Le sodium peut remplacer le potassium lorsque ce dernier est déficient, car ils ont des propriétés atomiques voisines, ce qui permet d'assurer un certain équilibre anion - cation à l'absorption. Le sodium peut être accumulé en grande quantité dans les feuilles (0.5 % de matière sèche), et peut jouer un rôle dans l'ajustement osmotique (SCHWARZ,1985).

Par contre, l'accumulation accrue de cette élément présente un effet toxique directe. En effet, la tolérance de la tomate est liée à sa capacité de stockage du sodium dans les parties aériennes (SOLIMAN et DOSS, 1992; SATTI et al., 1994; KHAN et al., 2000).

3.3.4. Effet des sulfates

Selon URBAN (1987), le soufre joue un rôle important dans le métabolisme des lipides, impliqué aussi dans la synthèse des vitamines, des protéines, ainsi que de nombreux composés soufrés. La carence en cette élément se traduit par une apparence chlorotique de la plante entière, surtout au niveau des jeunes feuilles. Les feuilles seront épaisses et dures, les tiges seront courtes et ligneuses, alors que les racines seront nombreuses, blanches, et ramifiées (LEMAIRE et al., 1989).

D'autre part, ZEKKI et al. (1996) rapportent que l'accumulation élevée des sulfates en cultures hydroponiques affecte négativement la croissance et le développement de la tomate. En effet, elle conduit à une toxicité en favorisant l'absorption de Na^+ , entraîne une carence en Ca^{+2} , et peut interférer avec l'absorption de K^+ (SCHWARZ, 1985). Mais d'après MARTIN-PREVEL et al. (1984), les sulfates ne montrent pas d'effet toxique directe, car elles pénètrent lentement et en faible quantité dans les cellules où une grande partie sera réduite.

3.3.5. Effet des chlorures

Les chlorures augmentent la pression osmotique et ont un effet toxique directe avec un seuil de nuisibilité (1-2%) dans la matière sèche des feuilles (MARTIN-PREVEL et al., 1984, OHTA et al., 1990).

D'après SATTI et al. (1994) et SOLIMAN et DOSS (1992) la tomate est une espèce tolérante aux ions Cl^- , et peut l'accumuler suffisamment dans ses feuilles et ses tiges.

Il a été observé que la réduction du rendement n'est pas entièrement due à une toxicité en Cl^- , mais partiellement due à une carence en NO_3^- causée par la forte concentration en Cl^- comme c'est le cas chez le blé (AL-RAWAHY et al., 1992).

3.3.6. Symptômes liés à la toxicité d'origine saline

Dans le cas de la salinité, les symptômes diffèrent par rapport à un stress hydrique avec une apparence normale des feuilles (non flétries ou enroulées), mais sont de couleur verte foncée et plus épaisses. Dans les cas extrêmes les feuilles se nécrosent et meurent (SCHWARZ, 1985).

En effet, les ions Na^+ et Cl^- accumulés dans les espaces intercellulaires provoquent des nécroses dans les parties aériennes (LEVIGNERON et al., 1995). Dans les cas graves d'excès en magnésium, les feuilles sont vertes sombres et plus petites, avec une extrémité flétrie des tiges. L'excès de soufre entraîne des feuilles chlorotiques, des tiges dures et des racines ramifiées et blanches (LEMAIRE et al., 1989).

En cultures hydroponiques, les racines de la tomate deviennent brunes et rabougries, et ont tendances à dépérir lorsque les solutions nutritives sont très concentrées en sels (PIVOT et al., 1996).

D'autre part, selon LEVIGNERON et al. (1995) la sénescence des feuilles avant qu'elles n'atteignent leur stade finale de nécrose constituent un mécanisme de tolérance aux sels.

3.4. Importance de la fertilisation dans les conditions salines

L'adaptation à la salinité peut être améliorée par les techniques agronomiques notamment par une fertilisation adéquate (SATTI et al., 1994).

Selon PESSARAKLI (1991) 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 BEGG et TURNER, 1976; PITMAN, 1981). 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 faite de son effet favorable sur le statut hydrique de la plante (SATTI et al., 1994). 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 (BEGG et TURNER, 1976; SATTI et al., 1994).

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 (CRAMER et al., 1985), mais peut avoir des effets antagonistes secondaires vis-à-vis du potassium (MARTIN-PREVEL et al., 1984).

D'autre part, l'augmentation du niveau de Ca et de Mg n'est pas bénéfique comme le potassium pour un rendement économique chez la tomate (WINSOR, 1968).

CHAPITRE 4

LA CULTURE DE LA TOMATE CONDUITE EN HORS SOL

La culture de tomate se fait le plus souvent en hors sol et conduite en culture forcée , car il s'agit d'un produit très exigeant et très intensifs (MORARD, 1984). Cette culture produit une quantité importante de fruit et de biomasse en un laps de temps relativement bref. Son développement optimum nécessite de grandes quantités d'eau e d'éléments nutritifs, et dépend des conditions climatiques de la serre (PIVOT et al., 1996).

D'autre part, les conséquences de la salinité en culture hors sol sont fonction de la nature des ions accumulés et du système de culture mis en œuvre (BRUN et MONTARONE, 1987).

4.1. Effet de la salinité sur les différents stades de développement de la tomate

La culture hydroponique permet une maîtrise de la fertilisation, mais fournit les conditions qui stimulent une croissance végétative rapide, alors qu'un excès de vigueur du plant de tomate en début de culture peut retarder la précocité de la production (BRUN et MONTARONE, 1987). De même, cette croissance vigoureuse est négative pour le rendement et la qualité de la tomate, surtout en condition de manque de température et de lumière (HAN CHI et al., 1991).

L'augmentation de la conductivité électrique est souhaitée dans les solutions nutritives pour mieux maîtriser le développement en jours courts et améliorer la qualité des fruits (HAN CHI et al., 1991; LETARD et al., 1995).

Actuellement, on tend à privilégier l'apport de sulfates et de chlorures, car ceci permet d'augmenter le K^+ et le Ca^{++} sans trop augmenter l'azote, donc on s'adapte mieux aux conditions de culture et aux variétés actuelles (LETARD et al., 1995).

4.1.1. Effet sur la germination

La germination des graines est le premier stade affecté par la salinité. Selon SCHWARZ (1985), 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.

4.1.2. Effet sur la phase de croissance végétative

Cette phase conduit la jeune plantule au stade 4^{ème} bouquet fleurit. Durant cette phase d'installation de la culture, les besoins en éléments nutritifs sont importants (LETARD et al., 1995).

Un stress salin sévère au moment du repiquage des jeunes plants retarde l'apparition des premières fleurs, ainsi que la phase de récolte (BRUN et MONTARONE, 1987).

En pleine croissance, les besoins en Ca et Mg sont élevés et l'équilibre entre $K / (Ca+Mg)$ doit être pour des quantités en milléquivalents compris entre 0.4 et 0.6 (MUSARD, 1988).

Le déséquilibre entraîné par la salinité, induit une carence en Ca qui peut provoquer des nécroses des bourgeons terminaux ou une sensibilité aux maladies vasculaires (MUSARD, 1988).

4.1.3. Effet sur la phase de fructification

Cette phase est marquée par un ralentissement de la croissance, et s'étend du grossissement des premiers fruits jusqu'à la récolte du 2^{ème} bouquet. Les apports de Ca et de Mg doivent être réduits, mais le déséquilibre entre cations à ce stade entraînera de graves défauts de coloration des fruits (LETARD et al., 1995).

4.1.4- Effet sur la phase de récolte

La durée de cette phase dépend essentiellement de la température (KONING, 2000). Elle s'étend de la récolte du 2^{ème} bouquet jusqu'à la fin de la culture. Durant cette phase, un équilibre s'établit entre la croissance végétative et la fructification, alors que le

renouvellement du système racinaire est important (MUSARD , 1988; LETARD et al., 1995).

Si la solution nutritive est trop élevée et si l'humidité est trop faible en cours de la maturation des fruits, le transport de Ca est entravé , ce qui entraîne la vraie nécrose apicale (Mussard, 1988). Par ailleurs, le volume des racines peut être dans ce cas très réduit ainsi que leur renouvellement, ce qui réduit leur capacité d'absorption (LETARD et al., 1995; PIVOt et al., 1996).

4.2. Influence de la salinité sur la qualité des fruits

La composition et la qualité de la tomate est influencée par certains facteurs pré-récolte, comme les conditions climatiques, la fertilisation, et la fourniture en eau (BALIBREA et al., 1997).

Par ailleurs, la composition des fruits est légèrement affectée par leur emplacement sur les différents bouquets (PETERSEN et al., 1998).

Un stress salin de courte durée ou une salinité peu sévère, peut améliorer certains caractères liés à la qualité de la tomate, mais le rendement total est souvent réduit par certains traitements à cause de la diminution du poids moyen des fruits (MUSSARD, 1988; NIEDZIELA et al., 1993).

4.2.1. Définition de la qualité

Selon CORNILLON, (1992) trois aspects fondamentaux caractérisent la qualité des fruits :

- L'apparence externe (maturité régulière);
- La valeur d'utilisation (consommation en frais ou en industrie);
- La valeur biologique (absence d'éléments toxiques).

4.2.2. Effet sur l'aspect externe des fruits

Le marché exige des fruits non déformés, et dont la maturité est régulière (WINSOR, 1968).

Selon PETERSEN et al.(1998) une salinité élevée réduit la valeur marchande des fruits, car ils sont de petites tailles et souvent nécrosés. Par contre, elle peut augmenter la fermeté et réduire certains défauts de coloration des fruits (MUSSARD, 1988).

4.2.3. Influence de la salinité sur la qualité nutritionnelle et organoleptique de la tomate

La qualité nutritionnelle de la tomate est fonction de sa teneur en vitamine C et en éléments nutritifs (MARS et al., 1987).

L'augmentation de la salinité dans la solution nutritive produit des fruit avec une teneur élevée en sucre et en acides organiques, et avec un pourcentage élevé en matières sèches, ce qui fournit les bases pour un meilleur goûts de la tomate (SCHWARZ, 1985; BALIBREA et al., 1997; PETERSEN et al., 1998).

L'augmentation de l'acidité des fruits est probablement due à la faible teneur en eau des fruits et à une accumulation élevée d'acides organiques (SATTI et al., 1996).

Par ailleurs, la teneur en acides organiques est en relation étroite avec la teneur en potassium, alors que ce dernier peut être affecté par une salinité trop élevée (BALIBREA et al., 1997; PETERSEN et al., 1998).

La survie de la tomate sous les conditions de salinité est assurée par l'accumulation élevée des ions. Cette accumulation augmente la teneur en matières solubles totales qui sont important dans l'amélioration du goûts des fruits (SOLIMAN et DOSS, 1992; CART et al., 1993; FAUSTINO et AGTARAP, 1997).

D'après SOLIMAN et DOSS (1992) et SATTI et al. (1994) la teneur en vitamine C n'est pas affectée par la salinité. A l'inverse, les travaux de PETERSEN et al. (1998) montrent une augmentation de la teneur en vitamine C en conditions salines.

En général, les cultures hydroponiques fournissent des fruits pauvres en matières sèches et en éléments minéraux, mais sont aussi riches en vitamine C que les cultures traditionnelles (MARS et al., 1987). Il est donc possible d'améliorer la qualité des fruits des cultures hors sol par un contrôle de la salinité et d'hygrométrie (CHAUX et FOURY, 1994; PIVOT et al., 1996).

Chapitre 5

La tolérance de la tomate à la salinité

Les espèces cultivées répondent différemment au stress salin (SATTI et al., 1994). Donc, il est important de comprendre la tolérance face à la salinité pour faciliter la formulation des techniques agronomiques qui contribuent à une meilleure adaptation des espèces.

La tomate est considérée comme une espèce modérément tolérante à la salinité (RODRIGUEZ et al., 1997) .

Cependant, il existe une différence variétale chez cette espèce dans leur tolérance à la salinité (HASSAN et al., 1989; SOLIMAN et DOSS, 1992; EL-IKLIL et al., 2000).

D'autre part, la sélection de variétés tolérantes à la salinité sous condition d'environnement contrôlé ne suffit pas, car il est nécessaire de conduire l'expérimentation en condition de plein champs où les plantes montrent des degrés différents de résistances aux changements climatiques (BOTIA et al., 1998).

5.1. Définition de la tolérance à la salinité

La tolérance implique que la plante survit, croit, et arrive à se reproduire sous la contrainte saline (WINCOV, 1998 ; KHAN et al., 2000).

L'amélioration de la tolérance des espèces vise à introduire des traits ou caractères, qui assurent un rendement potentiel relatif en conditions de stress sans entraîner de changements en conditions normales (WINCOV, 1998).

D'après PIVOT et al. (1996) la tomate tolère une conductivité électrique dans le substrat au dessous d'un seuil économique de 6ms/cm .

5.2. Mécanismes de tolérance à la salinité

La connaissance du métabolisme de la nutrition des plantes peut fournir un indice pour comprendre la tolérance à la salinité. Soliman et Doss (1992) définit trois principales mécanismes de tolérances des plantes à la salinité: l'évitement, l'exclusion des sels et la tolérance physiologique.

5.2.1. Evitement ou esquive

Ce mécanisme permet à la plante de ne pas subir directement de contrainte hydrique qui constitue l'une des contraintes majeures du stress salin en accélérant son cycle biologique (LEVIGNERON et al., 1995). D'autres critères de tolérance à la salinité sont observés chez la tomate comme une germination rapide, et une croissance vigoureuse (HASSAN et al., 1989).

5.2.2. Exclusion des sels

Dans ce mécanisme, un gain de tolérance est observé chez les plantes car les ions toxiques (Cl^- et Na^+) sont peut retenus dans les tiges et les feuilles et sont remis en circulation. Ainsi, les feuilles restent plus longtemps protégées de l'envahissement par ces sels (SLAMA, 1987; LEVIGNERON et al., 1995).

Selon SCHWARZ (1985) les variétés de tomate montrent des capacités différentes à exclure les ions toxiques par leur racines.

5.2.3. Tolérance physiologique

La physiologie de tolérance à la salinité diffère entre les variétés de tomate (SOLIMAN et DOSS, 1992) . C'est leur performance à stocker les sels dans les parties aériennes qui est déterminante dans leur niveau de tolérance. Cette tolérance physiologique

est expliquée par deux principaux mécanismes qui sont la compartimentation et l'ajustement osmotique.

5.2.3.1. La compartimentation

L'efficacité dans la compartimentation des ions minimise l'effet dépressif de la salinité sur l'activité cellulaire et permet ainsi la croissance et le rendement (SOLIMAN et DOSS, 1992).

En effet, l'inclusion et la répartition des ions toxiques entre les différents organes et tissus est d'une importance majeure en condition de salinité (SATTI et al., 1994). Chez les variétés de tomate, SATTI et al. (1996) indiquent que leur relative halo-tolérance est limitée à leur capacité de stocker les ions Na^+ dans leurs feuilles.

Par ailleurs, selon AL-RAWAHY et al. (1992), les niveaux d'accumulation de Na^+ , Cl^- , et K^+ et leur répartition dans les différents tissus de la plante varient selon le niveau de salinité.

En effet, le Na^+ et le Cl^- sont plus accumulés au niveau des feuilles qu'au niveau des tiges et des racines, mais l'accumulation élevée du Cl^- dans les feuilles avec l'augmentation de la salinité est moins limitée que celle du Na^+ . Par contre, le K^+ est plus accumulé au niveau des feuilles, mais sa teneur diminue avec l'augmentation de la salinité.

5.2.3.2. L'osmorégulation

Il est admis que l'accumulation élevée d'ions de Na, K, Ca, et Mg surtout dans les feuilles chez la tomate, est un mécanisme osmorégulateur qui assure la survie en conditions salines (SATTI et al., 1996).

L'ajustement osmotique est aussi lié à l'accumulation et à la synthèse d'éléments non toxiques dites compatibles qui peuvent être des ions inorganiques comme le K^+ (CRAMER et al., 1985) ou organiques comme la proline (ASPINALLE et PALEG, 1981).

D'autres éléments sont accumulés par les plantes comme les sucres et les acides organiques. Ces derniers jouent un rôle osmoprotecteurs des cellules et ne modifient pas le comportement des plantes soumises à un stress salin (LEVIGNERON et al., 1995)

CHAPITRE 6

MATERIEL ET METHODES

6.1. Objectifs et conditions de l'experimentation

L'objectif de cette expérimentation est d'étudier l'effet du magnésium lié aux sulfates et aux chlorures dans une solution saline non conventionnelle sur deux variétés de tomate cultivées en milieu hydroponique, afin de voir :

- Quelle est la forme anionique associée au magnésium la plus appropriée aux plantes de tomate
- Quel est le degré de résistance des deux variétés de tomate à chacune des deux formes d'apport du magnésium
- Conséquences sur le rendement et la qualité des fruits pour chacun des apports

L'expérimentation a eu lieu dans une serre au niveau de la station expérimentale du département d'Agronomie de l'Université SAAD DAHLAB de Blida

6.1.1. Caractéristiques de l'abri

- Serre de forme rectangulaire (170.5 mètres de long sur 22.5 mètres de large, et

4.5mètres de haut), dont la couverte est faite par un verre strié d'une épaisseur de 3 mm.

- Orientation Nord Sud.
- L'aération est assurée par des fenêtres placées latéralement de part et d'autre.
- Le chauffage est assuré par 12 radiateurs à eau chaude.

6.1.2. Conditions climatiques

Nous avons suivi l'évolution de la température à l'intérieur de la serre et au niveau du substrat. Les relevés ont été effectués à trois moments de la journée (9h, 12h et 16h). Les mesures seront présentées par moyennes par décades de la serre et du substrat (tableau 6.1).

Les besoins des plantes en eau ont été estimés, selon les conditions climatiques et le stade végétatif à l'aide d'un dispositif mis au point par SNOUSSI (1984). Ce dispositif permet d'évaluer l'évapotranspiration maximale (ETM) en calculant le bilan hydrique.

D'après la figure (6.1), l'ETM commence à être important dès la mi-février pour atteindre un maximum au mois d'avril, ceci se traduit par une augmentation des besoins en eau de la culture à partir du stade début floraison.

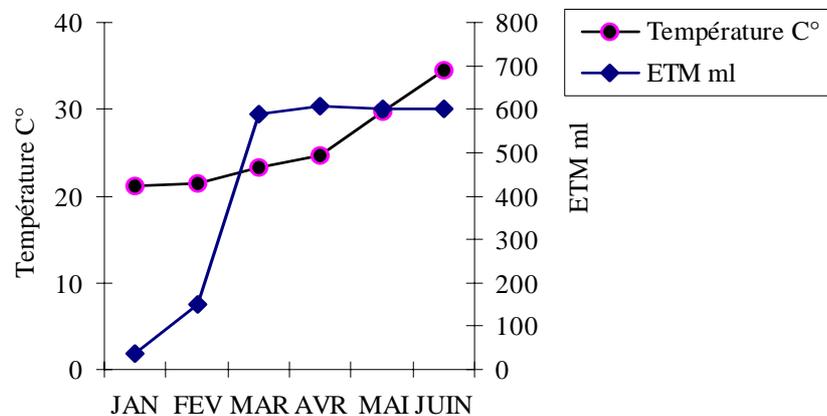


Fig 6.1: Evolution de la température et de l'ETM (Janv-Juin)

Tableau 6.1 : Moyenne des températures par décades de la serre et du substrat
et moyenne des ETM par décades

Périodes	Température moyenne De la serre (C°)			Températures moyennes du substrat (C°)			ETM ml	Fréquences Des irrigations par jour
	9 h	12 h	16 h	9h	12h	16h		
27/12/01 au 05/01/03	16,90	25,60	27,50	16,90	25,60	27,50		
06/01/02 au 15/01/02	14,60	23,30	24,80	14,60	23,30	24,80	30,00	02
16/01/02 au 25/01/02	13,00	22,50	23,80	3,00	22,50	23,80	39,00	02
26/01/02 au 04/02/02	16,20	25,20	25,50	16,20	25,20	25,50	43,62	02
05/02/02 au 14/02/02	16,80	23,70	25,70	16,40	24,10	25,80	81,49	03
15/02/02 au 24/02/02	16,05	20,80	20,80	14,70	23,00	20,50	183,43	03
25/02/02 au 06/03/02	15,75	25,90	24,40	14,70	28,30	24,20	348,50	03
07/03/02 au 16/03/02	17,80	25,95	25,70	16,80	26,00	27,25	694,86	04

17/03/02 au 26/03/02	19,25	24,05	22,80	17,90	23,51	23,80	588,08	04
27/03/02 au 05/04/02	18,50	22,20	22,80	18,10	22,60	23,85	600,00	04
06/04/02 au 15/04/02	22,30	28,90	27,20	20,90	29,80	29,40	600,00	04
16/04/02 au 25/04/02	26,00	31,90	29,70	21,80	32,10	32,20	600,00	04
26/04/02 au 05/05/02	24,20	29,30	29,40	22,60	31,30	32,10	600,00	04
06/05/02 au 15/05/02	27,50	35,10	33,10	26,70	37,70	37,70	600,00	04
16/05/02 au 25/05/02	29,00	34,90	33,90	28,10	36,40	35,10	600,00	04
26/05/02 au 04/06/02	28,80	36,20	34,00	27,80	39,00	38,30	600,00	04
05/06/02 au 14/06/02	29,90	39,80	39,20	58,80	42,30	41,60	600,00	04
15/24/02 au 24/06/02	29,50	39,80	39,20	58,80	42,30	41,60	600,00	04

6.1.3. Matériel végétal

Deux variétés fixées ont été étudiées: la Marmande et la Merveille des marchés. Ces deux variétés destinées à la consommation en frais, ont une croissance vigoureuse et leur fruit sont de très bonne qualité gustative. Leurs principales caractéristiques sont résumées dans le tableau ci-dessous:

Tableau 6.2 : Caractéristiques des variétés utilisées

Variétés	Aptitude	Type de croissance	Caractéristiques du fruit
Marmande	Mi- saison	Indéterminée	- Forme: aplatie et côtelée. - fruit gros à chair ferme.
Merveille des marchés	Primeur ou Saison	Déterminée	- Forme: ovoïde et lisse. - Fruit gros et résistant à l'éclatement.

6.1.4. Substrat

Le substrat utilisé est du gravier roulé d'oued (3 à 8mm de diamètre). 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 ultérieure par des agents pathogènes.

6.1.5. Containers

Nous avons utilisé des pots en polyéthylène de couleur grise foncé, de capacité de 5 litres. Les pots sont reliés à leur base à des tuyaux pour faciliter l'évacuation des eaux de drainage.

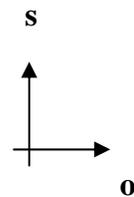
6.1.6. Dispositif expérimental

L'essai est un dispositif 'Criss-cross' (voir figure 6.2), avec deux facteurs étudiés (variété et solution nutritive):

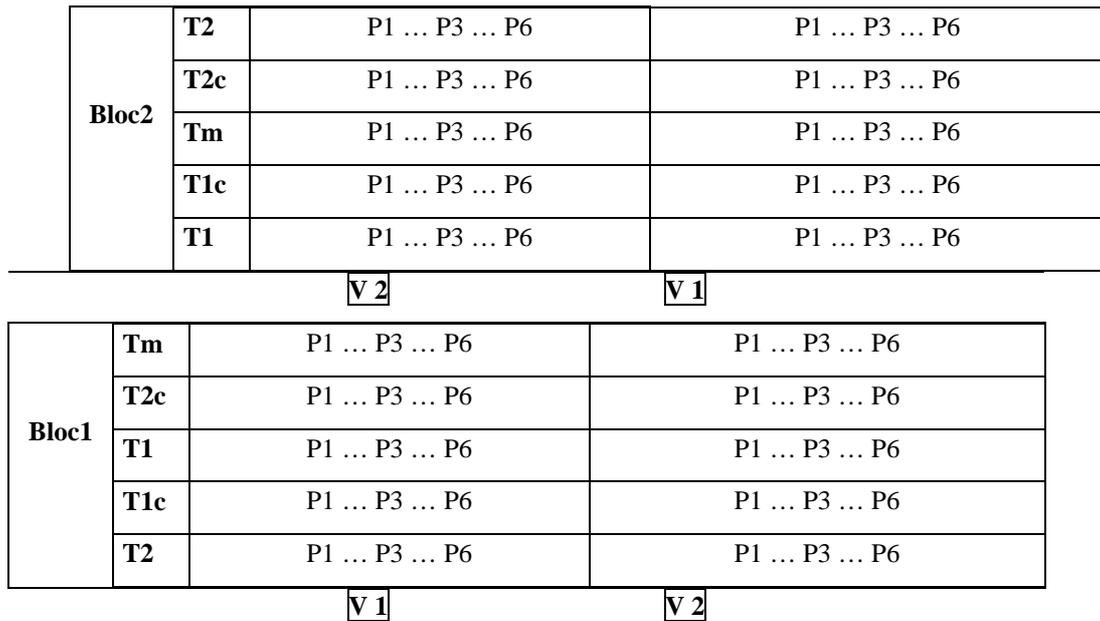
- Deux variétés ont été testées (marmande et merveille des marchés)
- Cinq solutions nutritives ont été utilisées (**T1, T2, T1c, T2c, Tm**).
 - **T1** : solution saline naturelle 1 de concentration égale : **2,75 g/l**
 - **T2** : solution saline naturelle 2 de concentration égale : **2,66 g/l**
 - **T1C** : solution saline naturelle 1 corrigée ou transformée en solution nutritive de concentration égale : **3,60 g/l**
 - **T2C** : solution saline naturelle 2 corrigée ou transformée en solution nutritive de concentration égale : **3,50 g/l**
 - **Tm** : solution nutritive témoin de concentration égale : **1,28 g/l**

Les deux facteurs étudiés (variétés et solutions) sont distribués de manière aléatoires selon la table de permutation.

Les facteurs sont affectés aléatoirement au niveau des trois blocs. On garde les solutions nutritives fixées au niveau des lignes et les variétés au niveau des colonnes pour chaque bloc. Ce dispositif facilite l'application des irrigations.



Bloc3	T1c	P1 ... P3 ... P6	P1 ... P3 ... P6
	T2c	P1 ... P3 ... P6	P1 ... P3 ... P6
	Tm	P1 ... P3 ... P6	P1 ... P3 ... P6
	T1	P1 ... P3 ... P6	P1 ... P3 ... P6
	T2	P1 ... P3 ... P6	P1 ... P3 ... P6
		V 1	V 2



T1: Solution saline (1)

T2: Solution saline (2)

T1C: Solution saline (1) corrigée.

T2C: Solution saline (2) corrigée.

Tm: Solution témoin

V1 : variété Marmande

V2 : variété Merveilles des marchés

P : Plant

Figure 6.2 : Schéma du dispositif expérimental

6.1.7. La conduite de la culture

6.1.7.1. Semis et repiquage

Nous avons procédé à la prégermination des graines des deux variétés de tomate dans une étuve à une température de 25°C dans des boîtes de pétri. Cette opération a été réalisée le 15 décembre 2001. La faculté germinative des deux variétés est de 100% après une semaine d'incubation

Après prégermination des graines, le semis a été effectué à raison d'une graine germée par pot.

6.1.7.2. Irrigation fertilisante

Il apparaît très utile de connaître plus précisément les besoins en eau de l'espèce cultivée au plus près et de façon permanente les besoins en eau et en ions minéraux. L'irrigation fertilisante a commencé juste après semis. Le système d'irrigation adopté est celui de la percolation discontinue et à circuit ouvert.

En condition de forte température et donc d'évaporation élevée, l'augmentation des fréquences des arrosages a été envisagée atteignant jusqu'à quatre arrosages par jours et ce afin d'éviter un déficit hydrique .

6.1.7.2.1. Caractéristiques de l'eau utilisée pour la préparation des solutions nutritives

Les différentes solutions nutritives ont été préparées à base de l'eau du robinet de Blida. Sa composition est apportée dans le tableau suivant :

Tableau 6.3 : Composition minérale de l'eau de Blida (meq/l).

Eléments minéraux	Teneur	
	mg/l	méq/l

0.50	9.10	8.40	16.50	0.55		16.75	13.50	2.22	7.80
------	------	------	-------	------	--	-------	-------	------	------

L'analyse de l'eau de Gassi Touil montre qu'elle est assez riche en Mg^{2+} , Na^+ , Ca^{2+} , SO_4^{2-} et Cl^- par rapport aux autres éléments utiles (NO_3^- et K^+). Elle nécessite donc une transformation afin qu'elle puisse être utilisée en irrigation .

6.1.7.2.3. Préparation des solutions salines naturelles (T1 et T2)

La reconstitution de l'eau saline naturelle de Gassi Touil a été faite selon deux manières. Le total anions et cations reste inchangé, néanmoins l'élément magnésium est dans une solution saline naturelle lié aux chlorures et dans une autre solution saline naturelle lié aux sulfates.

La composition de chaque solution saline est représentée dans les tableaux ci-après (tableaux 6.5 et 6.6)

Tableau 6.5 : Composition de la solution saline naturelle (T1) en meq/l

pH = 7.8

Composition de l'eau de Blida	NO_3^-	PO_4^{3-}	SO_4^{2-}	Cl^-	Total (meq/l)
K⁺ 0	0.20			0.30	0.50
Na⁺ 1.30			9.35	5.85	16.50

Ca²⁺	2.80				6.30	9.10
Mg²⁺	1.80			6.60		8.40
NH₄⁺	0					
HCO₃⁻	4.08					2.22
Total (meq/l)		0.55		16.75	13.05	

Quantité et ordre de dissolution des sels:

- $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} = 6.6 \times 120.30 = 793.98 \text{ mg/l.}$
- $\text{KNO}_3 = 0.20 \times 101 = 20.20 \text{ mg/l.}$
- $\text{NaCl} = 5.85 \times 58.45 = 341.93 \text{ mg/l.}$
- $\text{KCl} = 0.30 \times 74.50 = 22.35 \text{ mg/l.}$
- $\text{Na}_2\text{SO}_4 = 9.35 \times 71 = 663.85 \text{ mg/l.}$
- $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} = 6.30 \times 75 = 463.11 \text{ mg/l.}$

Composition de l'eau de Blida: 433.90 mg/l.

Total des sels = 2.75g/l

Tableau 6.6 : Composition de la solution saline naturelle (T2) en meq/l .

pH = 7.8

Composition de l'eau de Blida	NO₃⁻	PO₄³⁻	SO₄²⁻	Cl⁻	Total (meq/l)
K⁺	0	0.20	0.30		0.50
Na⁺	1.30		15.20		16.50
Ca²⁺	2.80			6.30	9.10

Mg²⁺	1.80				6.60	8.40
NH₄⁺	0					
HCO₃⁻	4.08					2.22
Total (meq/l)	0.55		16.30	13.50		

Quantité et ordre de dissolution des sels:

- KNO₃ = 0.20 x 101 = 20.20 mg/l.
- K₂SO₄ = 0.30 x 87 = 26.10 mg/l.
- MgCl₂ = 6.60 x 95.30 = 628.98 mg/l.
- Na₂SO₄ = 15.20 x 71 = 1079.20 mg/l.
- CaCl₂ 2H₂O = 6.30 x 75 = 472.50 mg/l.

Composition de l'eau de Blida: 433.90 mg/l.

Total des sels = 2.66 g/l

6.1.7.2.4. Préparation des solutions salines corrigée (T1c et T2c) et de la solution témoin (Tm)

Ces solutions sont préparées avec l'eau de Blida (tableau 6.7, 6.8 et 6.9). Les produits sont apportés par ordre de dissolution en commençant par ceux à fonction acide et les plus solubles, ensuite on ajoute le reste. Les besoins en azote et en phosphore doivent être fournis selon une solution de type COIC et LESAIN (LEMAIRE et al., 1989), à savoir:

- 12 meq/l d'azote total (10.2 meq de NO₃⁻ et 1.8 meq d'NH₄⁺).
- 3.3 meq/l de phosphore

Tableau 6.7 : Composition de la première solution corrigée (T1c)
en meq/l : cas du Mg²⁺ lié aux sulfates

pH = 5.8

Composition de l'eau de Blida	NO₃⁻	PO₄³⁻	SO₄²⁻	Cl⁻	Total (meq/l)
K⁺	0		7.60		7.60
Na⁺	1.30	5.85	2.45	6.90	16.50

Ca²⁺	2.80				6.30	9.10
Mg²⁺	1.80			6.60		8.40
NH₄⁺	0	1.80				1.80
H⁺		2.20	1.10			3.30
Total (meq/l)		10.20	3.30	17.45	13.80	

Quantité et ordre de dissolution des sels:

- HNO₃ = 2.20 x 63 = 138.60 mg/l.
- H₃PO₄ = 1.10 x 98 = 107.80 mg/l.
- MgSO₄ 7H₂O = 6.60 x 120.3 = 793.98 mg/l.
- NO₃NH₄ = 1.80 x 80 = 144 mg/l.
- NaCl = 6.9 x 58.45 = 403.30 mg/l.
- NaNO₃ = 5.85 x 85 = 497.25 mg/l.
- K₂SO₄ = 7.6 x 87 = 661.2 mg/l.
- Na₂SO₄ = 2.45 x 71 = 173.95 mg/l.
- CaCl₂ 2H₂O = 6.3 x 75 = 472.50 mg/l.

Composition de l'eau de Blida: 188.90 mg/l.

Composition des oligo- éléments A et B: 14.8 mg/l.

Total des sels = 3.60 g/l

Tableau 6.8 : Composition de la deuxième solution corrigée (T2c)
en meq/l : cas du Mg²⁺ lié aux chlorure

pH = 5.8

Composition	NO₃⁻	PO₄³⁻	SO₄²⁻	Cl⁻	Total
De l'eau					
De Blida	0.35	0	0.80	0.60	
K⁺	0		7.60		7.60
Na⁺	1.30	5.85	8.63	0.72	16.23

Ca²⁺	2.80				6.30	9.10
Mg²⁺	1.80				6.60	8.40
NH₄⁺	0	1.80				1.80
H⁺		2.20	1.10			3.30
Total (meq/l)		10.20	3.30	17.03	14.22	

Quantité et ordre de dissolution des sels:

- HNO₃ = 2.20 x 63 = 138.60 mg/l.
- H₃PO₄ = 1.10 x 98 = 107.80 mg/l.
- NO₃NH₄ = 1.80 x 80 = 144 mg/l.
- NaCl = 0.72 x 58.45 = 42.08 mg/l.
- K₂SO₄ = 7.60 x 87 = 661.2 mg/l.
- NaNO₃ = 5.85 x 85 = 497.25 mg/l.
- MgCl₂ = 6.60 x 95.30 = 629 mg/l.
- Na₂SO₄ = 8.63 x 71 = 612.73 mg/l.
- CaCl₂ 2H₂O = 6.30 x 75 = 472.50 mg/l.

Composition de l'eau de Blida: 188.90 mg/l.

Composition des oligo- éléments A et B: 14.8 mg/l.

Total des sels = 3.50 g/l

Tableau 6.9 : Composition de la Solution nutritive témoin (Tm) en meq/l .

pH = 5.8

Composition De l'eau De Blida	NO₃⁻	PO₄³⁻	SO₄²⁻	Cl⁻	Total (meq/l)
	0.35	0	0.8	0.6	
K⁺	0	3.55	0.70		4.25
Na⁺	1.30				1.30

Ca²⁺	2.80	2.30				5.10
Mg²⁺	1.80					1.80
NH₄⁺	0	1.80				1.80
H⁺		2.20	1.10			3.30
Total (meq/l)		10.20	3.30	1.50	0.60	

Quantité et ordre de dissolution des sels:

- HNO₃ = 2.20 x 63 = 138.60 mg/l.
- H₃PO₄ = 1.10 x 98 = 107.80 mg/l.
- Ca (NO₃)₂ 4H₂O = 2.30 x 118 = 271,40 mg/l.
- KNO₃ = 3.55 x 101 = 358.55 mg/l.
- NO₃NH₄ = 1.80 x 80 = 144 mg/l.
- K₂SO₄ = 0.70 x 87 = 60.90 mg/l.

Composition de l'eau de Blida: 188.90 mg/l.

Composition des oligo- éléments A et B: 14.8 mg/l.

Total des sels = 1.28 g/l

En dernier lieu, on apporte les oligo- éléments (tableau 6.10), préconisés par LESAIN et COIC (1983):

Tableau 6.10 : Composition des solutions mères complémentaires de d'oligo- éléments

Solution A			Solution B		
Eléments	Doses (g/l)	Prélèvement (ml/l)	Eléments	Doses (g/l)	Prélèvement (ml/l)

(NH₄)₆MO₇,14H₂O	0,50				
H₃BO₄	15,0				
MnSO₄, 7H₂O	20,0	0.10	Séquestrène de fer	2,0	5,0
CuSO₄, 5H₂O	2,50				
ZnSO₄, 7H₂O	10,0				

6.1.7.2.5. Evolution de la CE et du pH en cours de culture

Les mesures régulières de CE et de pH des solutions nutritives initiales ou de départ et des eaux de drainage nous ont permis de suivre les variations de consommation des plantes en ions, ainsi que l'excès de salinité au niveau des racines. Les mesures sont effectuées deux fois par semaine à l'aide d'un conductimètre électrique et un pH-mètre.

6.1.8. Entretien de la culture

Certaines opérations s'avèrent nécessaires pour la bonne conduite de la culture:

- Taille à un bras ; avec palissage sur ficelle.
- Ebourgeonnage et effeuillage en cours de culture .
- Etêtage à deux feuilles au dessus du 2^{ème} bouquet floral. Il a été pratiqué le 12/03/02 pour la marmande (76 jours après semis) et le 26/03/02 pour la merveille des marchés (90 jours après semis).
- Traitements phytosanitaires préventifs contre principalement les pucerons, le mildiou et botrytis et ce par pulvérisation foliaire d'un insecticide " Lannate" avec matière active (Ométhoate), et d'un fongicide "Manèbe" avec matière active (Manèbe). Les doses utilisées sont respectivement 1.5g/l et 2.5g/l et ce à raison de d'une fois par semaine.

6.1.9. Récolte

Les fruits destinés pour le marché de frais sont récoltés au stade maturité commerciale (orangé- rouge à rouge). La récolte a commencé à partir du 24/04/02 jusqu'au 21/05/02 pour la marmande, et du 08/05/02 jusqu'au 03/06/02 pour la variété merveille des marchés.

6.2-Méthodes d'études

6.2.1. Etude agronomique

6.2.1.1. Précocité et vigueur des plants

6.2.1.1.1. Précocité à la floraison et à la nouaison

La précocité a été exprimée en nombre de jours du semis jusqu'au stade floraison. Aussi, elle a été exprimée en nombre de jours jusqu'au stade nouaison. Ces deux stades sont notées tous les trois jours sur l'ensemble des plantes de chaque traitement et de chaque variété et pour chacun des blocs.

6.2.1.1.2. Hauteur des plantes

Les hauteurs sont mesurées à partir du collet et ce jusqu'au point d'insertion du bourgeon terminal sur l'ensemble des plantes de chaque traitement, de chaque variété et au niveau des trois blocs. Ces mesures sont effectuées chaque décade depuis le repiquage jusqu'à l'étêtage des plants.

6.2.1.1.3. Diamètre finale des tiges

Cette mesure est réalisée après la récolte pour tous les plantes de chaque traitement pour chacune des variétés et au niveau des trois blocs. Ce paramètre de croissance peut nous renseigner sur l'état hydrique des plantes (KATERJI et al, 1988)

6.2.1.1.4. Distance entre les bouquets floraux

Cette mesure est effectuée sur les mêmes plantes précédentes. Elle concerne la distance entre le collet et le premier bouquet floral ainsi que celle entre le premier et le deuxième bouquet floral.

6.2.1.1.5. Nombre de feuilles par plante

Le nombre de feuilles par plante a été compté en fin de l'expérimentation sur tous les plantes de tous les traitements et pour chacun des blocs.

6.2.1.1.6. Poids sec des tiges, des feuilles et des racines

Les plants arrachés sont séparés des tiges, des feuilles et des racines. Les échantillons de chacune des parties de la plante sont séchés à 70C° dans une étuve jusqu'à

stabilité du poids sec. Ceci est appliqué pour chacun des traitements, pour chaque variété et au niveau de chaque bloc.

6.2.1.2. Rendement et facteurs du rendement

6.2.1.2.1. Nombre de fleurs par plante

Cette mesure est effectuée sur l'ensemble des plantes de chaque variété, de chaque traitement, et pour chacun des blocs.

6.2.1.2.2. Nombre de fruits par plante

Cette mesure est effectuée sur l'ensemble des plants de chaque variété, de chaque traitement, et pour chacun des blocs.

6.2.1.2.3. Taux des fleurs avortées par plante

Ce paramètre est déterminé par le rapport entre le nombre total de fruits récoltés et le nombre totale des fleurs par plante. Il est exprimé en % de fleurs avortées.

6.2.1.2.4. Poids total des fruits récoltés par plante

Les fruits sont récoltés à maturité. Ils sont pesés séparément au niveau de chaque bouquet sur l'ensemble des plantes de chaque variété, de chaque traitement, et pour chacun des trois blocs.

6.2.1.2.5. Poids moyen des fruits par plante

Ce paramètre correspond au rapport entre le poids total des fruits par plante et le nombre de fruits par plante.

6.2.1.2.6. Calibre des fruits

Les fruits de chaque bouquet et de chaque plante au niveau de chaque traitement, pour chacune des variétés, et au niveau des trois blocs sont triés et calibrés en quatre classes selon leur diamètre:

- Les fruits de calibre inférieur à 47 mm.

- Les fruits de calibre compris entre 47 et 57 mm.

- Les fruits de calibre compris entre 57 et 67 mm.

- Les fruits de calibre supérieur à 67mm.

Le déchet est représenté par les fruits de diamètre inférieur à 47mm, et ceux nécrosés. Les calibres sont exprimés en pourcentage du poids total commercialisé.

6.2.2. Etude de la qualité des fruits récoltés

Les fruits sont récoltés à maturité . Certains critères comme l'acidité totale ou la teneur en sucres réducteurs peuvent évolués rapidement pendant la maturation, alors que d'autres critères comme la vitamine 'C' ou la teneur en matière sèche n'évoluent pas significativement (BURET et DUPRAT, 1987). Les fruits sont analysés séparément au niveau de chaque bouquet et pour chacune des deux variétés.

6.2.2.1. Qualité organoléptique et nutritionnelle

6.2.2.1.1. Acidité titrable des fruits

Trois échantillons de 20 g de jus sont pesés à partir de trois fruits mélangé au niveau de chaque traitement, de chaque variété et pour chacun des blocs. Ils sont ensuite moulus puis filtrés et soumis à une titration par la soude N/10. La teneur en acide est exprimée en gramme d'acide citrique par 100g de jus.

6.2.2.1.2. Teneur en sucres totaux

La teneur en sucres totaux est déterminée sur les mêmes échantillons réservés pour l'acidité . La mesure s'effectue sur l'indice de réfraction à l'aide d'un réfractomètre.

6.2.2.1.3. Teneur en vitamine 'C'

Trois fruits frais sont mélangés au niveau de chaque traitement, pour chaque variété, et au niveau de chacun des blocs. La vitamine 'C' a été dosé par titration à l'iodate de potassium en présence de d'iodure de potassium et d'amidon dans trois échantillons de

fruits frais de 10 g chacun. Elle est exprimée en mg d'acide ascorbique par 100g de matière fraîche selon la formule suggérée par PRODAN et al (in TANISLAVE, 1972).

6.2.2.1.4. Teneur en cation

Trois échantillons de poudre de fruit sec sont prélevés dans chacun des traitements, pour chaque variété, et au niveau des trois blocs. Les échantillons sont soumis à différentes analyses chimiques.

Le dosage des cations est précédé par une minéralisation des échantillons par la voie humide, méthode décrite par LAMBERT (1975) et qui consiste :

Un échantillon de 0.2 g de matière sèche est attaqué par trois types d'acides HNO₃, H₂SO₄, et HClO₄ dans le rapport de 10-1-4, et soumis après à une forte température (180 à 200 C°) jusqu'à l'obtention d'une solution claire.

Le Na⁺ et Le K⁺ sont dosés par spectrophotométrie d'émission de flamme et les résultats sont exprimés en (%) de matière sèche. Le Ca⁺ et Mg²⁺ sont dosés par complexométrie ou méthode versenate (CHAPMAN et PRATT, 1961) et les résultats sont exprimés en (%) de matière sèche.

6.2.2.2. Composition en matière sèche

6.2.2.2.1. Teneur en matière sèche

Nous avons effectué sur trois fruits des coupes transversales et ce par traitement, par variété et pour chacun des blocs. Ces fruits coupés ont été placés à l'étuve à une température de 70C° jusqu'à l'obtention d'un poids constant. Les résultats sont exprimés en pourcentage de la matière fraîche.

6.2.2.2.2. Epaisseur du pélicarpe

Exprimée en mm et mesurée dans le même plan que le plus grand diamètre et sur les mêmes fruits coupés en deux, et ceci au niveau de chaque traitement, pour chaque variété, et pour chacun des blocs. Ce caractère à une grande importance puisqu'il définit deux qualités de tomate: fruits juteux ou fruits charnus.

6.2.2.2.3. Nombre de loges

Effectué sur les mêmes fruits précédents, cette mesure présente le même intérêt que l'épaisseur du péricarpe et complète les renseignements donnés par ce caractère . En effet, un grand nombre de loges indique une plus grande quantité de chaire par rapport à la pulpe et aux graines

6.2.3. Etude de la nutrition minérale ou de l'absorption cationique au niveau des différents organes de la plante (tige, feuille, et racine)

Trois échantillons de poudre végétale de différentes parties de la plante sont prélevés dans chacun des traitements, pour chaque variété, et au niveau des trois blocs. Les échantillons sont soumis à différentes analyses chimiques citées précédemment pour déterminer leurs teneurs en cation.

6.3. Analyse statistique

Le logiciel Stat-ITCF a été utilisé pour le traitement de l'ensemble des données. Nous avons effectué une analyse de la variance à trois critères de classification dont deux facteurs étudiées (variété et solutions nutritives) et un facteur contrôlé (bloc). Il convient encore de rappeler que le dispositif employé (Criss- cross) gagne de la précision au niveau de l'interaction.

Lorsque le test F est significatif, les différentes moyennes sont classées après le calcul de la ppds, avec un risque d'erreur de 5 pour-cent.

CHAPITRE 7 RESULTATS ET DISCUSSIONS

7.1. Evolution de la consommation en eau durant le cycle de développement

Les courbes de consommation en eau pour les deux variétés sont représentés par les figures (7.1 et 7.2). Ces courbes traduisent les variations de l'évapotranspiration et mettent en évidence l'influence de la température interne de la serre de production

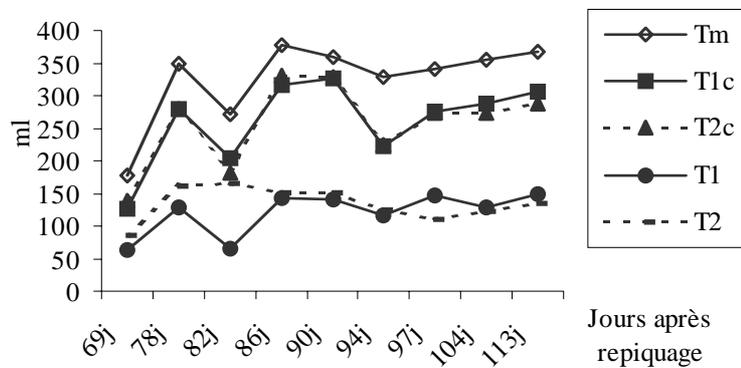


Figure 7.1 : Evolution de la consommation en eau chez la variété marmande

La consommation en eau est moins importante en début de culture. Une augmentation régulière est observée jusqu'à la fin de la culture chez les deux variétés suite au développement du couvert végétal.

La consommation en eau est plus importante chez le témoin Tm au niveau des deux variétés. Ceci s'explique par le fait que le traitement Tm (témoin) favorise la croissance des plantes notamment en présence de la solution qui est facilement absorbée (CE faible).

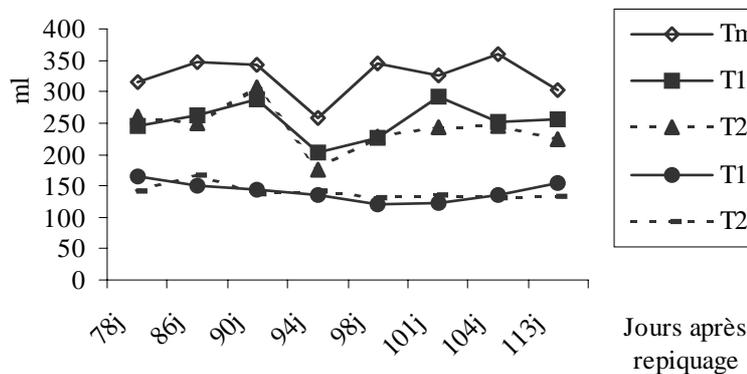


Figure 7.2 : Evolution de la consommation en eau chez la variété merveille des marchés

Une CE élevée des traitements corrigés T1c et T2c réduit la consommation en eau par rapport au témoin et ce en limitant la diffusion de l'eau vers la plante, bien qu'il existe une relation entre cette diffusion et l'absorption de certains éléments nutritifs. Néanmoins, le magnésium lié aux sulfates stimule le plus la consommation en eau en se rapprochant

mieux du témoin par rapport au magnésium lié aux chlorures, et ceci chez les deux variétés.

A l'inverse, une faible consommation en eau est observée au niveau des traitements salins naturels T1 et T2 en raison d'une évapotranspiration réduite et ce suite à une croissance limitée des plantes.

7.2. Evolution de la CE et du pH dans les solutions de drainage en cours de culture

Les courbes de CE et du pH des solutions de drainage pour les deux variétés, sont représentées respectivement par les figures (7.3 , 7.4), et (7.5 , 8.6).

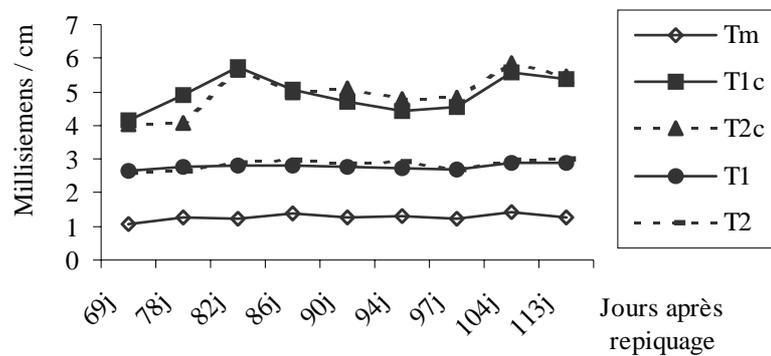


Figure 7.3: Evolution de la CE des solutions de drainage au niveau de la variété marmande

La CE des eaux de drainage reste relativement stable après 78 jours de repiquage pour les traitements Tm, T1 et T2. Par contre, elle augmente considérablement au niveau des traitements T1c et T2c où l'on enregistre parfois des valeurs supérieures à 4 mS (excès

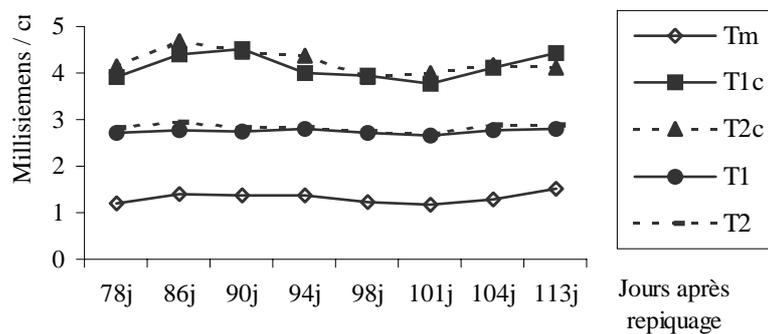


Figure 7.4 : Evolution de la CE des solutions de drainage au niveau de la variété merveille des marchés

de salinité au niveau des racines) notamment au moment de la nouaison des deux variétés, ce qui a un effet directe sur la production en fruits.

Le pH des eaux de drainage est resté stable 78 jours après repiquage. Le pH neutre au niveau des traitements (Tm, T1c, et T2c) montre bien une absorption minérale favorable.

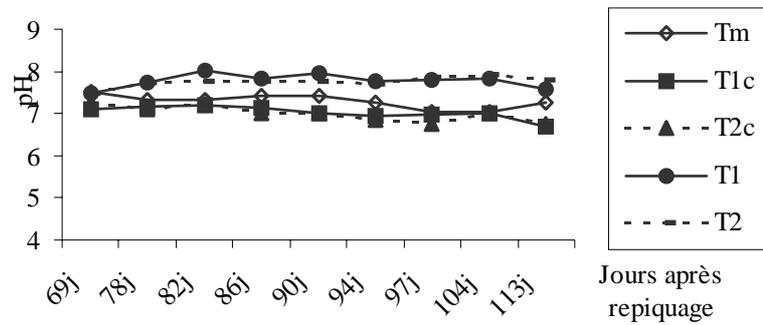


Figure 7.5 : Evolution du pH des solutions de drainage chez la variété marmande

Le pH est basique avec les traitement (T1 et T2), et à cet effet, l'absorption des éléments nutritifs est perturbée, notamment au niveau des plants de tomate alimentés par des eaux salines où l'élément magnésium est lié aux chlorures.

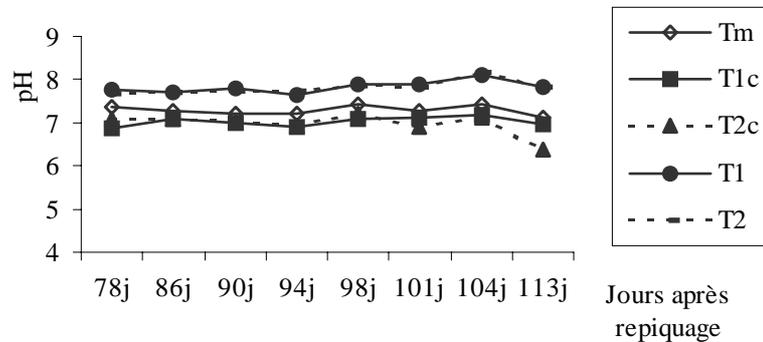


Figure 7.6 : Evolution du pH des solutions de drainage chez la variété merveille des marchés

7.3. Précocité et Vigueur des plantes

7.3.1. Précocité à la floraison et à la nouaison

Le nombre de jours nécessaires à la floraison et à la nouaison du premier bouquet floral des plantes de tomate sont présentées dans le tableau 7.1, et par les figures (1, 2, 3, 4) (annexe A).

Tableau 7.1 : Floraison et nouaison du premier bouquet floral (jours après repiquage)

Phases	Traitements Variétés	Tm	T1c	T2c	T1	T2
Début floraison (jours)	Marmande	61.33 ± 0.44 b	59.33 ± 0.91 b	61.00 ± 1.11 b	76.00 ± 0.85 a	72.67 ± 0.70 a
	Merveille des marchés	76.67 ± 0.44 b	77.33 ± 0.91 b	77.33 ± 1.11 b	101.67 ± 0.85 a	99.00 ± 0.70 a
Pleine floraison (jours)	Marmande	68.67 ± 1.44 b	67.00 ± 0.51 b	71.33 ± 1.78 b	83.33 ± 0.87 a	80.33 ± 0.66 a
	Merveille des marchés	81.67 ± 1.44 b	82.00 ± 0.51 b	82.00 ± 1.78 b	110.00 ± 0.87 a	109.67 ± 0.66 a
Début nouaison (jours)	Marmande	69.00 ± 1.25 b	68.00 ± 0.66 b	69.00 ± 1.35 b	83.67 ± 0.68 a	80.67 ± 0.85 a
	Merveille des marchés	84.67 ± 1.25 b	84.00 ± 0.66 b	84.00 ± 1.35 b	110.00 ± 0.68 a	109.67 ± 0.85 a
Pleine nouaison (jours)	Marmande	74.33 ± 1.46 b	73.00 ± 0.76 b	73.33 ± 1.19 b	89.33 ± 0.57 a	85.67 ± 0.72 a
	Merveille des marchés	89.00 ± 1.46 b	89.33 ± 0.76 b	89.00 ± 1.19 b	119.00 ± 0.57 a	118.33 ± 0.72 a

L'analyse de la variance révèle une différence significative entre les variétés et les traitements. L'interaction est significative entre les deux facteurs pour l'ensemble des paramètres de précocité (Tableaux 1, 2, 3, et 4 en annexe B).

Selon les moyennes obtenues, nous remarquons que les traitements T1c, T2c sont classés dans le même groupe que le Tm, et présentent les niveaux de précocité les plus élevés chez les deux variétés. Par contre, les traitements T1 et T2 donnent des plantes dont la floraison et la nouaison sont les plus tardives. Le retard enregistré par ces traitements salés naturels par rapport au témoin est beaucoup plus marqué chez la variété merveille des marchés que chez la variété marmande.

Quelque soit la forme de combinaison avec le magnésium étudiée, les traitements corrigés comparés au Tm, n'affectent pas la précocité des fruits, et ceci reste une qualité recherchée pour les cultures de primeurs. La variété marmande semble être plus précoce à la floraison et à la nouaison que la merveille des marchés, ce qui lui confère un avantage pour échapper à l'effet néfaste de la salinité.

7.3.2. Evolution de la hauteur des plantes

L'évolution de la hauteur des plantes est représentée par la figure 7.7.

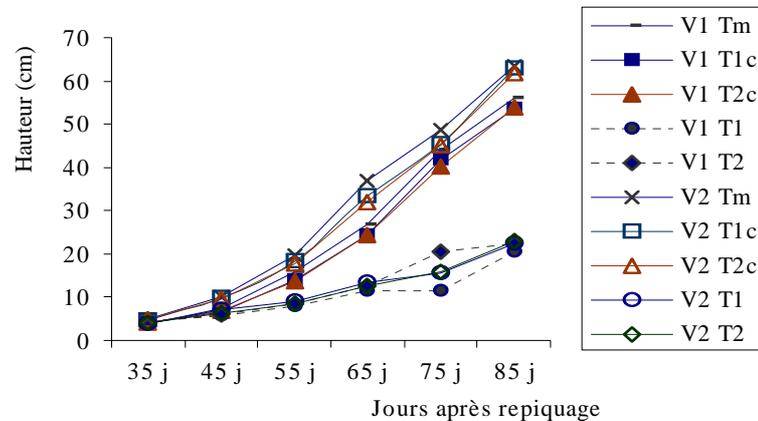


Figure 7.7 : Evolution de la hauteur des plantes

Cette figure montre que chez les deux variétés testées, l'effet traitement devient remarquable sur la hauteur des plantes à 35 jours après repiquage. Le traitement Tm stimule d'avantage la hauteur des plantes suivi respectivement par les traitements T1c et T2c. A l'inverse, les traitements T1 et T2 semblent affecter la hauteur des plantes et retarder leur croissance. Il est à noter que la variété merveille des marchés montre une croissance en hauteur plus élevée que celle de la variété marmande.

Un léger ralentissement de la croissance se manifeste lorsque le magnésium est lié aux chlorures au niveau des traitements salins corrigés.

Les valeurs moyennes des hauteurs finales atteintes jusqu'au 2^{ème} bouquet sont présentées dans le tableau 7.2, et par la figure 5 (annexe A).

Tableau 7.2 : Hauteur finale des plantes (cm)

Traitements Variétés	Tm	T1c	T2c	T1	T2
Marmande	59.62 ± 0.81 a	62.30 ± 1.14 a	60.24 ± 0.80 a	39.64 ± 0.75 b	41.80 ± 0.88 b
Merveille des marchés	63.42 ± 0.81 a	63.06 ± 1.14 a	61.90 ± 0.80 a	60.46 ± 0.75 a	52.44 ± 0.88 b

L'analyse de la variance révèle une différence significative entre les variétés et les traitements. L'interaction est significative entre les deux facteurs (Tableau 1 en annexe C).

Au niveau de la variété marmande, les hauteurs des plantes alimentées par les traitements T1c et T2c sont plus élevées que celles observées au niveau du témoin, alors que les traitements salins naturels T1 et T2 manifestent les hauteurs finales les plus faibles. Ces derniers ont enregistré respectivement une diminution de la hauteur des plants de 33.51 % et de 29.89 % par rapport au témoin. Chez la variété merveille des marchés, les hauteurs finales sont les plus faibles au niveau du T2, avec une baisse de l'ordre de 17.31 % par rapport au témoin.

Au niveau des traitements corrigés, la forme de magnésium lié aux chlorures diminue la hauteur des plantes par rapport à la forme de magnésium lié aux sulfates où l'on enregistre une chute de 3.30 % chez la variété marmande contre 1.83 % chez la variété merveille des marchés. Des observations similaires ont été faites par OHTA et al. (1990) où les résultats ont montré que le chlore augmente plus la pression osmotique et inhibe la croissance.

7.3.3. Diamètre finale des tiges

Les valeurs moyennes du diamètre finale des tiges sont présentées dans le tableau 7.3, et par la figure 6 (annexe A).

Tableau 7.3 : Diamètre des tiges (cm)

Traitements Variétés	Tm	T1c	T2c	T1	T2
Marmande	1.01 ± 0.00 a	0.97 ± 0.01 a	0.97 ± 0.02 a	0.64 ± 0.01 a	0.62 ± 0.02 a
Merveille des marchés	1.08 ± 0.00 a	1.08 ± 0.01 a	1.08 ± 0.02 a	0.74 ± 0.01 a	0.72 ± 0.02 a

L'analyse de la variance révèle une différence significative entre les variétés et les traitements. L'interaction entre les deux facteurs n'est pas significative (Tableau 2 en annexe C).

La variété merveille des marchés présente un diamètre de tige plus élevé que celui de la variété marmande. Aussi, les traitements T1c et T2c ne sont pas différents du Tm, et donnent le diamètre de tige le plus élevé. Par contre, les traitements T1 et T2 manifestent des plantes présentant le diamètre de tige le plus faible, ce qui traduit indirectement les conséquences d'un état ou potentiel hydrique faible. Le traitement T2 dont le magnésium est lié aux chlorures conduit à une baisse maximale du diamètre des tiges de l'ordre de

38.61 % chez la variété marmande et de 33.33 % chez la variété merveille des marchés, et ce par rapport au témoin.

7.3.4. Distance collet - 1^{er} bouquet et 1^{er} bouquet - 2^{ème} bouquet

Les valeurs moyennes des distances collet - 1^{er} bouquet et 1^{er} bouquet - 2^{ème} bouquet sont présentées dans le tableau 7.4, et par les figures 7 et 8 (annexe A).

Tableau 7.4 : Distance collet - 1^{er} bouquet et 1^{er} bouquet - 2^{ème} bouquet (cm)

Paramètre	Traitements Variétés	Tm	T1c	T2c	T1	T2
Distance collet - 1 ^{er} bouquet (cm)	Marmande	36.29 ± 0.80 a	36.15 ± 1.43 a	37.05 ± 1.10 a	27.41 ± 0.95 b	29.61 ± 1.58 b
	Merveille des marchés	45.27 ± 0.80 a	44.46 ± 1.43 a	44.30 ± 1.10 a	42.18 ± 0.95 b	37.93 ± 1.58 b
Distance 1 ^{er} bouquet - 2 ^{ème} bouquet (cm)	Marmande	23.21 ± 0.70 a	26.07 ± 0.83 a	23.50 ± 0.62 a	17.00 ± 1.37 b	17.17 ± 0.34 b
	Merveille des marchés	17.24 ± 0.70 a	18.53 ± 0.83 a	16.07 ± 0.62 a	17.59 ± 1.37 a	14.91 ± 0.34 b

L'analyse de la variance révèle une différence significative entre les variétés et les traitements pour les deux paramètres mesurés. L'interaction entre les deux facteurs est significative pour les deux distances mesurées (Tableau 3 et 4 en annexe C).

La distance collet - 1^{er} bouquet est plus importante chez la variété merveille des marchés. Pour les deux variétés, cette distance n'est pas réduite au niveau des traitements corrigés (T1c et T2c) et ce comparativement au témoin (Tm). Par contre, elles est très réduite au niveau des traitements salins naturels T1 et T2. Le même effet est observée avec la 2^{ème} distance mesurée. Ceci traduit le retard de croissance des plantes induit par ces deux traitements et provoque un raccourcissement des stades phénologiques, notamment au niveau des plantes de tomate alimentées par les solutions dont le magnésium est lié aux chlorures. En effet, cette forme d'apport de magnésium réduit la distance 1^{er} bouquet- 2^{ème} bouquet au niveau des traitements corrigés puisque on enregistre une baisse de l'ordre de 9.85 % chez la variété marmande et de 13.27 % chez la variété merveille des marchés.

7.3.5. Nombre de feuilles par plante

Les valeurs moyennes du nombre de feuilles par plante sont présentées dans le tableau 7.5, et par la figure 9 (annexe A)

Tableau 7.5 : Nombre de feuilles par plant

Traitements Variétés	Tm	T1c	T2c	T1	T2
Marmande	15.39 ± 0.30 a	17.38 ± 1.05 a	14.61 ± 0.80 a	12.67 ± 0.56 b	12.87 ± 0.91 b
Merveille des marchés	13.03 ± 0.30 a	13.27 ± 1.05 a	12.75 ± 0.80 a	13.24 ± 0.56 a	11.41 ± 0.91 b

L'analyse de la variance révèle une différence significative entre les variétés et les traitements. L'interaction est significative entre les deux facteurs (Tableau 5 en annexe C).

Le nombre de feuilles par plant est plus important chez la variété marmande. Les traitements sont classés en trois groupes homogènes et dont le traitement T1c se distingue seul dans le premier groupe avec un nombre de feuilles plus élevé que le témoin, en raison d'une part, de l'équilibre ionique parfait du milieu alimentaire; et d'autre part, de la forme adéquate du magnésium apporté.

Par contre, le traitement T2 dont le magnésium est lié aux chlorures manifeste le nombre le plus faible de feuilles où l'on enregistre les baisses maximales du nombre des feuilles par rapport au témoin, de 16.37 % chez la variété marmande et de 12.43 % chez la variété merveille des marchés. Les autres traitements sont comparables au témoin.

Le nombre réduit de feuilles au niveau des plantes alimentées par le traitement T2, semble être dû à une chute importante des feuilles suite à l'effet toxique des chlorures et au déséquilibre ionique du milieu accentuant le taux de salinité.

7.3.6. Poids frais et sec des feuilles, des tiges, des (feuilles + tiges) et des racines

Les valeurs moyennes du poids frais et sec des différents organes de la plante sont présentées dans les tableaux 7.6, et par les figures (10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, et 17) (annexe A).

Tableau 7.6 : Poids frais et sec (feuilles, tiges, feuilles + tiges, et racines)

Paramètres	Traitements Variétés	Tm	T1c	T2c	T1	T2
Poids frais feuilles (g)	Marmande	155.83 ± 5.49 a	180.03 ± 6.85 a	170.78 ± 11.72 a	9.90 ± 2.18 b	11.20 ± 1.95 b
	Merveille des marchés	254.80 ± 5.49 b	298.63 ± 6.85 a	264.36 ± 11.72 b	16.88 ± 2.18 c	12.61 ± 1.95 c
Poids sec feuilles (g)	Marmande	20.90 ± 0.53 a	21.66 ± 0.97 a	21.02 ± 0.80 a	1.92 ± 0.33 b	2.18 ± 0.60 b
	Merveille des marchés	38.97 ± 0.53 a	37.02 ± 0.97 ab	32.74 ± 0.80 b	3.58 ± 0.33 c	2.70 ± 0.60 c
Poids frais tiges (g)	Marmande	59.60 ± 1.22 a	52.02 ± 1.42 b	50.61 ± 2.72 b	8.93 ± 1.15 c	9.86 ± 1.09 c
	Merveille des marchés	86.54 ± 1.22 a	74.68 ± 1.42 b	71.25 ± 2.7 b	22.36 ± 1.15 c	18.08 ± 1.09 c
Poids sec tiges (g)	Marmande	11.19 ± 0.31 a	8.80 ± 0.50 b	8.27 ± 0.30 b	1.55 ± 0.24 c	1.98 ± 0.16 c
	Merveille des marchés	19.17 ± 0.31 a	13.34 ± 0.50 b	13.11 ± 0.30 b	4.43 ± 0.24 c	3.33 ± 0.16 c
Poids frais feuilles + Tiges (g)	Marmande	215.42 ± 6.57 a	232.01 ± 8.06 a	221.38 ± 14.36 a	18.83 ± 3.31 b	21.05 ± 1.14 b
	Merveille des marchés	341.34 ± 6.57 b	373.31 ± 8.06 a	335.61 ± 14.36 b	39.24 ± 3.31 c	30.69 ± 1.14 c
Poids sec feuilles + tiges (g)	Marmande	32.09 ± 0.25 a	30.46 ± 0.54 a	29.29 ± 0.95 a	3.47 ± 0.51 b	4.16 ± 0.71 b
	Merveille des marchés	58.15 ± 0.25 a	50.36 ± 0.54 b	45.85 ± 0.95 b	8.01 ± 0.51 c	6.03 ± 0.71 c
Poids frais racines (g)	Marmande	37.14 ± 1.45 a	38.19 ± 3.81 a	39.85 ± 3.19 a	10.55 ± 2.64 b	13.47 ± 0.36 b
	Merveille des marchés	73.98 ± 1.45 a	71.82 ± 3.81 a	71.61 ± 3.19 a	16.16 ± 2.64 b	13.15 ± 0.36 b
Poids sec racines (g)	Marmande	7.48 ± 1.44 a	6.64 ± 1.22 a	7.21 ± 0.45 a	1.99 ± 0.43 b	3.01 ± 0.29 b
	Merveille des marchés	11.82 ± 1.44 a	10.89 ± 1.22 a	9.46 ± 0.45 a	2.81 ± 0.43 b	2.34 ± 0.29 b

L'analyse de la variance révèle une différence significative entre les variétés et les traitements en ce qui concerne le poids frais et sec des différents organes de la plante (Tableaux 6, 7, 8, et 9 en annexe C).

Le poids frais et sec des différents organes est nettement plus important au niveau de la variété merveille des marchés. Le poids frais des parties aériennes est plus important au niveau des traitements salés corrigés T1c et T2c comparativement au témoin. A l'inverse, leur poids sec est moins important. Le poids frais et sec des racines au niveau du T1c et

T2c n'est pas différent de celui du témoin en raison d'une alimentation équilibrée des plantes. Par contre, Les traitements non corrigés T1 et T2 entraînent une baisse considérable des poids frais et sec des différents organes, quelque soit la variété étudiée.

Cependant, l'observation du rapport partie aérienne sur partie racinaire, montre que c'est surtout la croissance des racines qui est affectée au niveau des traitements T1c et T2c. Par contre, au niveau des traitements T1 et T2, un faible rapport indique que les deux parties aérienne et racinaire sont réduites en condition saline, notamment au niveau des feuilles suivi des tiges et des racines. Ces résultats sont en accord avec d'autres travaux de recherches (RODRIGUEZ et al. 1997 et KATERJI et al. 1998).

On note aussi que la croissance des organes aériens est moins importante avec la forme de magnésium lié aux chlorures puisque l'on enregistre respectivement une diminution des poids frais et sec des (feuilles + tiges) au niveau des traitements T2c de 4.58 % et 3.84 % chez la variété marmande et de 10.09 % et 8.95 % chez la variété merveille des marchés comparés au traitements T1c.

7.4. Rendement et facteurs du rendement

7.4.1. Nombre de fleurs par plante

Les valeurs moyennes du nombre de fleurs par plante sont présentées dans le tableau 7.7, et par la figure 18 (annexe A).

Tableau 7.7 : Nombre de fleurs par plante

Traitements Variétés	Tm	T1c	T2c	T1	T2
Marmande	19.99 ± 0.64 a	20.30 ± 0.90 a	20.74 ± 1.25 a	5.08 ± 0.80 b	5.83 ± 0.14 b
Merveille des marchés	12.89 ± 0.64 a	12.44 ± 0.90 a	12.77 ± 1.25 a	7.11 ± 0.80 b	7.48 ± 0.14 b

L'analyse de la variance révèle une différence significative entre les variétés et les traitements. L'interaction est significative entre les deux facteurs (Tableau 1 en annexe D).

Selon les résultats, le nombre de fleurs par plant est plus élevé chez la variété marmande. Ce paramètre est plus important au niveau des traitements corrigés T1c et T2c qui sont classés dans le même groupe que le témoin. A l'inverse, les traitements T1 et T2 manifestent les valeurs les plus faibles, ceci est sans doute dû au retard de croissance causé par le déséquilibre ionique de ces milieux nutritifs.

Quelque soit la variété étudiée, la forme d'apport du magnésium sur le nombre de fleurs par plante n'est pas significative. Néanmoins, la variété marmande semble être plus affectée par les traitements salins naturels puisque l'on note respectivement les diminutions du nombre de fleurs par plant de 74.58 % (T1) et 70.83 % (T2) contre 44.84 % (T1) et 41.97 % (T2) chez la variété merveille des marchés.

7.4.2. Nombre de fruits par plante

Les valeurs moyennes du nombre de fruits par plante sont présentées dans le tableau 7.8, et par la figure 19 (annexe A)

Tableau 7.8 : Nombre des fruits par plante

Traitements Variétés	Tm	T1c	T2c	T1	T2
Marmande	16.54 ± 1.61 a	16.08 ± 0.87 a	17.61 ± 0.82 a	0.94 ± 0.25 b	1.83 ± 0.12 b
Merveille des marchés	11.47 ± 1.61 a	12.11 ± 0.87 a	11.48 ± 0.82 a	0.89 ± 0.25 b	0.78 ± 0.12 b

L'analyse de la variance révèle une différence significative entre les variétés et les traitements. Aussi, l'interaction est significative entre les deux facteurs (Tableau 2 en annexe D).

D'après ces résultats, le nombre de fruits par plant est plus élevé chez la variété marmande. Aussi, on remarque que ce paramètre est plus important au niveau des traitements T1c et T2c qui sont classés dans le même groupe que le témoin.

A l'inverse, les traitements T1 et T2 sont les plus faibles, et où l'on enregistre des baisses du nombre de fruits par rapport au témoins de 94.31 % (T1) et 88.93 % (T2) chez la variété marmande et de 92.24 % (T1) et 93.19 % (T2) chez la variété merveille des marchés. Ceci est en corollaire avec la faible production de fleurs.

Il semble aussi que la forme d'apport du magnésium affecte inversement les deux variétés au niveau des traitements corrigés, et ce de manière peu remarquable. En effet, la variété marmande s'est montrée plus sensible au magnésium lié aux sulfates, contrairement à la variété merveille des marchés qui s'est montrée plus sensible au magnésium lié aux chlorures. Nos résultats au niveau des traitements corrigés concordent avec ceux de SATTI et *al.* (1994) où ils montrèrent que le nombre de fruit n'est pas lié au développement végétatif, mais dépend surtout du niveau de l'alimentation notamment en K^+ et en Ca^{2+} .

7.4.3. Taux des fleurs avortées par plante

Les résultats relatifs aux taux de fleurs avortées par plante sont présentées dans le tableau 7.9, et par la figure 20 (annexe).

Tableau 7.9 : Taux des fleurs avortées par plante (%)

Traitements Variétés	Tm	T1c	T2c	T1	T2
Marmande	17.40 ± 5.62 c	20.69 ± 2.53 c	12.66 ± 5.12 c	81.63 ± 6.01 a	69.10 ± 3.54 b
Merveille des marchés	11.28 ± 5.62 b	2.65 ± 2.53 b	10.07 ± 5.12 b	86.31 ± 6.01 a	89.68 ± 3.54 a

L'analyse de la variance révèle une différence significative entre les traitements et les variétés. L'interaction entre les deux facteurs est significative (Tableau 3 en annexe D).

Les traitement salins T1 et T2 montrent les taux d'avortement les plus élevés au niveau des deux variétés comparées au traitements corrigés .

Il semble aussi que la forme d'apport du magnésium affecte inversement les deux variétés au niveau des traitements corrigés. En effet, la variété marmande s'est montrée plus sensible au magnésium lié aux sulfates. Par contre, la variété merveille des marchés est plus sensible au magnésium lié aux chlorures. Cet effet contradictoire chez les deux variétés est peut être lié à des facteurs environnementaux, autres que le milieu de culture.

7.4.4. Poids total des fruits récoltés par plante

Les valeurs moyennes du poids total des fruits par plante sont présentées dans le tableau 7.10, et par la figure 21 (annexe A).

Tableau 7.10 : Poids total des fruits par plante (g)

Traitements Variétés	Tm	T1c	T2c	T1	T2
Marmande	1014.65 ± 31.97 a	750.69 ± 31.8 b	803.78 ± 68.13 b	38.05 ± 4.87 c	39.05 ± 5.87 c
Merveille des marchés	524.26 ± 31.87 a	352.41 ± 31.8 b	364.07 ± 68.13 b	24.24 ± 4.87 c	22.71 ± 5.87 c

L'analyse de la variance révèle une différence significative entre les variétés et les traitements. L'interaction est significative entre les deux facteurs (Tableau 4 en annexe D).

Ces résultats montrent que le rendement est plus important chez la marmande. Aussi, l'effet de la salinité varie de façon très remarquable entre les différents traitements salins.

Le rendement est moins affecté au niveau des traitements corrigés T1c et T2c où l'on enregistre respectivement des diminutions de 26.04 % et 20.78 % chez la variété marmande et de 32.77 % et 30.55 % chez la variété merveille des marchés et ce par rapport au témoin.

La concentration élevée en sels des traitements salins corrigés a stimulée une croissance végétative aérienne au détriment de la production en fruits, notamment avec le magnésium lié aux sulfates.

Par contre, le poids total des fruits est fortement réduit au niveau des traitements salins naturels T1 et T2 par rapport au témoin où l'on enregistre respectivement des diminutions de 96.18 % et 96.15 % chez la variété marmande et de 95.56 % et 95.66 % chez la variété merveille des marchés. Ceci est lié à la réduction des deux principales composantes du rendement (le nombre de fruits et le poids moyen des fruits) suite aux troubles physiologiques causés par le déséquilibre ionique des milieux alimentaires ou nutritifs.

7.4.5. Poids moyen des fruits par plante

Le poids moyen des fruits par plante est présenté dans le tableau 7.11, et par la figure 22 (annexe A).

Tableau 7.11 : Poids moyen des fruits par plante (g)

Traitements Variétés	Tm	T1c	T2c	T1	T2
Marmande	62.07 ± 2.01 a	46.72 ± 2.42 b	45.77 ± 4.14 b	42.18 ± 5.15 b	32.44 ± 1.99 c
Merveille des marchés	46.08 ± 2.01 a	29.04 ± 2.42 b	32.20 ± 4.14 b	28.05 ± 5.15 b	32.43 ± 1.99 b

L'analyse de la variance révèle une différence significative entre les variétés et les traitements. Aussi, l'interaction est significative entre les deux facteurs (Tableau 5 en annexe D).

On constate chez les deux variétés de tomate que le poids moyen des fruits de l'ensemble des traitements salins est réduit par rapport au témoin, notamment au niveau des traitements salins naturels.

Chez la variété marmande, le traitement T1c dont l'élément magnésium est lié aux sulfates manifeste une augmentation du poids moyen des fruits par rapport aux autres traitements.

Par contre, chez la variété de tomate merveille des marchés, le poids moyen des fruits est affecté de la même manière par l'ensemble des traitements salins.

La réduction du poids moyen des fruits au niveau des traitements salins naturels est expliquée, par une activité photosynthétique limitée au niveau des feuilles et des tiges réduisant les sources de réserve pour les fruits, et induite par une activité racinaire faible.

7.4.6. Taux de nécrose apicale

Le taux de nécrose apicale ou blossom end rot, est présenté dans le tableau 7.12.

Tableau 7.12 : Taux de nécrose apicale (%)

Traitements Variétés	Tm	T1c	T2c	T1	T2
Marmande	6.01	4.94	7.26	0.00	0.00
Merveille des marchés	7.50	4.88	1.28	0.00	0.00

La proportion des fruits atteints de nécrose apicale est importante chez le traitement Tm pour les deux variétés à cause d'une forte demande en eau des plantes qui n'a pas été suivie par un apport régulier des irrigations. Au niveau des traitements corrigés T1c et T2c, le taux de nécrose apicale diminue par rapport au témoin, mais dépend surtout des fluctuations de la CE qui dépassent plusieurs fois 4 mS, entraînant ainsi une baisse de diffusion de l'eau et donc des éléments minéraux et notamment le calcium. Ce phénomène entraîne inévitablement l'apparition de fruits atteints de pourriture apicale.

Par contre, les traitements T1 et T2 ne montrent pas de problème de nécrose apicale, car à ce niveau, la croissance végétative et la production en fruits sont réduites.

La variété marmande s'est montrée plus sensible au magnésium lié aux chlorures, alors que la variété merveille des marchés s'est montrée plus sensible au magnésium lié aux sulfates.

7.4.7. Calibre des fruits

La répartition des calibres en % du poids total des fruits récoltés est présentée dans le tableau 7.13.

Tableau 7.13 : Répartition des calibres en % du poids total des fruits récoltés

Calibre	Traitements Variétés	Tm	T1c	T2c	T1	T2
D<47 mm Classe D	Marmande	7.31	41.55	45.05	45.94	68.08
	Merveille des marchés	35.97	71.02	70.62	85.32	72.44
47mm<D<57mm Classe C	Marmande	72.12	56.64	46.76	45.68	19.49
	Merveille des marchés	49.84	28.98	29.38	14.68	27.55
57mm<D<67mm Classe B	Marmande	17.92	1.80	8.18	8.37	12.43
	Merveille des marchés	14.18	0.00	0.00	0.00	0.00
D>67mm Classe A	Marmande	2.65	0.00	0.00	0.00	0.00
	Merveille des marchés	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

D'après ce tableau, on peut remarquer que l'ensemble des traitements salins comparés au témoin, ont remarquablement affecté le calibre des fruits chez les deux variétés, notamment au niveau de la catégorie des fruits non commercialisables (D< 47 mm), et ce plus particulièrement au niveau de la variété merveille des marchés.

Chez la variété marmande, le traitement T2c est partagé entre les deux classes C et D, alors que le traitement T1c manifeste surtout des fruits de la classe C. Donc on peut noter une légère augmentation du calibre des fruits chez cette variété lorsque le magnésium apporté est lié aux sulfates. On peut aussi remarquer l'absence d'un calibre de fruit de la classe supérieure (classe A) pour les deux variétés.

Des observations similaires ont été notées par SATTI et al. (1996) et BALIBREA et al. (1997) où ils rapportèrent que la taille des fruits diminue avec la salinité car l'accumulation de matière sèche dans les fruits est réduite.

7.5. Paramètres de qualité

7.5.1. Qualité organoleptique et nutritionnelle

7.5.1.1. Acidité titrable des fruits

Les valeurs moyennes de l'acidité des fruits sont présentées dans le tableau 7.14, et par la figure 23 (annexe A)

Tableau 7.14 : Acidité titrable des fruits (g d'acide citrique / 100g de jus)

Traitements Variétés	Tm	T1c	T2c	T1	T2
Marmande	0.43 ± 0.01 a	0.44 ± 0.03 a	0.45 ± 0.02 a	0.25 ± 0.03 b	0.30 ± 0.01 b
Merveille des marchés	0.44 ± 0.01 c	0.65 ± 0.03 a	0.56 ± 0.02 b	0.11 ± 0.03 e	0.27 ± 0.01 d

L'analyse de la variance révèle une différence significative entre les traitements mais pas entre les variétés. L'interaction entre les deux facteurs est significative (Tableau 1 en annexe E).

Les traitements salins corrigés T1c et T2c ont permis d'augmenter la teneur en acidité titrable des fruits et montrent une valeur supérieure au témoin chez les deux variétés. En effet au niveau de ces traitements corrigés, une salinité associée à une meilleure alimentation des plantes, notamment en potassium, améliore l'accumulation des acides organiques tout en diminuant la teneur en eau des cellules. A cet effet, la plante peut maintenir la turgescence des cellules et répondre ainsi au stress salin modéré. Des résultats similaires sont observés par BALIBREA et al. (1997).

On constate aussi chez la variété merveille des marchés que le traitement T1c dont le magnésium apporté est lié aux sulfates, manifeste les fruits les plus acides.

Un effet contradictoire est observé avec les traitements naturels T1 et T2 où l'on constate une teneur plus faible. L'écart par rapport aux fruits issus des traitements salins corrigés correspondants est de 43.18 % (T1) et 33.33 % (T2) chez la variété marmande comparé à 83.07 % (T1) et 51.78 % (T2) chez la variété merveille des marchés.

7.5.1.2. Teneur en sucre totaux

Les valeurs moyennes de la teneur en sucres totaux des fruits sont présentées dans le tableau 7.15, et par la figure 24 (annexe A)

Tableau 7.15 : Teneur en sucre totaux (%)

Traitements Variétés	Tm	T1c	T2c	T1	T2
Marmande	4.70 ± 0.40 a	4.03 ± 1.19 a	5.98 ± 0.88 a	2.54 ± 0.03 a	2.8 ± 0.4 a
Merveille des marchés	7.17 ± 0.40 a	8.19 ± 1.19 a	7.80 ± 0.88 a	4.28 ± 0.03 a	4.28 ± 0.4 a

L'analyse de la variance révèle une différence significative entre les variétés et les traitements. L'interaction entre les deux facteurs n'est pas significative (Tableau 2 annexe E).

La teneur en sucre totaux est plus élevée au niveau de la variété merveille des marchés. Les traitements salins corrigés T1c et T2c ont permis d'améliorer la teneur en sucres totaux des fruits par rapport au témoin. Cette augmentation de la teneur en sucres totaux des fruits est due selon BALIBREA et al. (1997) à une baisse d'utilisation des sucres pour la croissance, et donc dépend de l'aptitude de la plante à croître en conditions de salinité.

Par contre, les traitements salés naturels T1 et T2 réduisent considérablement le paramètre mesuré. Les écarts par rapport aux fruits issus des traitement salins corrigés sont de 36.97 % (T1) et 53.17 % (T2) chez la variété marmande comparativement à 47.74 % (T1) et 45.12 % (T2) chez la variété merveille des marchés.

Concernant la forme du magnésium apporté, un effet contradictoire est observé chez les deux variétés au niveau des traitements corrigés, que l'on peut expliquer par un effet de comportement différent aux sulfates et aux chlorures pour chacune des variétés.

7.5.1.3. Teneur en vitamine 'C'

Les valeurs moyennes de la teneur en vitamine 'C' des fruits sont présentées dans le tableau 7.16, et par la figure 25 (annexe A)

Tableau 7.16 : Teneur en vitamine 'C' (mg d'acide ascorbique / 100 g de MF)

Traitements Variétés	Tm	T1c	T2c	T1	T2
Marmande	14.01 ± 0.69 a	16.18 ± 0.79 a	15.89 ± 0.84 a	7.13 ± 0.58 b	12.97 ± 1.08 a
Merveille des marchés	17.5 ± 0.69 a	19.94 ± 0.79 a	19.35 ± 0.84 a	6.40 ± 0.58 b	7.92 ± 1.08 b

L'analyse de la variance révèle une différence significative entre les traitements mais pas entre les variétés. L'interaction entre les deux facteurs est significative (Tableau 3 en annexe E).

En comparaison avec le témoin, la teneur en vitamine 'C' des fruits est augmentée au niveau des traitements salés corrigés T1c et T2c. La source de magnésium n'a pas montré d'effet significatif sur la teneur en vitamine 'C', néanmoins, on constate que le magnésium lié aux sulfates semble donner les meilleurs résultats que la combinaison $MgCl_2$ chez les deux variétés.

Par contre, la teneur en vitamine 'C' des fruits est fortement réduite au niveau des traitements salés naturels T1 et T2, où l'on note respectivement les diminutions par rapport aux traitements corrigés correspondants de 55.93 % (T1) et 18.37 % (T2) chez la variété marmande et de 67.90 % (T1) et 59.06 % (T2) chez la variété merveille des marchés. Ces résultats sont similaires à ceux des autres chercheurs tels que (PETERSEN et al., 1998).

7.5.1.4. Teneur en cations des fruits

Les valeurs moyennes de la teneur des différents cations dans les fruits sont présentées dans le tableau 7.17, et par les figures (29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, et 36) (annexe A).

Tableau 7.17 : Teneur en cations des fruits exprimées en % de MS

Cations	Traitements Variétés	Tm	T1c	T2c	T1	T2
Ca ²⁺	Marmande	2.67 ± 0.53 c	3.17 ± 0.15 a	3.33 ± 0.55 a	3.00 ± 0.53 b	2.67 ± 0.33 c
	Merveille des marchés	2.00 ± 0.53 c	2.17 ± 0.15 b	2.50 ± 0.55 a	2.50 ± 0.53 a	2.50 ± 0.33 a
Mg ²⁺	Marmande	2.67 ± 0.34 b	4.00 ± 0.20 a	0.33 ± 0.18 c	1.33 ± 0.30 c	1.33 ± 0.13 c
	Merveille des marchés	2.17 ± 0.34 a	2.33 ± 0.20 a	1.50 ± 0.18 a	2.17 ± 0.30 a	2.33 ± 0.13 a
K ⁺	Marmande	0.25 ± 0.09 b	0.50 ± 0.04 a	0.50 ± 0.14 a	0.25 ± 0.05 b	0.50 ± 0.05 a
	Merveille des marchés	0.58 ± 0.09 a	0.58 ± 0.04 a	0.58 ± 0.14 a	0.50 ± 0.05 b	0.50 ± 0.05 b
Na ⁺	Marmande	0.10 ± 0.01 b	0.15 ± 0.01 b	0.15 ± 0.01 b	0.83 ± 0.06 a	0.75 ± 0.01 a
	Merveille des marchés	0.10 ± 0.01 a	0.10 ± 0.01 a	0.10 ± 0.01 a	0.15 ± 0.06 a	0.15 ± 0.01 a

La teneur en Ca²⁺ des fruits de tomate est affectée significativement par l'effet traitement. Le magnésium lié aux chlorures au niveau du traitement corrigé T2c permet l'accumulation la plus élevée de calcium dans les fruits.

La teneur en Mg²⁺ des fruits est affectée significativement au niveau des deux variétés de tomate et c'est le traitement T1c qui manifeste le plus d'accumulation du Mg²⁺ par rapport au témoin et aux autres traitements. La teneur en magnésium des fruits, contrairement à celle de en calcium, est accrue quant le magnésium apporté est lié aux sulfates, ce qui confirme donc l'antagonisme existant entre les deux cations.

La teneur en K⁺ des fruits est affectée par l'effet traitement car l'analyse de la variance révèle un effet significatif des variétés et des traitements. A cet effet, on constate que le potassium est relativement faible par rapport aux autres cations, ce qui traduit dans ce cas, la faible mobilisation du potassium à partir des feuilles.

La teneur en Na⁺ diffère significativement entre les variétés et les traitements. Le sodium est surtout accumulé au niveau des fruits de la variété marmande et notamment pour les traitements T1 et T2.

Nos résultats sont similaires à ceux de BALIBREA et al. (1997) où ils montrèrent que l'élément Na⁺ est significativement accumulé au niveau des fruits et compense le déficit en K lorsque la salinité est élevée.

7.5.2. Paramètres morphologiques

7.5.2.1. Teneur en matière sèche des fruits

Les valeurs moyennes de la teneur en matière sèche des fruits sont présentées dans le tableau 7.18, et par la figure 26 (annexe A)

Tableau 7.18 : Teneur en matière sèche des fruits (%)

Traitements Variétés	Tm	T1c	T2c	T1	T2
Marmande	8.42 ± 0.34 a	9.58 ± 0.09 a	9.51 ± 0.13 a	5.87 ± 0.25 a	6.28 ± 0.29 a
Merveille des marchés	10.23 ± 0.34 a	11.23 ± 0.09 a	10.78 ± 0.13 a	7.25 ± 0.25 a	7.82 ± 0.29 a

L'analyse de la variance révèle une différence significative entre les variétés et les traitements. L'interaction entre les deux facteurs n'est pas significative (Tableau 4 en annexe E).

La teneur en matière sèche des fruits est plus élevée chez la variété merveille des marchés. Les traitements T1c et T2c augmentent le paramètre mesuré par rapport au témoin. Par contre, les traitements T1 et T2 présentent les teneurs les plus faibles. On note des baisses au niveau des traitements salins naturels par rapport aux traitements corrigés qui sont de 38.72 % (T1) et 33.96 % (T2) chez la variété marmande et de 35.44 % (T1) et 27.45 % (T2) chez la variété merveille des marchés

La source de magnésium ne montre pas d'effet significatif sur la teneur en matière sèche des fruits, néanmoins le magnésium lié aux chlorures semble atténuer légèrement le paramètre mesuré.

Les teneurs élevées en matière sèche des fruits au niveau des traitements salés corrigés T1c et T2c s'expliquent par une accumulation plus élevée des éléments minéraux et de matière solides solubles (sucre principalement), mais sont souvent accompagnée par une réduction de la taille des fruits. Les mêmes constatations sont faites par (SATTI et al., 1996; BALLIBREA et al., 1997 et PETERSEN et al., 1998).

7.5.2.2. Epaisseur du péricarpe

Les valeurs moyennes de l'épaisseur du péricarpe sont présentées dans le tableau 7.19, et illustrées par la figure 27 (annexe A)

Tableau 7.19 : Epaisseur du péricarpe (cm)

Traitements Variétés	Tm	T1c	T2c	T1	T2
Marmande	0.50 ± 0.01 a	0.50 ± 0.01 a	0.50 ± 0.03 a	0.52 ± 0.01 a	0.53 ± 0.02 a
Merveille des marchés	0.47 ± 0.01 a	0.37 ± 0.01 b	0.43 ± 0.03 a	0.33 ± 0.01 b	0.35 ± 0.02 b

L'analyse de la variance révèle une différence significative entre les variétés et les traitements, notamment au niveau de la variété merveille des marchés. L'interaction est significative entre les deux facteurs (Tableau 5 en annexe E).

La variété marmande montre l'épaisseur du péricarpe le plus élevé, mais l'effet traitement reste non significatif. Par contre, chez la variété merveille des marchés, l'épaisseur du péricarpe est réduite au niveau de la plupart des traitements salins par rapport au témoin, à l'exception du T2c.

La forme de magnésium lié aux chlorures semble augmenter surtout la couche cuticulaire des fruits, en raison du stress hydrique induit par ce traitement salin.

La plupart des éléments solubles et des minéraux accumulés dans les fruits sont concentrés au niveau du péricarpe (BALLIBREA et al., 1997). En conséquence, l'épaisseur du péricarpe reste un indicateur important de la teneur en matière sèche des fruits.

7.5.2.3. Nombre de loges des fruits

Les valeurs moyennes du nombre de loges des fruits sont présentées dans le tableau 7.20, et par la figure 28 (annexe)

Tableau 7.20 : Nombre de loges des fruits

Traitements Variétés	Tm	T1c	T2c	T1	T2
Marmande	6.89 ± 0.21 a	6.53 ± 0.28 a	6.24 ± 0.14 a	5.71 ± 0.46 a	6.45 ± 0.47 a
Merveille des marchés	4.66 ± 0.21 a	4.42 ± 0.28 a	4.38 ± 0.14 a	4.28 ± 0.46 a	4.17 ± 0.47 a

L'analyse de la variance révèle une différence significative seulement entre les variétés (Tableau 6 en annexe E) où le nombre de loges est plus élevé chez la marmande. Aussi, le magnésium lié aux sulfates semble légèrement augmenter ce paramètre mesuré au niveau des traitements corrigés. Ce paramètre peut aussi indiquer l'importance de la matière sèche au niveau des fruits.

7.6. Analyse de la teneur en cations des différents organes de la plante (Tige- feuille- racine)

Les teneurs en cations des différents organes de la plante sont présentés dans les tableaux (7.21, 7.22, 7.23 et 7.24), et par les figures (29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, et 36) (annexe A).

Tableau 7.21 : Teneur en K⁺ (% de MS) des Tiges, des feuilles et des racines

Organes	Traitements Variétés	Tm	T1c	T2c	T1	T2
K ⁺ Tiges	Marmande	2.67 ± 0.50 a	0.10 ± 0.03 b	0.10 ± 0.03 b	0.10 ± 0.03 b	0.10 ± 0.03 b
	Merveille des marchés	0.50 ± 0.50 a	0.50 ± 0.03 a	0.50 ± 0.03 a	0.10 ± 0.03 a	0.10 ± 0.03 a
K ⁺ Feuilles	Marmande	0.67 ± 0.09 a	0.50 ± 0.09 a	0.10 ± 0.06 b	0.10 ± 0.06 b	0.10 ± 0.06 b
	Merveille des marchés	1.33 ± 0.09 a	1.17 ± 0.09 a	0.25 ± 0.06 b	0.10 ± 0.06 b	0.10 ± 0.06 b
K ⁺ Racines	Marmande	1.17 ± 0.05 a	0.10 ± 0.05 b	0.10 ± 0.03 b	0.10 ± 0.03 b	0.10 ± 0.02 b
	Merveille des marchés	0.58 ± 0.05 a	0.58 ± 0.05 a	0.50 ± 0.03 a	0.10 ± 0.03 b	0.10 ± 0.02 b

La teneur en potassium dans les feuilles diminue chez les deux variétés dans la plupart des traitements salins comparés au témoin, à l'exception du T1c. Au niveau des tiges et des racines, l'ensemble des traitements salins comparés au témoin présentent une teneur en potassium faible, notamment chez la variété marmande.

La forme de magnésium lié aux sulfates maintient une teneur élevée en potassium au niveau des feuilles, et parfois au niveau des racines chez la variété merveille des marchés et, permet donc à la plante de mieux résister face à la salinité.

On constate aussi que l'accumulation de potassium au niveau des organes des deux variétés est plus élevée au niveau des tiges, suivie des racines, puis des feuilles.

Tableau 7.22 : Teneur en Na⁺ (% de MS) des Tiges, des feuilles et des racines

Organes	Traitements Variétés	Tm	T1c	T2c	T1	T2
Na ⁺ Tiges	Marmande	0.90 ± 0.04 a	0.93 ± 0.10 a	0.97 ± 0.03 a	0.47 ± 0.03 b	0.40 ± 0.03 b
	Merveille des marchés	0.30 ± 0.10 c	0.58 ± 0.04 b	0.60 ± 0.03 b	0.93 ± 0.03 a	1.00 ± 0.03 a
Na ⁺ Feuilles	Marmande	1.42 ± 0.19 a	1.70 ± 0.19 a	1.73 ± 0.11 a	1.00 ± 0.03 b	0.33 ± 0.10 c
	Merveille des marchés	0.63 ± 0.19 b	2.17 ± 0.19 a	1.88 ± 0.11 a	0.93 ± 0.03 b	0.93 ± 0.10 b
Na ⁺ Racines	Marmande	0.60 ± 0.08 b	0.93 ± 0.04 a	0.93 ± 0.14 a	0.40 ± 0.06 b	0.40 ± 0.01 b
	Merveille des marchés	0.20 ± 0.08 c	0.63 ± 0.04 b	1.33 ± 0.14 a	0.43 ± 0.06 b	0.47 ± 0.01 b

Quelque soit la variété, la teneur en sodium des feuilles augmente au niveau des traitements salés corrigés par rapport au témoin. Il semble que cette teneur suit une tendance opposée à celle du potassium dans les différents traitements salins. Il y a donc une compensation du potassium déficitaire par le sodium.

Le magnésium lié aux sulfates augmente la teneur en sodium des feuilles chez la variété merveille des marchés.

Au niveau des tiges, la teneur en sodium augmente avec l'ensemble des traitements salins chez la variété merveille des marchés. Cette constatation reste valable au niveau des traitements T1c et T2c chez la variété marmande.

La forme de magnésium lié aux chlorures augmente légèrement la teneur de sodium accumulée au niveau des tiges.

Au niveau racinaire, la teneur en sodium augmente dans les traitements salins corrigés par rapport au témoin, et plus particulièrement au niveau du T2c chez la variété merveille des marchés et où le magnésium apporté est lié aux chlorures. Le sodium ne s'accumule pas au niveau des racines de la tomate en condition de salinité; cependant, il semble l'être au niveau des feuilles et des tiges.

Tableau 7.23 : Teneur en Mg^{2+} (% de MS) des Tiges, des feuilles et des racines

Organes	Traitements Variétés	Tm	T1c	T2c	T1	T2
Mg^{2+} Tiges	Marmande	2.33 ± 0.28 ab	2.67 ± 0.12 a	2.67 ± 0.28 a	1.50 ± 0.36 b	1.83 ± 0.12 ab
	Merveille des marchés	1.67 ± 0.28 b	1.67 ± 0.12 b	2.00 ± 0.28 ab	2.17 ± 0.36 ab	2.83 ± 0.12 a
Mg^{2+} Feuilles	Marmande	5.17 ± 0.10 b	7.00 ± 0.23 a	5.00 ± 0.05 b	2.67 ± 0.15 c	5.67 ± 0.44 b
	Merveille des marchés	2.50 ± 0.23 b	5.00 ± 0.10 a	3.00 ± 0.05 b	3.35 ± 0.15 b	2.67 ± 0.44 b
Mg^{2+} Racines	Marmande	5.50 ± 0.22 a	2.33 ± 0.15 b	2.33 ± 0.08 b	2.00 ± 0.52 b	3.17 ± 0.28 ab
	Merveille des marchés	2.33 ± 0.22 a	1.67 ± 0.15 a	1.83 ± 0.08 a	1.83 ± 0.52 a	1.83 ± 0.28 a

La variété marmande accumule plus de magnésium dans les organes analysés que la variété merveille des marchés.

On constate chez les deux variétés, l'augmentation de la teneur en magnésium des feuilles au niveau des traitements corrigés. Cette accumulation dans les feuilles est nettement plus élevée lorsque le magnésium apporté est associé aux sulfates, car l'entrée du cation est dans ce cas plus rapide que celle de l'anion (MARTIN-PREVEL et al., 1984) et donc, le magnésium sera plus mobile dans la plante.

Au niveau des tiges, la teneur en magnésium augmente par rapport au témoin dans la plupart des traitements salins chez la variété merveille des marchés, et seulement dans les traitements corrigés chez la variété marmande.

Au niveau racinaire, la teneur en magnésium diminue pour la plupart des traitements salins, notamment chez la variété marmande.

La combinaison du magnésium apporté n'est pas significative au niveau des tiges et des racines, néanmoins chez la variété merveille des marchés, le magnésium se concentre légèrement plus dans ces organes lorsqu'il est lié aux chlorures, car sa mobilité à l'intérieur de la plante se trouve diminuée.

Toutefois, pour l'ensemble des traitements, le magnésium reste plus accumulé au niveau des feuilles, suivi des tiges puis des racines chez les deux variétés de tomate.

Tableau 7.24 : Teneur en Ca^{2+} (% de MS) des Tiges, des feuilles et des racines

Organes	Traitements Variétés	Tm	T1c	T2c	T1	T2
Ca^{2+} Tiges	Marmande	2.17 ± 0.08 c	4.83 ± 0.15 a	3.17 ± 0.10 b	4.67 ± 0.24 a	4.83 ± 0.15 a
	Merveille des marchés	2.50 ± 0.08 a	2.50 ± 0.15 a	2.33 ± 0.10 a	2.17 ± 0.24 a	2.50 ± 0.15 a
Ca^{2+} Feuilles	Marmande	6.33 ± 0.08 a	6.17 ± 0.35 a	7.17 ± 0.24 a	6.83 ± 0.21 a	3.00 ± 0.40 b
	Merveille des marchés	4.17 ± 0.08 b	3.67 ± 0.35 b	5.50 ± 0.24 a	6.17 ± 0.21 a	6.00 ± 0.40 a
Ca^{2+} Racines	Marmande	6.00 ± 0.21 b	6.33 ± 0.08 ab	7.17 ± 0.31 a	6.83 ± 0.08 ab	6.33 ± 0.10 ab
	Merveille des marchés	5.17 ± 0.21 b	6.17 ± 0.08 a	5.33 ± 0.31 b	5.17 ± 0.08 b	4.33 ± 0.10 c

Quelque soit la variété, la teneur en calcium des feuilles, des tiges, et des racines augmente pour la plupart des traitements salins comparés à celle du témoin. On note aussi que le magnésium lié aux chlorures a permis d'accumuler plus de calcium au niveau des feuilles que celui lié aux sulfates.

Cependant, le calcium reste plus accumulé au niveau des feuilles et des racines, qu'au niveau des tiges.

L'accumulation accrue de calcium au niveau des feuilles, tout comme d'ailleurs celle du magnésium et du sodium, permet selon COIC et al. (1962) d'assurer un certain équilibre anions- cations à l'absorption, puis permet à une forte proportion de la quantité restreinte de potassium absorbé en ces conditions salines de migrer sélectivement vers les parties les plus jeunes ou vers les fruits. Autrement dit, la forte quantité de potassium de la plante se concentre dans les fruits.

DISCUSSION GENERALE

Le présent travail a été réalisé dans le but d'évaluer le degré de résistance de deux variétés de tomate (marmande et merveille de marchés) en milieu salin face à l'effet toxique du magnésium lié tantôt aux sulfates et tantôt aux chlorures. Nous avons ainsi pu enregistrer au moyen de cette expérience les modifications apportées sur la qualité des fruits.

L'irrigation avec les eaux salines conduit à l'augmentation de la salinité dans le milieu racinaire. Le déséquilibre ionique accentue l'effet de la salinité au niveau des traitements salins naturels T1 et T2, ce qui limite la croissance des plantes de tomate, et réduit en conséquence, les consommations hydriques et minérales qui sont en relation avec l'évapotranspiration. Par contre, la concentration élevée de sels en solution corrigée et équilibrée favorise le développement végétatif des plantes de tomate, notamment avec la forme de magnésium lié aux sulfates qui stimule l'absorption hydrominérale.

L'application des traitements salés naturels T1 et T2 ont eut le même effet, à savoir le retard de la floraison et de la nouaison des deux variétés. Par contre, la correction de ces solution salines, à savoir T1c et T2c a permis en revanche un gain de précocité qui assure aux deux variétés étudiées de réaliser correctement leur cycle de développement et d'échapper à l'effet néfaste de la salinité. De plus, la production des fruits est protégée, car il est connu qu'une floraison retardée augmente le taux d'avortement des fleurs. Cet effet est plus marquant chez la variété merveille des marchés. Cependant, il n'y a pas d'effet significatif de la combinaison du magnésium sur ces paramètres de précocité.

Il a été observé que le déséquilibre ionique au niveau du T1 et notamment au niveau du T2 affecte négativement la croissance des deux variétés de tomate, plus particulièrement celle de la variété marmande, en réduisant la hauteur des plantes, le diamètre des tiges, la distance entre les bouquets floraux ainsi que le nombre de feuilles à cause des troubles physiologiques et en réponse à la toxicité des sels. La chute de la matière sèche observée au niveau des traitements naturels T1 et T2, est due essentiellement à la réduction de l'indice foliaire en raison de la chute des feuilles comme l'a indiqué LEVIGNERON et al. (1995).

A l'inverse, les autres traitements salins corrigés T1c et T2c manifestent une augmentation significative des paramètres de croissance précités, suivie par une production

de matière sèche plus importante au niveau de la partie aérienne, notamment chez la variété merveille des marchés. Aussi, il a été noté que la croissance des racines est faible, ce qui a entraîné une chute du rendement en fruits. Des observations similaires ont été faites par CHI HAN et al. (1995).

Il semble que la forme sulfate liée au magnésium est nettement meilleure pour la plupart de ces paramètres de croissance que la forme chlorure, à l'exception du diamètre des tiges qui y est resté inchangé. Les chlorures augmentent plus la pression osmotique et peuvent interférer surtout avec les nitrates, ce qui inhibe la croissance végétative. OHTA et al. (1990) ont constaté le même effet, mais avec le cas du potassium lorsqu'il se trouve lié aux sulfates ou aux chlorures.

L'analyse des principales composantes du rendement a montré que le déséquilibre ionique des traitements salins naturels réduit significativement le nombre et le poids moyen des fruits ainsi que leur calibre chez les deux variétés, et plus particulièrement chez la variété marmande. Les mêmes résultats sont rapportés BALIBREA et al. (1997).

La production en fruit a augmentée au niveau des traitements salins corrigées par rapport aux traitements salins naturels chez les deux variétés, mais reste assez faibles par rapport à celle du témoin. En effet, le nombre de fruits par plant est augmenté, mais pas leurs calibres. Ainsi le poids des fruits est resté faibles, en raison d'une concentration élevée en sels qui a stimulé la croissance végétative aérienne au détriment de la production en fruits, notamment avec le magnésium lié aux sulfates.

On peut aussi expliquer une production plus élevée des fruits observée lorsque le magnésium apporté est lié aux chlorures, ceci s'explique par une meilleure adaptation des plantes de tomate aux conditions salines dans le cas où leur développement végétatif ne soit pas important.

La composition chimique et les caractéristiques morphologiques des fruits sont remarquablement modifiées par les différents traitements chez les deux variétés de tomate. Les teneurs en matière sèche, en sucres totaux, en vitamine C et en acidité des fruits sont significativement augmentées au niveau des traitements salins corrigés T1c et T2c par rapport au témoin, à l'exception de l'épaisseur du péricarpe et du nombre de loges des fruits qui sont apparemment des caractéristiques beaucoup plus variétales que liés aux traitements. La teneur totale en cations des fruits est augmentée au niveau de la plupart des traitements salins, et notamment au niveau des traitements salés corrigés.

La forme de magnésium lié aux sulfates contribue aussi à une qualité supérieure des fruits en manifestant des fruits plus acides, plus riches en vitamine C et en magnésium, et même légèrement plus riche en matières sèches et ce comparativement à la forme de magnésium

liée aux chlorures. Une mauvaise alimentation hydrominérale des plantes de tomate au niveau des traitements salés naturels T1 et T2 s'est traduite par une qualité médiocre des fruits. La variété merveille des marchés manifeste des fruits ayant des caractéristiques plus performantes que celles de la variété marmande. A l'inverse, on constate alors une plus grande sensibilité de cette variété à l'effet de la salinité.

La répartition des cations dans les différents tissus de la plante est utilisée pour expliquer la tolérance des végétaux aux sels. Les variétés de tomates pouvant survivre à certains seuils de salinité ont une aptitude supérieure à accumuler certains ions toxiques comme le sodium dans leurs tissus foliaires (SATTI et al., 1994).

Selon les résultats obtenus, il apparaît que les deux variétés de tomate répondent globalement de manière similaire aux différents traitements.

Leur teneur en sodium augmente au niveau des traitements salins corrigés dans les différents organes analysés, mais les racines sont moins chargées de sodium que les parties aériennes. Le même résultat est souligné par SNOUSSI (2001). La forme de magnésium lié aux sulfates semble limiter l'accumulation du sodium au niveau des tiges et des racines, mais pas au niveau des feuilles.

Pour le magnésium, il en est de même que pour le sodium. Sa teneur est importante au niveau des feuilles et des tiges sous l'effet de la salinité, mais pas au niveau des racines, ce qui confirme sa forte mobilité à l'intérieur de la plante.

Quant à la teneur en potassium, elle diminue dans les différents organes analysés avec l'ensemble des traitements salins contrairement à celle du sodium, et son gradient de concentration se trouve inversé, car il est plus accumulé au niveau des tiges et des racines qu'au niveau des feuilles. La correction des eaux salines naturelles ne semble pas modifier grandement cette teneur en potassium.

Toutefois, on note que la quantité de potassium accumulée au niveau des feuilles est bien loin de la teneur critique trouvée par CHI HAN et al. (1991) qui est nécessaire pour une croissance normale des fruits (2.5 pour-cent de matière sèche), mais son rôle dans l'osmorégulation reste important.

La teneur en calcium des différents organes analysés est augmenté avec la plupart des traitements salins, notamment au niveau des feuilles.

Le magnésium lié aux sulfates semble augmenter les teneurs en potassium et en magnésium des feuilles, mais pas celle du calcium.

Ces résultats sont en accord avec ceux obtenus par MITCHELL et al. (1991) et SATTI et al. (1996) qui notent que l'augmentation de la teneur totale en cations des feuilles est sous l'effet de la salinité.

CONCLUSION

Le présent travail avait pour étude, le comportement deux variétés de tomate cultivées en milieu salé. L'évaluation à porté sur l'aspect croissance et développement, production et qualité des fruits et ce face à l'effet toxique du magnésium combiné à deux formes différentes (sulfates et chlorures). L'ensemble des résultats ont permis d'aboutir aux conclusions suivantes:

- Les traitements salins corrigés sont un avantage pour la culture de tomate de primeur, car ils sont plus précoces que les traitements salins naturels. De plus, la production en fruits est préservée des effets néfastes de la salinité, notamment au niveau de la variété marmande

- La correction des eaux salines naturelles améliore significativement la plupart des paramètres de croissance. Des augmentations sont enregistrées chez les deux variétés concernant la hauteur et le diamètre des tiges, ainsi que le nombre des feuilles produites. Mais la croissance des racines est limitée par l'augmentation de la CE au niveau des traitements corrigés comparée à celle des parties aériennes. La forme liée aux chlorures du magnésium apporté ralentie la croissance végétative des plantes comparée à la combinaison $MgSO_4$ apportée et ce, en raison de l'augmentation de la pression osmotique et de l'effet inhibiteur des chlorures. La variété merveille des marchés semble être plus sensible aux traitements salins que la variété marmande.

- L'équilibre nutritionnel dans les traitements salins corrigés a permis d'augmenter de manière significative le nombre de fruits par plante et à moindre mesure le poids moyen des fruits. Le rendement ainsi que le calibre des fruits sont restés faibles par rapport au témoin. La forme de magnésium lié aux chlorures a permis de mieux contrôler la croissance végétative aérienne des plantes de tomate au niveau des traitements salins corrigés, et a donné la meilleure production en fruits. La variété marmande se montre plus performante en milieu salé vis-à-vis du rendement et de ses composantes

- Les teneurs en matière sèche, en sucre totaux, en vitamine 'C', et en acidité des fruits sont significativement augmentés au niveau des traitements salés corrigés par rapport au témoin, en raison d'une accumulation accrue des ions au niveau des tissus et à une diminution de teneur en eau des fruits. Cet effet sur la qualité des fruits est plus marquant chez la variété merveille des marchés. Par contre, la qualité des fruits est très dépréciée au

niveau des milieux salins naturels, en raison d'une mauvaise alimentation hydrominérale. La forme de magnésium lié aux sulfates contribue aussi à une qualité supérieure des fruits chez les deux variétés de tomate en manifestant des fruits plus acides, plus riche en vitamine C et en magnésium, et même légèrement plus riche en matières sèches comparée à la forme $MgCl_2$.

- Ces deux variétés de tomate arrivent à reproduire en ces conditions de salinité grâce principalement au mécanisme d'ajustement osmotique. Ils adoptent aussi la même stratégie face à la contrainte saline en tolérant une accumulation plus élevée d'ions de Ca, de Mg, et de Na, principalement dans leurs tissus foliaires. La teneur en potassium, même assez faible, suffit à assurer les besoins de croissance. La forme de magnésium lié aux sulfates participe à une meilleure résistance de la tomate aux conditions salines du faite qu'elle maintient l'accumulation du potassium au niveau des feuilles, et favorise l'inclusion des ions en excès dans les feuilles, notamment le sodium et le magnésium.

Enfin, ces résultats seront d'un apport important pour participer à une meilleure conduite de la tomate dans les zones arides où la qualité des eaux fournie pour l'irrigation est défavorable. Cependant, des études à long terme doivent être entrepris afin de justifier le motif environnemental pour l'utilisation de ces eaux salines sans le risque d'accentuer le phénomène de salinisation.

REFERENCES

1. **Al-Rawahy S. A., Strehlein J. L. and Pessaraki M., 1992.** Dry-matter yield and nitrogen-15, Na⁺, Cl⁻, and K⁺ content of tomatoes under sodium chloride stress. *Journal of Plant Nutrition*, **15** (3), pp 341-358.
2. **Aspinall D. and Paleg L. G., 1981.** Proline accumulation: physiological aspects. In: Physiologie and Biochimistry of Drought Resistance in Plants. Eds. Paleg L. G. and Aspinall D., Academic Press (Ed), New York, 350 p.
3. **Balibrea M. E., Cayuela E., Artés F. and Pérez-Alfocea F., 1997.** Salinity effects on some postharvest quality factors in a commercial tomato hybrid. *Journal of Horticultural Science*, **72** (6) pp 885-892.
4. **Begg J. E. and Turner N. C., 1976.** Crop water deficit. *Advances in Agronomy*, **28**, pp 161-217.
5. **Ben Naceur M., Rahmoune C., Sdiri H., Meddahi M-L. et Selmi M., 2001.** Effet du stress salin sur la germination, la croissance et la production en graines de quelques variétés maghrébines de blé. *Sécheresse*, **12** (3), pp 167-174.
6. **Botia P., Carvajal M., Cerda A. and Martinez V., 1998.** Response of eight *Cucumis melo* cultivars to salinity during germination and early vegetative growth. *Agronomie*, **18**, pp 503-513.
7. **Boyer J. S., 1997.** Advances in drought tolerance in plants. *Advances in Agronomy*, **58**, pp 187-217.
8. **Brun R. et Montarone M., 1987 a.** pH du milieu et réaction de la plante- Différences spécifiques et variétales. In: Les cultures hors sol. Ed. Blanc D., INRA, Paris, 409 p.
9. **Brun R. et Montarone M., 1987 b.** Influence de la concentration saline de la solution nutritive sur la réaction de la plante. In: Les cultures hors sol. Ed. Blanc D., INRA, Paris, 409 p.
10. **Buret M. et Duprat F., 1987.** Etude de la qualité de la tomate. Approche méthodologique et influence des systèmes de cultures . In: Les cultures hors sol. Ed. Blanc D., INRA, Paris, 409 p.
11. **Callot G., Chamayou H., Maertens C., Salsac L., 1982.** Mieux comprendre Les interactions sol-racine: incidence sur la nutrition minérale. INRA (Ed), Paris, 325 p.

12. **Chapman D. H. et Pratt E. D., 1961.** Méthods of analysis for soil, plant and water. Div. Agric. Sci., University of California, Berkeley, CA, 56 p.
13. **Chaux C. Foury C., 1994.** Production légumière. Tome 3. Légumineuse potagère, légumes fruits. Lavoisier (Ed), Paris, 563 p.
14. **Coic Y., Lesaint C., et Piollat M-T., 1962.** Influence de la déficience en potassium et la déficience en eau sur la composition minérale de l'orge. *Ann. Physiol. Vég.*, **4** (3), pp 227 - 234.
15. **Cornillon P., 1977.** Effet de la température des racines sur l'absorption des éléments par la tomate. *Ann. Agron.*, **28** (4), pp 409-423.
16. **Cornillon P., 1992.** Magnésium et qualité des produits récoltés (tomate et melon). Magnésium et pathologie de la plante. In: Un point sur le magnésium en agriculture, Eds. Huget C. et coppent M., INRA (Ed), Paris, 270 p.
17. **Cramer G. R., Lauchli A. and Polito V. S., 1985.** Displacement of Ca by Na from plasmalemma of root cells. *Plant Physiol.*, **79**, pp 207-11.
18. **Cramer G. R., Epstein E. and Lauchli A., 1989.** Na-Ca interaction in barley seedlings: relationship to ion transport and growth. *Plant Cell Environ.*, **12**, pp 551-558.
19. **Dejou J., 1992.** Aperçu sur les minéraux et les roches contenant du magnésium. In: Un point sur le magnésium en agriculture, Eds. Huget C. et coppent M., INRA (Ed), Paris, 270 p.
20. **El-Iklil Y., Karrou M. and Benichou M., 2000.** Salt stress effect on epinasty in relation to ethylene production and water relation in tomato. *Agronomie*, **20**, pp 399-406.
21. **Faustino C. F. and Agtarap M. L., 1996.** Preliminary results on the amelioration of salt effects by nitrogen management in tomato. *Philippine-Journal-of-Crop-Science*, volume 21 (n° 1), 72 p.
22. **Jolivet E., 1992.** Rôle du magnésium dans la plante. In: Un point sur le magnésium en agriculture, Eds. Huget C. et coppent M., INRA (Ed), Paris, 270 p.
23. **Halitim A., 1988.** Sols des régions arides d'Algérie. Office des Publications Universitaires (Ed), Algérie, 378p.
24. **Han chi S., Shinohara Y. and Susuki Y., 1991.** Effect of concentration of nutrient solution on vegetative growth an yield of hydroponically grown tomato plants. *Environ. Control. In Biol.*, **29** (4), pp 185-192.

25. **Hassan A. A., Al-Afifi M. A., Matsuda K., Koto A. and Itani S., 1989.** Source of salinity tolerance in *Lycopersicon* species. *Bull. Fac. of Agric., Univ. of Cairo*, **40** (3), pp 605-622.
26. **Heller R., 1977.** Physiologie végétale 1- Nutrition. Ed. Masson, 4^{ème} édition, Paris, 273p .
27. **Katerji N., Bernard I. et Ferreira I., 1988.** Etude de quelques critères indicateurs de l'état hydrique de la tomate en région semi-aride. *Agronomie*, **8** (5), pp 425-433.
28. **Katerji N., 1995.** Réponse des cultures à la contrainte hydrique d'origine saline: approches empiriques et mécanistes. *C. R. Acad. Agri. Fr.*, **81** (2), pp 73-86.
29. **Katerji N., Van Hoorn J. W., Hamdy A. and Mastrorilli M., 1998.** Response of tomatoes, a crop of indeterminate growth, to soil salinity. *Agricultural Water Management*, **38**, pp 59-68.
30. **Khan A., Ungar I. A. and Showalter A. M., 2000.** Effect of salinity on growth, water relations and ion accumulation of the subtropical perennial halophyte, *Atriplex griffithii* var. *stocksii* . *Annals of Botany*, **85**, pp 225-232.
31. **Konning A. N. M. de, 2000.** The effect of temperature, fruit load and salinity on development rate of tomato fruit. *Acta-Hort.*, **519**, pp 85-93.
32. **Lambert J., 1975.** Analyse des sols et des végétaux. Manuel d'information et de travaux pratiques. INA d'El Harrach, 114 p.
33. **Lemaire F., Dartigues A., Rivière L.M. et Charpentier S., 1989.** Cultures en pots et en conteneurs: principes agronomiques et applications. Ed. INRA, 184 p.
34. **Lesaint C. et Coic Y., 1983.** Cultures hydroponiques. Ed. Flammarion- La maison rustique, Paris, 119 p.
35. **Letard M., Erard P. et Jeannequin B., 1995.** Maîtrise de l'irrigation fertilisante. Tomate Sous serre. Ed. *C.T.I.F.L.*, 224 p.
36. **Levigneron E., Lopez F., Vansuyt G., Berthomieu P., Fourcroy P. et Casse-Delbart F., 1995.** Les plantes face au stress salin. *Cahier Agricultures*, **4**, pp.263-273 .
37. **Mandel S., 1973.** Hydrology of aride zone. Hydrological principles. In: Ecological studies 5 Aride Zone Irrigation. Eds. Yaron B., Danfors E. and Vaadia Y., Springer Verlag (Ed), New York, 550 p.
38. **Mars S., Otto C. et Blanc D., 1987.** La qualité de la tomate. Influence de la nature du substrat et de la nutrition. In: Les cultures hors sol. Ed. Blanc D., INRA, Paris, 409 p.

39. **Martin-Prével P., Gagnard J., Gautier P., 1984.** Généralités. In: L'analyse végétale dans le contrôle de l'alimentation des plantes tempérés et tropicales. Eds. Martin-Prével P., Gagnard J., Gautier P., Lavoisier (Ed), Paris, 810 p.
40. **Martinez P. F., 1992.** Modified soil culture and hydroponic techniques in à méditerranéan climate. *Acta Horticulturae*, **323**, pp. 129-138.
41. **Meiri A. et Levy R., 1973.** Evaluation of salinity in soils and plants. In: Ecological studies 5 Aride Zone Irrigation. Eds. Yaron B., Danfors E. and Vaadia Y., Springer Verlag (Ed), New York, 550 p.
42. **Mitchell J.P., Shennan C., Grattan S. R., et May P. M., 1991.** Tomato fruit yields and quality under water deficit and salinity. *J. Amer. Soc. Hort. Sc.* **116** (2), pp 215 - 221.
43. **Monneveux P. et This D., 1997.** La génétique face au problème de la tolérance des plantes cultivées à la sécheresse: espoirs et difficultés. *Sécheresse*, **1** (8), pp 29-37.
44. **Morard P., 1984.** Tomate, concombre. In: L'analyse végétale dans le contrôle de l'alimentation des plantes tempérés et tropicales. Eds. Martin-Prével P., Gagnard J., Gautier P., Lavoisier (Ed), Paris, 810 p.
45. **Musard M., 1988.** Qualité de la tomate sous serre. Conduite de l'alimentation hydrominérale en culture sur substrat. *P.M.H., Revue Horticole*, **291**, pp 123-127.
46. **Niedziela C. E., Nelson P. V., Willits D. H. and Peet M. M., 1993.** Short-term salt-shock effects on tomato fruit quality, yield, and vegetative prediction of subsequent fruit quality. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, **118** (1), pp 12-16.
47. **Ohta K., Ito N., Hosoki T. and Sugi Y., 1990.** Influences of potassium chloride and potassium sulfate supplement on fruit quality, yield and plant. Growth of cherry tomato in solution culture. *Bull. Fac. Agr. Shimane Univ.*, **24**, pp 252-257.
48. **Penningsfeld P. et Kurzmun P., 1969.** Cultures sans sol ou hydroponiques et sur tourbe. Ed. La maison rustique, 219 p.
49. **Petersen K. K., Willumsen J. and Kaack K., 1998.** *Journal of Horticultural Science & Biotechnology*, **73** (2), pp 205-215.
50. **Pitman M. G., 1981.** Ion uptake. In: The physiology and biochemistry of drought resistance in plants. Eds. Paleg L. G., Aspinall D. Academic Press (Ed), New York, 350 p.

- 51. Pivot D., Reist A., Gillioz J-M. et Ryser J-P., 1996.** Qualité de l'eau d'irrigation, environnement climatique et nutrition de la tomate cultivée sur substrat en solution recyclée. *Revue Suisse Vitic., Arboric., Hortic.*, **28** (6), pp 399-405.
- 52. Rodriguez P., Dell'Amico J., Morales D., Blanco M. G. B. and Alarcon J. J., 1997.** Effect of salinity on growth, shoot water relation and root hydraulic conductivity in tomato plants. *Journal Agricultural Science, Cambridge*, **128**, pp 439-444.
- 53. Satti S. M. E., Lopez M. and Al-Said A., 1994.** Salinity induced changes in vegetative and reproductive growth in tomato. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, **25** (5 et 6), pp 501-510.
- 54. Satti S. M. E., Al-Yhyai R. A. and Al-Said F., 1996.** Fruit quality and partitioning of mineral elements in processing tomato response to saline nutrients. *Journal of Plant Nutrition*, **19**(5), pp 705-715.
- 55. Schwarz M., 1985.** The use of saline water in hydroponics. *Soiless Culture*, **1** (1), pp 26-34.
- 56. Shimshi D., 1973.** Irrigation of vegetable crops. In: Ecological studies 5 Aride Zone Irrigation. Ed. Yaron B., Danfors E. and Vaadia Y., Springer Verlag (Eds), New York, 550 p.
- 57. Slama F., 1987.** Recherches sur les causes de l'exclusion du sodium des feuilles des plantes sensibles à NaCl. *Agronomie*, **7** (7), pp 517-522.
- 58. Snoussi S., 1984.** Effet de variation des concentrations d'azote et de potassium d'une solution nutritive de base sur la tomate cultivée en système hydroponique. Thèse de Magister, INA Alger, 115 p.
- 59. Snoussi S., 2001.** Valorisation des eaux salines pour la nutrition minérale des plantes cultivées. Thèse de Doctorat, INA Alger, 152 p.
- 60. Soliman S. S. and Doss M., 1992.** Salinity and mineral nutrition effects on growth and accumulation of organic and inorganic ions in to cultivated tomato varieties. *Journal of Plant Nutrition*, **15** (2), pp 2789-2799.
- 61. Tanislav.1972.** Etude de quelque caractéristiques de différentes variétés de néflier du Japon (*Eriobotrya japonica L*) cultivée à la station horticole de l'INA Thèse d'ingénieur, INA Alger, 90 p.
- 62. Turner N., 1997.** Further progress in crop. Water relations. *Advances in Agronomy*, **58**, pp 293-338.

- 63. Urban L., 1997.** Introduction à la production sous serre. Ed. Maison rustique, Paris, 180 p.
- 64. Van Hoorn J. W., 1995.** Développement de la salinité du sol dans la zone racinaire. *C. R. Acad. Agri. Fr.*, **81** (2), pp 61-72.
- 65. Wincov I., 1998.** New molecular approaches to improving salt tolerance in crop plants. *Annals of Botany*, **82**, pp 703-710.
- 66. Winsor G. W., 1968.** The nutrition of glasshouse and other horticultural crops. *Proc. Fertil. Soc.*, 103 p.
- 67. Yaron B., 1973.** Water suitability for irrigation. In: Ecological studies 5 Aride Zone Irrigation. Eds. Yaron B., Danfors E. and Vaadia Y., Springer Verlag (Ed), New York, 550 p.
- 68. Zekki H., Gauthier L. and Gosselin A., 1996.** Growth, productivity, and mineral composition of hydroponically cultivated greenhouse tomatoes with or without nutrient recycling. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, **121** (6), pp 1082-1088.
- 69. Anonyme, 2003.** Statistiques agricoles: superficies et productions. Série B. Direction des Statistiques et des Systèmes d'Informations. Sous Direction des Statistiques Agricoles. Ministère de l'agriculture (Janvier 2003), 59 p.

ANNEXE B
TABLEAUX D'ANALYSE DE LA VARIANCE (PARAMETRES DE PRECOCITE)

Tableau 01. Durée de la phase semis - début floraison

Source de variation	S.C.E	DDL	Carrés moyens	TEST F	Proba.	E .T.	C.V (%)
Tot. S- bloc 1	3269.37	5	653.87				
Variétés	3100.83	1	3100.83	732.51	0.0008		
Blocs	160.07	2	80.03	18.91	0.0493		
Résiduelle 1	0.84	2	4.23			2.06	2.7
Tot. S- bloc 2	2697.87	14	192.70				
Traitements	2493.53	4	623.38	112.66	0.0000		
Blocs	160.07	2	80.03	14.46	0.0024		
Résiduelle 2	44.27	8	5.53			2.35	3.1
Totale	5987.37	29	206.46				
Interaction Var x Trait	166.33	4	41.5	23.99	0.0003		
Résiduelle 3	13.87	8	1.73			1.32	1.7

Tableau 02. Durée de la phase semis - pleine floraison

Source de variation	S.C.E	DDL	Carrés moyens	TEST F	Proba.	E .T.	C.V (%)
Tot. S- bloc 1	2862.80	5	572.56				
Variétés	2688.53	1	2688.53	279.08	0.0022		
Blocs	155.00	2	77.50	8.04	0.1113		
Résiduelle 1	19.27	2	9.63			3.1	3.7
Tot. S- bloc 2	3226.20	14	320.44				
Traitements	3016.20	4	754.05	109.68	0.0000		
Blocs	155.00	2	77.50	11.27	0.0050		
Résiduelle 2	5.00	8	6.88			2.62	3.1
Totale	6391.20	29	220.39				
Interaction Var x Trait	430.47	4	107.62	32.20	0.0001		
Résiduelle 3	26.73	8	3.34			1.83	2.2

Tableau 03. Durée de la phase semis - début nouaison

Source de variation	S.C.E	DDL	Carrés moyens	TEST F	Proba.	E .T.	C.V (%)
Tot. S- bloc 1	3364.67	5	672.93				
Variétés	3121.20	1	3121.20	335.62	0.0018		
Blocs	224.87	2	112.43	12.09	0.00764		
Résiduelle 1	18.60	2	9.30			3.05	3.6
Tot. S- bloc 2	3041.87	14	271.28				
Traitements	2763.87	4	690.97	104.04	0.0015		
Blocs	224.87	2	112.43	16.93	0.0015		
Résiduelle 2	53.13	8	6.64			2.58	3.1
Totale	6471.87	29	223.17				
Interaction Var x Trait	270.13	4	67.53	26.92	0.0002		
Résiduelle 3	20.07	8	2.51			1.58	1.9

Tableau 04. Durée de la phase semis - pleine nouaison

Source de variation	S.C.E	DDL	Carrés moyens	TEST F	Proba.	E .T.	C.V (%)
Tot. S- bloc 1	3841.37	5	768.27				
Variétés	3564.30	1	3564.30	256.42	0.0024		
Blocs	249.27	2	124.63	8.97	0.1009		
Résiduelle 1	27.80	2	13.90			3.73	4.1
Tot. S- bloc 2	3745.47	14	267.53				
Traitements	3421.13	4	855.28	91.15	0.0000		
Blocs	249.27	2	124.63	13.28	0.0031		
Résiduelle 2	75.07	8	9.38			3.06	3.4
Totale	7804.97	29	269.14				
Interaction Var x Trait	447.53	4	111.58	45.06	0.0000		
Résiduelle 3	19.87	8	2.48			1.58	1.8

ANNEXE C
TABLEAUX D'ANALYSE DE LA VARIANCE (PARAMETRES DE CROISSANCE)

Tableau 01. Hauteur finale des plantes

Source de variation	S.C.E	DDL	Carrés moyens	TEST F	Proba.	E .T.	C.V (%)
Tot. S- bloc 1	456.52	5	91.30				
Variétés	425.86	1	425.86	152.49	0.0044		
Blocs	25.07	2	12.54	4.49	0.1830		
Résiduelle 1	5.59	2	2.79			1.67	3.0
Tot. S- bloc 2	1373.08	14	98.08				
Traitements	1284.02	4	321.00	40.13	0.0001		
Blocs	25.07	2	12.54	1.57	0.2664		
Résiduelle 2	63.99	8	8.00			2.83	5.0
Totale	2240.90	29	77.27				
Interaction Var x Trait	420.71	4	105.18	53.68	0.0000		
Résiduelle 3	15.67	8	1.96			1.40	2.50

Tableau 02. Diamètre des tiges

Source de variation	S.C.E	DDL	Carrés Moyens	TEST F	Proba.	E .T.	C.V (%)
Tot. S- bloc 1	0.10	5	0.02				
Variétés	0.07	1	0.07	219.04	0.0029		
Blocs	0.02	2	0.01	35.32	0.025		
Résiduelle 1	0.00	2	0.00			0.02	2.0
Tot. S- bloc 2	0.95	14	0.07				
Traitements	0.90	4	0.23	72.31	0.0000		
Blocs	0.02	2	0.01	3.77	0.697		
Résiduelle 2	0.02	8	0.00			0.06	6.3
Totale	1.03	29	0.04				
Interaction Var x Trait	0.00	4	0.00	0.82	0.5476		
Résiduelle 3	0.00	8	0.00			0.02	2.6

Tableau 03. Distance collet- 1^{er} bouquet floral

Source de variation	S.C.E	DDL	Carrés Moyens	TEST F	Proba.	E .T.	C.V (%)
Tot. S- bloc 1	739.58	5	147.92				
Variétés	680.49	1	680.49	470.08	0.0013		
Blocs	56.20	2	28.10	19.41	0.0480		
Résiduelle 1	2.90	2	1.45			1.20	3.20
Tot. S- bloc 2	372.16	14	26.58				
Traitements	290.13	4	72.53	22.46	0.0003		

Blocs	56.20	2	28.10	8.70	0.0101		
Résiduelle 2	25.83	8	3.23			1.80	4.70
Totale	1138.51	29	39.26				
Interaction Var x Trait	53.76	4	13.44	3.68	0.0553		
Résiduelle 3	29.20	8	3.65			1.91	5.0

Tableau 04. Distance 1^{er} bouquet floral - 2^{ème} bouquet floral

Source de variation	S.C.E	DDL	Carrés Moyens	TEST F	Proba.	E .T.	C.V (%)
Tot. S- bloc 1	160.10	5	32.02				
Variétés	153.36	1	153.36	169.05	0.0039		
Blocs	4.932	2	2.46	2.71	0.2694		
Résiduelle 1	1.81	2	0.91			0.95	5.0
Tot. S- bloc 2	167.72	14	11.98				
Traitements	147.75	4	36.94	19.65	0.0005		
Blocs	4.93	2	2.46	1.31	0.3227		
Résiduelle 2	15.04	8	1.88			1.37	7.2
Totale	413.39	29	14.25				
Interaction Var x Trait	76.29	4	19.07	10.74	0.0030		
Résiduelle 3	14.21	8	1.78			1.33	7.0

Tableau 05. Nombre de feuilles par plante

Source de variation	S.C.E	DDL	Carrés Moyens	TEST F	Proba.	E .T.	C.V (%)
Tot. S- bloc 1	25.89	5	5.18				
Variétés	25.47	1	27.47	124.45	0.0055		
Blocs	0.01	2	0.01	0.03	0.9718		
Résiduelle 1	0.41	2	0.20			0.45	3.3
Tot. S- bloc 2	45.14	14	3.22				
Traitements	35.35	4	8.84	7.23	0.0096		
Blocs	0.01	2	0.01	0.01	0.9900		
Résiduelle 2	9.78	8	1.22			1.11	8.1
Totale	100.16	29	3.45				
Interaction Var x Trait	17.16	4	4.29	2.86	0.0558		
Résiduelle 3	11.99	8	1.50			1.22	9.0

Tableau 06. Poids frais des (feuilles + tiges)

Source de variation	S.C.E	DDL	Carrés Moyens	TEST F	Proba.	E .T.	C.V (%)
Tot. S- bloc 1	51127.78	5	10225.56				
Variétés	50798.06	1	50798.06	1297.83	0.0005		
Blocs	251.44	2	125.72	3.21	0.2379		
Résiduelle 1	78.28	2	39.14			6.26	3.4
Tot. S- bloc 2	487998.66	14	3485.05				
Traitements	485567.56	4	121391.89	445.55	0.0000		
Blocs	251.44	2	125.72	0.46	0.6499		
Résiduelle 2	2179.66	8	272.46			16.51	9.0
Totale	563450.50	29	19429.33				
Interaction Var x Trait	23268.81	4	5817.20	35.61	0.0001		
Résiduelle 3	1306.69	8	163.34			12.78	7.0

Tableau 07. Poids sec des (feuilles + tiges)

Source de variation	S.C.E	DDL	Carrés Moyens	TEST F	Proba.	E .T.	C.V (%)
Tot. S- bloc 1	1439.22	5	287.84				
Variétés	1425.27	1	1425.27	425.25	0.0014		
Blocs	7.25	2	3.62	1.08	0.4804		
Résiduelle 1	6.70	2	3.35			1.83	6.8
Tot. S- bloc 2	9431.63	14	673.69				
Traitements	9308.00	4	2327.00	159.95	0.0000		
Blocs	7.25	2	3.62	0.25	0.7871		
Résiduelle 2	116.39	8	14.55			3.81	14.2
Totale	11506.46	29	396.77				
Interaction Var x Trait	634.75	4	158.69	156.51	0.0000		
Résiduelle 3	8.11	8	1.01			1.01	3.8

Tableau 08. Poids frais des racines

Source de variation	S.C.E	DDL	Carrés Moyens	TEST F	Proba.	E .T.	C.V (%)
Tot. S- bloc 1	3507.19	5	701.44				
Variétés	3468.60	1	3468.60	701.44			
Blocs	15.60	2	7.80	0.68	0.5960		
Résiduelle 1	22.99	2	11.50			3.39	8.8
Tot. S- bloc 2	12832.96	14	916.64				
Traitements	12763.57	4	3190.869	474.52	0.0000		
Blocs	15.60	2	7.80	1.16	0.3624		
Résiduelle 2	53.80	8	6.72			2.59	6.7
Totale	18284.10	29	630.49				
Interaction Var x Trait	1823.97	4	455.99	26.90	0.0002		
Résiduelle 3	153.59	8	16.95			4.12	10.7

Tableau 09. Poids sec des racines

Source de variation	S.C.E	DDL	Carrés Moyens	TEST F	Proba.	E .T.	C.V (%)
Tot. S- bloc 1	36.68	5	7.34				
Variétés	36.23	1	36.23	190.98	0.0034		
Blocs	0.07	2	0.03	0.17	0.8509		
Résiduelle 1	0.38	2	0.19			0.44	6.8
Tot. S- bloc 2	313.81	14	22.41				
Traitements	299.00	4	74.75	40.56	0.0001		
Blocs	0.07	2	0.03	0.02	0.9833		
Résiduelle 2	14.74	8	1.84			1.36	21.3
Totale	394.84	29	13.62				
Interaction Var x Trait	28.38	4	7.09	3.54	0.0507		
Résiduelle 3	16.05	8	2.01			1.42	22.30

ANNEXE D
TABLEAUX D'ANALYSE DE LA VARIANCE (PARAMETRES DE PRODUCTION)

Tableau 01. Nombre de fleurs par plante

Source de variation	S.C.E	DDL	Carrés moyens	TEST F	Proba.	E .T.	C.V (%)
Tot. S- bloc 1	121.00	5	24.20				
Variétés	111.13	1	111.13	177.46	0.0037		
Blocs	8.62	2	4.31	6.88	0.1277		
Résiduelle 1	1.25	2	0.63			0.79	6.4
Tot. S- bloc 2	757.16	14	54.08				
Traitements	742.69	4	185.67	245.04	0.0000		
Blocs	8.62	2	4.31	5.90	0.0267		
Résiduelle 2	5.85	8	0.73			0.85	6.9
Totale	1046.02	29	36.07				
Interaction Var x Trait	162.71	4	40.68	23.63	0.0003		
Résiduelle 3	13.77	8	1.72			1.31	10.5

Tableau 02. Nombre de fruits par plante

Source de variation	S.C.E	DDL	Carrés moyens	TEST F	Proba.	E .T.	C.V (%)
Tot. S- bloc 1	87.32	5	17.46				
Variétés	79.51	1	79.51	114.69	0.0061		
Blocs	6.43	2	3.21	4.63	0.1784		
Résiduelle 1	1.39	2	0.69			0.83	9.3
Tot. S- bloc 2	1255.33	14	89.67				
Traitements	1238.19	4	309.55	231.10	0.0000		
Blocs	6.43	2	3.21	2.40	0.1519		
Résiduelle 2	10.72	8	1.34			1.16	12.9
Totale	1393.39	29	48.05				
Interaction Var x Trait	40.76	4	10.19	4.97	0.0265		
Résiduelle 3	16.40	8	2.05			1.43	16.0

Tableau 03. Taux d'avortement des fleurs

Source de variation	S.C.E	DDL	Carrés moyens	TEST F	Proba.	E .T.	C.V (%)
Tot. S- bloc 1	240.90	5	48.18				
Variétés	0.66	1	0.66	0.01	0.9426		
Blocs	30.60	2	15.30	0.15	0.8717		
Résiduelle 1	209.64	2	104.82			10.24	25.5
Tot. S- bloc 2	34721.68	14	2480.12				
Traitements	34594.84	4	8648.71	718.88	0.0000		

Blocs	30.60	2	15.30	1.27	0.3323		
Résiduelle 2	96.25	8	12.03			3.47	8.6
Totale	36604.96	29	1262.24				
Interaction Var x Trait	1221.71	4	305.43	5.41	0.0212		
Résiduelle 3	451.26	8	56.41			7.51	18.7

Tableau 04. Poids total des fruits par plants

Source de variation	S.C.E	DDL	Carrés moyens	TEST F	Proba.	E .T.	C.V (%)
Tot. S- bloc 1	580314.75	5	116062.95				
Variétés	570109.75	1	570109.75	117.54	0.0059		
Blocs	504.25	2	252.13	0.05	0.9516		
Résiduelle 1	9700.75	2	4850.38			69.64	17.6
Tot. S- bloc 2	2752434.20	14	196602.45				
Traitements	2749244.00	4	687311.00	2047.09	0.0000		
Blocs	504.25	2	252.13	0.75	0.5057		
Résiduelle 2	2686.00	8	335.75			18.32	4.6
Totale	3691319.50	29	127286.88				
Interaction Var x Trait	320852.25	4	80213.06	16.79	0.0008		
Résiduelle 3	38222.50	8	4777.81			69.12	17.5

Tableau 05. Poids moyen des fruits par plante

Source de variation	S.C.E	DDL	Carrés moyens	TEST F	Proba.	E .T.	C.V (%)
Tot. S- bloc 1	1512.18	5	302.14				
Variétés	1130.13	1	1130.13	20.97	0.0417		
Blocs	274.29	2	137.14	2.55	0.2822		
Résiduelle 1	107.76	2	53.88			7.34	18.50
Tot. S- bloc 2	2230.84	14	159.35				
Traitements	1705.53	4	426.38	13.59	0.0015		
Blocs	274.29	2	137.14	4.37	0.0518		
Résiduelle 2	251.02	8	31.38			5.60	14.1
Totale	3996.58	29	137.81				
Interaction Var x Trait	297.87	4	74.47	2.59	0.0171		
Résiduelle 3	229.97	8	2.8.75			5.36	13.50

ANNEXE E
TABLEAUX D'ANALYSE DE LA VARIANCE (PARAMETRES DE QUALITE)

Tableau 01. Acidité titrable des fruits

Source de variation	S.C.E	DDL	Carrés moyens	TEST F	Proba.	E .T.	C.V (%)
Tot. S- bloc 1	0.03	5	0.01				
Variétés	0.01	1	0.01	2.39	0.2629		
Blocs	0.02	2	0.01	3.36	0.2301		
Résiduelle 1	0.00	2	0.00			0.05	12.3
Tot. S- bloc 2	0.61	14	0.04				
Traitements	0.57	4	0.14	56.37	0.0000		
Blocs	0.02	2	0.01	3.10	0.1001		
Résiduelle 2	0.02	8	0.00			0.05	9.60
Totale	0.74	29	0.03				
Interaction Var x Trait	0.11	4	0.03	19.37	0.0005		
Résiduelle 3	0.01	8	0.00			0.04	9.6

Tableau 02. Teneur en sucre totaux des fruits

Source de variation	S.C.E	DDL	Carrés moyens	TEST F	Proba.	E .T.	C.V (%)
Tot. S- bloc 1	45.48	5	9.10				
Variétés	40.81	1	40.81	373.17	0.0016		
Blocs	4.45	2	2.22	20.34	0.0458		
Résiduelle 1	0.22	2	0.11			033	24.6
Tot. S- bloc 2	78.54	14	5.61				
Traitements	61.11	4	15.28	9.42	0.0044		
Blocs	4.45	2	2.22	1.37	0.3081		
Résiduelle 2	12.98	8	1.62			1.27	24.6
Totale	136.67	29	4.71				
Interaction Var x Trait	7.05	4	1.76	1.40	0.3157		
Résiduelle 3	10.05	8	1.26			1.12	21.6

Tableau 03. Teneur en vitamine C des fruits

Source de variation	S.C.E	DDL	Carrés Moyens	TEST F	Proba.	E .T.	C.V (%)
Tot. S- bloc 1	14.19	5	2.84				
Variétés	7.31	1	7.31	3.20	0.2163		
Blocs	2.31	2	1.15	0.51	0.6645		
Résiduelle 1	4.57	2	2.28			1.51	11.0

Tot. S- bloc 2	605.04	14	13.22				
Traitements	583.83	4	145.96	61.79	0.0000		
Blocs	2.31	2	1.15	0.49	0.6347		
Résiduelle 2	18.90	8	2.36			1.54	11.2
Totale	719.30	29	24.80				
Interaction Var x Trait	89.21	4	22.30	13.54	0.0015		
Résiduelle 3	13.18	8	1.65			1.28	9.3

Tableau 04. Teneur en matière sèche des fruits

Source de variation	S.C.E	DDL	Carrés Moyens	TEST F	Proba.	E .T.	C.V (%)
Tot. S- bloc 1	18.30	5	3.66				
Variétés	17.59	1	17.59	779.84	0.0008		
Blocs	0.67	2	0.34	14.87	0.0626		
Résiduelle 1	0.05	2	0.02			0.15	1.7
Tot. S- bloc 2	78.72	14	5.62				
Traitements	76.07	4	19.02	77.03	0.0000		
Blocs	0.67	2	0.34	1.36	0.3111		
Résiduelle 2	1.98	8	0.25			0.50	5.7
Totale	97.77	29	3.37				
Interaction Var x Trait	0.27	4	0.07	0.47	0.7583		
Résiduelle 3	1.15	8	0.14			0.38	4.4

Tableau 05. Epaisseur du péricarpe des fruits

Source de variation	S.C.E	DDL	Carrés moyens	TEST F	Proba.	E .T.	C.V (%)
Tot. S- bloc 1	0.11	5	0.02				
Variétés	0.11	1	0.11	127.34	0.0054		
Blocs	0.00	2	0.00	0.80	0.5548		
Résiduelle 1	0.00	2	0.00				
Tot. S- bloc 2	0.02	14	0.00				
Traitements	0.01	4	0.00	4.69	0.0308		
Blocs	0.00	2	0.00	0.86	0.4630		
Résiduelle 2	0.01	8	0.00			0.03	6.2
Totale	0.16	29	0.01				
Interaction Var x Trait	0.03	4	0.01	7.83	0.0076		
Résiduelle 3	0.01	8	0.00			0.03	6.4

Tableau 06. Nombre de loges des fruits

Source de variation	S.C.E	DDL	Carrés moyens	TEST F	Proba.	E .T.	C.V (%)
Tot. S- bloc 1	29.75	5	5.95				
Variétés	29.54	1	29.54	668.81	0.0009		
Blocs	0.12	2	0.06	11.35	0.4261		
Résiduelle 1	0.09	2	0.04			0.21	3.9
Tot. S- bloc 2	7.60	14	0.54				
Traitements	1.95	4	0.49	0.71	0.6104		
Blocs	0.12	2	0.06	0.09	0.9178		
Résiduelle 2	5.52	8	0.69			0.83	15.5
Totale	40.25	29	1.39				

Interaction Var x Trait	0.73	4	0.18	0.64	0.6510		
Résiduelle 3	2.29	8	0.29			0.54	10.0

ANNEXE F IMAGES PHOTOGRAPHIQUES



Photo 1 : prise de vue générale du dispositif expérimental





Photo 2 : Prise de vue générale des différents traitements salins au 31/03/02 chez la variété Marmande





Photo 3 : Prise de vue générale des différents traitements salins
au 31/03/02 chez la variété Merveille des marchés



Photo 4 : Prise de vue générale des différents traitements salins
au 25/04/02 chez la variété Marmande

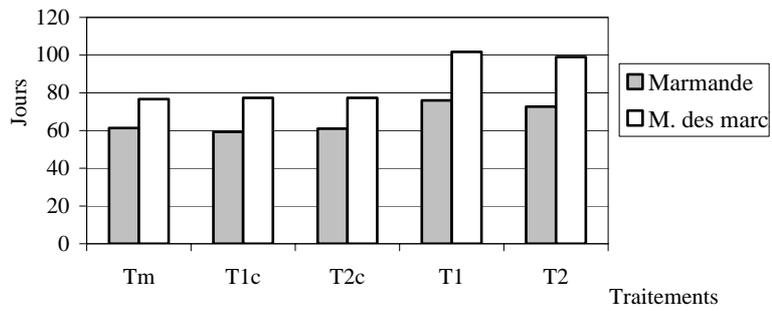


Photo 5: Prise de vue générale des différents traitements salins au 25/04/02 chez la variété Merveille des marchés.

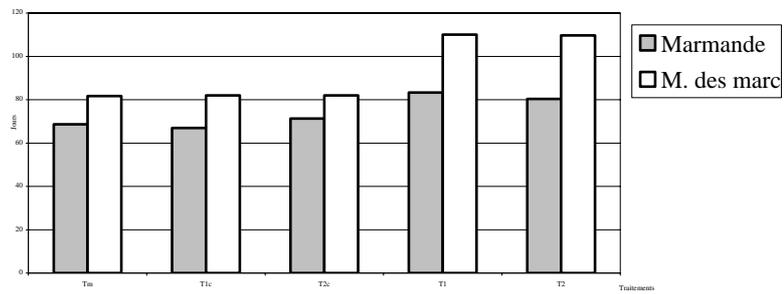


Photo 6: Prise de vue générale des différents traitements salins au 24/05/02 chez la variété Merveille des marchés

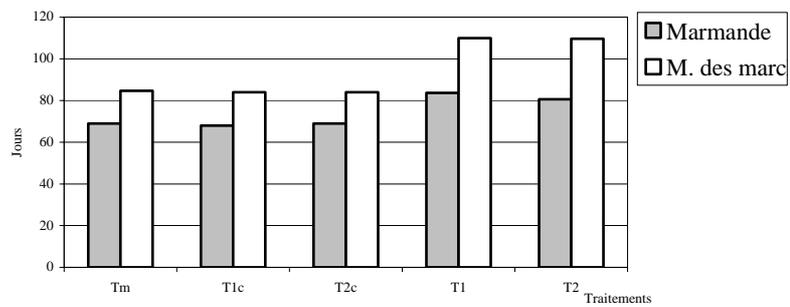
ANNEXE A LES GRAPHIQUES



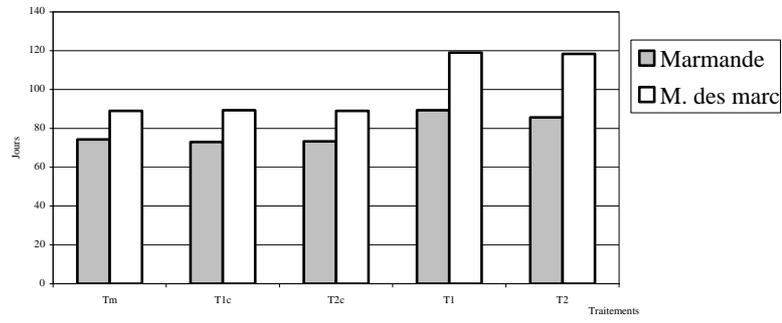
Figure



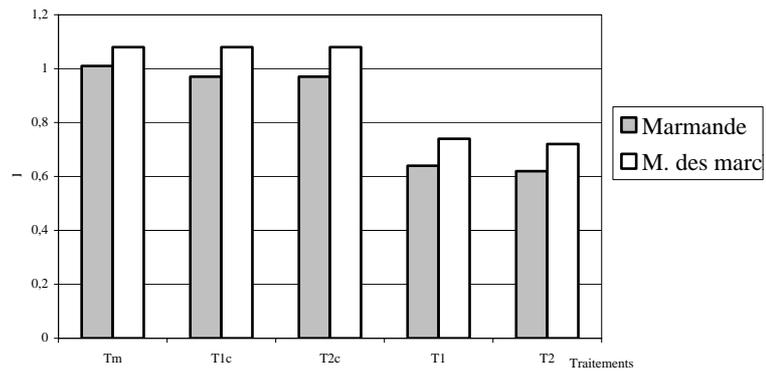
Figure



Figure



Figure



Figure

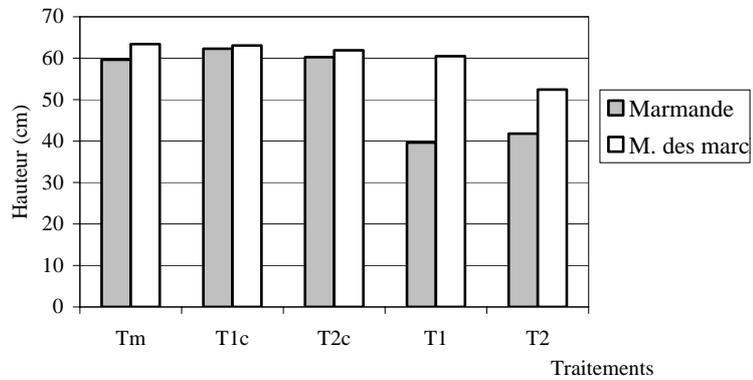


Figure finale des plantes

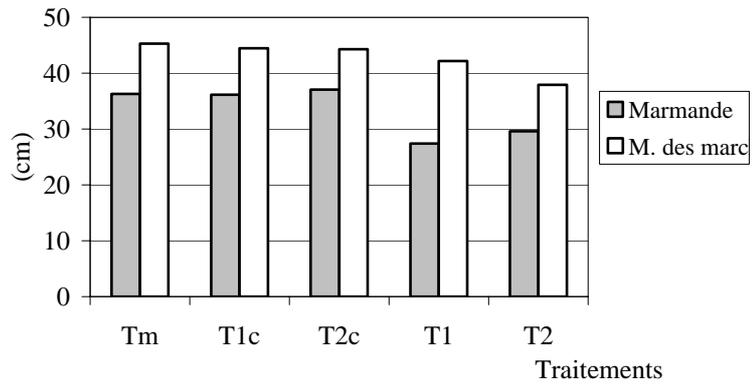
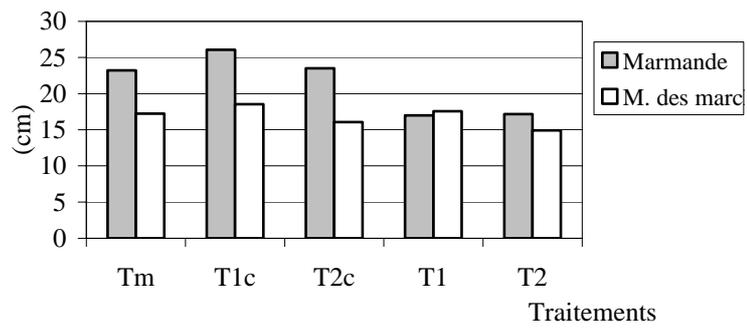


Figure de distance entre plants



Figure

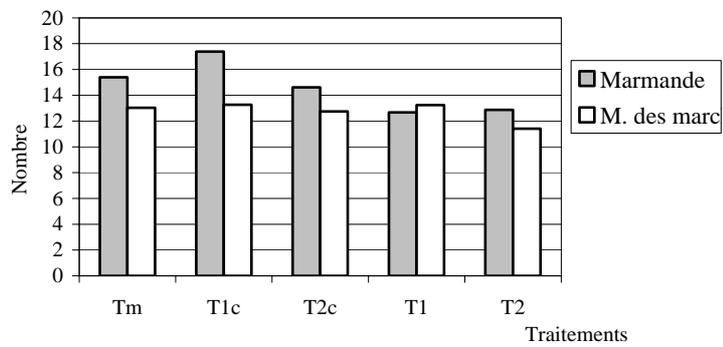


Figure de feuilles par plante

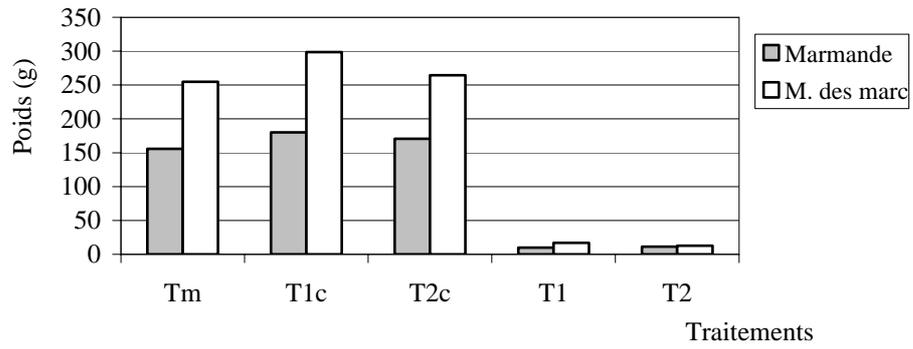


Figure 10: Poids frais moyen des feuilles

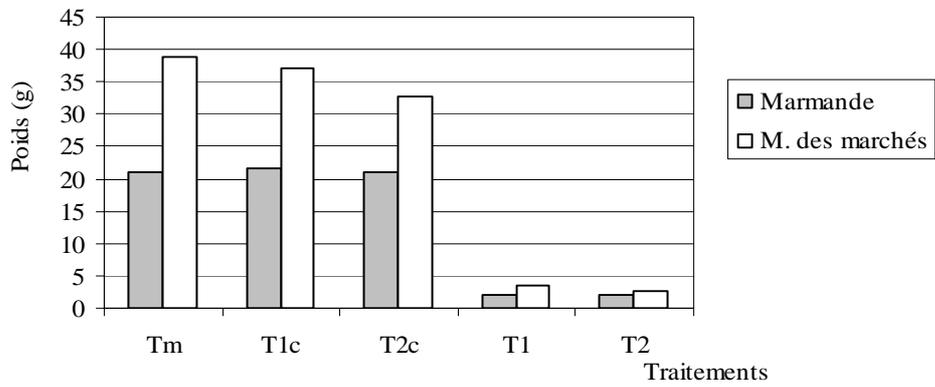


Figure 11: Poids sec moyen des feuilles

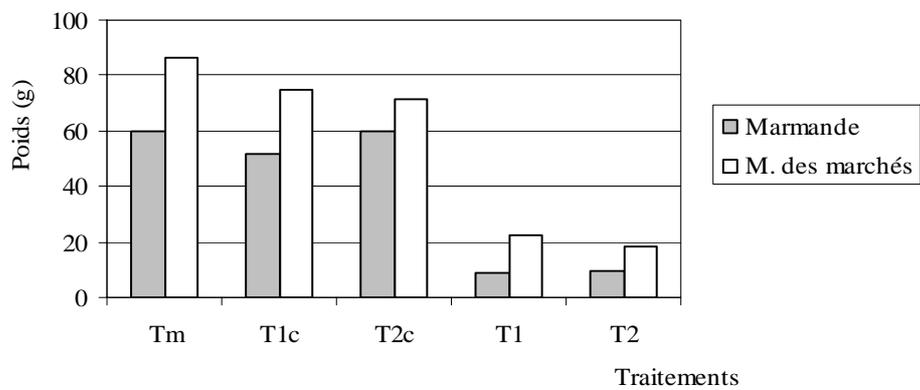


Figure 12: Poids frais moyen des tiges

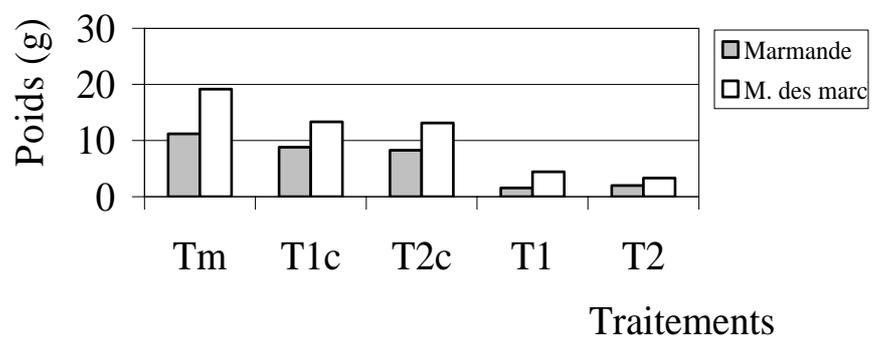


Figure 13: Poids sec moyen des tiges

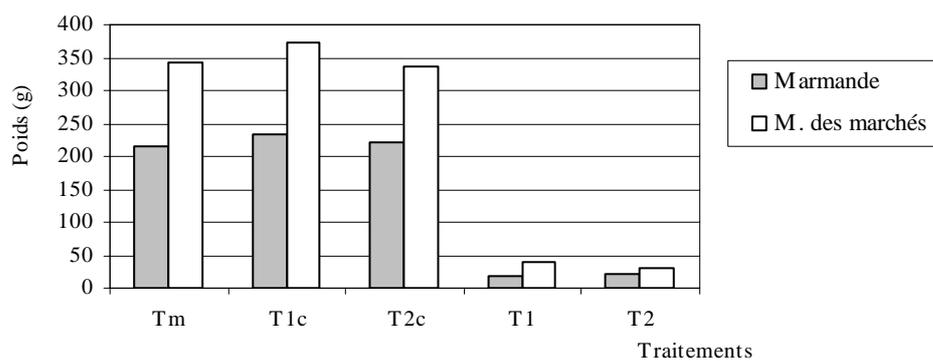


Figure 14: Poids frais moyen des feuilles + tiges

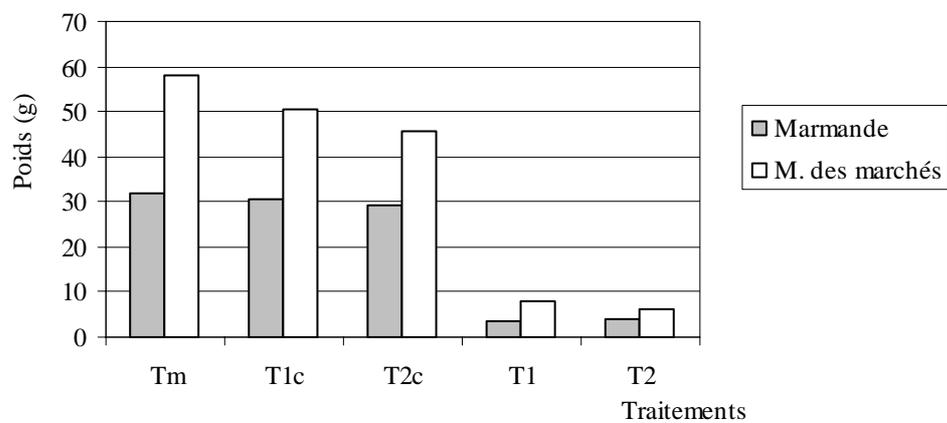


Figure 15: Poids sec moyen des feuilles + tiges

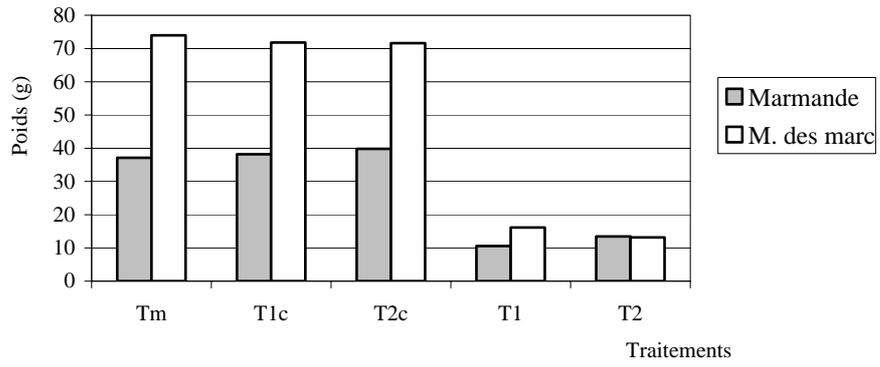


Figure 6 Poids frais moyen des racines

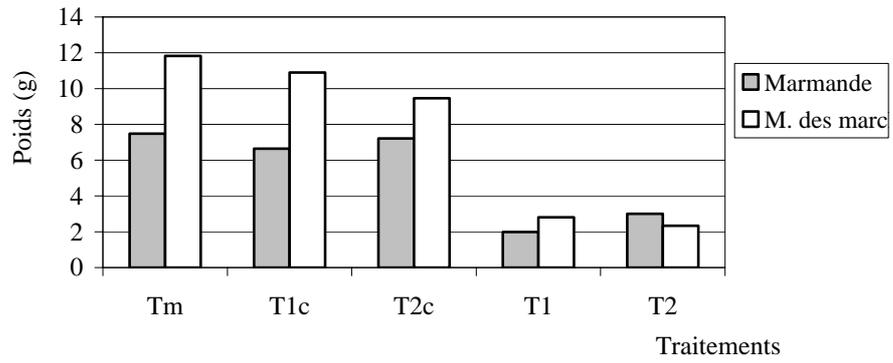


Figure 7 Poids sec moyen des racines

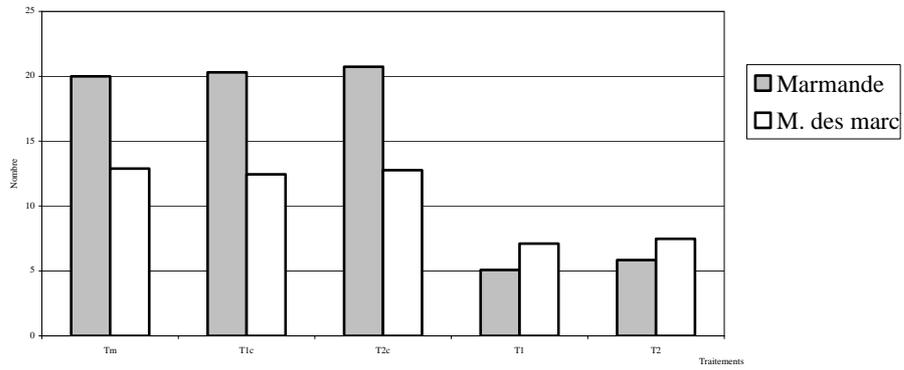


Figure 19: Nombre de fleurs par plante

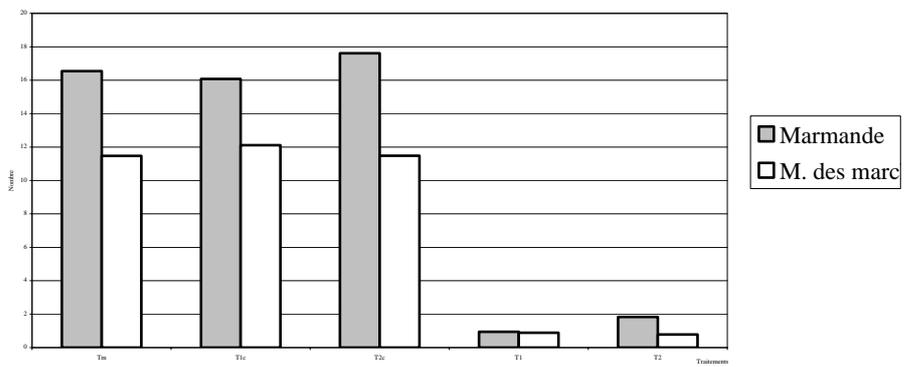


Figure 20: Nombre de fruits par plante

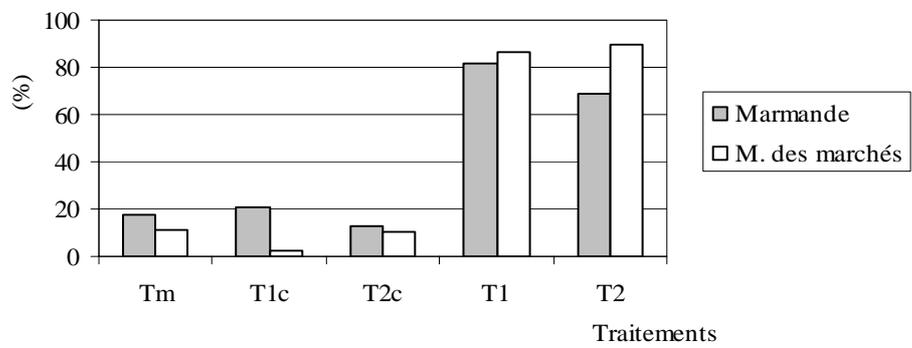


Figure 20: Taux en % des fleurs avortées

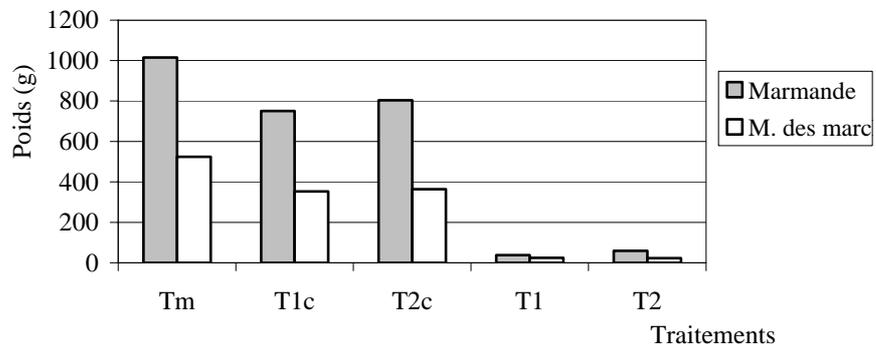


Figure total des fruits par plante

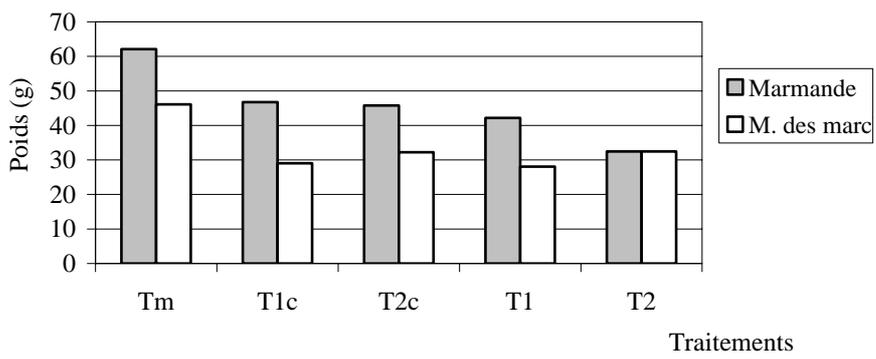
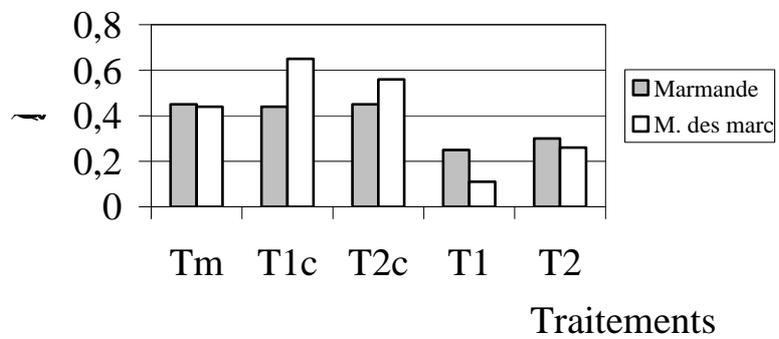


Figure moyen des fruits par plante



Figure

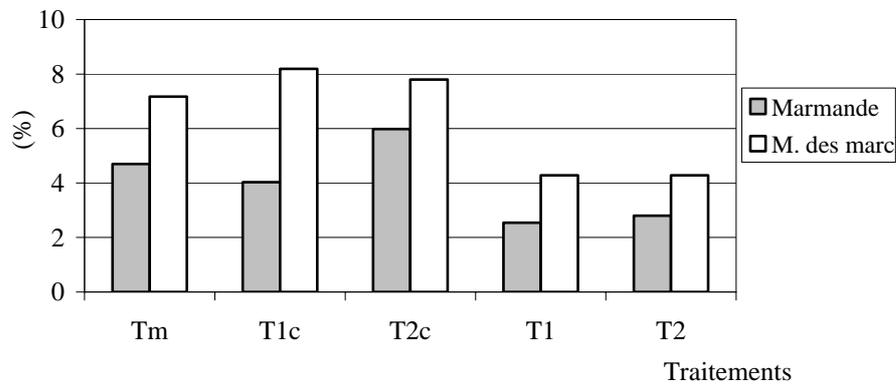


Figure 24: Teneur en sucre totaux des fruits

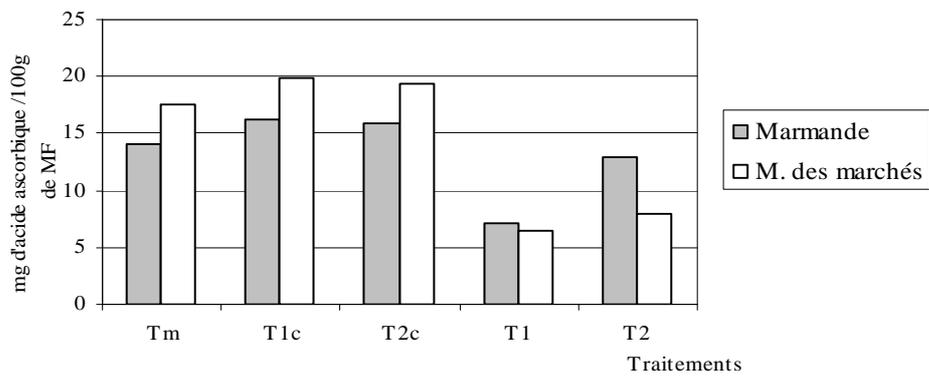


Figure 25: Teneur en vitamine C des fruits

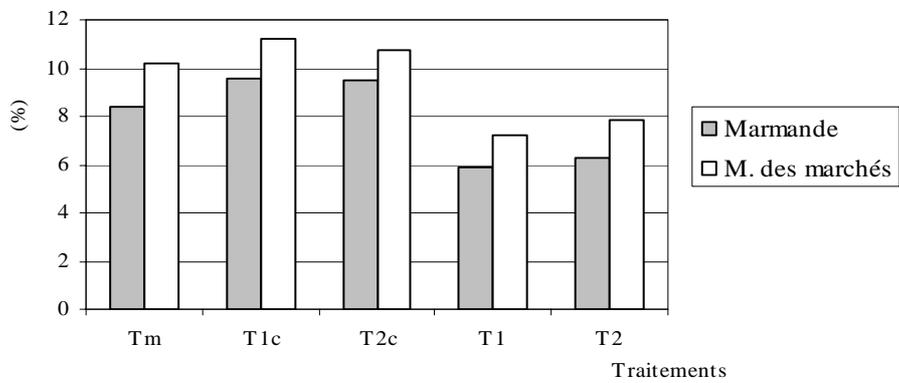
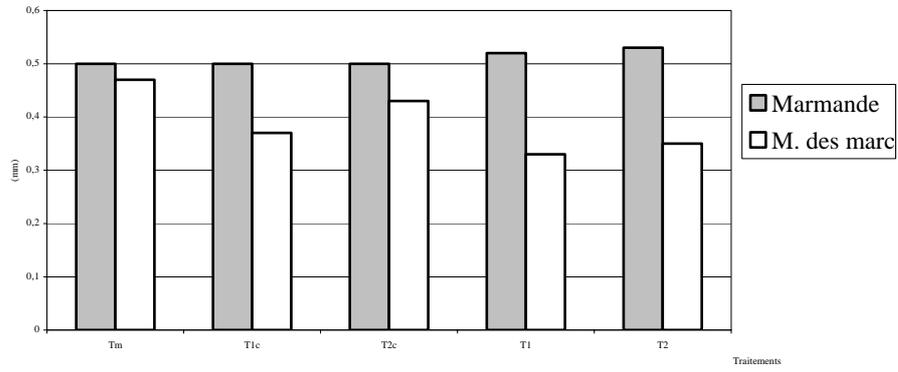


Figure 26: Teneur en matière sèche des fruits



Figure

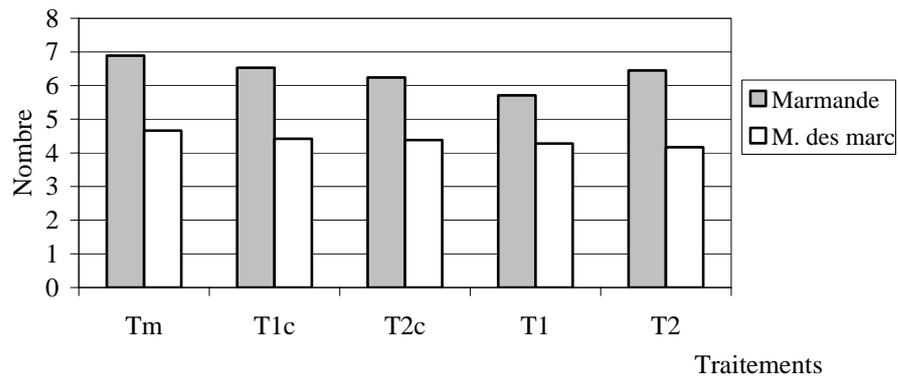
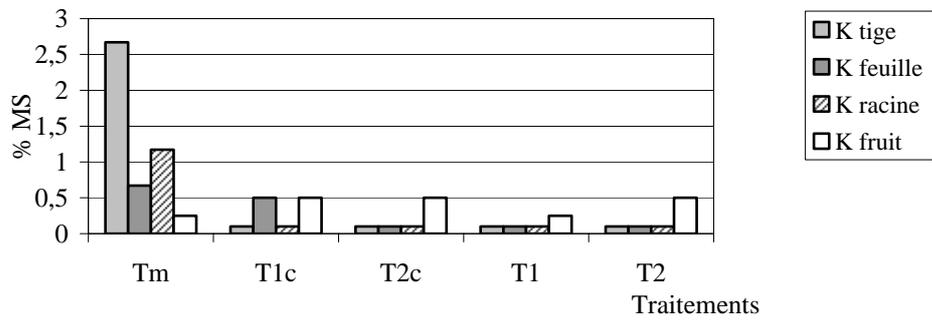
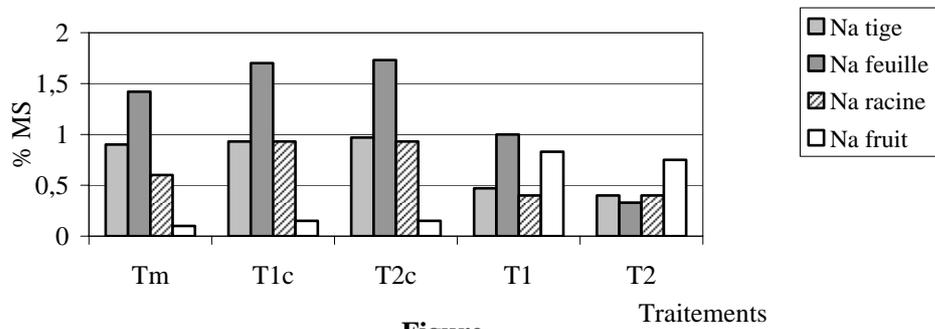


Figure de loges des fruits



Figure



Figure

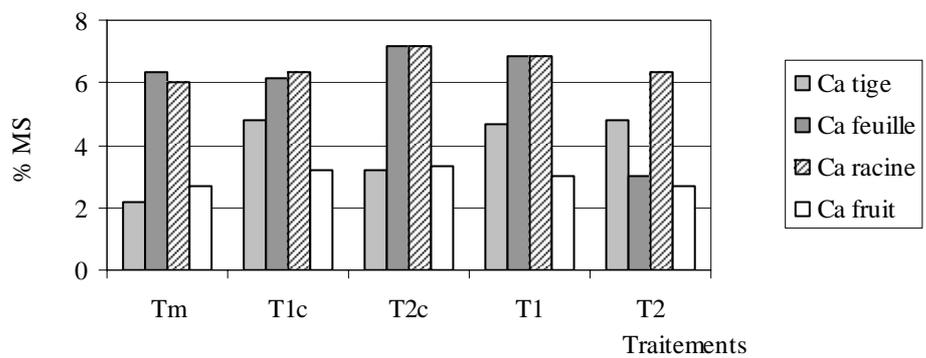
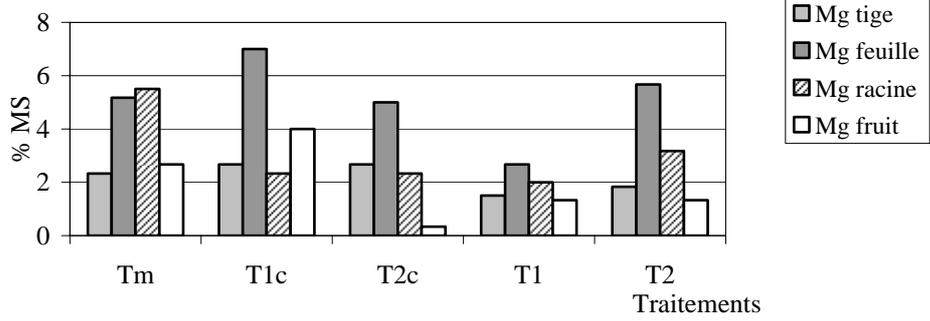
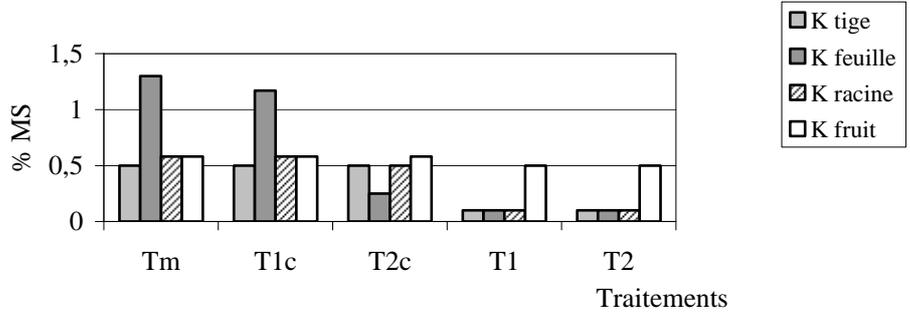


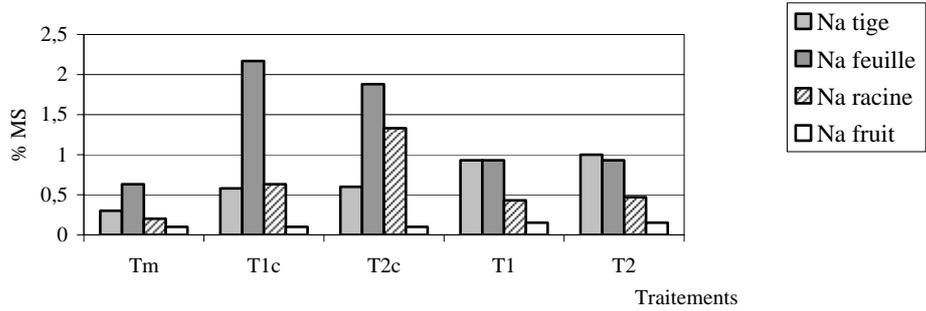
Figure 31: Teneur en calcium (tige, feuille, racine, et fruit) chez la variété marmande



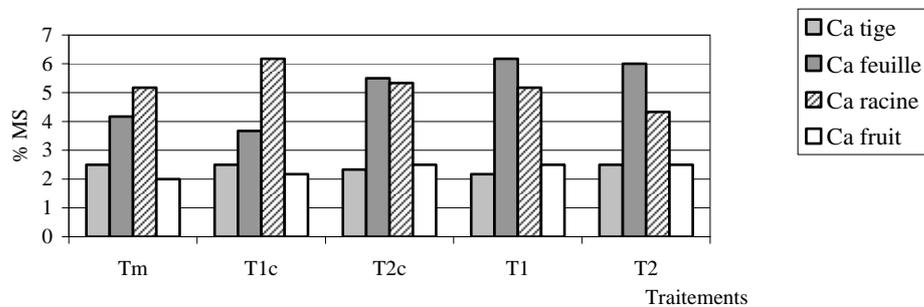
Figure



Figure



Figure



Figure

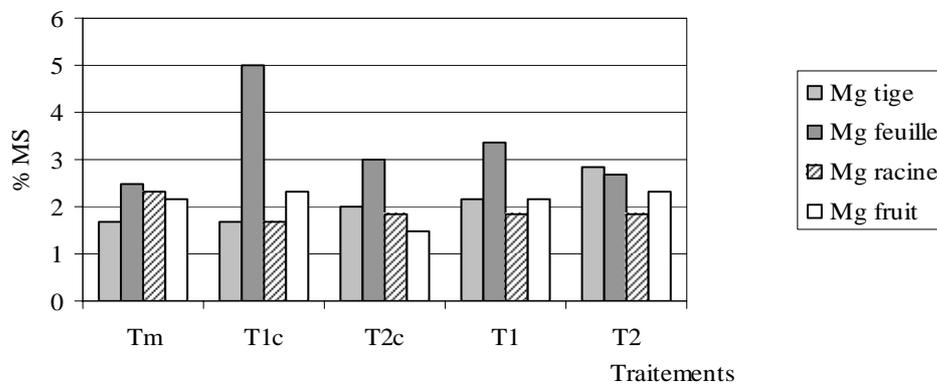


Figure 36: Teneur en magnésium (tige, feuille, racine, et fruit) chez la variété merveille des marchés

