

République Algérienne Démocratique et Populaire
الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ecole Nationale Supérieure Agronomique - El Harrach -Alger
المدرسة الوطنية العليا للفلاحة -الحراش- الجزائر

Thèse

En vue de l'obtention du diplôme de Doctorat
en Sciences Agronomiques

Option : Productions Végétales

Sujet :

Influence de la fertilisation potassique sur le comportement et les aptitudes technologiques de deux variétés de tomates industrielles (*Lycopersicon esculentum* Mill.)

Présentée par : Mme GHEBBI Karima

Devant le jury:

Président M. REGUIEG Lies

Professeur ENSA (El Harrach)

Directeur de thèse M. BELLAL Mohamed Mouloud

Professeur ENSA (El Harrach)

Examineurs

M. DERRIDJ Arezki

Professeur UMM (Tizi-Ouzou)

M. LOUERGUIOUI Ali

Professeur UMB (Bouira)

M. MEKIMENE Lakhdar

Maître de Conférences A (ENSA)

M. BENAMARA Salem

Professeur UMB (Boumerdes)

Invité : M. NOUANI Abdelouahab

Maitre de Conférences A (UMB)

Soutenue le 21/01/2016



REMERCIEMENTS





REMERCIEMENTS

Mes tous premiers remerciements s'adressent à notre puissant créateur, pour la foi et le bon sens qu'il m'a accordés. Je m'incline devant sa divinité et j'admire toutes ses créations que nous faisons que découvrir et essayons de comprendre chaque jour qu'il nous accorde. Puisse Dieu tout puissant me guider sur le chemin du savoir, de cultiver la paix et de savoir transmettre le peu de savoir que j'ai pu apprendre.

Mes sincères remerciements et ma profonde gratitude s'adressent à Monsieur le professeur Bellal M.M., mon promoteur pour sa disponibilité, sa présence, sa précieuse aide et surtout la confiance qu'il a mise en moi tout au long de ces années pour mener à bien ce travail, qu'il trouve ici mon profond respect et toute ma gratitude.

Mes sincères remerciements s'adressent aussi à :

- ❖ Mr REGUIEG Liès, Professeur en Productions Végétales, au département de Phytotechnie, de l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique d'El Harrach, pour l'honneur qu'il nous fait de présider le jury et de juger ce travail, qu'il trouve ici mon profond respect et toute ma gratitude.
- ❖ Mr DERRIDJ Arezki, Professeur en Ecologie Végétale, au Département des Sciences Agronomiques de l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou pour l'honneur qu'il nous fait de faire partie du jury et d'examiner ce travail, qu'il trouve ici mon profond respect et toute ma gratitude.
- ❖ Mr LOUERGUIOUI Ali, Professeur en Production Végétales, au Département des Sciences Agronomiques, de l'Université Mohamed Oulhadj de Bouira, d'avoir accepté de faire partie du Jury et de juger ce travail, qu'il trouve ici mon profond respect et ma profonde gratitude.

- 
- ❖ Mr MEKIMENE Lakhdar, Maître de conférences A, en technologie Alimentaire au Département de Technologie Alimentaire, de l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique, pour l'honneur qu'il nous fait de faire partie du jury et de juger le travail, qu'il trouve ici mon profond respect et toute ma gratitude.
 - ❖ Mr BENAMARA Salem, Professeur en Technologie Alimentaire, de l'Université m'Hamed Bouguera de Boumerdes, d'avoir accepté de faire partie du Jury et de Juger le travail, qu'il trouve ici mon profond respect et toutes ma gratitude.

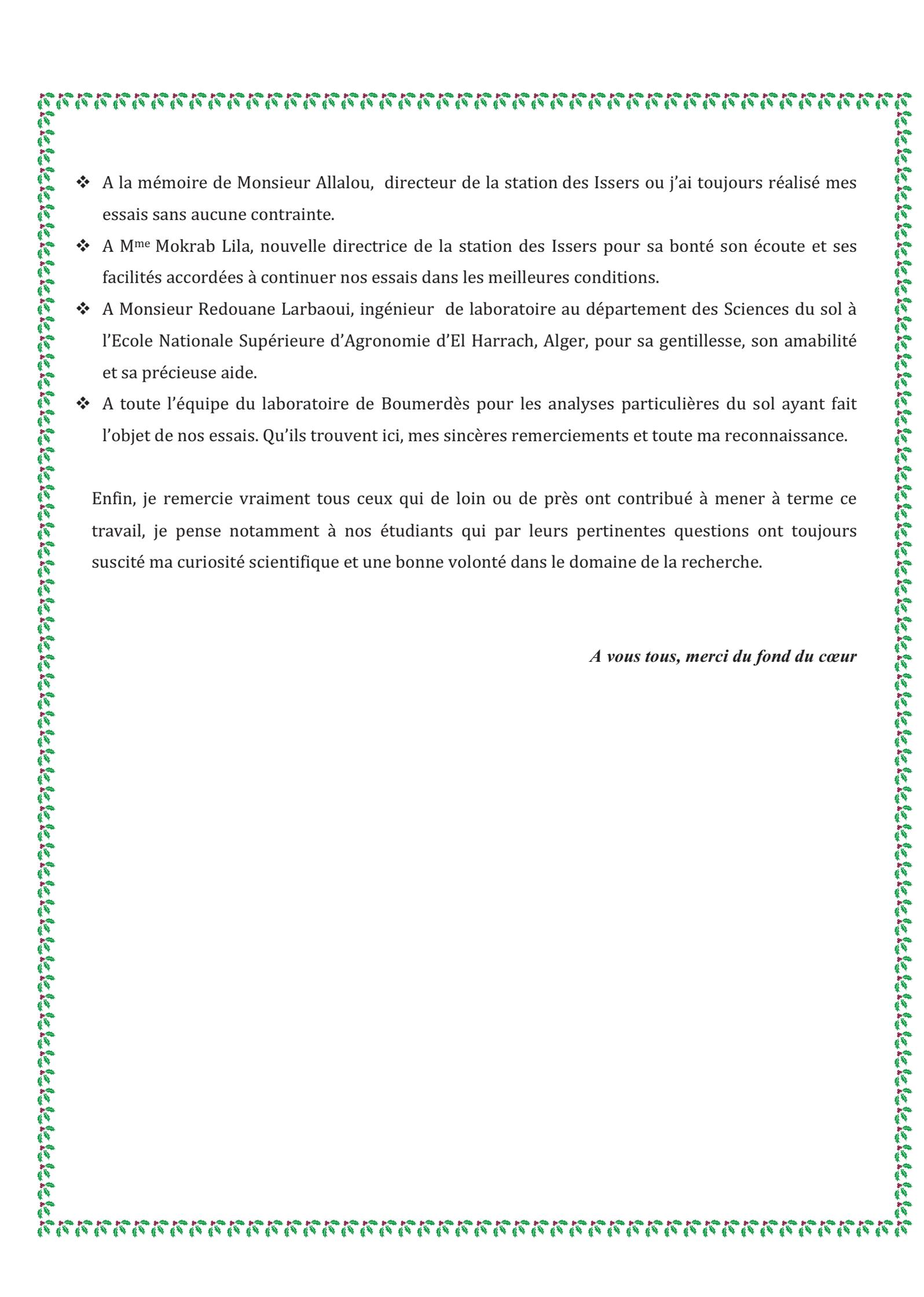
Mes chaleureux remerciements s'adressent à Monsieur Nouani Abdelouahab, Maître de Conférence A, à l'Université M'hamed Bouguera de Boumerdes pour sa précieuse aide et sa disponibilité. Mrs Madiou Hamid, Monsieur Allili Nacer, Monsieur Bouahmed Abdelkader et Monsieur Metna Boussaad, collègues au département des Sciences agronomiques de l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ozou, pour avoir toujours été disponible à m'aider pour réaliser mes analyses statistiques.

Aussi, je souhaite remercier Monsieur Daoud, professeur à l'ENSA, pour sa grande aide, sa disponibilité sans faille et ses précieuses orientations, qu'il trouve ici toute ma gratitude.

Mes sincères remerciements s'adressent à madame Akrouf, mon ancienne enseignante, de l'Ecole Nationale Agronomique, pour sa précieuse aide et clarification dans l'interprétation de mes résultats, qu'elle trouve ici mes sincères remerciements et mon profond respect.

Mes chères collègues enseignantes : Mme Medjdoub-Benssad F. professeur à l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, qui sans relâche n'a jamais cessé de m'orienter et de m'encourager dans mon travail. De même, Mesdames : Goucem K., Kitous K., Dahoumene K., Chaouchi N., Taleb K. , qui m'ont toujours témoignés leur soutien et encouragement pour mener à bien ce travail. Je vous remercie toutes infiniment.

Aux personnels des laboratoires de l'Enajuc de Rouiba et du centre de contrôle Qualité (CACQ) d'Alger et ceux du laboratoire commun en Biologie de l'Université Mouloud Mammeri de Tizi ousou. Je cite ceux qui m'ont aidés à faire les analyses technologiques à Alger: Ahlam Boudour, Djamila, Amel, Monsieur et Madame Bourouis. Nos ingénieurs de laboratoire de recherche à Tizi Ouzou, Protection des plantes cultivées : M^{elles} Hassina Abrous et Karima Abdi.

- 
- ❖ A la mémoire de Monsieur Allalou, directeur de la station des Issers ou j'ai toujours réalisé mes essais sans aucune contrainte.
 - ❖ A M^{me} Mokrab Lila, nouvelle directrice de la station des Issers pour sa bonté son écoute et ses facilités accordées à continuer nos essais dans les meilleures conditions.
 - ❖ A Monsieur Redouane Larbaoui, ingénieur de laboratoire au département des Sciences du sol à l'Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie d'El Harrach, Alger, pour sa gentillesse, son amabilité et sa précieuse aide.
 - ❖ A toute l'équipe du laboratoire de Boumerdès pour les analyses particulières du sol ayant fait l'objet de nos essais. Qu'ils trouvent ici, mes sincères remerciements et toute ma reconnaissance.

Enfin, je remercie vraiment tous ceux qui de loin ou de près ont contribué à mener à terme ce travail, je pense notamment à nos étudiants qui par leurs pertinentes questions ont toujours suscité ma curiosité scientifique et une bonne volonté dans le domaine de la recherche.

A vous tous, merci du fond du cœur



Dédicaces





Dédicaces

Je dédie ce travail à :

Mes très chers et doucereux parents, qui sont les plus grands repère du bon sens de la vie. A travers votre éducation chers parents, j'ai compris que l'amour, le respect et les études sont la base de toute réussite dans la vie.

Après ces longues années, en récompense de ce que je suis devenue grâce à votre encadrement et ce depuis toute petite, je veux vous témoigner aujourd'hui, toute ma reconnaissance, mon amour mon respect et ma profonde gratitude : Chers parents vous êtes tous ce que j'ai de plus précieux.

Je remercie Dieu tout puissant pour la chance inouïe, une noble chance de vous avoir comme parents. Allah yehfedkoum.

A ma petite famille Ali mon mari, Lisa et Camélia (mes deux petites princesses) qui sont ma stabilité et joies de vivre :

- A toi mon bébé, ma tendre fille et douce chérie Lisa, toute ma réussite je te la dois, tu es ma bonne volonté au quotidien. Ta tendresse et ton amour ma fille, m'ont donnés raison à bien finir ce travail.
- A toi mon deuxième bébé qui grandi chaque jour un peu plus, qui me donne un nouvel élan et une bonne volonté à bien mener ce travail.

Je remercie Dieu tout puissant de vous avoir, vous êtes mon bonheur.

A tous les membres de ma famille petits et grands, je vous remercie humblement de m'avoir encouragée et soutenue durant toutes ces années. J'avoue simplement que ce n'était pas évident.

A toi Mon cher et tendre frère Karim, qui as toujours su m'encourager en restant tout proche de moi,
Grand merci tendre frère.

A tous ceux qui m'ont connue et ont pu garder une bonne impression de moi, je vous offre mon aide et ma grande écoute au besoin.

A tous ceux qui m'ont aidés, trouvez ici ma profonde gratitude et mes sincères remerciements. Que DIEU nous guide tous, sur le chemin de la tolérance et du respect pour le restant de notre vie.

Grand merci à tous

<i>Abréviation</i>	<i>Signification</i>
AA	Acide Ascorbique
ADEME	Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie.
ATP-ase	Enzyme de dégradation de l'ATP (Adénosine Triphosphate)
BAC	Bloc Aléatoire Complet
CACQ	Centre de Contrôle de qualité d'Alger
DHAA	Acide déhydroascorbique
EC	Conductivité électrique
ETc	Evapotranspiration culturale.
ETP	Evapotranspiration Potentielle (mm).
FAO	Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'Agriculture
FPP	Densité de Flux Photonique Photosynthétique.
INPV	Institut National de Protection des Végétaux
INRAA	Institut national de recherche agronomique d'Alger
ITCMI	Institut technique des cultures maraichères et industrielles
Kc	Coefficient Cultural selon le stade phénologique.
MADR	Ministre de l'Agriculture et de Développement Rural
NCA	Nouvelle Conserverie Algérienne de Rouïba
SAU	Surface Agricole Utile.
TOMV	Tomato mosaic virus
TSWV	Tomato Spotted Wilt Virus
TYLCV	Tomato yellow leaf curl virus
U	Unité
UMMTO	Université Mouloud Mammeri de Tizi -Ouzou
USDA	Unated State Department of Agriculture

Liste des figures

Figure 1. Diffusion de la tomate dans le monde.....	7
Figure 2. Répartition par pays du taux de production de la tomate dans le monde.....	9
Figure 3. Système racinaire du plant de tomate.....	17
Figure 4. Feuille composée du plant de tomate.....	18
Figure 5. Coupe longitudinale d'une fleur de tomate	18
Figure 6. Coupe transversale et longitudinale de la tomate à maturité.....	20
Figure 7. Différentes formes de tomates décrivant une variété	20
Figure 8. Différentes formes du potassium dans le sol.....	35
Figure 9. Transfert du potassium dans le sol	36
Figure10. Structure du lycopène	47
Figure11. Schéma récapitulatif de la biosynthèse du lycopène.....	49
Figure12. Maladies fongiques de la tomate.....	57
Figure13. Maladies bactériennes de la tomate.....	59
Figure14. Principaux symptômes des virus affectant la tomate.....	61
Figure 15. Différents ravageurs affectant la tomate.....	63
Figure 16. Résumé des différentes étapes de fabrication du concentré de tomate	68
Figure 17. Image satellite de la station expérimentale dans la région des Issers.....	71
Figure 18. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson de la station expérimentale dans la région des Issers durant la période 2001-2014.....	73
Figure 19. Fruits des variétés de tomate : Aïcha et Riogrande au stade grossissement des fruits.....	76
Figure 20. Fruits des variétés de tomate : Aïcha et Riogrande au stade maturation des fruits.....	76

Figure 21. Récolte de la tomate.....	77
Figure 22. Schéma du dispositif expérimental à trois doses de K_2O/ha	80
Figure 23. Schéma du dispositif expérimental à neuf doses de K_2O/ha	81
Figure 24. Vue générale des parcelles expérimentales de la tomate en pleine croissance....	82
Figure 25. Préparation de la pépinière pour l'élevage de plants de tomate	85
Figure 26. Production de plants en pépinière : Variétés Riogrande et Aicha.....	85
Figure 27. Principales maladies et accidents physiologiques rencontrés sur tomate au cours des essais.....	91
Figure 28. Extrait de jus de tomate.....	92
Figure 29. Effet de la fertilisation potassique par campagne agricole sur la surface foliaire nette par plant	102
Figure 30. Effet de la fertilisation potassique par campagne agricole sur le nombre total de bouquets par plant	105
Figure 31. Effet de la fertilisation potassique par campagne agricole sur le nombre de fleurs/bouquet.....	107
Figure 32. Effet de la fertilisation potassique par campagne agricole sur le taux de nouaison par plant	113
Figure 33. Effet de la fertilisation potassique par campagne agricole sur le poids moyen d'un fruit par plant.....	115
Figure 34. Effet de la fertilisation potassique par campagne agricole sur le poids total des fruits par plant.	119
Figure 35. Effet de la fertilisation potassique par campagne agricole sur le nombre total de fruits par plant	121
Figure 36. Effet de la fertilisation potassique par campagne agricole sur le calibre moyen d'un fruit par plant.....	125
Figure 37. Effet de la fertilisation potassique par campagne agricole sur le Rendement réel en fruit /ha.....	128
Figure 38. Effet de la fertilisation potassique par campagne agricole sur le Rendement potentiel en fruit /ha	131
Figure 39. Principales corrélation entre variables étudiées sur la moyenne des trois campagnes agricole.....	153

Liste des tableaux

Tableau 1. Principaux pays producteurs de la tomate dans le monde.....	8
Tableau 2. Evolution de la production nationale, des superficies cultivées et des rendements de la tomate maraîchère en Algérie.....	10
Tableau 3. Teneurs des constituants de la tomate (pour 100g de de MF).....	14
Tableau 4. Effets de l'excès et du déficit hydrique sur la végétation et la production de la tomate.....	27
Tableau 5. Exigences de la tomate en température de l'air, du sol, d'humidité de l'air et en lumière.....	28
Tableau 6. Exportations (en kg) des éléments fertilisants par tonne de fruit de tomate	32
Tableau 7. Symptômes de carence et d'excès en éléments minéraux chez la tomate.....	33
Tableau 8. Teneur en lycopène dans la tomate, ses dérivées et dans d'autres fruits.....	48
Tableau 9. Principales maladies fongiques de la tomate.....	56
Tableau 10. Principales maladies bactériennes de la tomate	58
Tableau 11. Principales maladies virales de la tomate	60
Tableau 12. Principaux ravageurs de la tomate	62
Tableau 13. Température moyennes mensuelles durant la période 2001-2014.....	71
Tableau 14. Précipitations totales mensuelles (mm) durant le cycle de la plante pendant la période 2001-2014	72
Tableau 15. Résultats de l'analyse physico chimiques des sols des essais	74
Tableau 16. Caractéristiques des deux variétés de tomates industrielles étudiées Riogrande (V1) et Aicha (V2)	75
Tableau 17. Itinéraire technique de la tomate au plein champ au cours des différentes campagnes agricoles	84
Tableau 18. Traitement phytosanitaires réalisés au cours des différentes campagnes agricoles	87

Tableau 19. Effet de la fertilisation potassique sur le diamètre de la tige principale par plant ..	97
Tableau 20. Effet de la fertilisation potassique sur la hauteur finale de la tige principale par plant.....	98
Tableau 21. Effet de la fertilisation potassique sur le nombre de tiges par plant.....	100
Tableau 22. Effet de la fertilisation potassique sur la matière sèche totale par plant	103
Tableau 23. Effet de la fertilisation potassique sur le nombre total de fleurs par plant.....	108
Tableau 24. Effet de la fertilisation potassique sur le nombre total de fleurs avortées par plant.....	110
Tableau 25. Effet de la fertilisation potassique sur le taux de nouaison par plant.....	111
Tableau 26. Effet de la fertilisation potassique sur poids moyen d'un fruit par plant	114
Tableau 27. Effet de la fertilisation potassique sur le poids total des fruits par plant	117
Tableau 28. Effet de la fertilisation potassique sur nombre total des fruits par plant	120
Tableau 29. Effet de la fertilisation potassique sur le calibre moyen d'un fruit par plant.....	123
Tableau 30. Effet de la fertilisation potassique sur le rendement réel en fruits par ha	126
Tableau 31. Effet de la fertilisation potassique sur le rendement potentiel en fruits par hectare	129
Tableau 32. Effet de la fertilisation potassique sur le du pH du jus de tomate.....	132
Tableau 33. Effet de la fertilisation potassique sur l'indice réfractométrique du jus de tomate	134
Tableau 34. Effet de la fertilisation potassique sur l'acidité du jus de tomate	136
Tableau 35. Effet de la fertilisation potassique la teneur en vitamine C du jus de tomate	137
Tableau 36. Effet de la fertilisation potassique sur la teneur en sucres du jus de tomate	139
Tableau 37. Effet de la fertilisation potassique sur la teneur en lycopène du jus de tomate.....	140
Tableau 38. Effet de la fertilisation potassique sur la teneur en bêta carotènes du jus de la tomate	142
Tableau 39. Principaux résultats récapitulatifs de l'analyse de la variance sur la moyenne des trois campagnes agricoles.....	145
Tableau 40. Variables mesurées.....	149

Tableau 41. Résultats de l'analyse de la variance (valeurs moyennes \pm écart type) de l'effet de neuf doses de fertilisation potassiques sur les paramètres de croissance, de production et technologique chez une variété de tomate(V1) au cours de la campagne agricole 2013/2014....	158
Tableau 42. Effet de l'interaction N \times K sur le rendement en fruits et de la qualité de la tomate.	159
Tableau 43. Interaction N \times K sur le rendement en matière fraîche de la tomate	159

Travaux relatifs à la thèse

Ghebbi-Sismail K., Benamara A. and Dumas Y. 2003. Effect of potassium fertilization on the behaviour of three processing tomato cultivars under watering levels. ISHS, *Acta Horticultrae* 613, VIII International Symposium on the Processing tomato. Eds B.BIECHE and BRANTHOME.

Ghebbi-Sismail K. 2006. Effet de différentes doses de la fertilisation potassiques sur le comportement de deux variétés de tomates Industrielles : Evolution des principaux constituants technologiques nutritionnels. Congrès International sur la production et transformation de la tomate, Amitom de France (Association Méditerranéenne International sur la Tomate), 5 et 6 Mai, Tunisie, 2006.

Ghebbi-Sismail K., Bellal M. and Halladj F. 2007. Effect of potassium Supply on the behaviour of two processing Tomato Cutivars and on the changes of fruit Technological characteristics. Proc. Xth I.S on the Processing Tomato. Eds. A.B'Chir and S. Colvine. *Acta Hort.*758, ISHS 2007.

Ghebbi K. 2010. Impact de la fertilisation potassique sur le comportement, le rendement et les caractéristiques technologiques chez deux variétés de tomate industrielles cultivées en plein champ. Communication nationale au 5^{ième} Séminaire Scientifique et Technique sur l'Environnement 05,06 et 07 Juin 2010. Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou.

Ghebbi K., Nouani A.Medjdoub-Bensaad F., Meribai A. , Gautier H, Belbraouet S., Bellal M.M. 2015. Effect of potassium fertilization on the behaviour, yield components and technological parameters of two tomato cultivars (*Lycopersicon esculentum* Mill.) *Wulfenia Journal*, Vol 22, N°3; Mars 2015.

Table des matières

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations

Publication des travaux réalisés

PREMIERE PARTIE : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

Introduction générale..... 1

CHAPITRE I : Généralités sur la tomate

1. Origine et historique de la tomate	6
2. Situation et importance économique de la tomate	7
2.1. Dans le monde.....	8
2.2. En Algérie	9
2.2.1. Principales zones de production de la tomate	11
2.2.2. Calendrier de production de la tomate	11
3. Intérêt agronomique de la tomate.....	11
4. Valeur alimentaire et propriétés médicinales de la tomate.....	12
5. Classification de la tomate	15
5.1. Classification botanique	15
5.2. Classification génétique	15
5.2.1. Variétés fixées	16
5.2.2. Variétés hybrides.....	16
6. Différentes variétés de tomate.....	16
6.1. Variétés à port déterminée.....	16
6.2. Variétés à port indéterminé	17
7. Caractéristiques morphologiques de la tomate.....	17
7.1. Appareil végétatif.....	17
7.1.1. Système racinaire	17

7.1.2. La tige.....	18
7.1.3. La feuille	18
7.2. Appareil reproducteur.....	19
7.2.1. La fleur	19
7.2.2. Le fruit.....	20
7.2.3. La graine.....	21
8. Caractéristiques physiologiques de la tomate	21
8.1. Cycle biologique de la tomate.....	21
8.1.1. Germination de la graine	21
8.1.2. Croissance de la plante	21
8.1.3. La floraison	22
8.1.4. La pollinisation.....	22
8.1.5. Fructification et nouaison des fleurs	23
8.1.6. Maturation des fruits	23
9. Amélioration variétale de la tomate	23
9.1. Objectifs de l'amélioration variétale de la tomate	24
9.2. Différentes méthodes de l'amélioration variétale	24

CHAPITRE II : Exigences en sol et climat de la tomate

1. Exigences édaphiques	25
1.1. Sol.....	25
1.1.1. Structure et texture du sol.....	25
1.1.2. pH du sol	25
1.1.3. Salinité du sol.....	25
1.1.4. Température du sol.....	25
1.1.5. L'aération du sol.....	26
2. Exigence en Eau	26
2.1. Effet du déficit hydrique sur la tomate.....	26
2.2. Effet de l'excès hydrique sur la tomate	26
3. Exigences climatiques	27
3.1. Température de l'air	27
3.2. Lumière	28
3.3. Hygrométrie	29

4. Exigence en éléments fertilisants	29
4.1. Fertilisation minérale.....	30
4.1.1.. Les éléments majeurs	30
4.1.1.1. Fertilisation Azotée	30
4.1.1.2. Fertilisation Phosphatée	30
4.1.1.3. Fertilisation Potassique	31
4.1.2. Les éléments secondaires	31
4.1.2.1. Calcium	31
4.1.2.2. Magnésium	31
4.1.2.3. Souffre.....	32
4.1.3. Les Oligo-éléments	32
5. Exportation en éléments fertilisants	32
6. Fumure organique	32

CHAPITRE III : Importance du Potassium

1. Données sur la nutrition potassique	34
1.1. Importance du potassium dans la nutrition minérale.....	34
1.2. Différentes sources du potassium	34
1.3. Dynamique du potassium dans le sol	34
2. Transfert du potassium dans le sol	35
3. Conditions d'absorption du potassium.....	36
3.1. Humidité.....	36
3.2. Température	37
3.3. Lumière	37
3.4. Oxygène et gaz carbonique	37
3.5. Nature du sol	37
3.6. pH de la solution du sol.....	39
3.7. Stade de développement	39
3.8. La capacité d'échange cationique (CEC) du sol	39
4. Différentes pertes en potassium	39
5. Le potassium dans la physiologie de la plante	40
5.1. Le potassium et la plante	40
5.2. Rôles du potassium chez les plantes	40

5.2.1. Potassium et l'équilibre-acido-basique	40
5.2.2. Potassium et la régulation stomatique	40
5.2.3. Rôle du potassium dans la fixation du CO ₂ et dans la synthèse des protéines.....	41
5.2.4. Potassium et économie en eau.....	41
5.2.5. Potassium et la croissance des plantes	41
5.2.6. Potassium et la photosynthèse.....	41
5.2.7. Potassium et la résistance au froid	42
5.2.8. Potassium et la résistance à la verse.....	42
5.2.9. Potassium et résistance aux maladies et aux parasites	42
5.2.10. Potassium et la qualité des fruits	42
5.2.11. Potassium et rendement en fruits	42
6. Carence en potassium.....	43
7. Excès en potassium	43
8. Potassium et santé humaine.....	43
9. Importance du potassium et teneur en lycopène	44

CHAPITRE IV: Importance du lycopène

1. Généralités sur le lycopène	45
2. Définition et caractéristiques chimiques du lycopène	45
2.1. Définition et disponibilités du lycopène.....	45
2.2. Structure et propriétés du lycopène	47
2.2.1. Structure du lycopène.....	47
2.2.2. Propriétés du lycopène	47
3. Autres sources du lycopène.....	48
4. Biosynthèse du lycopène	49
5. Assimilation du lycopène	49
6. Actions du lycopène	50
6.1. Action antiathérogène du lycopène	50
6.2. Action anti-cancérogène du lycopène	50
6.3. Action du lycopène sur le système immunitaire et le matériel génétique.....	50
6.4. Action du lycopène contre les maladies pulmonaires	50
6.5. Action du lycopène contre les maladies cardiaques.....	51
6.6. Action du lycopène sur les autres maladies	51

7. Relation entre accumulation du lycopène et nutrition minérale.....	51
---	----

CHAPITRE V : Itinéraire techniques de la tomate

1. Production de plants de tomate	52
1.1. Le semis.....	52
1.2. Doses de semis	52
1.3. Choix des plants	52
2. Préparation du sol.....	52
3. La plantation.....	52
3.1. Période de plantation	53
3.2. Techniques de plantations	53
4. Conduite de la tomate en plein champs.....	53
4.1. Fertilisation de la tomate	53
4.2. Irrigation.....	53
4.3. Soins culturaux de la tomate	54
5. Adventices, Maladies et ravageurs de la tomate	54
5.1. Moyens de lutte	54
5.2. Principales maladies de la tomate	55
5.2.1. Maladies fongiques	55
5.2.2. Maladies bactériennes	55
5.2.3. Maladies virales.....	55
5.2.4. Les ravageurs de la tomate	55
6. Récolte et conditions de conservation de la tomate	64
6.1. Récolte des fruits.....	64
6.2. Conditions de conservation	64
6.3. Tomates destinées à la transformation	64
6.3.1. Caractéristiques de la tomate destinée à la transformation	64
6.3.2. Procédés de transformation industriels de la tomate.....	65
7. Impact des procédés de transformation et de la conservation sur la qualité nutritionnelle des produits à base de tomate	69
Conclusion.....	69

DEUXIEME PARTIE : PRESENTATION DES ESSAIS

CHAPITRE VI : Matériels et Méthodes

1. Matériels d'étude	70
1.1. But des essais	70
1.2. Présentation de la zone d'étude	70
1.3. Coordonnées géographique de la zone d'étude.....	70
1.4. Géologie et hydrologie de la région d'étude	70
1.5. Données climatiques de la zone d'étude	70
1.6. Caractéristiques des sols d'étude	73
1.7. Matériel végétal.....	75
2. Méthodes d'étude	77
2.1. Différentes doses en potassium apportées	77
2.1.1. Effet de trois doses de la potasse (0-250-500 U/ha de K ₂ O) sur les paramètres agronomiques et technologiques chez deux variétés de tomate industrielles Riogrande (V1) et Aicha (V2)	77
2.1.2. Effet de neuf doses de la potasse (0-100-200-300-400-500-600-700-800 U de K ₂ O/ha) sur les paramètres agronomiques, technologiques et la teneur en éléments minéraux chez la variété Riogrande (V1)	77
2.2. Dispositif expérimental	78
2.3. Conduite de la tomate en plein champ	83
2.3.1. Production de plants en pépinière	83
2.3.2. La plantation	83
2.3.3. Fertilisation minérale	86
2.3.3.1. L'azote	86
2.3.3.2. Le phosphore	86
2.3.3.3. Le potassium.....	86
2.3.4. Maladies rencontrées chez la tomate et traitements phytosanitaires	86
3. Paramètres mesurés	89
3.1. Paramètres de croissance.....	89
3.1.1. Diamètre de la tige principale	89
3.1.2. Hauteur de la tige principale	89
3.1.3. Nombre de tiges par plant	89
3.1.4. Matière sèche du plant (feuille tige et racine en g)	89
3.1.5. Surface foliaire nette (cm ²)	89

3.2. Paramètres de productions.....	90
3.2.1. Nombre total de bouquets floraux par plant.....	90
3.2.2. Nombre moyen de fleurs par bouquet	90
3.2.3. Nombre total de fleurs par plant.....	90
3.2.4. Nombre total de fruits par plant.....	90
3.2.5. Nombre total de fleurs avortées par plant.....	91
3.2.6. Taux de nouaison par plant (%)	91
3.2.7. Poids total de fruits par plant.....	91
3.2.8. Poids moyen d'un fruit par plant	91
3.2.9. Calibre moyen d'un fruit par plant	91
3.2.10. Rendement potentiel en fruits (Qtx/ha)	91
3.2.11. Rendement réel en fruits (Qtx/ha)	91
3.3. Paramètres technologiques	92
3.3.1. Indice réfractométrique du jus de tomate (Brix).....	92
3.3.2. Acidité titrable du jus de tomate	92
3.3.3. pH du jus de tomate	93
3.3.4. Teneur en vitamine C	93
3.3.5. Dosage du β -carotène et du lycopène du jus de tomate (mg/Kg).....	94
3.3.6. Dosage des sucres totaux et réducteurs	95
3.3.7. Dosage des éléments minéraux	95
4. Etude statistique	96

TROISIEME PARTIE : PRESENTATION DES RESULTATS

CHAPITRE VII : Résultats Discussions

1. Résultats de l'analyse de la variance par campagne agricoles	97
1.1. Paramètres de croissance	97
1.1.1. Diamètre de la tige au collet	97
1.1.2. Hauteur moyenne de la tige principale	98
1.1.3. Nombre de tiges par plant	99
1.1.4. Surface foliaire nette par plant	100
1.1.5. Matière sèche totale du plant	103

1.2. Paramètres de productions	104
1.2.1. Nombre total de bouquets par plant	104
1.2.2. Nombre de fleurs par bouquet.....	106
1.2.3. Nombre total de fleurs par plant	108
1.2.4. Nombre de fleurs avortées	109
1.2.5. Taux de nouaison par plant	111
1.2.6. Poids moyen d'un fruit par plant.....	114
1.2.7. Poids total des fruits par plant	116
1.2.8. Nombre total de fruits par plant	120
1.2.9. Calibre moyen d'un fruit par plant	122
1.2.10. Rendement réel en fruit par hectare (Qtz/ha).....	126
1.2.11. Rendement potentiel en fruit par hectare (Qtz/ha).....	129
1.3. Paramètres technologiques du jus de tomate	
1.3.1. pH du jus de tomate	132
1.3.2. Indice réfractométrique du jus de tomate	133
1.3.3. Acidité du jus de tomate (%).....	135
1.3.4. Vitamine C du jus de tomate	137
1.3.5. Teneur en sucres totaux et réducteurs du jus de tomate au cours de la campagne agricole 2008/2009.....	138
1.3.6. Teneur en lycopène du jus de tomate	140
1.3.7. Teneur en β -carotène du jus de tomate.....	141
Conclusion.....	142
2. Résultats de l'analyse de la variance sur la moyenne des trois campagnes agricoles	144
2.1. Effet de la fertilisation potassique sur les paramètres de croissance chez les deux variétés de tomate Riogrande (V1) et Aicha (V2).....	144
2.2. Effet de la fertilisation potassique sur les paramètres de production chez les deux variétés de tomates Riogrande (V1) et Aicha (V2)	146
2.3. Effet de la fertilisation potassique sur les paramètres technologiques chez les deux variétés de tomate Riogrande (V1) et Aicha(V2).....	147
Conclusion.....	148

3. Corrélation entre les variables étudiées : Résultats de la Matrice de corrélation...	149
3.1. Résultats de la matrice de corrélation sur les paramètres de croissance de la tomate chez les deux variétés	150
3.2. Résultats de la matrice de corrélation sur les paramètres de productions de la tomate chez les deux variétés	150
3.3. Résultats de la matrice de corrélation sur les paramètres technologiques de la tomate chez les deux variétés	151
3.4. Discussion des résultats de la matrice de corrélations entre les variables.....	153
Conclusion.....	154
4. Effet de plus fortes doses de la fertilisation potassique sur les paramètres de croissance, de production et technologiques chez la variété Riogrande (V1).....	155
4.1. Effet des différentes doses de K sur les paramètres de croissance	155
4.2. Effet des différentes doses de K sur les paramètres de production de la plante et les paramètres technologiques du jus de fruit.....	156
Conclusion générale et perspectives	160
Références bibliographiques	165
Annexes	183
Publication	
Résumé	

Introduction générale

La tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), est une plante herbacée, annuelle qui fait partie des 40 espèces légumières les plus produites dans le monde (FAO, 2010). Elle est originaire des vallées fertiles du Mexique. Elle a d'abord été cultivée et améliorée par les indiens du Mexique, avant d'être ramenée en Europe par les conquistadores. Neuf espèces sauvages peuvent être observées en Amérique du sud, dont seulement deux comestibles, la « tomate groseille » (*Solanum pimpinellifolium*) et la « tomate cerise » (*Solanum lycopersicum* var *cesariforme*) qui est l'ancêtre de nos tomates actuelles (De Broglie et Guérault, 2005). La production et la consommation mondiale de la tomate sont devenues importantes, et depuis les années 90, les consommateurs se plaignent de la standardisation de ce produit et de la perte de goût de la tomate (Degioanni, 1997). Cette solanacée est adaptée à des conditions de culture très variées et est destinée soit à la consommation en frais ou à la transformation industrielle.

Ces dernières décennies, la production de la tomate n'a cessé de progresser. Entre 1961 et 2012, la production a été multipliée par 5,85 dans le monde en passant de 27,61 à 161,79 millions de tonnes, et dans certains pays comme l'Inde, elle a été multipliée par 37,71 (FAO, 2014). Cette évolution a été forte et rapide, particulièrement dans les pays asiatiques, pour lesquels l'alimentation s'occidentalise.

En Algérie, les superficies globales réservées à la culture de tomate industrielle et le volume de la production agricole ont enregistré une baisse considérable durant ces dernières années, mais durant la période qui s'étale de 2000 à 2006, ces dernières ont connu des variations. Cette culture occupe une superficie de 23 070 ha avec une production de 4 569 970 Qx en 2000 et qui passe à 27 307 ha avec une production de 5 685 520 Qx en 2004; Ces Chiffres ont connu une baisse considérable en 2006 avec une superficie de 10569 ha et une production de 2 472 265 Qx.

Les recherches actuelles s'orientent, donc, plus vers une caractérisation et une amélioration de la qualité organoleptique de la tomate. Notamment les critères technologiques exigés par l'industrie agro-alimentaire. Il devient donc nécessaire d'améliorer cette espèce, et de satisfaire les besoins du consommateur aussi bien en quantité qu'en qualité.

En Algérie, la culture de tomate se pratique à travers tous le territoire national, elle progresse de plus en plus avec le développement des techniques agricoles. En 2013, la

production s'élevait à environ 433,40 Qx/ha (**MADR, 2014**). Malgré les dispositions prises et les techniques utilisées, le rendement reste toujours faible et assez éloigné de ceux enregistrés dans d'autres pays du bassin méditerranéen (la Turquie, l'Égypte et l'Italie), où les rendements moyens varient entre 3783 Qx/ha et 5587 Qx/ha (**FAO, 2014**).

La tomate est soumise à de nombreux programmes mis en place par le ministère de l'agriculture visant un meilleur développement de la filière, à savoir les systèmes d'irrigation modernes, choix des variétés résistantes et productives. Mais différentes contraintes sont à l'origine de la baisse du rendement (itinéraire technique peu adapté, faible utilisation de nouvelles techniques de production, absence de traitements préventifs, faible encadrement par les vulgarisateurs, faible taux de couverture des besoins en eau et absence de programme d'approvisionnement en semences et retard dans la plantation). La faible couverture des besoins en éléments fertilisants reste une contrainte majeure, en particulier le potassium qui joue un rôle essentiel dans le développement et la croissance des plants.

De par l'importance que joue le potassium dans la résistance des plantes au froid et aux maladies, ainsi que son intervention dans l'amélioration de la qualité nutritionnelle et gustative du fruit, notamment l'acidité, le pH du jus de fruit et la teneur en caroténoïdes. Il est indispensable de raisonner son apport.

A cet effet, des travaux de recherches sont effectués à la station expérimentale de l'École Nationale Agronomiques d'El Harrach et des Issers, se fixant comme objectif l'amélioration de la conduite de la tomate en introduisant l'irrigation goutte à goutte pour valoriser l'importance des éléments fertilisants, notamment le potassium indispensable à l'augmentation des rendements, ce qui a pour conséquence la diminution de la facture des intrants.

C'est dans cet optique que nous avons mené deux essais préliminaires durant les campagnes agricoles 1992/1993 et 1993/1994 traitant de l'interaction de différents régimes hydriques avec trois niveaux de fertilisation potassique (0-125-250 U K₂O/ha) chez trois variétés de tomate industrielles cultivées dans des conteneurs drainant de grandes dimensions.

Suite à cette étude, les résultats obtenus (**Ghebbi-Sismail et al. 2003**), ont montré des différences significatives du facteur irrigation notamment du régime hydrique sans restriction (ETM) sur certaines composantes du rendement (poids total des fruits, poids moyen d'un fruit, calibre moyen d'un fruit par plant et matière sèche du plant), et dans une certaine mesure le deuxième régime hydrique (ETM/2); Par contre, l'acidité du jus et l'indice

réfractométrique ont été augmentés par le rationnement hydrique le plus restrictif (ETM/4), il en est de même pour la teneur en proline des feuilles. Nos résultats semblent en accord avec ceux de **Rodriquez et al. (1994)**, qui indiquent une augmentation de l'acidité du jus de fruit et de l'indice réfractométrique de la tomate. En effet, chez la tomate d'industrie, il est important d'avoir une forte acidité du jus pour une meilleure qualité gustative et une bonne conservation du concentré de tomate. Aussi un fort indice réfractométrique indiquant une forte concentration en matières sèche solubles du fruit très recherché lors de la transformation. Cependant, les différentes doses de la fertilisation potassique préconisées par **Clement (1958)** et **Laumonnier (1979)** semblent insuffisantes, puisque aucun effet significatif n'a été montré sur la majorité des paramètres étudiés; bien qu'une influence plus ou moins positive de la dose K_2 (250U/ha de K_2O) sur la réduction de la transpiration de la plante chez les trois variétés étudiées, soit notée. On peut penser par ailleurs que l'absence de différence significative du facteur potassium soit peut être liée au taux relativement élevé en argile du sol (35%) et les dimensions des pots de culture ayant probablement limité l'efficacité d'utilisation du potassium par la plante.

Compte tenus des paramètres technologiques positivement influencés par la variation du régime hydrique, en particulier le régime hydrique le plus restrictif, et connaissant le rôle du potassium sur l'augmentation de l'acidité et de l'indice réfractométrique du jus, ainsi que l'augmentation du rendement des fruits. Nous nous sommes intéressés dans les essais ultérieurs à mener une expansion de notre recherche dans les conditions réelles de terrain où le facteur eau n'est pas un facteur contrôlé

A cet effet plusieurs travaux ont été réalisés dans le but d'évaluer l'importance de la fertilisation potassique chez deux variétés de tomates industrielles cultivées en plein champs, ces travaux ont été réalisés durant quatre campagnes agricoles: 2006/2007 ; 2008/2009 ; 2010/2011 ; 2013/2014 :

- **Durant trois campagnes agricoles (2006/2007, 2008/ 2009, 2010/2011)**, Nous avons testé l'effet de trois doses de fertilisation potassique (0- 250- 500 de K_2O /ha) sur les paramètres agronomiques et technologiques chez deux variétés de la tomate industrielle (*Lycopersicum esculentum* Mill.)
- **Durant la campagne agricole 2013/2014**, nous avons réalisé un essai sur une des deux variétés pour son caractère vigoureux et résistant aux maladies. Neuf doses de la

fertilisation potassique sont testées (0-100- 200-300-400-500-600-700-800 U K₂O/ha) pour évaluer la dose optimale visant une production maximale.

De nos séries d'essais réalisés sur terrain, découlent un bilan de l'effet de différentes doses de la fertilisation potassique sur le comportement, le rendement et l'évolution des paramètres technologiques chez deux variétés de tomate industrielles cultivées en plein champ.

Notre travail s'articule autour de trois parties:

Première partie : Synthèse Bibliographique qui est composée de cinq chapitres :

- Le premier chapitre vise à apporter des connaissances générales sur la tomate ;
- Le deuxième chapitre présente les exigences édapho-climatiques de la tomate ;
- Le troisième chapitre présente les généralités et l'importance du potassium chez la tomate;
- Le quatrième chapitre présente l'importance du lycopène contenu dans la tomate.
- Le cinquième chapitre présente l'itinéraire technique de la tomate.

Deuxième partie: Présentation des Essais

Cette partie est composée d'un chapitre qui récapitule le matériel et méthodes utilisés lors des essais menés en plein champ, expliquant l'objectif de l'étude et la conduite expérimentale.

Troisième partie : Présentation et Discussions des Résultats

Cette partie est composée d'un chapitre qui présente les différentes analyses statistiques et l'interprétation des résultats obtenus au moyen du logiciel statistique Stat-Box. L'analyse de la variance est réalisée sur:

- Les trois campagnes agricoles séparées,
 - La moyenne des trois campagnes agricoles,
- Ensuite, une matrice de corrélation est établie sur la moyenne des trois campagnes agricoles, dans le but d'observer les corrélations existantes entre les variables étudiées par rapport à la fertilisation potassique.
- Une analyse globale sur l'effet de plus fortes doses (neuf doses) de la fertilisation potassique sur le comportement d'une variété de tomate industrielle vis-à-vis des paramètres de croissance, de production et des paramètres technologiques du fruit.

Le document se termine par une conclusion générale et des perspectives.

1. Origine et historique de la tomate

La tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) et les espèces qui lui sont apparentées sont originaires des vallées fertiles du Mexique et plus précisément des Andes péruvienne, région qui inclue la Bolivie, le Chili, la Colombie, l'Equateur et le Pérou. (Rick 1973; Taylor et al., 1986). La tomate cultivée est issue de la domestication de la forme semi sauvage *S. lycopersicum* var. *cerasiforme*, cette dernière étant un mélange de *S. lycopersicum* et de l'espèce sauvage *S. pimpinellifolium* (Peralta et al., 2008; Ranc et al., 2008). Cependant la question du lieu de la domestication demeure irrésolue par manque de données historiques et expérimentales et deux hypothèses coexistent : une domestication péruvienne et/ou mexicaine après migration de formes sauvages (*S. pimpinellifolium*) et/ou semi domestiquées (*S. lycopersicum* var. *cerasiforme*) d'Amérique du Sud vers l'Amérique centrale (Peralta et al., 2008).

En Europe les italiens ont été les premiers à consommer la tomate dès le XVI^{ème} siècle, notamment en sauce (Degioanni, 1997), puis sa consommation à l'état frais a commencé dans de nombreux pays du bassin méditerranéen et s'est répandue vers le Nord de l'Europe à la fin XVIII siècle. La tomate a longtemps été considérée comme toxique, et on lui associait tous types de vertus maléfiques à cause de sa ressemblance avec la mandragore. Elle a d'abord été utilisée en tant que plante ornementale, puis en 1778, elle a rejoint le catalogue de semence potagère de Vilmorin-Andrieux (Degioanni, 1997).

La tomate s'est développée dans les climats de l'Espagne et d'Italie et le premier livre de cuisine sur la tomate contenant diverses recettes a été publié en Italie, en 1692. La tomate se caractérise par sa saveur et sa haute valeur nutritive, son cycle de vie est court avec une haute productivité. Aujourd'hui la tomate est le légume le plus consommé à l'échelle mondiale (Abdelmageed et al., 2003).

En Algérie, ce sont les cultivateurs du Sud de l'Espagne (Tomateros), qui l'ont introduite en raison des conditions climatiques qui sont favorables à sa culture. Quant à sa consommation, elle a commencée dans la région d'Oran en 1905 puis, elle s'étendit vers le centre, notamment au littoral algérois (Latigui, 1984). La diffusion de la culture de tomate maraîchère est présentée par la **Figure 1**.

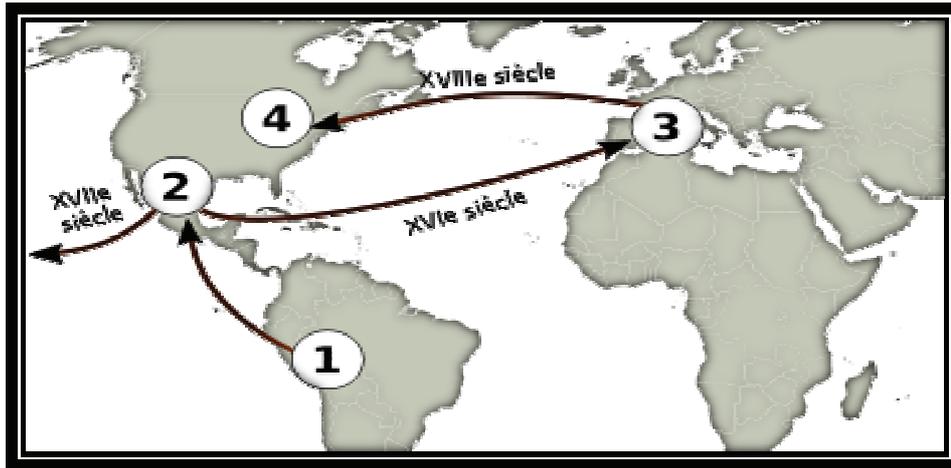


Figure 1 : Diffusion de la tomate dans le monde (Gallais et Bannerot ,1992).

- (1) **Pérou:** Centre de diversification.
- (2) **Mexique:** Premier centre de domestication.
- (3) **Europe:** Deuxième centre de domestication.
- (4) **Etats uni:** Troisième centre de domestication.

Linné (1753), avait inclus la tomate dans le genre *Solanum*, en la nommant *Solanum lycopersicum* mais Miller (1754, 1768) la renomma *Lycopersicon esculentum*, en créant le genre *Lycopersicon* qui regroupait les différentes espèces de tomate. Le terme gréco-latin « *Lycopersicon* » signifie « pêche de loup » et le mot latin « *esculentum* » signifie « Comestible ». Cependant seuls les fruits tournants ou mûrs sont comestibles car la plante et les jeunes fruits verts contiennent de la tomatine, un glycoalcaloïde potentiellement toxique.

2. Situation et importance économique de la tomate

La tomate est produite presque partout dans le monde et à n'importe quelle saison. Ses fruits se retrouvent aujourd'hui consommés toute l'année. Elle joue, par conséquent, un rôle important dans l'alimentation humaine et représente un grand intérêt économique. Sa production se divise en deux grandes catégories, la tomate pour la consommation en frais (tomate de marché) d'une part et la tomate destinée à la transformation (tomate d'industrie) d'autre part.

2.1. Dans le monde

La tomate est cultivée dans de nombreux pays du monde (170 selon la **FAO, 2010**) et sous divers climats, y compris dans des régions relativement froides grâce au développement des cultures sous abris.

La production mondiale de la tomate en 2012 s'élève à plus de 161 millions de tonnes (Mt), cette production se répartie sur tous les continents à des taux de : 60,50 % en Asie, 15,33 % en Amérique, 12,79 % en Europe, 11,09 % en Afrique et elle augmente tous les ans de plusieurs millions de tonnes avec une légère régression en 2010 (**FAO, 2014**).

L'essentiel de la production mondiale de la tomate est concentrée dans quelques pays avec en tête la chine. La plus grande productivité est due aux divers perfectionnements techniques employés ainsi que les quantités importantes de plants en culture. Les dix principaux pays producteurs pour l'année 2012 sont présentés dans le **tableau 1**.

Tableau 1. Principaux pays producteurs de la tomate dans le monde (FAO, 2014).

Année 2012	Superficie cultivée (ha)	Production (T)	Rendement (T/ha).	(%)
Chine	1 005 003,00	50 125 055,00	49,87	30,98
Inde	870 000,00	17 500 000,00	20,11	10,82
États-Unis	150 140,00	13 206 950,00 8	7,96	8,16
Turquie	300 000,00	11 350 000,00	37,83	7,02
Égypte	216 395,00	8 625 219,00	39,85	5,33
Iran	160 000,00	6 000 000,00	37,50	3,71
Italie	91 850,00	5 131 977,00	55,87	3,17
Espagne	48 800,00	4 007 000,00	82,11	2,48
Brésil	63 859,00	3 873 985,00	60,66	2,39
Mexique	96 651,00	3 433 567,00	35,52	2,12
Monde	4 803 680,17	161 793 834,18	33,68	100

Le **tableau 1** montre une forte évolution de la production en Asie, notamment en Chine avec une production de 50,12 Mt suivie par six pays produisant plus de cinq millions de tonnes : l'Inde, les Etats-Unis, la Turquie, l'Egypte, l'Iran et l'Italie.

La Chine occupe plus d'un quart de la production mondiale avec 50.12 Mt en 2012 soit un taux de 30,98% (**figure 2**). Viennent ensuite l'Inde avec 17.50 Mt (10,82%) puis les Etats-Unis avec 13.20 Mt (8,16%) suivi de nombreux pays méditerranéens comme la Turquie, l'Egypte et l'Italie. Il faut noter qu'en 2012 l'Algérie se situe au 23ème rang à l'échelle mondial, avec une production de 796 963 tonnes (0,49%).

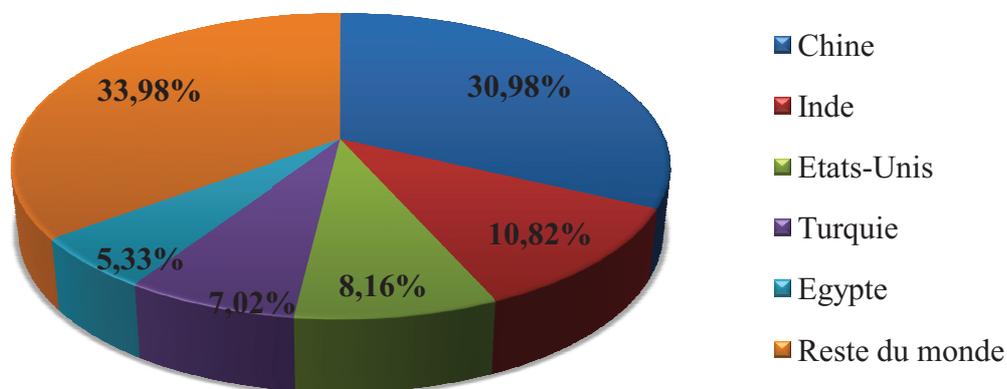


Figure 2 : Répartition par pays du taux de production de la Tomate dans le monde (FAO, 2014).

Sur la période 1961-2012, la production mondiale de la tomate a été multipliée par 5.85, passant de 27,6 à 161,79 millions de tonnes et dans certains pays comme l'Inde, elle a été multipliée par 37,71. Cette évolution a été très forte et rapide, particulièrement dans les pays asiatiques, pour lesquels l'alimentation s'occidentalise.

En effet, l'importance accrue de la tomate sur le marché mondial est une force motrice pour élargir la superficie et la part des exportations de nombreux pays, notamment pour ceux situés à proximité des principaux pays importateurs.

2.2. En Algérie

En Algérie, la tomate est en pleine expansion. Elle est soumise à de nombreux programmes établis par le ministère de l'agriculture et du développement rural. Pour son

développement, de nouvelles techniques de production sont introduites ces dernières années visant de plus hauts rendement.

Les dernières statistiques (**tableau 2**) montrent une augmentation de la superficie et de la production de la tomate maraîchère due à la demande élevée de ce légume, notamment à compter de l'année 2005 (**MADR, 2014**). La production de tomate a augmenté de 3 414 470 qx en 2000 à 9 750 753 qx en 2013 soit une augmentation de 65%, ce qui peut être expliqué par l'amélioration progressive et la maîtrise des techniques culturales bien qu'elles restent insuffisantes pour atteindre les normes de production internationales.

Pour permettre un meilleur développement de la filière tomate, le ministère de l'agriculture a procédé à la mise en place des systèmes d'irrigation modernes et d'un suivi phytosanitaire pour prévenir les attaques de parasites responsables de diverses maladies d'origine virales et bactériennes.

Tableau 2 : Evolution de la production nationale, des superficies cultivées et des rendements de la Tomate maraîchère en Algérie (MADR, 2014).

Années	Superficies (ha)	Production (qx)	Rendement (qx/ha)
2000	16 710	3 414 470	204,33
2001	16 760	3 735 340	222,87
2002	17 820	4 013 640	225,20
2003	18 650	4 569 330	245,00
2004	19 432	5 121 950	263,60
2005	21 089	5 137 280	243,60
2006	20 436	5 489 336	268,60
2007	20 079	5 673 134	288,50
2008	19 655	5 592 491	284,50
2009	20 789	6 410 343	308,40
2010	21 358	7 182 353	363,30
2011	20 575	7 716 055	375,00
2012	21 542	7 969 630	370,00
2013	22 497	9 750 753	433,40

2.2.1 Principales zones de production de la tomate

En Algérie, les principales zones de production de la tomate sont résumées comme suit :

- ✓ **Zone Est** : Biskra, Skikda, Jijel, Guelma, Annaba, El taref
- ✓ **Zone Centre** : Alger, Boumerdes, Tipaza, Blida et Ain-Defla.
- ✓ **Zone Ouest** : Chlef, Sidi-Bel-Abbès et Tindouf.
- ✓ **Zone Sud** : Adrar, Timimoun et Ouargla

2.2.2 Calendrier de production de la tomate

La période de production de la tomate industrielle en Algérie va du mois d'Avril-Mai jusqu'au mois de septembre, à l'opposé de la tomate maraîchère, qui est produite durant toute l'année, en particulier sous serre en période hivernale (**Chelha, 2001**).

La production de la tomate industrielle, enregistre des pertes importantes dues à la grande pression qu'elle subit, au niveau des usines. Ces pertes sont provoquées, par le manque d'organisation dans le calendrier de production, et surtout des moyens limités pour son stockage.

Afin d'harmoniser les relations entre la production de la tomate et sa transformation, **Chelha (2001)**, a proposé un système d'étalement du calendrier de production, par le choix de deux variétés, une précoce et une autre tardive (récolte échelonnée).

3. Intérêt agronomique de la tomate

Au cours du 19^{ème} siècle apparaissent les premières variétés issues de la sélection résultant des mutations ou des fécondations croisées. Ces variétés, marquent l'avènement d'une période de recherche intense d'amélioration des caractères du fruit à des fins agroalimentaires. Les premières recherches variétales débutèrent au 20^{ème} siècle, pour produire des variétés de tomate plus régulières, plus productives et plus résistantes aux maladies (**Bénard, 2009**). Ces variétés dites hybrides sont obtenues à partir de lignées homozygotes éloignées génétiquement et dont le croisement procure à la descendance une vigueur accrue face à un caractère donné, appelée vigueur hybride ou *hétérosis*. Les recherches menées afin de créer ces variétés de tomate plus performantes d'un point de vue agronomique ont évolué selon quatre axes (**Bai and Lindhout, 2007**) :

- ✓ Le rendement de production fut tout d'abord la cible des sélectionneurs des années 1970,

- ✓ L'amélioration de la conservation des fruits à partir des années 1980,
- ✓ L'amélioration du goût à partir des années 1990,
- ✓ L'amélioration de la qualité nutritionnelle des fruits fait aujourd'hui l'objet d'une attention première de la part des sélectionneurs.

4. Valeur alimentaire et propriétés médicinales de la tomate

La tomate tient une place importante dans l'alimentation humaine, elle est consommée soit crue, soit cuite, ou comme un produit transformé tels que jus de fruits, sauces, Ketchup et de conserves. Dans les dernières décennies, la consommation de tomate a été associée à la prévention de plusieurs maladies comme le cancer ou les maladies cardiovasculaires (**Wilcox et al., 2003**). Cet effet protecteur a été principalement attribué à ses composants bioactifs ayant des propriétés antioxydants (**Borguini et Torres, 2009**) comme les caroténoïdes (lycopène ainsi que le β -carotène), l'acide ascorbique (vitamine C), tocophérol (vitamine E) et les composés phénoliques (**Martinez-Valverde et al., 2002**). Le lycopène le plus puissant antioxydant caroténoïde a montré d'autres effets bénéfiques sur la santé tels que l'induction de la communication entre les cellules, la modélisation des hormones du système immunitaire et d'autres voies métaboliques. Il neutralise, plus efficacement, le radical libre, particulièrement agressif, dérivé de l'oxygène. Alors que les composés phénoliques présentent un large éventail de propriétés physiologiques comme des anti-allergéniques, anti-inflammatoires, anti-microbien et des effets cardioprotecteurs (**Balasundram et al., 2006**).

Le **tableau 3** montre que la tomate est un aliment très riche en eau (93 à 95 %), en éléments minéraux et en oligo-éléments. Parmi les minéraux de la tomate, le potassium domine largement, suivi par le chlore, le phosphore et le magnésium. Parmi les oligo-éléments, on peut noter des teneurs non négligeables en fer et en zinc, ainsi que des traces de cobalt, de nickel, de fluor, de bore et de sélénium. Les vitamines du groupe B sont assez abondantes et toutes représentées y compris la vitamine B8 et l'acide folique (B9). Par contre, ce fruit ne renferme que de faibles quantités de glucides (3%), de protéines (moins de 1 %) et seulement des traces de lipides. De ce fait, elle est pauvre en calories (15 à 20 calories pour 100g de matière fraîche) (**Favier et al., 2003**).

En ce qui concerne les vitamines, la tomate est reconnue pour sa richesse en vitamine C (forme réduite et oxydée). Aussi, ce fruit contient des vitamines A, B, K et E. Mais ce sont essentiellement les vitamines C et E qui ont été les plus étudiées dans les fruits de tomate.

L' α -tocophérol est la forme de la vitamine E majoritairement retrouvée dans les tomates fraîches. Les teneurs en vitamine E varient beaucoup en fonction des variétés de tomate et des dates de récolte (**Marsic et al., 2010 ; Raffo et al., 2006**). A la différence de la vitamine E, la tomate fraîche apporte des quantités non négligeables de vitamine C sous les formes oxydée (DHAA) et réduite (AA). Les teneurs en vitamine C totale sont variables selon les variétés et les conditions de culture; elles sont généralement comprises entre 7 et 30 mg/100g (de matière fraîche) mais peuvent atteindre 70 mg/100 g pour des tomates cerises (**Chassy et al., 2006**). Les proportions d'acides ascorbique (AA) et déhydroascorbique (DHAA) varient également en fonction des cultivars et des conditions environnementales. La forme oxydée pourrait représenter 0 à 85 % de la vitamine C totale et même atteindre 90 % lorsque les fruits sont cultivés sous un climat chaud (**Lenucci et al., 2006**).

Tableau 3 : Teneurs des constituants de la tomate (pour 100g de produit frais) selon USDA (2007).

Composés	Teneur	Composés	Teneur
Eau (%)	94,5	Acides aminés :	
Energie (Kcal)	18	Tryptophane (g)	0,006
Protéines (g)	0,88	Thréonine (g)	0,021
Lipides (g)	0,2	Isoleucine (g)	0,02
Centres (g)	0,5	Leucine (g)	0,031
Carbohydrates (g)	3,92	Lysine (g)	0,031
Fibres (g)	1,2	Méthionine (g)	0,007
Sucres (g)	2,63	Cystine (g)	0,011
Glucose (g)	1,25	Phenylalanine (g)	0,022
Fructose (g)	1,37	Tyrosine (g)	0,015
Minéraux :		Valine (g)	0,022
Calcium (mg)	10	Arginine (g)	0,021
Fer (mg)	0,27	Histidine (g)	0,013
Magnésium (mg)	11	Alanine (g)	0,024
Phosphore (mg)	24	Acide aspartique (g)	0,118
Potassium (mg)	237	Acide glutamique (g)	0,313
Sodium (mg)	5	Glycine (g)	0,021
Zinc (mg)	0,17	Proline (g)	0,016
Cuivre (mg)	0,059	Sérine (g)	0,023
Manganèse (mg)	0,114	Vitamines :	
Lipides :		Vitamine C (mg)	12,7
Acides gras saturés (g)	0,045	Thiamine (µg)	37
C16:0 (g)	0,033	Riboflavine (µg)	19
C18:0 (g)	0,013	Niacine (mg)	0,594
Acides gras monoinsaturés (g)	0,05	Acide pantothénique (µg)	89
C16:1 (g)	0,002	Vitamine B6 (µg)	80
C18:1 (g)	0,049	Folates (µg)	15
Acides gras polyinsaturés (g)	0,135	Vitamine A (µg)	42
C18:2 (g)	0,13	α-tocophérol (mg)	0,54
C18:3 (g)	0,005	γ-tocophérol (mg)	0,12
Phytosterols (mg)	7	Vitamine K (µg)	7,9
		Caroténoïdes :	
		α-Carotène (µg)	101
		β-Carotène (µg)	449
		Lycopène (µg)	2573
		Lutéine + Zéaxanthine (µg)	123

5. Classification de la tomate

La tomate est une plante herbacée annuelle à port buissonnant, sa classification est faite sous plusieurs caractères :

5.1. Classification botanique

La tomate dont l'appartenance à la famille des Solanacées avait été reconnue par les botanistes de la Renaissance, a été classée scientifiquement par Linné en 1753, comme *Solanum lycopersicon*, d'autres botanistes lui ont attribué différents noms : *Solanum esculentum*, *Lycopersicon lycopersicum*; c'est finalement *Lycopersicon esculentum* attribué par Philippe Miller en 1754, qui a été retenu (**Munroe et Small, 1997**).

Gallais et Bannerot (1992), rappelle que la tomate *Lycopersicon esculentum* Mill. appartient à la classification suivante :

Règne :Végétal
Embranchement : Phanérogames
S/Embranchement : Angiospermes
Classe : Dicotylédones
Sous classe :Gamopétales
Ordre : Solanales
Famille : Solanacées
Genre :*Lycopersicon*
Espèce :*Lycopersicon esculentum* Mill.

5.2. Classification génétique

La tomate est une plante climatérique, diploïde à $2n=24$ chromosomes (**Judd et al., 2002**), chez laquelle il existe de très nombreux mutants monogéniques, dont certains sont très importants pour la sélection. Sa carte chromosomique compte actuellement 235 gènes localisés avec précision (**Gallais et Bannerot, 1992**).

Chez la tomate, la structure de la fleur lui confère une cleistogamie, mais elle peut se comporter comme une plante allogame. Ces deux types de fécondation divisent la tomate en deux variétés qui sont :

5.2.1. Variétés fixées

Il existe plus de 500 variétés dont les caractéristiques génotypiques et phénotypiques se transmettent aux générations descendantes. Elles sont sensibles aux maladies, mais donnent des fruits d'excellente qualité gustative (**Polese, 2007**).

5.2.2. Variétés hybrides

Elles sont nombreuses et présentent la faculté de réunir plusieurs caractères d'intérêt agronomique (bonne précocité, résistance aux maladies, aux attaques parasitaires et des hauts rendements). Ces hybrides ne peuvent être multipliés puisqu'ils perdent leurs caractéristiques avec la descendance (**Polese, 2007**).

6. Différentes variétés de tomate

Chez la tomate, il existe de nombreuses variétés cultivées. On distingue plusieurs catégories de tomates qui sont classées selon leurs caractères botaniques, morphologiques et selon le mode de croissance de la plante, qui déterminent l'aspect et le port que revêt la plante.

La plupart des variétés ont un port dit indéterminé et d'autres dites à port déterminé donnent un aspect buissonnant à la plante (**Naika et al., 2005**).

6.1 Variétés à port déterminée

Les variétés à port déterminé sont des variétés naines, leur croissance s'arrête une fois la plante a produit un nombre déterminé de bouquets de fleurs (en générale trois ou quatre). C'est dans ce type de tomate que l'on trouve, le plus souvent, les variétés industrielles de conserverie, cultivées en plein champ. Pour ce type de croissance également, on retrouve des variétés fixées et des hybrides (**Polese, 2007**).

Les hybrides suivants sont les plus utilisés en Algérie FAROUNA, JOKER, LUXOR, SUPER RED, TOMALAND, TOP 48, SUZANA, ZIGANA ZERALDA. Tandis que les variétés fixées : la variété AICHA et RIOGRANDE (**Snoussi, 2010**).

6.2. Variétés à port indéterminé

Elles sont plus nombreuses et continuent leur croissance en produisant des bouquets de fleurs tant que les conditions sont favorables. Comme leur développement est exubérant, leur

tige doit être attachée à un tuteur sous peine de s'affaisser au sol. Il est également nécessaire de les tailler et de les ébourgeonner régulièrement. Elles ont une production échelonnée et sont plus productives par apport aux tomates à port déterminé. Parmi ces variétés, on trouve les variétés fixées et les variétés hybrides :

- **Variétés fixées** : Les variétés les plus cultivées en Algérie sont la MARMANDE et la SAINT PIERRE (Snoussi, 1984).
- **Variétés hybrides** : Les variétés les plus cultivées en Algérie sont ACTANA, AGORA, BOND, NEDJMA, TAFNA, TAVIRA, TOUFAN, TYFNO et ZAHRA (Snoussi, 2010).

7. Caractéristiques morphologiques de la tomate

La tomate est une plante vivace, mais en culture elle est considérée comme une plante annuelle (Chaux et Foury, 1994).

7.1. Appareil végétatif

7.1.1. Système racinaire (figure 3)

Le système racinaire chez la tomate est puissant et très ramifié à tendance fasciculé. Il est très actif sur les 30 à 40 premiers centimètres. En sol profond, On peut trouver des racines jusqu'à un mètre de profondeur (Chaux et Foury, 1994).

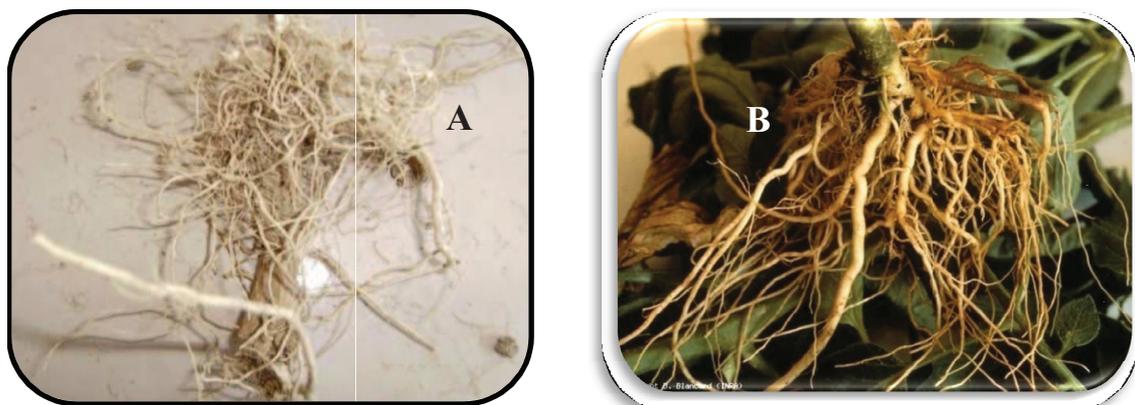


Figure 3. Système racinaire du plant de tomate

A: photographie du système racinaire de la tomate (Originale: I.T.C.M.I d'Issers, 2011).

B: Photographie du Système Racinaire (Chaux et Foury, 1994).

7.1.2. La tige

Chez la tomate, la tige est anguleuse et épaisse aux entre-nœuds pubescents, de consistance herbacée en début de la croissance, puis se lignifie en vieillissant. Cette croissance monopodiale après 4 à 5 feuilles devient sympodiale, c'est-à-dire que les bourgeons axillaires donnent naissance à des ramifications successives. Par contre, les bourgeons terminaux produisent des fleurs. Les rameaux issus des bourgeons axillaires produisent des feuilles à chaque noeud et se terminent par une inflorescence (**Chaux et Foury, 1994**).

La tige porte deux types de poils, simple et glanduleux. Ces derniers contenant une huile essentielle qui donne une odeur caractéristique à la plante (**Kolev, 1976**).

7.1.3. La feuille (figure 4)

Les feuilles de la tomate sont composées de 5 à 7 folioles, longues de 10 à 25cm et d'un certain nombre de petites folioles intercalaires ovales, un peu dentés sur les bords, grisâtres à la face inférieure. Elles sont souvent repliées en formes de cuillère ou même à bords roulés au dessus. Ces feuilles sont alternées sur la tige.



Figure 4. Feuille du plant de tomate (Originale : I.T.C.M.I. des Issers, 2013)

7.2. Appareil reproducteur de la tomate

7.2.1 La fleur (figure 5)

Les fleurs sont des organes de reproduction de la tomate. Elles sont regroupées sur le même pédoncule en bouquet lâche formant des grappes plus ou moins bifurquées de 3 à 8 fleurs chez les variétés fixées et au-delà chez les hybrides (**Polese, 2007**).

La fleur de tomate est actinomorphe à symétrie pentamère. Le calice compte cinq sépales verts. Ce calice est persistant après la fécondation et subsiste au sommet du fruit. La corolle compte cinq pétales d'un jaune vif, soudés à la base, souvent réfléchis en arrière, et formant une étoile à cinq pointes. L'androcée compte cinq étamines à déhiscence latérale, les anthères allongées forment un cône resserré autour du pistil. Celui-ci est constitué de deux carpelles soudés, formant un ovaire super biloculaire (à deux loges) et à placentation centrale. Chez certaines variétés l'ovaire est pluriloculaire (**Dore et Varoquaux, 2006**).

Les fleurs sont gamopétales et répandent à la formule suivante : $5S+5P+5E+2C$ (**Kolev, 1976**).

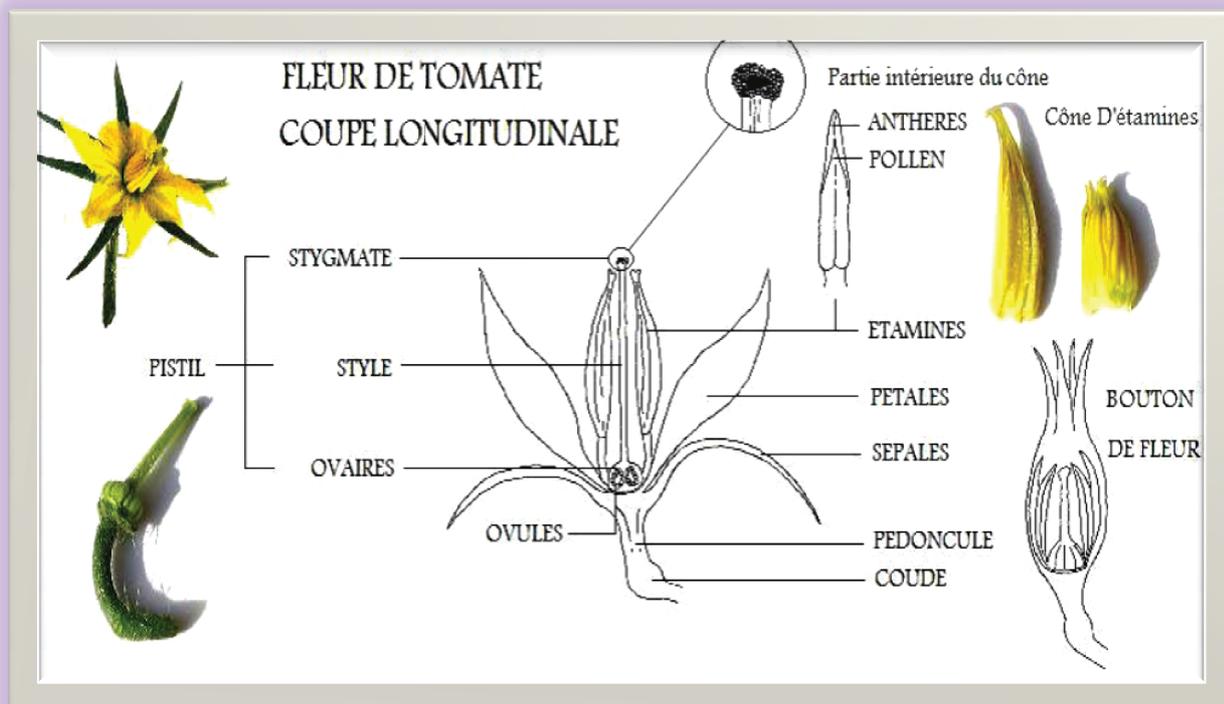


Figure 5. Coupe longitudinale d'une fleur de tomate (Welty et al., 2007)

7.2.2. Le fruit (Figure 6)

Les fruits de la tomate sont des baies charnues présentant deux ou plusieurs loges. Ils peuvent peser de quelques grammes à près de deux kilogrammes. Leur forme est généralement sphérique mais peut être plus ou moins aplatie, plus ou moins côtelée, en forme de cœur ou de poire (figure 7). Les fruits sont verts puis virent généralement au rouge à maturité. Ils peuvent cependant être de couleur jaune, rose, orange, blanche, noire voire même bicoloré à maturité.

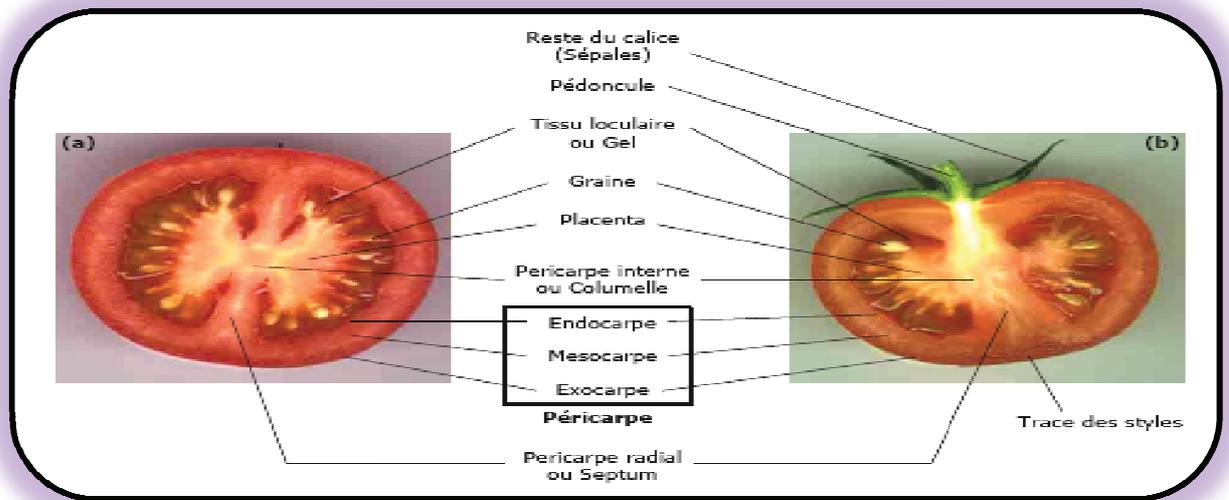


Figure 6. Coupe transversale (a) et longitudinale (b) du fruit tomate à maturité (Gillapsy, 1993).

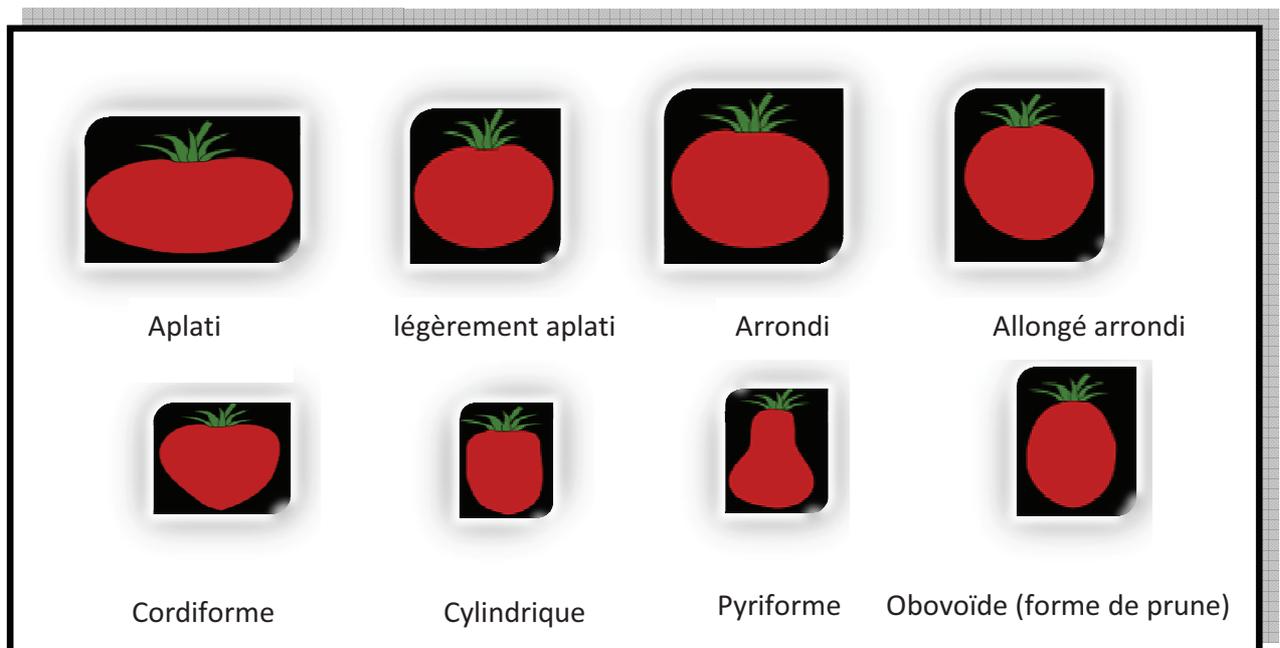


Figure 7. Différentes formes de tomates décrivant une variété (Wikipedia, formes de tomates)

7.2.3. La graine

Les graines sont nombreuses et sont en forme de rein ou de poire. Elles sont poilues, beiges, de 3 à 5 mm de longueur et 2 à 4 mm de large. L'embryon est enroulé dans l'albumen. 1000 graines sont présentes approximativement dans de 2.5 à 3.5g (**Chaux et Fourry, 1994**).

8. Caractéristiques physiologiques de la tomate

De nombreux travaux ont été réalisés sur la tomate, ce qui nous permet de connaître assez son cycle biologique, ses exigences ainsi que ses conditions de milieu, lui permettant un développement optimum et une bonne productivité (**Heller, 1978**).

8.1. Cycle biologique de la tomate

D'après **Gallais et Bannerot (1992)**, le cycle végétatif complet de la tomate allant de la graine à la graine varie selon les variétés, l'époque et les conditions de culture ; mais il s'étale généralement en moyenne de 3,5 à 4 mois du semis, jusqu'à la dernière récolte (7 à 8 semaines de la graine à la fleur et de 7 à 9 semaines de la fleur au fruit). Le cycle comprend six phases qui sont les suivantes :

8.1.1. Germination de la graine

Lors de la germination, la graine passe de la vie ralentie à la vie active, ce qui se traduit par la sortie de la radicule et l'émergence de l'hypocotyle en surface. Les réserves sont hydrolysées et fournissent à l'embryon les métabolites nécessaires à ses synthèses et à ses divisions cellulaires. Au plein champ, la germination s'exprime par la levée des graines, qui s'effectue au bout de 6 à 8 jours à une température ambiante comprise entre 18 et 24°C. Au dessus du sol, apparaît la tigelle et deux feuilles cotylédonaire simples. La radicule possède un manchon de poils bien visible (**Heller, 1978**).

8.1.2. Croissance de la plante

La croissance de la tomate se déroule en deux phases dans deux milieux différents :

- **En pépinière** : La croissance de la plante démarre de la levée jusqu'au stade 6 feuilles, où la plante assure la formation de racines fonctionnelles qui vont assurer à

la plante l'alimentation en eau et en éléments nutritifs. A la partie aérienne, la tige s'allonge et forme des feuilles.

- **En plein champ** : C'est la plantation, qui démarre à partir de l'apparition des feuilles photosynthétiques intenses et des racines fonctionnelles, qui correspondent au stade six feuilles. Les plants sont prélevés de la pépinière pour être transplantés au plein champ ou ils continueront leur croissance, la tige augmente en taille et le nombre de feuilles s'accroît. Ce système de culture est le plus répandu. Si l'irrigation est disponible, la plantation est faite en saison sèche. La mécanisation est réduite à la préparation du sol (**Cirad et Gret, 2002**).

8.1.3 La floraison

La floraison est le stade le plus important d'un point de vue Morphogénétique et physiologique. Selon **Rey et Costes (1965)**, la floraison correspond à l'apparition et le développement des ébauches florales qui se traduit par la transformation du méristème apicale en passant de l'état végétatif à l'état reproducteur. L'apex s'aplatit, s'élargit et les protubérances formées sont des ébauches de pièces florales. Celles-ci se transforment ensuite en boutons floraux et s'épanouissent en fleurs. Ces transformations dépendent de plusieurs facteurs, à savoir :

- La photopériode;
- La température;
- Les éléments nutritifs contenus dans le sol;

En conditions favorables, 6 à 7 semaines après le semis apparaissent les bouquets floraux groupés en inflorescences, durant cette phase les températures nocturnes et diurnes doivent être comprises entre 13°C et 23°C.

8.1.4 La pollinisation

La pollinisation nécessite l'intervention des facteurs extérieurs tels que, le vent ou certains insectes comme le bourdon qui provoque la vibration des anthères, libérant ainsi le pollen pour la pollinisation (**Chaux et Foury, 1994**). La libération et la fixation du pollen reste sous la dépendance des facteurs climatiques. Si la température nocturne est inférieure à 13°C, la plupart des grains de pollen seraient vides, aussi une faible humidité dessèche les stigmates et de cela résulte la difficulté de dépôt du pollen sur le stigmate de la fleur (**Pesson et Louveaux, 1984**).

8.1.5. Fructification et nouaison des fleurs

D'après **Rey et Costes (1965)**, le temps écoulé entre la pollinisation et la fécondation est effectué à une température normale pendant 2 à 3 jours. Une bonne nouaison se produit à une température nocturne comprise entre 13°C et 15°C. Les nuits chaudes (22°C) et les températures inférieures à 11°C sont défavorables à la nouaison; elle se fait mal, et les fruits seront déformés. Le fruit atteint sa maturité entre 50 à 53 jours après pollinisation.

8.1.6. Maturation des fruits

La tomate fait partie des fruits climactériques, comme l'abricot, la pêche, la prune, la pomme, la banane et la mangue qui sont caractérisés par une augmentation de la vitesse de respiration dans les stades précoces du mûrissement (« pic » ou « crise climactérique ») associée à une augmentation transitoire de la production d'éthylène (**Cheniclet *et al.*, 2005**). Ce dernier coordonne et accélère, au travers de l'activation de ses récepteurs, de multiples mécanismes aboutissant à un pic respiratoire, un changement radical dans la composition du fruit en sucres, acides organiques, caroténoïdes et chlorophylles, une dégradation des parois cellulaires, ainsi que la synthèse de composés volatiles (**Alexander and Grierson, 2002**). Le mûrissement du fruit est initiée, lorsque le fruit a quasiment atteint sa taille finale (stade "vert immature"). L'ensemble des changements physiologiques et biochimiques aboutiront à un fruit "rouge mûr" propre à la consommation.

9. Amélioration variétale de la tomate

La tomate a été modifiée par l'Homme. Pendant plusieurs siècles, les jardiniers ont créé de nouvelles variétés en sélectionnant les meilleurs plants, enrichissant ainsi la diversité génétique de la tomate. La découverte de la génétique, laisse la place à l'hybridation.

En 1996, le catalogue français de semences possède 280 variétés hybrides de tomates. L'amélioration de la qualité des fruits de tomate a toujours été présente mais c'est la définition de ces caractères de qualité qui ont évolué au cours du temps. Les sélectionneurs ont abordé les différents aspects : formes et tailles des fruits, homogénéité de la forme et de la taille, résistance à l'éclatement et autres défauts, coloration extrême rouge et homogène et enfin, les qualités organoleptiques des tomates pour lutter contre les tomates sans saveur.

9.1. Objectifs de l'amélioration variétale de la tomate

Si les programmes de sélection ont un certain nombre d'objectifs en commun, comme l'accroissement des rendements ou l'introduction des gènes de résistances aux maladies et aux ravageurs, la caractéristique majeure de la création variétale est la mise au point de cultivars spécialisés, adaptés à des conditions de culture.

De nouvelles variétés sont ainsi créées pour répondre à l'évolution des techniques culturales (modes de cultures plus intensifs et développement des serres), à la diversification de la destination des fruits ou à l'extension des cultures dans de nouvelles zones géographiques (conditions pédoclimatiques particulières, jours courts et peu lumineux de l'hiver)

Cette spécialisation des variétés s'est notamment traduite par la séparation entre les cultivars destinés à la production de fruits consommés en frais et ceux destinés à la transformation industrielle, qui se distinguent tant au niveau des techniques culturales que de la définition de la qualité des fruits (**Gallais et Bannerot, 1992**).

9.2. Différentes méthodes de l'amélioration variétale

La tomate cultivée est issue de l'espèce sauvage *Lycopersicon esculentum* variété *cerasiforme*. Les cultivars exploités proviennent d'introductions répétées à partir de mutants ou d'hybrides naturels. Une véritable sélection, avec des hybridations contrôlées et des choix de plantes les plus performantes dans la descendance a débuté aux Etats-Unis dans les années 1920. Depuis cette époque, de nombreux organismes, publics et privés, se sont intéressés à la tomate, et de ces techniques de création variétale ont évolué.

Depuis plusieurs décennies, les programmes de sélection se sont orientés vers la production de cultivars hybrides F1 (première génération issue du croisement entre deux lignées pures différentes), ces derniers présentent des rendements meilleurs et plus réguliers (grâce notamment à un pourcentage accru de fleurs donnant de nombreux fruits ; ils permettent de plus de cumuler plusieurs gènes de résistance à diverses maladies (**Laterrot, 1998**).

1. Données sur la nutrition potassique

1.1. Importance du potassium dans la nutrition minérale

C'est l'Anglais **Home** qui en 1762, découvrit que le potassium est un élément indispensable pour la vie végétale, nécessaire pour la croissance et le développement, en faisant des essais sur l'orge cultivé sur sable.

Les exigences nutritives globales des cultures maraîchères, et notamment celles de la tomate, sont très élevées en potassium, qui est l'élément prépondérant de la fertilisation minérale. Bien qu'il ait posé, et pose toujours des problèmes à l'agronome, les recherches de ces dernières décennies ont précisé les conditions d'absorption et la diversité des rôles physiologiques du potassium vis-à-vis de la plante :

- Ajustement des mouvements stomatiques aux états hydriques de la feuille
- Régulation de l'activité de divers éléments minéraux, action sur la croissance des tissus méristématiques.
- Activation des divers enzymes et assure le maintien de l'équilibre ionique.

On conçoit aisément l'importance du potassium en agronomie, ou il constitue un des éléments majeurs des fumures minérales.

1.2. Différentes source du potassium

A l'origine, le potassium se trouve dans de nombreuses roches : granites et schistes car il rentre dans la composition des feldspaths et des micas. Les sols calcaires et tourbeux en sont les plus pauvres. Pour que le potassium soit mis à la disposition de la plante, les roches et minéraux doivent subir une altération (hydrolyse) préalable (**Diehl, 1975**).

1.3. Dynamique du potassium dans le sol

La dynamique du potassium dans le sol est régie par l'ensemble des processus qui commandent son passage d'un compartiment à un autre (dissolution, échange, fixation et libération), ainsi que son absorption par les racines (figure 8).

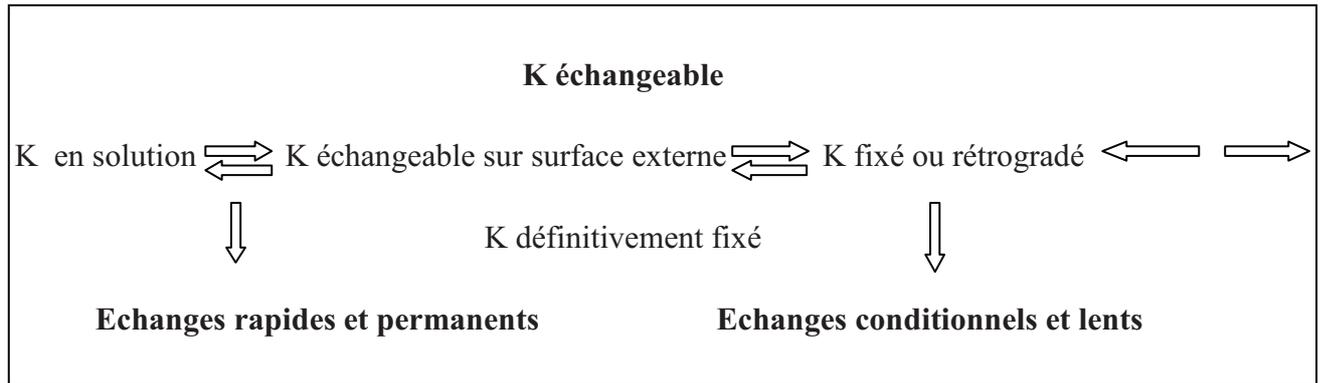


Figure 8. Résumé des différentes formes du potassium dans le sol

À un instant donné, le bilan de l'ensemble de ces processus détermine le statut du potassium dans un sol. Selon **Elalaoui, (2005)**, le potassium peut se retrouver dans le sol sous quatre différentes formes :

- ❖ Dans la solution du sol à l'état d'ion K^+ que la plante pourra l'absorber.
- ❖ Fixé sur le complexe absorbant (argile et humus) du sol sous forme de cation K^+ .

Lorsque la solution s'appauvrit en potassium, le complexe libère des cations K^+ . Le potassium de la solution du sol et du complexe absorbant est dit échangeable ou assimilable.

- ❖ Prisonnier entre les feuillets des argiles : le potassium est rétrogradé. Celui-ci pourra être libéré lorsque la partie assimilable sera appauvrie. La quantité retenue varie selon le type d'argile.
- ❖ Contenu dans la roche mère : sous forme insoluble. Sa mise à la disposition de la plante est très lente et n'est pas prise en compte pour l'établissement du plan de fumure (**Porres, 2009**).

2. Transfert du potassium dans le sol

Les transferts du potassium dans le sol sont illustrés par la figure 9, où il apparaît que la phase liquide est le milieu de transit de tous les éléments.

En général, le pH de la solution du sol influence l'absorption minérale des éléments nutritifs. La fixation des ions K^+ dans les feuillets d'argile est plus élevée lors de l'élévation du pH (**Soltner, 2003**).

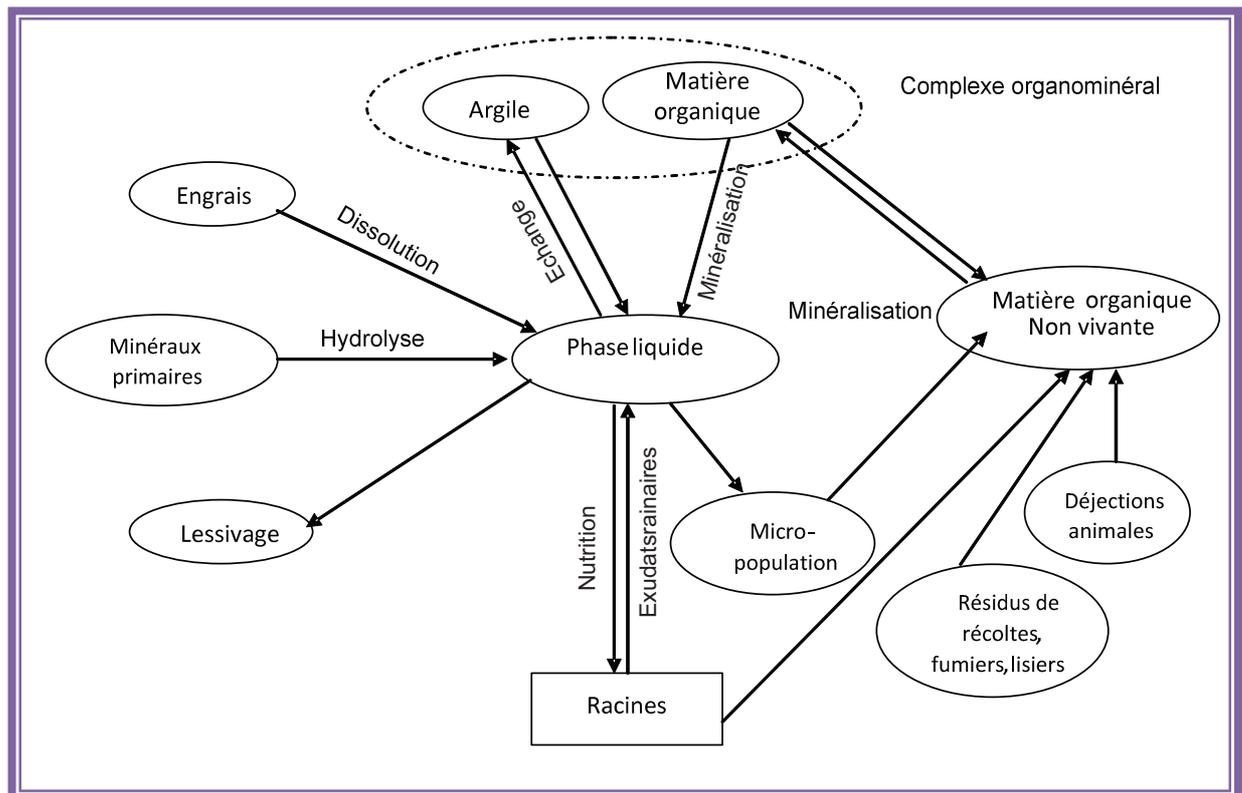


Figure 9. Transfert du potassium dans le sol (Morel, 1996).

3. Conditions d'absorption du potassium

La quantité d'ion potassium absorbée par les plantes dépend de la nature du sol, du climat et du stade physiologique de la plante. Cette quantité est fortement influencée par différents facteurs du substrat et du climat, dont certains sont interdépendants : humidité, température, pH, éclaircissement et aération du milieu, ainsi que le stade physiologique de la plante.

3.1. Humidité

Une certaine humidité du sol est nécessaire pour le processus de diffusion des ions potassium, du fait que ces derniers sont relativement peu mobiles. Une faible teneur en eau du sol signifie une faible mobilité de l'ion K^+ induisant une diffusion et un flux de masse restreints. **Grimme et al. (1971)**, ont montré que la disponibilité mesurée en K^+ absorbé est réduite de 15 à 45% lorsque la teneur en humidité du sol est réduite de la capacité au champ (40% H_2O) à pF 2,4 (30%). Une réduction ultérieure de la tension d'humidité du sol jusqu'à

pF 2,7(22% H₂O) provoque une diminution de la disponibilité de K⁺ d'environ 40 à 70%. Celle-ci peut être compensée jusqu'à un certain degré par une augmentation de la concentration de K⁺ dans la solution du sol.

3.2. Température

La température racinaire à un rôle important sur la vitesse d'absorption du potassium par la plante. En effet, chez la tomate, cette vitesse d'absorption augmente dès que les températures passent de 10°C à 24°C (**Lingle et Davis, 1959**). L'effet néfaste de basses températures de l'air sur l'alimentation en potassium est accentué si au niveau des racines ces mêmes températures sont enregistrées réduisant ainsi fortement la perméabilité membranaire (**Chaux et Fourry, 1994**).

3.3. Lumière

L'augmentation de l'éclairement lumineux en durée ou en intensité provoque un accroissement des teneurs en sucres, une augmentation de la transpiration et du flux hydrique. Ce qui entraîne un appel du potassium vers les sites des métabolismes intenses se traduisant par une absorption accrue seulement quand le sol peut assurer une absorption normale.

3.4. Oxygène et gaz carbonique

Une bonne nutrition potassique du végétal nécessite une bonne aération du sol. Des basses teneurs en oxygène du sol, entraînent une baisse considérable de l'absorption du potassium. **Vlavis et Davis (1944)**, ont observé sur racines excisées de tomate, une baisse de l'absorption en potassium dès que la pression partielle descend en dessous de 6%, et seulement à partir de 3% chez les racines de riz, mieux adaptées aux conditions asphyxiantes.

Caporn et al. (1982), signalent que l'effet stimulant du potassium sur le rendement végétal est en partie la conséquence du rôle de cet élément dans l'assimilation du CO₂

3.5. Nature du sol :

Plus le sol est argileux, plus le potassium disponible pour la plante est faible. Les sols argileux de type illite ont un plus grand pouvoir d'alimenter les plantes en potassium.

Selon **Gros (1962)**, il existe de nombreux types d'argile qui diffèrent par leur structure (disposition des feuillets, proportion de silice) et leur capacité très variables de fixation vis-à-vis du potassium (K^+). La réaction des sols à la fumure potassique dépendra donc pour une large part, de leur teneur en argile mais aussi du type d'argile dominant. On peut distinguer cinq types principaux d'argile qui se trouvent plus ou moins mélangées, en proportions variables :

- **L'illite** est le type le plus répandu dans les régions tempérées ; elle renferme des ions K^+ aussi bien à l'intérieur du réseau cristallin et à l'entrée de ses fentes, qu'à la surface externe des cristaux argileux. Ce type d'argile, fixe fortement les ions potassium et sa capacité d'échange est bonne. Les fortes fumures potassiques se seront mises en réserve pour les cultures suivantes.
- **La chlorite** ne présente des ions potassium (K^+) qu'à la surface externe des cristaux, donc pas de rétrogradation possible et présente un faible pouvoir de rétention et une faible capacité d'échange, d'où apports limités et fréquents d'engrais potassiques est nécessaire. Ainsi, la rétention insuffisante des ions (K^+) sera améliorée par des apports de matières organiques.
- **La vermiculite** présente une fixation énergique des ions (K^+) à l'intérieur des fentes en plus de l'adsorption superficielle, ce type d'argile est un concurrent sérieux pour l'alimentation potassique des plantes. Il faudra ainsi de fortes fumures potassiques pour satisfaire les besoins conjugués des plantes et de l'argile.
- **La montmorillonite** est naturellement pauvre en potasse, elle fixe avidement les ions (K^+) des engrais. Les apports doivent être importants pour satisfaire la faim de potasse de cette argile.
- **La kaolinite** présente une très faible capacité d'échange et ne peut retenir des ions (K^+) qu'à la surface externe des cristaux. C'est une argile des sols pauvres en potassium, elle demande pour cela des apports répétés d'engrais potassiques et des fumures organiques pour améliorer le pouvoir de rétention des ions potassium.

3.6. pH de la solution du sol

Le pH influence la solubilité des éléments nutritifs et l'absorption des ions par les racines. La libération des ions K^+ entre les feuillets d'argile devient difficile lorsque le pH du sol est acide, cela est dû au resserrement des feuillets d'argile (**Soltner, 2003**). La mobilité et la solubilité des éléments dans le sol sont gouvernées par de nombreux facteurs, comme le débit massique de l'eau, la capacité d'adsorption des éléments et le pH du sol (**Rengel et Damon, 2008**).

3.7. Stade de développement

Zehler et Forester (1972), signalent que chez la tomate les besoins en potassium sont élevés lors de la formation des fruits et du processus de pigmentation pendant la maturation.

3.8. La CEC du sol

Les sols à texture fine ont une CEC élevée et plus de K échangeable, mais la relation est plus complexe.

4. Différentes pertes en potassium

Les pertes par érosion du potassium concernent généralement les sols en pente (**Morel, 1996**). Cependant, le potassium est moins lessivé lorsque les constituants argileux qu'ils le rétrogradent sont abondants. Ainsi les pertes annuelles par drainage pour un hectare de couche arable sont :

- 0 à 10 Kg en sol argileux
- 10 à 20 Kg en sol limoneux
- 20 à 30 Kg en sol sableux (**Contignies, 1996**).

En effet, le potassium est peu mobile dans le sol, cependant certains facteurs favorisent son lessivage :

- **La texture du sol** : Selon la texture du sol, le fractionnement de l'apport de K est recommandé.
- **La source du K** : Sulfate potasse (K_2SO_4) et phosphate de potasse (KH_2PO_4) sont moins sujets au lessivage que le KCl et le KNO_3 , ce sont des ions accompagnateurs Cl^- et NO_3^- plus mobile que SO_4 et H_2PO_4

5. Le potassium dans la physiologie de la plante

Le potassium est un élément majeur essentiel à la croissance et au développement des plantes, sa teneur dans les tissus végétaux est élevée et représente 2 à 8% de la matière sèche (**Heller, 1977**). Il est le seul cation monovalent indispensable à la nutrition des végétaux supérieurs dans lesquels il est aussi l'élément minéral le plus abondant (**Morard, 1974**). Il se trouve soit sous forme d'ions K^+ , dans les liquides internes des cellules soit en combinaison organique plus ou moins stable avec les colloïdes cellulaires (**Contignies, 1996**).

5.1. Le potassium et la plante

Selon **Morel (1996)**, les organes végétatifs de la plante présentent des taux de potassium plus élevés que ceux qui assurent sa pérennité. Contrairement à d'autres éléments tels que l'azote, le phosphore et le soufre, le potassium n'apparaît pas dans la structure des composés organiques de la plante.

5.2. Rôles du potassium chez les plantes

Contrairement aux rôles de l'azote et du phosphore celui du potassium reste souvent difficile à cerner ; Bien qu'il ne constitue pas un élément plastique, il est toujours indispensable (**Chaux et Foury, 1994**).

5.2.1 Potassium et l'équilibre acido-basique

Le potassium joue le rôle de stabilisateur de pH. En effet, c'est un cation très abondant dans le cytoplasme. Il équilibre les anions immobiles dans le cytoplasme, les anions mobiles dans les vacuoles ainsi que les anions mobiles dans le xylème et le phloème. De plus, il intervient dans l'accumulation des acides organiques (**Hellali, 2002**).

Selon **El-Nemr (2012)**, l'acidité titrable et le pH du jus sont influencés par les niveaux de K dans la plante. A cet effet, l'acidité du jus augmente et le pH du jus de tomate augmente aussi. Le potassium est un élément qui maintient l'électroneutralité des acides organiques chez la tomate.

5.2.2. Potassium et la régulation stomatique

Le potassium joue un rôle osmo-régulateur indispensable pour le maintien du statut de l'eau dans les cellules. Il intervient dans la réduction de la transpiration. L'ouverture des

stomates est conditionnée par une concentration élevée en K^+ dans les cellules de garde (Hellali, 2002).

5.2.3. Rôle du potassium dans la fixation du CO_2 et dans la synthèse des Protéines

Le rôle du potassium est prédominant dans la fixation du CO_2 et la synthèse des protéines. Des teneurs élevées en cet élément peuvent entraîner la dissociation des sous-unités ribosomiques, induisant un arrêt de la synthèse des protéines et une accumulation d'acides organiques. Les teneurs élevées sont aussi accompagnées d'une baisse de magnésium qui constitue 25 % des protéines dans les chloroplastes des feuilles. Ainsi les chloroplastes vont être affectés dans leur taille, leur structure et leur fonction, y compris le transfert des électrons dans le système II de la fixation du CO_2 , sachons que le magnésium constitue un élément très utilisé par la grande majorité des ATP-ases (Hellali, 2002).

5.2.4 Potassium et économie en eau

Le potassium joue un rôle important dans l'efficacité d'utilisation de l'eau, il réduit la transpiration, par conséquent il permet aux cultures de mieux résister à la sécheresse (Contignies, 1996 ; Ghebbi, 1998).

D'après Morel (1996), lorsqu'il y a une carence en potassium, la consommation relative d'eau par unité de matière sèche, est beaucoup plus élevée que lorsque l'apport de cet élément est optimal.

5.2.5. Potassium et la croissance des plantes

Les organes jeunes sont plus riches en potassium. A cet effet, il intervient de façon importante dans la croissance des végétaux, notamment dans la division cellulaire. Cette action a pour effet pratique d'accroître la précocité (Contignies, 1996).

5.2.6 Potassium et la photosynthèse

Le rôle favorable du potassium dans l'assimilation chlorophyllienne et la photosynthèse s'explique en particulier par son action sur la formation et l'activité des chloroplastes grâce auxquels la plante transforme l'énergie lumineuse en énergie chimique.

5.2.7. Potassium et la résistance au froid :

Edwards (1982), signale dans ses travaux sur la résistance au froid des plantes que l'apport du potassium (370 kg/ha) a conservé jusqu'à 90% le peuplement végétal, alors que sur les parcelles sans apport potassique le peuplement fut sensible au froid et le taux était de 5%.

5.2.8. Potassium et la résistance à la verse

Les pertes dues à la verse peuvent être réduites par une nutrition potassique rendant la tige rigide. Cela permet aux plantes de résister aux vents forts, aux gels et aux pluies violentes (**Edwards, 1982**).

Selon **Reid (2005)**, le potassium contribue à la turgescence des cellules. La vigueur de la tige décroît et que la tendance à la verse augmente lorsqu'il y'a carence en potassium.

5.2.9. Potassium et résistance aux maladies et aux parasites

Le rôle du potassium dans la résistance des plantes aux maladies et aux parasites intervient par son action sur la composition de la sève et des tissus de la plante (**Contignies, 1996**). Les travaux de **Contignies (1996)**, ont montré que les plantes bien alimentées en potassium ont une meilleure résistance à l'Oïdium, à la tavelure, à la sclérotiniose et à l'alternariose.

5.2.10. Potassium et la qualité des fruits

Chez la tomate, une augmentation de la fertilisation potassique augmente l'acidité du jus ainsi que la teneur en solides solubles. Le potassium joue un rôle dans la régulation du transport des sucres et de son déchargement, il facilite l'accumulation de l'amidon dans le fruit. L'acidité et la teneur en matière sèche du fruit sont positivement corrélées aux teneurs en potassium de la solution de la plante et du fruit (**Grasselly et al., 2000**).

5.2.11. Potassium et rendement en fruits

Des applications élevées en potassium du sol exercent un effet plus grand sur la nouaison et donc sur le nombre en fruits que sur le rendement total (**Zehler et Forster, 1972**).

6. Carence en potassium

Une carence en potassium fait baisser la photosynthèse, accroît la respiration et altère la synthèse de la chlorophylle. Cette carence se manifeste surtout chez les feuilles les plus âgées, par sa redistribution vers les organes de croissance et les jeunes feuilles. Le palissement et la chlorose des tissus sont suivis d'un brunissement ainsi que d'une nécrose de l'apex et du bord de la feuille.

Aussi, la lignification des parois est réduite, les tiges manquent de rigidité, les cellules du parenchyme sont très grandes. La moelle se désagrège, le diamètre des tubes criblés du phloème est réduit. Ces manifestations sont associées à une sensibilité accrue à de nombreuses maladies parasitaires et aux accidents climatiques (**Lepoivre, 2003**).

7. Excès en potassium

L'excès en potassium n'engendre pas de symptômes spécifiques mais entraîne des antagonismes avec le magnésium et le calcium.

La plante consommera d'autant plus le potassium qu'elle en a à sa disposition sans améliorer le rendement. C'est la consommation de luxe (**Porres, 2009**).

8. Potassium et santé humaine

Le potassium est un micronutriment faiblement présent dans l'organisme et participe à de nombreuses réactions chimiques. Seul 10% du potassium consommé est éliminé dans les urines, le reste étant réabsorbé par le rein après filtration. Plusieurs fonctions du potassium lui sont accordées, les principales fonctions du potassium sont les suivantes :

- ✓ Il contribue au maintien de la pression osmotique intracellulaire,
- ✓ il participe à la régulation et la répartition de l'eau dans l'organisme,
- ✓ il stimule l'influx nerveux,
- ✓ associé au sodium, il maintient l'équilibre acido-basique du corps et celui des fluides,
- ✓ il a une action sur la contraction musculaire,
- ✓ il intervient dans la régulation de la pression artérielle,
- ✓ il prévient les risques de maladies cardiaques et d'accidents vasculaires cérébraux,
- ✓ il participe à de nombreuses réactions enzymatiques, à la synthèse des protéines, à la conversion glucose en glycogène,
- ✓ il retarde l'apparition de crampes chez les sportifs.

9. Importance du potassium et teneur en lycopène

Une déficience en potassium peut réduire la concentration en lycopène. De même qu'une application de potassium supérieure à 800kg/ha perturbe l'uniformité de la couleur du fruit et du rendement (**Grolier, 2000 in She et al., 2002**).

Selon **Taber et al., (2006)**, la fertilisation potassique chez la tomate accuse une élévation du taux de lycopène dans le fruit qui varie selon le type de cultivars. Cependant, aucun effet de ce dernier sur la date de la récolte des fruits par rapport à l'accumulation du lycopène.

Les résultats de **Taber et al., (2008)**, indiquent que la fertilisation potassique peut affecter la biosynthèse des caroténoïdes. La réponse de la tomate à un taux élevé en potassium est variable selon le génotype. La différence entre les génotypes liée à la grande surface de contact sol racine, montre une différence dans l'efficacité d'absorption du potassium (**Rengel et Damon, 2008**).

1. Exigences édaphiques

La tomate n'est pas exigeante en sol. Cependant, des sols meubles et aérés lui seraient très favorables.

1.1. Le Sol

1.1.1. Structure et texture du sol

La tomate peut convenir à toutes textures de sol, allant des sols argileux aux sables dunaires à condition que les travaux du sol soient effectués de façon convenable.

Selon **Laumonnier (1979)**, la tomate pousse sur la plupart des sols, ayant une bonne capacité de rétention en eau et une bonne aération, elle préfère des terres limoneuses profondes et bien drainées, légères, meubles et riches en humus, s'échauffant rapidement et plus facilement. La couche superficielle du terrain doit être perméable. Une profondeur du sol de 15 à 20 cm est favorable à la bonne croissance de la plante.

1.1.2. pH du sol

La tomate tolère des pH variant entre 4,5 et 8,2. Le meilleur équilibre nutritionnel est assuré à des pH compris entre 6 et 7 (**Chaux et Foury, 1994**). Des pH plus bas ou plus élevés peuvent induire des carences minérales ou des toxicités (**Van Der Vossen et al., 2004**).

1.1.3. Salinité du sol

La tomate est moyennement tolérante à la salinité du sol, elle peut supporter des teneurs en sels allant de 2 à 4 g/l. La période pendant laquelle la tomate est sensible à la salinité, correspond à la germination et au stade de développement de la plante (**Bentvelsen, 1980**). Lorsque la conductivité électrique (CE) est de 2,5 g/l des sels totaux, le rendement baisse de 10 %. Cette dernière peut atteindre 25% à une salinité de l'ordre de 4g/l. L'impact de la salinité est plus grave sur le rendement, lorsqu'on enregistre une réduction du calibre des fruits. Donc le contrôle de la CE durant tout le cycle de la culture est indispensable

1.1.4. Température du sol

La température du sol est le facteur le plus important qui a une action sur la vitesse de la germination et le pourcentage de la levée. Cette vitesse augmente avec la température

jusqu'à une valeur optimale de 25°C. Un meilleur pourcentage de levée est enregistré entre 16°C et 20°C (**Rey et Costes, 1965**).

Kolev (1976) rappelle qu'à de basses températures (au dessous de 12°C), la végétation est très faible et les inflorescences sont anormales et portent peu de fleurs.

1.1.5. Aération du sol

Un sol bien aéré augmente le pourcentage de la levée et le nombre des boutons floraux. Mais en pleine croissance l'aération du sol diminue l'élongation des plants. (**Rey et Costes, 1965**).

Chaux et Foury, (1994) indiquent qu'il convient d'éviter les sols battants mal aérés et mal structuré en profondeur, cela ralenti la germination et la levée des plantules en pépinière, de même qu'ils réduisent la formation de boutons floraux en plein champ.

2. Exigences en Eau

L'alimentation hydrique est un facteur important du rendement et de la qualité des fruits (**Chaux et Foury, 1994**). Les besoins hydriques de la tomate varient en fonction des stades de développement, de la saison de culture, du type de sol, du mode de conduite et de la variété cultivée (**Mouhouche, 1983**). Le stress hydrique à n'importe quel stade de croissance fera baisser le rendement et la qualité du fruit (**Ezzahiri et al., 2004**).

Les stades physiologiques où les besoins en eau sont les plus importants, sont la floraison et le grossissement des fruits.

2.1. Effet du déficit hydrique sur la tomate (Tableau 4)

La tomate est sensible au déficit hydrique particulièrement pendant la floraison, quelque peu sensible juste après la transplantation, pendant le développement du fruit et faiblement sensible pendant la croissance végétative (**Alaoui, 2004**).

Pendant la fructification, l'absence d'eau se traduit par un aplatissement des fruits, dont l'extrémité se colore en brun puis en noir (**Rey et Costes, 1965**).

2.2. Effet de l'excès hydrique sur la tomate

La tomate est très sensible à l'asphyxie radiculaire causée par l'excès en eau :

- Une asphyxie aiguë compromet la croissance et peut entraîner la mort de la plante ;
- Une asphyxie chronique et discrète provoque des carences en Mg, P₂O₅ et N, ce qui affecte la vigueur de la plante et réduit la récolte.

Selon **Chaux et Foury (1994)**, l'excès en eau au niveau des racines, provoque des carences. Il provoque aussi le ralentissement de la croissance des fleurs à la phase floraison.

Tableau 4. Effets de l'excès et du déficit hydrique sur la végétation et la production de la tomate (Lefebvre, 1974).

Différents état du sol	Effets sur la végétation	Effets sur la production
Excès en eau (asphyxie temporaire)	Flétrissement par beau temps. Jaunissement des feuilles	Réduction du rendement
Léger excès d'eau	Jaunissement des jeunes Feuilles	Réduction du rendement
Manque d'eau temporaire	La plante fane	Réduction du calibre Réduction du rendement
Manque d'eau temporaire avec une forte demande climatique	La plante fane	Nécrose apicale
Manque d'eau prolongé	Croissance ralentie. Feuillage vert foncé	Réduction du calibre

3. Exigences climatiques

Trois facteurs essentiels interviennent aux différents stades de développement de la tomate :

3.1. Température de l'air

Selon **Laumonier (1979)**, la tomate est une plante exigeante en chaleur pour assurer le cycle complet de sa végétation, elle demande une période estivale relativement longue pour donner des résultats plus rentables.

La tomate exige une température optimale de germination entre 20 à 25 °C et une température pour croissance comprise entre 18 et 22 °C (Kolev, 1976).

Les gelées détruisent la plante (Laumonnier, 1976), tandis que les fortes chaleurs en été, provoquent peu de dégâts à condition que la demande en eau de la plante soit assurée. Les températures moyennes de l'air et du sol assurent un bon développement durant les différents stades physiologiques de la tomate (tableau 5).

Tableau 5. Exigences de la tomate en température de l'air, du sol, d'humidité de l'air et en lumière durant son cycle de développement (Laumonnier, 1979).

Paramètres Stades de développement	Température de l'air (°C)		Température du sol (°C)	Humidité de l'air (%)	Lumière (lux)
	Jour	Nuit			
Germination	26	20	25	75	Nul
Croissance	20-26	15-17	15-20	75	12000
Floraison	20-25	13-17	15-20	65-70	Maximale
Développement du fruit	21-23	14-16	18-20	60-70	5000 16heures

3.2. Lumière

La lumière est un facteur écologique fondamental. Elle intervient sur la croissance et la fructification de la tomate. Lors de la floraison, une forte intensité lumineuse régularise la croissance du style et favorise la pollinisation. Par contre, l'élévation de la température et l'insolation directe sur les fruits causent une altération de la qualité de ces derniers (Chaux et Fourry, 1994).

Plusieurs recherches ont montré que l'éclairage photosynthétique accroît la biomasse fraîche et sèche de la tomate en période automnale et hivernale. Bien qu'une photopériode de 8h puisse suffire pour assurer une bonne croissance de jeunes plantes de tomate, une photopériode de 16h a permis une croissance plus rapide, une surface foliaire plus grande et des rendements hâtifs plus élevés (Dorais et Coll, 1996).

Dorais et Coll (1996), puis **Demers et Coll (1998)** ont montré des effets significatifs de l'éclairage photosynthétique sur la biomasse fraîche et sèche de la partie aérienne, la hauteur des plants ainsi que sur le nombre d'entre-nœuds. Les meilleurs résultats ont été obtenus pour la densité de flux photonique photosynthétique (FPP) le plus élevé et la photopériode de 14h00.

3.3. Hygrométrie

Laumonnier (1979), signale que l'humidité relative de l'air joue un rôle important dans le bon développement de la tomate. A partir de la transplantation, une humidité relative de 60 % à 65 % semble être la plus convenable. En effet, elle permet d'avoir des fruits de bons calibres, avec moins de gerçures et sans défaut de coloration.

Selon **Kolev (1976)**, l'humidité supérieure à 60% a une influence défavorable, sur le gonflement des étamines, puisque le pollen ne peut pas sortir et effectuer la pollinisation. Aussi cela crée des conditions favorables à l'apparition des maladies cryptogamiques.

4. Exigence en éléments fertilisants

La tomate se classe parmi les espèces exigeantes en éléments fertilisants. En effet, ses besoins en éléments minéraux et la production de matière sèche sont variables selon le stade de développement de la plante (**Letard et al., 1995**) :

- ✓ De la plantation à la nouaison du premier bouquet, la production de matière sèche et l'assimilation d'éléments minéraux sont faibles. C'est une période de fort développement du système racinaire.
- ✓ Du début de la nouaison du premier bouquet jusqu'à la formation du dernier (les fruits des premiers bouquets étant récoltés), la production de matière sèche est très forte, l'assimilation du calcium et du magnésium est faible, celles de l'azote et du phosphore sont fortes, quant à celle du potassium elle est très forte.
- ✓ De la formation du dernier bouquet (à 85% de la récolte), la production de matière sèche est encore très forte, l'assimilation du potassium est faible, celle du phosphore est moyenne ; celles de l'azote, du magnésium et du calcium elles sont fortes.
- ✓ De 85% de la récolte à la fin de la culture : la production de matière sèche s'arrête.

L'assimilation de l'azote est nulle, celle du potassium et du magnésium est faible; elle est moyenne pour le phosphore et très élevée pour le calcium.

4.1. Fertilisation minérale

La tomate étant une plante à cycle long, le raisonnement de la fertilisation et le suivi rigoureux sont les garants pour maintenir une production de qualité tout au long du cycle qui permettront au producteur d'amortir les frais et rentabiliser sa culture (**Brun-Zaoui, 2010**).

4.1.1. Les éléments majeurs

4.1.1.1. Fertilisation Azotée

L'azote est le principal facteur de croissance et de développement de la tomate, il a un effet de choc sur la végétation, il stimule la multiplication des cellules et augmente le taux de chlorophylle.

Une alimentation strictement ammoniacale n'est pas favorable pour la croissance des plantes, elle induit une acidification du milieu racinaire et un ensemble de modifications regroupées sous le terme de syndrome ammoniacal. Il provoque une diminution des teneurs en acides organiques, une accumulation des acides aminées (surtout dans les racines) et de l'accumulation des glucides dans des feuilles (**Errbhi et wilcox, 1990 ; Chaillou et Lamaze, 1997**).

4.1.1.2. Fertilisation Phosphatée

Le phosphore est un élément qui intervient dans la croissance des racines, la floraison, la fécondation et la maturation des fruits. Aussi, il a une action sur la précocité, il accroît la résistance de la plante au froid et aux maladies (**Chaux et Fourry, 1994**).

Une carence en phosphore entraîne une diminution ou un arrêt de l'absorption des nitrates, ainsi des symptômes de carence en azote apparaissent, qui se traduisent par une végétation rabougrie avec atrophie des racines, la tige est fusiforme, le feuillage prend une coloration violacée ou rose foncé avec une nécrose des pointes pour les vieilles feuilles ; la floraison est retardée avec une mauvaise fécondation, et la maturation est perturbée (**Diehl, 1975**).

Ce même auteur signale qu' un excès en phosphore est généralement sans inconvénient majeur pour les récoltes ; les seuls accidents signalés résident, soit dans le déséquilibre azote/phosphore, soit dans l'excès du phosphore soluble.

4.1.1.3. Fertilisation Potassique

Le rôle du potassium dans la plante est souvent difficile à cerner. Cependant, on lui attribue un effet sur la concentration de la tomate en vitamines, en anti oxydants, en sucres et même dans la couleur, et le goût des fruits (**Perkins-Veazie, 2006**).

Snoussi (1984), rapporte dans ses travaux que le rendement en fruit de la tomate se trouve améliorer sous l'effet des doses croissantes en potassium.

4.1.2. Les éléments secondaires

Les méso-éléments ou éléments secondaire sont exportés en quantités inférieures à celle de N, P et K, les éléments Ca, Mg, S, sont présents en doses considérables dans les végétaux, où ils assurent des fonctions essentielles, notamment dans le métabolisme (**Chaux et Fourry, 1994**).

4.1.2.1. Calcium

Le calcium joue un rôle important chez la tomate. Une mauvaise absorption de cet élément, est généralement due à une mauvaise irrigation, ce qui provoque la nécrose apicale des fruits. Le manque de calcium agit aussi sur le système racinaire, en produisant des racines trapues.

4.1.2.2. Magnésium

La carence en magnésium se manifeste par un épaissement et une chlorose internervaire des feuilles. Les causes de ces carences sont dues aux :

- Manque d'éléments dans le sol,
- Asphyxie racinaire et manque d'eau

4.1.2.3. Souffre

Selon **Heller (1977)**, la tomate a des besoins très élevés en sulfate, une carence en cet élément peut se manifester en absence d'engrais sulfatés. Il rentre dans la composition de certains acides aminés telle que la cystine.

4.1.3. Les Oligo-éléments

La tomate est relativement peu exigeante en oligo-éléments. Des études ont montré que le trempage des graines dans une solution de sulfate de zinc et son application au sommet de la plante, augmente la précocité et le poids moyen des fruits. IL en est de même pour le bore.

Les oligo-éléments agissent comme catalyseur du métabolisme végétal et ce à faibles doses.

5. Exportation en éléments fertilisants

La quantité d'engrais à fournir aux plantes, varie d'une région à une autre, en fonction notamment de la richesse du sol, du climat et des techniques d'irrigation. Les quantités d'éléments fertilisants exportés chez la tomate sont représentées dans le **tableau 6**.

Tableau 6. Exportations (en kg) des éléments fertilisants par tonne de fruit de tomate.

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
Exportation en éléments minéraux (kg /t de fruits)	4 à 5	1 à 1.5	5 à 8	3 à 5	0.8 à 1.2

Le **tableau 7**, représente les symptômes de carence ou d'excès vis-à-vis des éléments minéraux.

6. La fumure organique

L'humus joue un rôle important sur la qualité et le grossissement des fruits. Son emploi exclusif, ne donnera pas de résultats satisfaisants. Pour cela un apport minéral à prédominance phosphopotassique est indispensable (**Laumonnier, 1979**).

Tableau 7. Symptômes de carence et d'excès vis-à-vis des éléments minéraux chez la tomate (Brun Zaoui, 2010)

Les éléments minéraux		Symptômes sur la plante	Symptôme sur le fruit
Azote	+	Végétation excessive sensible aux maladies, mauvaise mise à fleur, apparition possible de carence en oligoélément (fer)	Retard de maturité Fruit creux
	-	Feuilles petites et dressées, couleur pâle à jaune, les feuilles âgées tombent rapidement	Petit calibre
Phosphore	+	Système racinaire fourni, carence en zinc possible ainsi qu'en fer.	Nécrose apicale favorisée. Fruits moins remplis Baisse d'acidité
	-	Folioles courbées vers le bas, couleur violacée des tiges et de la face supérieure des feuilles du bas de la plante	Défaut de coloration
Potassium	+	Décolorations possibles dues au blocage du magnésium	Goût et couleur améliorés
	-	Décolorations grisâtres puis apparition de tâches internervaires décolorées devenant nécrotiques. D'abord sur les jeunes feuilles adultes.	Défaut de coloration, tâches immatures et accentuation du collet jaune. Baisse de la qualité, tendance fruits mal remplis.
Calcium	+	Tissus rigides	Accumulation de cristaux d'oxalate de calcium : point Dorés
	-	Feuilles petites qui s'enroulent, nécrose marginale et mortalité des apex, sensibilité aux maladies vasculaires.	Nécrose apicale (blossom end rot)
Magnésium	-	Décoloration jaunâtre internervaire des feuilles âgées, nécrose et flétrissement des zones atteintes.	Baisse de la nouaison Petit calibre du fruit
Oligoéléments	+	Bore, Manganèse, Zinc, et cuivre sont les plus concernés par la toxicité pour la tomate	
	-	Fer, bore, et manganèse sont les principaux éléments concernés par les carences Fer : chlorose internervaire. Bore : feuille jaune, peau du fruit craquelée. Manganèse : marbrures jaunes, nervures foncées	
Sodium Chlore Sulfate	+	Symptômes de brûlures (brûlure du bord des feuilles)	
	-	Pas de signes particuliers	Baisse de la qualité (coloration, fermeté et goût)

1. Généralités sur le lycopène

Le lycopène a été isolé pour la première fois par Hartsen en 1873, à partir des fraises de l'espèce *Tamus communis* L. C'est un pigment rouge cristallin. En 1875, Millardet a obtenu une mixture brute du lycopène à partir de la tomate et c'est en 1913 que Duggar lui donna son nom observant que cette molécule avait un spectre d'absorption différent du carotène des carottes (Nguyen et al., 1999).

En raison de sa structure chimique, le lycopène est l'anti-radical libre le plus efficace, particulièrement contre les espèces radicalaires oxygénées, molécules responsables en partie du vieillissement et de la dégénérescence (Stahl, 1999). Le principal danger des radicaux libres, vient des dommages qu'ils peuvent provoquer lorsqu'ils réagissent avec des composants cellulaires importants tels que l'ADN ou la membrane cellulaire, avec un risque de multiplication anormale des cellules, entraînant un dysfonctionnement ou une mort cellulaire, cas des cancers.

Les radicaux libres nocifs sont produits dans l'organisme au cours du métabolisme normal, mais plus encore en cas d'exposition à diverses agressions de l'environnement (agents infectieux, pollution et autre). Les antioxydants sont des molécules capables de mettre fin à la réaction de dégradation en chaîne avant que les molécules vitales ne soient endommagées. Les antioxydants sont largement présents dans nos aliments, notamment dans les fruits et légumes.

2. Définition et caractéristiques chimiques du lycopène

2.1. Définition et disponibilité du lycopène

Le lycopène est un tétraterpène (hydrocarbure) de la famille des caroténoïdes. C'est une substance phytochimique dont le nom est dérivé de la tomate «*Lycopersicon*», ayant des propriétés anti-oxydantes importantes en s'attaquant aux radicaux libres. À ce jour, plus de 600 substances caroténoïdes ont été reconnues. Le lycopène existe sous la forme cis ou trans. Dans la tomate fraîche, le lycopène est présent sous la configuration trans, plus stable que la configuration cis. La majorité des substances caroténoïdes ont une forme moléculaire cyclique, le lycopène est une substance caroténoïde acyclique de couleur rouge comportant 11 doubles liaisons conjuguées de formule $C_{40}H_{56}$ que peu d'aliment en contiennent (Clinton, 1998 ; Shi et LeMaguer, 2000). Évidemment, sa structure moléculaire particulière

influencera sa biodisponibilité, son absorption, son transport et sa distribution dans les tissus ainsi que ses propriétés anti-oxydantes. Le lycopène est un pigment liposoluble rouge que l'on trouve surtout dans la tomate et dans la pastèque, mais également dans d'autres fruits rouges (**Elodie, 2009**). La transformation de la tomate peut améliorer la biodisponibilité et l'absorption du lycopène en augmentant l'isomérisation, mais également en brisant les membranes cellulaires, rendant le lycopène plus accessible. Par captation d'énergie, le lycopène est isomérisé de la configuration trans à la configuration cis, résultant en une molécule plus instable et riche en énergie.

Dans le plasma humain, le lycopène est présent sous forme d'un mélange contenant 50 % de forme cis et 50 % de forme trans (**Stahl et Coll, 1992**). L'isomère cis présente une meilleure biodisponibilité que le trans, probablement parce qu'il est plus facilement solubilisé par les sels biliaires et ainsi plus facilement incorporé aux chylomicrons (**Shi et Lemaguer, 2000**). En effet selon **Stahl et Coll (1992)**, le lycopène naturellement présent dans la tomate sous la forme trans est peu absorbé. De récentes études ont démontré que la cuisson et la transformation de la tomate induisaient l'isomérisation du lycopène sous sa forme cis, ce qui augmente sa biodisponibilité. Cette dernière est augmentée significativement avec une ingestion concomitante d'huile. L'ingestion de jus de tomate cuit avec de l'huile provoque une augmentation du lycopène sérique de deux à trois fois, tandis que la consommation de la même quantité de jus de tomate sans cuisson avec de l'huile ne cause aucune augmentation.

Selon **Lecerf (2007)**, les teneurs en lycopène de la tomate fraîche sont extrêmement variables. Selon les variétés et les calendriers de récolte, la teneur varie de 1.9 à 6.8 mg/100g. Aussi, la teneur augmente considérablement avec la maturité allant de 0.26 à 2.97mg/100g. Il y'a une interaction entre variété et stade de maturité (**Lecerf, 2007 ; Vanier, 2009**). Aussi **Combris et al. (2007)**, signalent que l'accumulation des caroténoïdes est sous la dépendance de la température mais peu du rayonnement. A cet effet, la température la plus favorable pouvant elle-même varier avec l'espèce. Chez la tomate la synthèse du lycopène présente un optimum à 25°C, mais elle est inhibée à 35°C.

En général, les pigments des fruits et légumes sont des caroténoïdes qui confèrent une coloration jaune orangée à rouge violet. Dans les légumes verts, comme les épinards, les caroténoïdes sont présents, sauf que leur couleur se trouve masquée par la chlorophylle.

2.2. Structure et propriétés du lycopène

2.2.1. Structure du lycopène

Le lycopène est constitué de 8 molécules isoprènes (Figure 10) de formule chimique $C_{40}H_{56}$. Sa couleur est due à ses onze doubles liaisons covalentes carbone-carbone conjuguées : chaque double liaison réduit l'énergie nécessaire à un électron pour passer à un niveau d'énergie supérieur, ce qui permet à la molécule d'absorber progressivement des longueurs d'onde de plus en plus grandes de la lumière visible. Le lycopène absorbant la plupart du spectre lumineux, seul le rouge reste visible. Les fruits qui contiennent le plus de lycopène sont : la tomate cuite, la pastèque crue, le poivron rouge, le pamplemousse rose, la goyave, et la papaye (Tableau 8). Contrairement aux autres nutriments contenus dans les fruits et légumes dont la quantité diminue avec la cuisson (cas de la vitamine C), le lycopène est biodisponible avec la cuisson : la chaleur le libère des cellules. En effet, pour une même proportion, on trouve environ 17 mg de lycopène biodisponible dans la sauce tomate contre 5 mg dans la tomate fraîche (Haseen et Cantwell, 2009).

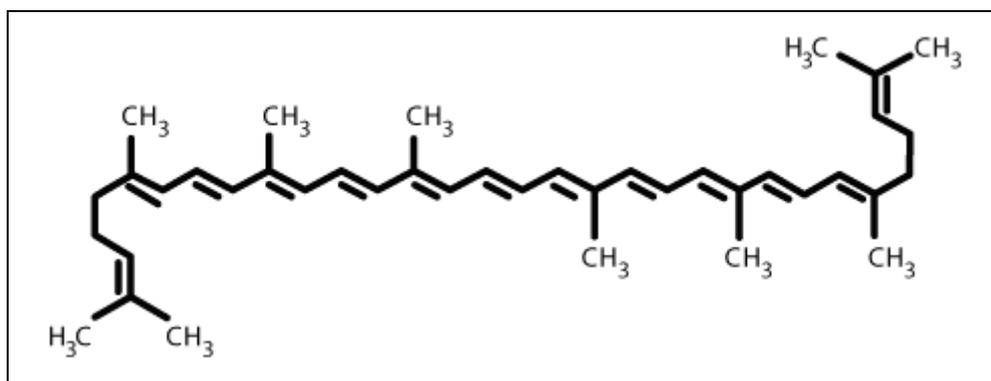


Figure10. Structure du lycopène (Heller, 1969).

2.2.2. Propriétés du lycopène

De par sa structure chimique, le lycopène est l'anti-radical libre le plus efficace. Son accumulation dans la tomate varie selon qu'elle soit fraîche ou transformée. Ses principales propriétés se résument comme suit:

- C'est une molécule non saturée de formule chimique $C_{40}H_{56}$ à chaîne ouverte, elle agit en cédant ses électrons afin de neutraliser les radicaux libres avant même qu'ils n'atteignent leur cible,

- C'est un anti-oxydant puissant rangé parmi les polyphénols, proche de la provitamineA.
- Son poids moléculaire est de : 536,88 et sa température d'ébullition est l'ordre de : 175°C,
- C'est un pigment caractérisé par une structure acyclique symétrique contenant onze doubles liaisons conjuguées conférant à la molécule sa couleur rouge. Il se trouve principalement dans la peau et le péricarpe du fruit de la tomate.
- Le lycopène est insoluble dans l'eau, mais soluble dans l'éthanol, le benzène, le chloroforme et diverses huiles et graisses.
- C'est antioxydant liposoluble plus efficace qu'un antioxydant hydrosoluble. Rao(2000), signale son absorption au niveau de l'intestin.

Tableau 8. Teneur en lycopène dans la tomate, ses dérivés et dans d'autres fruits

(Vanier, 2009).

Aliment	Portions	Teneurs en lycopène (mg)
Pate de tomate, en conserve	1/2 tasse (125ml/139g)	39,8
Purée de tomate, en conserve	1/2 tasse (125ml/132g)	28,7
Sauce tomate, en conserve	1/2 tasse (125ml/129g)	19,6
Soupe aux tomates, en conserve	1/2 tasse (125ml/133g)	14,5
Tomate séchée au soleil	1/2 tasse (125ml/129g)	11,6
Jus de tomate	1/2 tasse (125ml/128g)	11,6
Tomate en conserve	1/2 tasse (125ml/127g)	3,4
Tomate crue	1 tasse (123g)	3,2
Ketchup	1 c. à table (15ml/15g)	2,6
Melon d'eau (pastèque)	286g (une tranche)	13
Pamplemousse rose ou rouge	1/2 (123g)	1,7
Papaye	½ fruit (150g)	2 (USDA, 1998)
Goyave	1	5.4 (USDA, 1998)

3. Autres Sources du lycopène

Une autre source du lycopène à partir d'un champignon saprophyte *Blakeslea trispora* qui peut être une source commerciale prometteuse à des fins d'extraction et de purification

4. Biosynthèse du lycopène

La biosynthèse du lycopène dans les plantes eucaryotes, procaryotes et dans les cyanobactéries est similaire, comme le sont les enzymes impliquées. La synthèse commence par « acide mevalonic » qui est converti en « dimethylallyl pyrophosphate » (Figure 11), ce dernier est ensuite condensé avec trois molécules « d'isopentenyl pyrophosphate » qui est un isomère de dimethylallyl pyrophosphate, pour donner « geranylgeranyl pyrophosphate ». Deux molécules de ce produit sont ensuite condensées pour donner le « phytoène » qui lui sera converti en lycopène (Stahl et Coll, 1992).

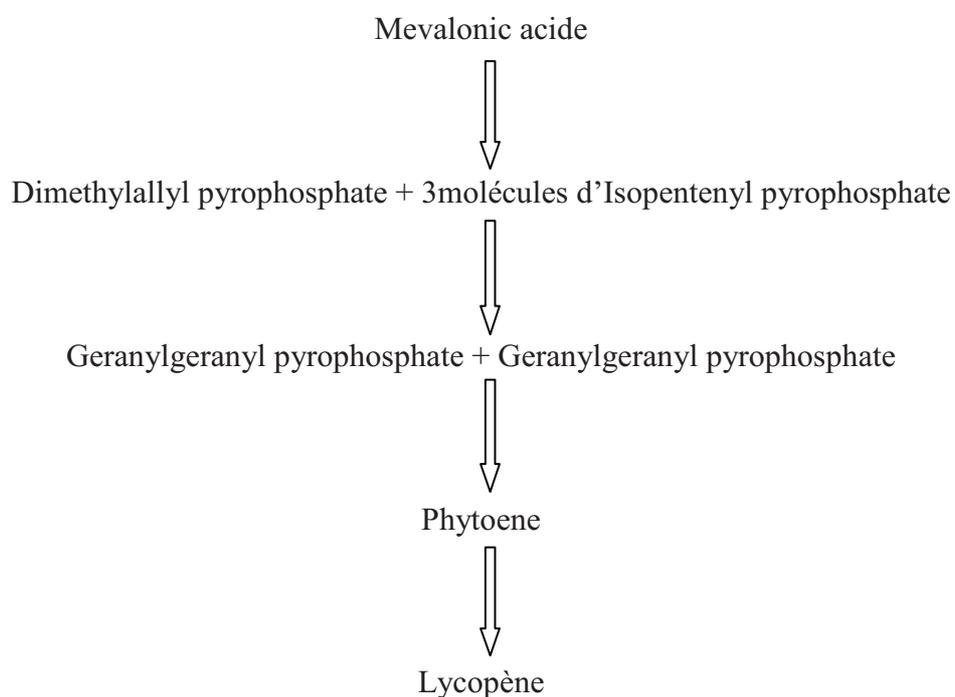


Figure 11. Schéma récapitulant la biosynthèse du lycopène

5. Assimilation du lycopène

L'assimilation intestinale des caroténoïdes se fait par diffusion passive étant donné la nature lipophile de ces molécules. Une fois le lycopène est ingéré, il passe dans le sang puis transporté vers le foie par le système lymphatique, et déposé dans les poumons, la prostate, le colon et la peau. Sa concentration dans les tissus de l'organisme et dans le sérum humain est supérieure aux autres caroténoïdes (il présente 50% des caroténoïdes du sérum humain). Selon **Stahl et Coll** (1992), la cuisson et la transformation de la tomate induiraient l'isomérisation du lycopène sous sa forme cis, ce qui augmente sa biodisponibilité, de même que l'ingestion du jus de tomate cuit avec de l'huile provoque une augmentation du lycopène sérique de deux

à trois fois, tandis que la consommation de la même quantité de jus de tomate sans cuisson avec de l'huile ne cause aucune augmentation. **Erdman et Coll (1986)**, signalent que les fibres alimentaires diminuent la biodisponibilité du lycopène.

6. Actions du lycopène

Les vertus thérapeutiques du lycopène sont nombreuses, nous citons les plus importantes :

6.1. Action antiathérogène du lycopène

Diverses études ont montré qu'une concentration élevée en lycopène dans le sang diminue le risque d'accidents cardiaques. La consommation régulière de la tomate réduirait de moitié le risque d'infarctus et joue un rôle préventif dans le cas de l'athérosclérose en protégeant les lipides plasmatiques de l'oxydation.

6.2. Action anti-cancérigène du lycopène

Selon **Giovanucci (1995)**, le lycopène réduirait de 21 à 34% le risque de cancer de la prostate, du pancréas chez les hommes consommant au moins 10 fois par semaines des plats contenant de la tomate. Aussi, il est indiqué que le lycopène peut, non seulement avoir un effet préventif mais, aussi utile dans le traitement du cancer de la prostate.

6.3. Action du lycopène sur le système immunitaire et le matériel génétique

Des études ont montrées que les caroténoïdes augmentent la défense immunitaire de l'organisme. Ils empêchent la mutagenèse et réduit les dommages infligés au matériel génétique. **Porrini et Riso (2000 in Roberfroid et al., 2008)**, ont montré qu'une consommation de purée de tomates se traduit par une augmentation de la concentration plasmatique en lycopène qui est associée à une réduction significative des dommages oxydatifs au niveau de l'ADN lymphocytaire.

6.4. Action du lycopène contre les maladies pulmonaires

Selon **Harvey (2001)**, la consommation de la pomme et de la tomate peut avoir des effets bénéfiques sur la santé pulmonaire, en effet les personnes qui mangent cinq pommes par semaine et des tomates les autres jours avaient une meilleure capacité respiratoire.

6.5. Action du lycopène contres les maladies cardiaques

Une recherche effectuée par **Rao (1998)**, montre que la consommation régulière d'aliments à base de tomate (jus, sauce, soupe) pourrait protéger les LDL (lipoprotéines à faible densité) contre l'oxydation.

6.6. Action du lycopène sur les autres maladies

Selon **Rao (2006)**, le lycopène joue un rôle positif à l'égard d'autres maladies tel que l'hypertension, l'ostéoporose, l'infertilité masculine, du diabète et de la maladie de l'Alzheimer. Aussi le lycopène semble protéger contre les cancers de l'œsophage, de l'estomac, du rectum et aussi du sein et de l'intestin.

7. Relation entre accumulation du lycopène et nutrition minérale

Taber et al. (2006 et 2008), montrent dans leur travaux sur deux variétés de tomate, une interaction significative de la fertilisation minérale, en particulier potassique sur l'accumulation du lycopène qui varie selon la variété. Ainsi, le lycopène s'accumule dans la tomate mais reste dépendant de la concentration en ion K^+ dans le cytoplasme ainsi que des facteurs limitant qui peuvent entraver son accumulation, comme la température, le régime d'arrosage et la lumière.

1. Production de plants de tomate

1.1. Le semis

Le stade pépinière est important chez la tomate puisque la qualité du plant détermine le potentiel de production du plant (**Kolev, 1976**).

Le semis peut être réalisé à la volée ou en ligne dans des alvéoles ou dans des pots en plastique pour produire des plants en mottes. Lors du semis, les semences sont recouvertes de 1 à 1,5cm en moyenne de sable. La température de l'atmosphère souhaitable est de 18 à 20C°, celle du sol doit être de 25C°. La date de semis est en fonction des caractéristiques du climat et du but fixé par le producteur (**Laumonnier, 1979**).

1.2. Doses de semis

En pépinière, les agriculteurs utilisent une dose de semis moyenne à raison de 100 g de graines à l'ha, correspondant à une densité de 0.01g/m² (**Alaoui, 2005**).

1.3. Choix des plants

La sélection ou le choix des plantules se fait en fonction de leur taux de croissance et de leur état sanitaire avant leur transplantation (**Naika et al., 2005**).

2. Préparation du sol

La tomate exige un sol bien ameubli en profondeur. Il est recommandé de procéder à un labour et un sous-soulage en cas de présence d'une couche imperméable, mais aussi pour faciliter le drainage de l'eau (**Alaoui, 2005**).

On effectue un labour d'automne de 30 à 40 cm de profondeur, pour éliminer les mauvaises herbes, ameublir le sol et faciliter la croissance des racines. Il est souvent nécessaire de herser à deux reprises pour bien niveler le terrain, casser les mottes et éliminer les résidus de culture de la campagne précédente (**Naika et al., 2005**).

3. La plantation

D'après **Chaux et Foury (1994)**, les plants recherchés lors de la transplantation sont de 3 à 5 mm de diamètre au premier entre noeud du collet, et d'une hauteur de 12 à 15 cm correspondant au stade 3 à 5 feuilles.

3.1. Période de plantation

La transplantation a lieu au début du printemps, en période sèche de façon à éviter les maladies cryptogamiques. Ceci impose l'irrigation pendant la végétation. La meilleure saison est le mois d'Avril jusqu'au mois de Mai.

3.2. Technique de plantation

Les plants sont repiqués en lignes simples distantes de 1 à 1.5 mètre, avec un écartement sur la ligne de 0,4 mètre, soit une densité à l'hectare de 16000 à 25 000 plants environ. La plantation manuelle, est la technique la plus utilisée, comme il est souhaitable d'utiliser une planteuse mécanique qui permet une bonne homogénéité sur le terrain (Courchinoux, 2008).

4. Conduite de la tomate en plein champ

4.1. Fertilisation de la tomate

L'utilisation des engrais chimiques est toutefois recommandée, au moins pour restituer au sol les éléments fertilisants exportés par les récoltes précédentes.

La fumure de fond (phosphore et potassium) doit avoir lieu avant la préparation de la parcelle, afin d'enfouir les engrais dans le sol, en les localisant à l'emplacement des futures plants à transplanter (Courchinoux, 2008).

Selon Kaouthar (2010), les quantités en fumure de fond apportées sont comme suit:

Fumure organique: 15 à 20 t/ha de fumier bien décomposé

Fumure minérale (unités/ha): N: 100, P₂O₅: 200, K₂O: 200, MgO: 50.

L'épandage de la fumure organique et des engrais de fond doivent être localisés à une profondeur de 20 à 30 cm. D'autres apports de fumure doivent également, être fractionnés tout au long du cycle végétatif (floraison et fructification) de la culture.

4.2. Irrigation

L'irrigation est très importante pour assurer un bon développement de la plante pendant la phase de croissance végétative et la formation des fruits.

L'apport total en eau varie selon la variété, la région, le type du sol et les conditions météorologiques.

Selon **Kaouthar (2010)**, les besoins en eau (ETc) de la tomate correspondent à la hauteur d'eau nécessaire pour compenser les pertes d'eau par évapotranspiration. Il s'agit de la quantité d'eau dont la plante a besoin pour sa croissance optimale. Elle est estimée entre 8.000 et 10.000 m³. Ces besoins varient au cours du cycle et se calculent en appliquant la formule suivante :

$ETc = Kc \times ETp$ avec :

ETc : évapotranspiration de la culture = besoin de la plante (en mm/jour)

ETp = évapotranspiration potentielle (mm/jour)

Kc = Coefficient cultural qui varie selon le stade végétatif.

4.3. Soins culturaux de la tomate

Selon **Laumonier (1979)**, après la plantation, les soins culturaux doivent être réguliers au cours des premières semaines. Ces derniers concernent le remplacement des manquants, le désherbage, binages et le buttage avant la pleine floraison. Le remplacement des manquants est effectué 8 à 10 jours après la plantation afin de maintenir la densité de plantation fixée.

5. Adventices, maladies et ravageurs de la tomate

La tomate est cultivée dans des milieux très divers, et parfois dans des conditions limites de son développement, le nombre d'agent pathogènes qui l'affecte est très élevé. Selon **Gallais et Bannerot (1992)**, Il ya pas moins de 200 maladies qui sont connues sur tomate. Ainsi, le nombre d'agent pathogène qu'on peut trouver est très élevé.

Les mauvaises herbes doivent être contrôlées puisqu'elles concurrencent la culture pour la lumière et les éléments nutritifs. Souvent, elles sont responsables de la transmission des maladies virales, comme le virus du TYLCV (**Ezzahir et al., 2004**).

5.1. Moyens de lutte

Plusieurs auteurs (**Friesen, 1979 ; Weaver and Tan, 1983 ; Sajjapongse et al., 1989**) ont montré qu'un désherbage total entre le 28^{ème} et le 35^{ème} jour après plantation (au stade floraison-nouaison) empêche toute baisse de rendement. **Kasasian et Seeyave (1969)**, montrent que la tomate est surtout sensible à la compétition par les mauvaises herbes pendant le premier mois qui suit la plantation. Cette compétition s'exerce pour l'eau, les éléments minéraux et surtout pour l'interception du rayonnement solaire, qui se traduit par une baisse du poids de matière sèche des plants de tomate et du rendement. Il convient donc pour

maximiser le rendement de maintenir la parcelle propre pendant la période critique qui s'étale de la plantation à la floraison du troisième bouquet (**Bezert *et al.*, 1999 ; Dumas *et al.*, 1999**).

5.2. Principales maladies de la tomate

5.2.1. Maladies fongiques

Les principales maladies fongiques affectant la tomate sont résumées dans le tableau 9 et illustrées par la figure 12.

5.2.2. Maladies bactériennes

Les principales maladies bactériennes de la tomate sont résumées dans le tableau 10 et illustrées par la figure 13.

5.2.3. Maladies virales

Le tableau 11 représente les maladies virales les plus fréquentes chez la tomate et la figure 14 illustre les principaux symptômes de ces maladies.

5.2.4. Les ravageurs de la tomate

Les principaux dégâts causés par les ravageurs chez la tomate sont présentés dans le tableau 12, et les principaux symptômes sont illustrés par la figure 15.

Tableau 9. Principales maladies fongiques de la tomate (Blancard, 1997; Williamson et al, 2007; Blancard et al., 2009).

Maladies fongiques	Symptômes et dégâts	Moyens de lutte
<p>Le Mildiou causé par <i>Phytophthora infestans</i>, anciennement classé parmi les mycètes (Figure 12 A et B)</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Taches nécrotiques irrégulières d'extension rapide, entourées d'une marge livide. -Sur les tiges, présence de plages brunes. -Les fruits mildiousés sont bruns marbrés. 	<ul style="list-style-type: none"> -Bonne aération des tunnels. -Eviter les excès d'azote et d'eau. Effeillage régulier. -Traitements chimiques préventifs,
<p>L'alternariose causé par les mycètes <i>Alternaria tomatophila</i>. (Figure 12 C et D)</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Taches foliaires vert sombres qui deviennent brunes à noires. - Sur les tiges et fruits des taches concaves sont observées qui se couvrent d'une moisissure noire, veloutée. Les lésions sur fruits peuvent engendrer leur chute 	<ul style="list-style-type: none"> -Utilisation des variétés tolérantes. -Adopter des rotations culturales, avec des plantes non hôtes. -Utilisation des semences saines.
<p>Oïdium causé par <i>Oïdium neolycopersici</i>. (Figure 12 E et F)</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Taches poudreuses blanches sur la face supérieure des feuilles, qui deviennent chlorotiques, brunissent localement et finissent par se nécroser. 	<ul style="list-style-type: none"> -Assurer une bonne aération en évitant l'excès de chaleur. -Supprimer les feuilles basales attaquées par la maladie. - Traitements chimiques.
<p>Pourriture grise causé par <i>Botrytis cinerea</i>. (Figure 12 G et H)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Les symptômes observés sur fleurs, fruits, tiges et feuilles se traduisent par un pourrissement des tissus. - un feutrage gris due a une production importante de spores couvre ces derniers. - <i>Botrytis cinerea</i> peut entraîner des pertes importantes de rendement. 	<ul style="list-style-type: none"> - Choix de variétés résistantes. -Aération adéquate. -Eviter l'excès d'eau et en azote. - Effectuer des traitements chimiques préventifs.

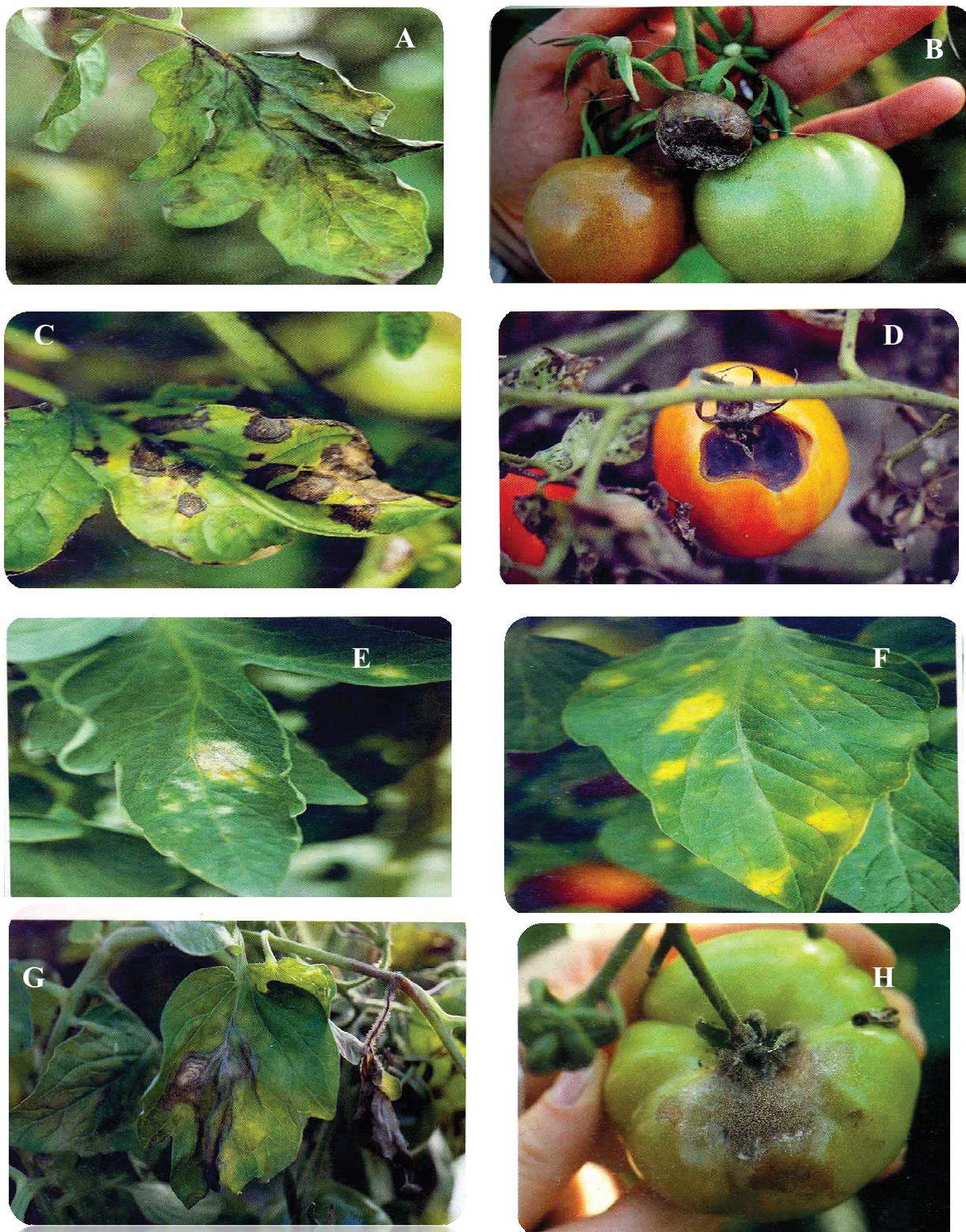


Figure 12. Les maladies fongiques de la tomate (Blancard, 1997 ; Blancard et *al.*, 2009) :
A et B : **Mildiou** respectivement sur feuille et fruit de la tomate ; C et D : **Alternariose** ; E et F : **Oidium** sur feuille de tomate ; G et H : **Pourriture grise** sur feuille et fruit

Tableau 10. Principales maladies bactériennes de la tomate (Blancard, 1997)

Maladies bactériennes	Symptômes et dégâts	Moyens de lutte
Moûcheture de la tomate (Figure 13 A et B)	Apparition des taches noires sur les feuilles, et brunes nécrotiques sur les fruits	Aération convenable notamment dans les serres.
Gale bactérienne (Figure 13 C)	- Apparition des taches brunâtres sur les feuilles entourées d'un halo jaune qui entraînent leur dessèchement et leur chute. -Présence de petits chancres pustuleux sur fruit.	-Eviter l'excès d'azote. -Eviter les excès d'eau. -Eviter les terrains infestés. -Eliminer les plants malades. -Désinfection des abris-serres avant plantation. -Utilisation de semences certifiées.
Moelle noire (Figure 13 D)	-Les plants présentent des taches sombres sur la tige, pétioles et pédoncules. -Les vaisseaux demeurent intacts, contrairement à ce qui se passe dans le cas d'une maladie vasculaire.	-Appliquer des fongicides à base de cuivre ayant un effet bactériostatique. -Utilisation des variétés résistantes. -Traitement des semences.
Nématodes à galles	-Apparition de galles sur les racines des plants attaqués. -La tige est rabougrie, les feuilles jaunissent ensuite la plante dépérit.	

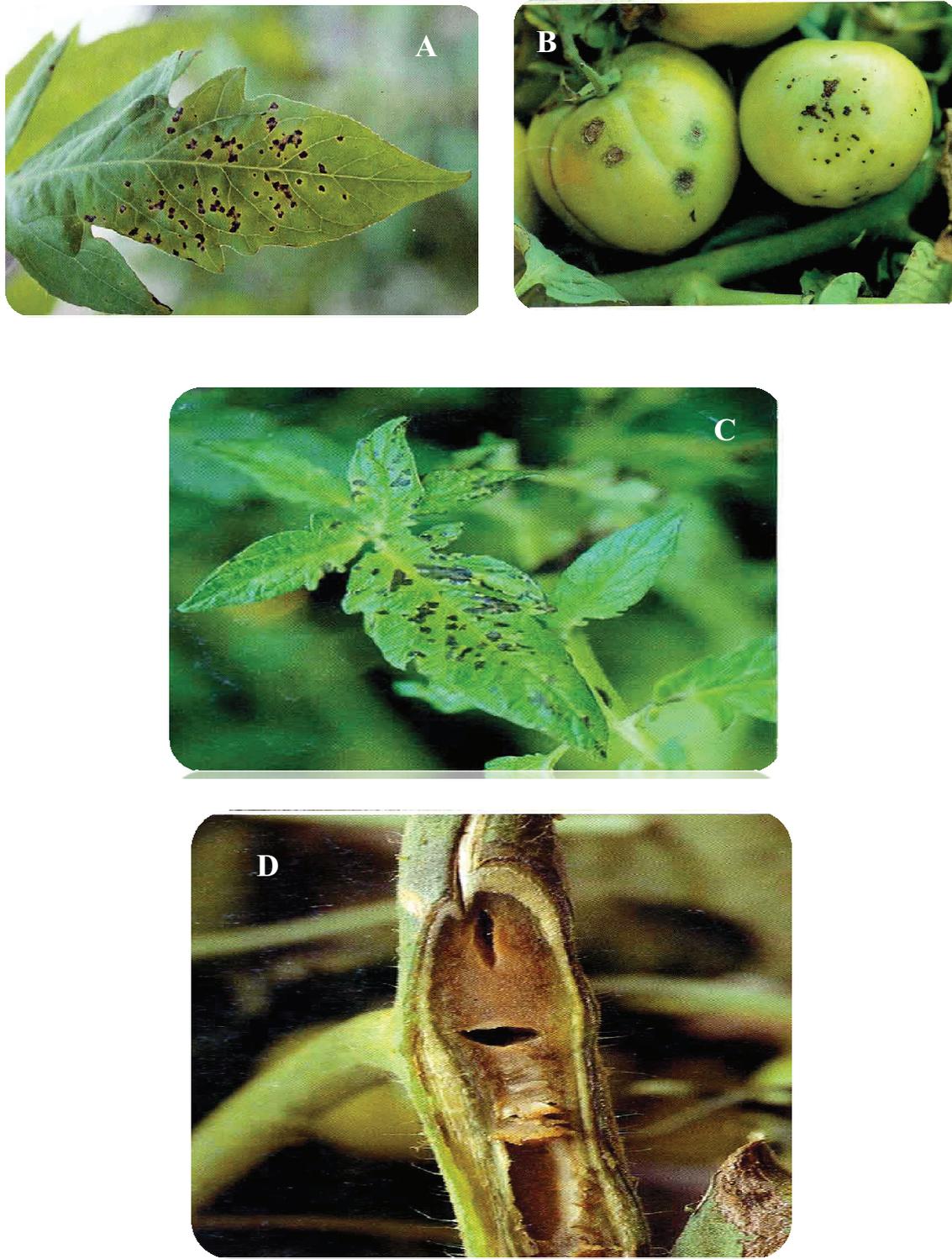


Figure 13. Maladies bactériennes de la tomate (Blancard 1997) ; A et B : Moucheture sur feuilles et fruits de tomate, C : Gale bactérienne sur feuille de tomate, D : Moelle noire sur tige de tomate.

Tableau 11. Principales maladies virales de la tomate (Shankara, 2005)

Maladies virales	Symptômes et dégâts	Moyens de lutte
<p>TSWV (<i>Tomato Spotted Wilt Virus</i>): virus de la maladie bronzée de la tomate. (Figure 14 A)</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Présence de mouchetures en mosaïque avec une décoloration des feuilles. - Apparition de taches nécrotiques sur les tiges et les pétioles - sur les fleurs, on observe un nanisme. 	<ul style="list-style-type: none"> -Éliminer les plantes malades et les débris végétaux enfouis dans le sol, car la transmission de la maladie est possible par contact racinaires. -La désinfection du sol à la vapeur (100°C pendant 10mn), aussi l'emploi du bromure de méthyl (75g/m²) serait efficace. -La lutte contre le virus (TSWV) se fait par la prévention et l'élimination des thrips.
<p>TOMV (<i>Tomato mosaic virus</i>) (Figure 14 B et C)</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Les feuilles sont tachetées de vert-jaunes, puis s'enroulent -une croissance du plant chétive et des décolorations au niveau des fruits. 	
<p>TYLCV (<i>Tomato Yellow Leaf Curl Virus</i>): maladie des feuilles jaunes en cuillères de la tomate. (Figure 14 D)</p>	<ul style="list-style-type: none"> -La croissance des plantes est fortement perturbée. -Les feuilles sont de tailles réduites et présentent un jaunissement et un enroulement en forme de cuillères. -En cas d'infection précoce, les plantes sont naines et ne produisent pas de fruits. 	



Figure 14. Principaux symptômes de virus affectant la tomate : A : Symptômes de TSWV sur feuilles de tomate (Naika et *al.*, 2005) ; B et C: Symptômes du virus TMV respectivement sur feuille et fruit de tomate (Blancard, 1997); D : Symptômes de TYLCV sur le plant de la tomate (Blancard, 1997).

Tableau 12. Principaux ravageurs de la tomate (Grasselly et al., 2000)

Ravageurs	Symptômes et dégâts	Mesures préventives
<p>La mineuse de la tomate (<i>Tuta absoluta</i>) (Figure 15 A)</p>	<p>-Présence des galeries dans les feuilles, tiges, fleurs et même dans les fruits.</p> <p>-Les dégâts dans les jeunes fruits sont sous forme de petits trous situés sous le calice, qui initialement passent inaperçues; puis provoquant l'entrée d'autres agents pathogènes.</p>	<p>-Utiliser des plants indemnes</p> <p>- Effeuillez fréquemment</p> <p>- Utiliser filet insect-proof adéquat.</p> <p>- Désherbage régulier</p>
<p>Noctuelles (Figure 15 B et C)</p>	<p>-Des perforations sont observées sur les tiges, folioles et les fruits qui sont dues à la pénétration de chenilles (<i>Heliothis armigera</i>).</p> <p>-Plusieurs fruits d'un même bouquet peuvent être touchés et des perforations de folioles sont observées.</p>	<p>- Utiliser un filet insect-proof adéquat.</p> <p>- Désherbage régulier</p>
<p>Mouche blanche (Figure 15 D)</p>	<p>Arrêt de croissance et déformation des folioles et des feuilles, production du miellat se couvrant de la fumagine.</p>	

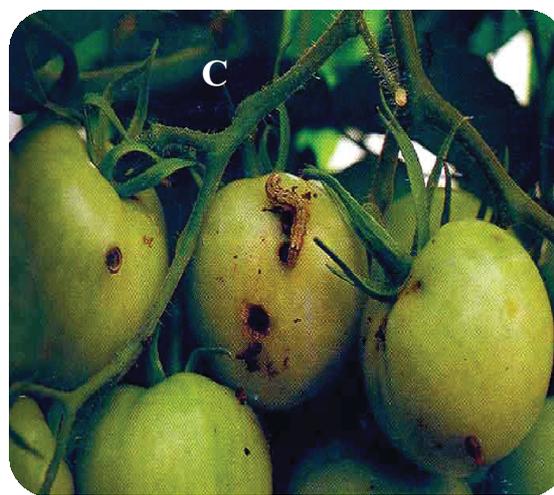
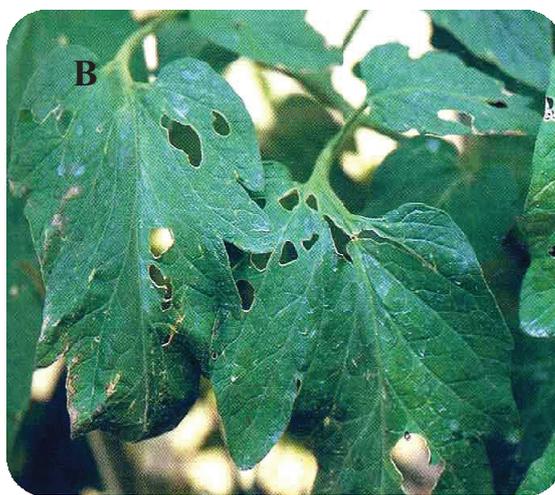


Figure 15. Différents ravageurs affectant la tomate (Source : Blancard, 1997): A : La mineuse de la tomate, B et C : Noctuelles sur feuilles et fruits de tomate, D : Mouche blanche sur feuille de tomate.

6. Récolte et conditions de conservation de la tomate

6.1. Récolte des fruits

Les tomates destinées à la vente locale peuvent être de couleur rouge et de consistance ferme. Celles sélectionnées pour être transportés doivent être de couleur verte. Elles seront pulvérisées avec de l'éthylène 48 heures avant l'expédition (**Alaoui, 2005**).

La récolte de la tomate industrielle peut être mécanisée en un seul passage ou manuelle et échelonnée (cas le plus fréquent dans notre pays).

6.2. Conditions de conservation

Le temps de conservation des fruits de tomates dépend de leur stade de maturation. Dans les conditions de maturation normale (18-25°C et une H% de 90-95%), les tomates se conservent habituellement entre 8 et 10 jours, mais les fruits de couleur verte se conserveront plusieurs semaines à des températures comprises entre 13 et 16°C. Les fruits rouges ne peuvent être conservés que quelques jours à des températures de 7 à 10°C.

Pour l'exportation, il s'agit obligatoirement d'entreposage en chambre froide dans des conditions optimales en évitant toute interruption de la chaîne de froid jusqu'à la vente au détail.

6.3. Tomates destinées à la transformation

La tomate peut être transformée en différents produits : en sauce, en jus, en concentré, en pulpe, en ketchup, ainsi qu'en tomates pelées, coupées en dés ou non, et bien plus encore.

6.3.1. Caractéristiques de la tomate destinée à la transformation

Selon **Miladi (1970)**, la matière première est un facteur important. Les tomates à transformer en concentré doivent être fraîches saines et de couleur rouge, elles doivent présenter les caractéristiques suivantes :

- Pour le **Calibre du fruit** : Il doit être de gros calibre (9/10 fruits/kg) ; ceci implique la diminution de la main d'œuvre à la récolte ainsi qu'en usine.

- Pour la **Couleur** : la couleur doit être d'un rouge caractéristique, aussi bien pour la peau que pour la pulpe, une défaillance de couleur donne un mauvais produit fini.
- **Résistance à l'éclatement et à l'écrasement** : Il faut toujours avoir des variétés de fruits résistants au moment de la récolte, puisqu'elles sont sujettes au transport et au stockage.
- **Pectines** : afin d'augmenter la consistance du produit fini, le fruit doit avoir une forte teneur en pectines
- **Extrait sec** : un bon cultivar doit titrer au moins 5.5 indice réfractométrique (**Montigaud et al., 1983**)
- **PH** : Selon **Rey et Costes (1965)**, le pH du jus de fruit doit être entre 4.05 et 4.15 pour assurer une bonne conservation.
- **Acidité** : La teneur en acide totale exprimée en g d'acide citrique dans la tomate fraîche ne doit pas être inférieure à 0.35%.
- **Vitamine C** : elle est importante d'un point de vue nutritif, elle joue un rôle d'antioxydant (20mg /100g de jus de tomate)
- **Sucres**: Selon **Rey et Costes (1965)**, la teneur en sucres chez la tomate est de 2.5 à 3.5 %, cette teneur est variable selon la variété, la période de maturation du fruit et l'époque de l'année. Ils représentent près de la moitié de la matière sèche.
- **Arôme** : L'arôme doit être fort, car une grande partie de celui-ci se perd par évaporation au moment de la transformation (**Grasselly, 2000**)
- **Nitrate et sulfate** : Il est conseillé d'avoir une très faible teneur en nitrates et sulfates pour ne pas entraîner la corrosion des boîtes.

6.3.2. Procédés de transformation industriels de la tomate (Figure 18)

A l'arrivée en usine, les tomates fraîches doivent être contrôlées. Pour cela, on examine les points suivants :

- Uniformité de la couleur ;
- Séparer les fruits trop ou insuffisamment mûrs ;
- Présence de terre ou matière étrangère ;
- Séparer les fruits de variété de tomate qui ne sont pas destinées à la transformation.

➤ **La réception et lavage des tomates**

Les tomates livrées à l'usine dans des camions, sont déchargées par injection d'eau grâce à des tuyaux mobiles vers des piscines de stockage remplies d'eau. Ce procédé permet à de débarrasser les fruits de la poussière des champs et des feuilles.

L'eau servant à ce lavage doit être potable et chaude pour éviter l'accumulation des microorganismes.

➤ **Triage et parage**

Cette opération consiste à séparer les tomates de "bonne qualité" de celles à rejeter cause de leur état physiologique. Celles qui ont des moisissures ou des avaries locales seront enlevées. Celles non assez mûres sont rejetées. Elle se fait immédiatement après le lavage sur une table.

➤ **Broyage et séparation des graines**

Les fruits triés subissent un broyage, puis un passage à travers un cylindre conique dont le diamètre des mailles est de 1,2mm permettant ainsi de séparer les graines du jus.

➤ **préchauffage**

Il consiste à chauffer les tomates broyées avec de la vapeur d'eau dans un milieu contrôlé. La température est voisine de 70°C. Le but est de :

- Ramollir la tomate.
- Inhiber les microorganismes.
- Chasser l'air.
- Eviter aussi la décoloration (contrôle de température).

➤ **Tamissage - Raffinage**

Après le préchauffage la pâte (jus) de tomate est pompée dans le groupe passoire-raffineuse. Là où le jus est débarrassé des pépins, de la peau et de tout autre débris. Ce procédé permet de diminuer le pourcentage des tissus durs.

➤ **Evaporation et concentration du jus**

Cette opération consiste à éliminer l'eau sous forme de vapeur afin d'accroître la teneur en matière sèche du double concentré de tomate.

➤ **Remplissage**

Les boîtes sont stérilisées à la vapeur vive puis disposées en file sur un transporteur métallique. Chacune se trouve sous la tête de la doseuse pour être remplie.

➤ **Sertissage**

Afin d'assurer une bonne conservation, les boîtes remplies sont fermées hermétiquement à l'aide d'une sertisseuse.

➤ **Stérilisation**

La stérilisation s'effectue soit par jet d'eau, soit à la vapeur d'eau à une température de 100°C.

➤ **Refroidissement**

Le refroidissement s'effectue à une température de 45°C pendant 15 minutes.

➤ **Etiquetage**

Après le séchage, les boîtes seront étiquetées. Il s'agit de coller sur la boîte des étiquettes indiquant essentiellement la date limite de consommation. Il est indiqué sur les boîtes le poids et le Brix du contenu. Il faudra veiller à l'aspect esthétique de cette étiquette.

➤ **Stockage**

Le stockage se fait dans un lieu sec aéré à une température de 20°C, afin de préserver les caractéristiques du produit.

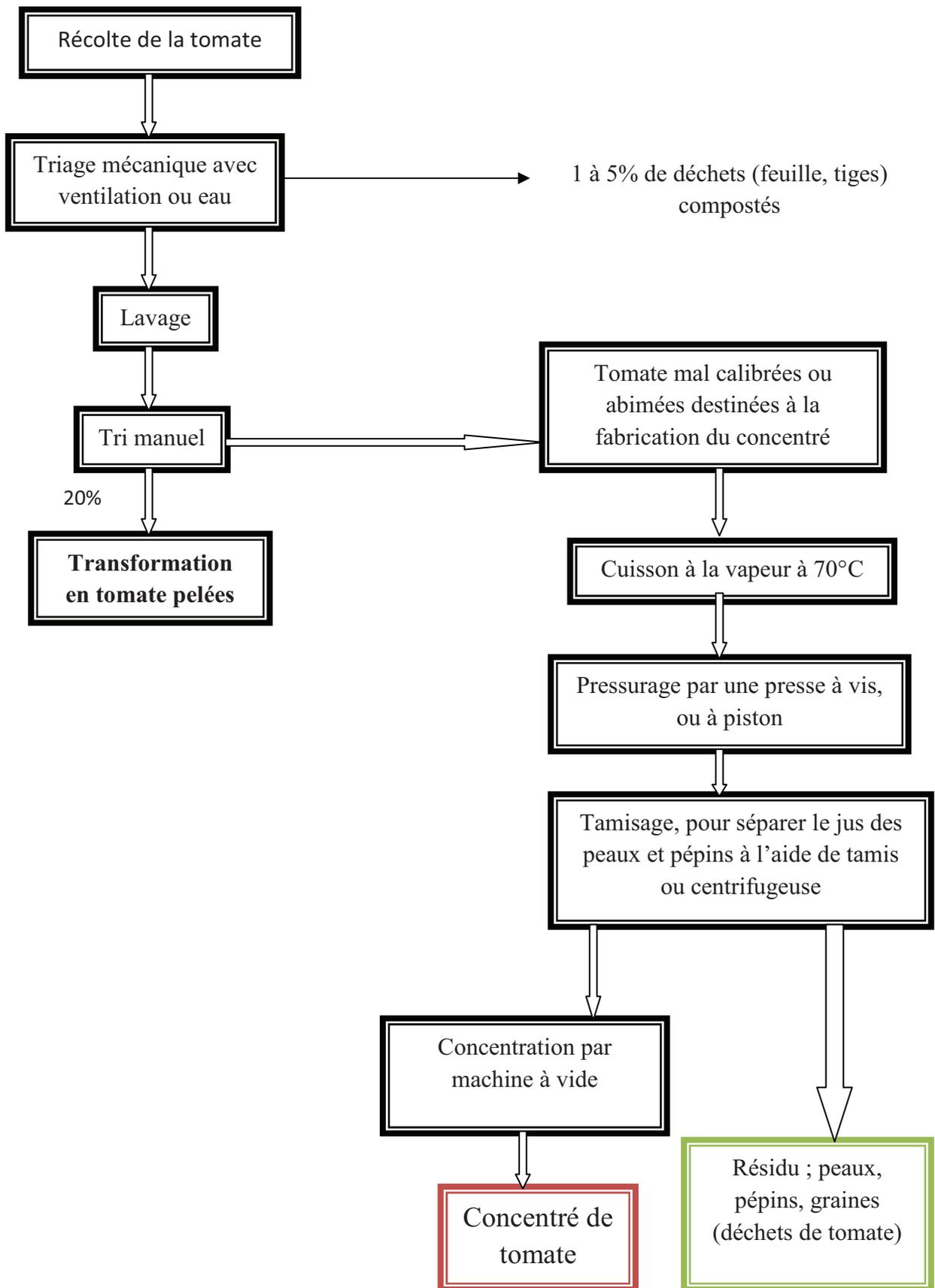


Figure 16. Résumé des différentes étapes de fabrication du concentré de tomate

7. Impact des procédés de transformation et de la conservation sur la qualité nutritionnelle des produits à base de tomate

La tomate est un produit riche en microconstituants qui est consommé frais ou transformé (concentrés, sauces). Au cours de leur préparation, ces produits sont soumis à des traitements thermiques, plus ou moins intenses, susceptibles de dégrader leur qualité nutritionnelle originelle. Par ailleurs, les réactions initiées au cours de la transformation peuvent se poursuivre lors de la conservation et avoir des conséquences sur la qualité organoleptique du produit. D'autres caroténoïdes, présents en plus faibles quantités que le lycopène et le β -carotène ont été étudiés: la lutéine, le phytoène, le phytofluène, le neurosporène et le ζ -carotène. Sur la base des résultats de différentes études, il semble que ces derniers sont peu affectés par les procédés de transformation (**Takeoka et al., 2001 ; Abushita et al., 2000 ; Khachik et al., 1992**).

Par contre, la vitamine C est systématiquement dégradée par les procédés de transformation. Selon les conditions employées, les pertes sont plus ou moins importantes. La température, le pH et la durée du traitement sont les principaux paramètres influençant la dégradation de ce composé.

Conclusion

Les procédés de transformation entraînent généralement la perte de composés, notamment de la vitamine C qui est très sensible à la chaleur et à la lumière. Les teneurs en microconstituants restent toutefois relativement importantes dans les produits finaux.

Pour le concentré de tomate, les teneurs en microconstituants par rapport à la matière fraîche sont généralement élevées du fait de l'étape de concentration. En effet, la réduction de la teneur en eau du produit entraîne une concentration de la matière sèche et une libération des microconstituants. Finalement, même s'ils sont dégradés au cours du procédé de transformation, ils peuvent être retrouvés dans des proportions plus importantes que dans les tomates fraîches grâce à l'étape de concentration.

1. Matériel d'étude

1.1. But des essais

Nos essais ont porté sur l'influence de différentes doses de fertilisation potassiques sur le comportement agronomique et technologiques chez deux variétés de tomates industrielles : Riogrande (V1) et Aïcha (V2). Les essais sont réalisés en plein champ.

1.2. Présentation de la zone d'étude

Nos essais sont conduits en plein champ à la station expérimentale de l'institut technique des cultures maraîchères et industrielles (ITCMI) des Issers dans la wilaya de Boumerdès, située à 50 km de Tizi ousou, sur la route de Chaabet-El-Ameur, Dràa El Mizan (Tizi-Ouzou). Cette dernière se trouve à 1,5 km de l'axe routier Alger-Tizi-Ouzou. La superficie totale de la station est de 26,7ha dont 24,8ha représentent la surface agricole utile (SAU).

1.3. Coordonnées géographiques de la zone d'étude

La commune des Issers est située à 68m d'altitude. Les coordonnées géographiques de la région sont 36° 43'0'' N et 3° 40' 0''S. La figure17 montre une image satellite géographique de la région d'étude.

1.4. Géologie et hydrologie de la région d'étude

Les terres de la région sont des alluvions. L'eau de la station d'étude provient d'un bassin d'accumulation des eaux de pluie. Ce sont deux puits d'une profondeur de 9 à 13 m.

1.5. Données climatiques de la zone d'étude

Le climat est l'un des facteurs déterminant le développement de la plante et l'augmentation des rendements. Le tableau13 récapitule la température moyenne mensuelle durant treize années à compter de la campagne agricole 2001/ 2002 jusqu'en 2013/2014. A cet effet, nous remarquons une évolution des températures moyennes sans excès néfastes sur le développement des plants de tomate. Pour les précipitations mensuelles (Tableau14), on note une irrégularité et surtout une insuffisance des quantités reçues par rapport aux besoins de la tomate au cours du cycle. A cet effet, des irrigations d'appoint sont effectuées tout au long de la culture.

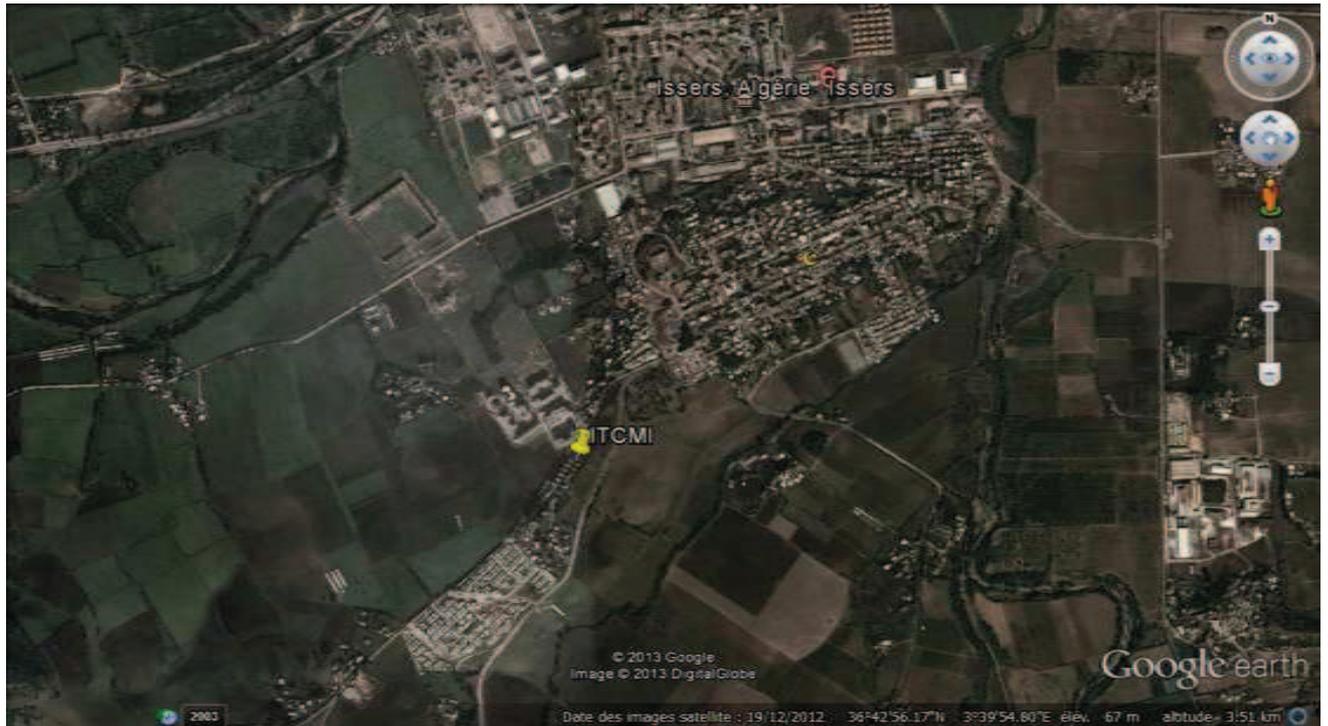


Figure17. Image satellite de la station expérimentale dans la région des Issers.

Tableau13. Températures moyennes mensuelles durant la période 2001-2014 dans la région des Issers (Issers, 2014).

	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
2001-2002	24,98	23,39	14,03	09,47	10,10	10,26	11,88	12,89	16,02	23,70	26,87	26,35
2002-2003	23,75	21,61	17,88	16,96	13,13	12,80	17,00	18,02	21,13	25,77	28,61	27,79
2003-2004	24,70	26,76	23,60	15,67	15,55	15,63	14,05	16,42	18,64	24,27	26,35	29,76
2004-2005	26,55	22,79	15,02	14,64	07,66	07,34	12,27	14,02	21,12	24,47	30,15	29,76
2005-2006	26,02	29,48	23,32	10,20	09,00	09,58	12,52	14,35	18,87	23,47	27,55	29,92
2006-2007	25,90	26,10	18,29	11,44	09,58	09,79	13,47	15,95	18,62	25,52	27,07	29,60
2007-2008	22,10	23,90	18,14	11,34	11,02	10,97	12,28	14,85	17,74	24,39	27,08	28,34
2008-2009	24,35	22,29	19,85	13,36	10,81	11,95	11,57	13,60	18,49	24,32	28,70	30,47
2009-2010	24,02	21,15	18,47	13,94	12,13	09,96	10,50	12,60	16,33	26,49	28,18	29,46
2010-2011	22,75	16,32	17,37	12,11	10,57	10,58	10,28	14,62	15,58	17,58	27,83	29,15
2011-2012	27,50	16,20	17,30	12,04	10,57	10,58	10,27	14,61	15,58	17,58	27,82	29,14
2012-2013	23,75	21,32	16,51	21,15	11,18	09,45	12,74	13,97	15,86	19,92	24,84	25,35
2013-2014	24,13	22,51	15,18	11,18	11,98	12,07	13,58	17,13	19,14	23,67	25,77	27,42
TM (°C)	26,65	22,60	18,07	13,34	11,05	10,84	12,49	14,84	17,93	23,16	27,44	28,65

Tableau 14. Précipitations totales mensuelles durant le cycle de la plante (mm) pendant la période 2001-2014 dans la région des Issers (Issers, 2014).

	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Somme des précipitations mm
2001-2002	35,2	26,4	0,8	0	12,5	12,2	87,1
2002-2003	116,6	6,6	0	0	0	29,6	152,8
2003-2004	53,3	145,2	0	0	0	5,6	204,1
2004-2005	38,4	0	0	0	0	8,4	46,8
2005-2006	10,6	72,8	0	0	0	0	83,4
2006-2007	162,2	100,2	50,3	7,6	0	15,4	335,7
2007-2008	40	59,3	0	0	0	32,6	131,9
2008-2009	60,2	6	0	0	0	30	96,2
2009-2010	52,2	20,4	5	0	4	117,6	199,2
2010-2011	108,9	124,4	50,6	0	0	31,4	315,3
2011-2012	108,9	117,8	50,6	0	0	25,4	302,7
2012-2013	74,8	134	0	0	16,1	0	224,9
2013-2014	03	14	48	0	0	0	65

Le diagramme ombrothermique de **Bagnouls et Gausson (1953)**, caractérise l'évolution des températures moyennes et les précipitations mensuelles de la région des Issers, en respectant la convention d'échelle ($P \leq 2 T$). L'intersection des deux courbes P et T représente la période sèche.

La courbe ombrothermique de la station expérimentale des Issers durant la période 2001-2014 (Figure 18) indique que le climat de la région est caractérisé par :

- Une période sèche qui s'étale du mois de Juin jusqu'à la mi-October.
- Deux périodes humides : La première est la plus importante s'étale du mois de Janvier jusqu'à la fin du mois de Mai et la deuxième s'étale de la mi-October jusqu'au mois de Décembre.

La somme des précipitations mensuelles annuelles enregistrées au cours du cycle de la plante durant toutes ces campagnes agricoles (Tableau 14) est inférieure à 400 mm, ce qui reste nettement inférieur aux besoins de la tomate en alimentation hydrique, comme il a été signalé par **Cornillon (1981)**, que les besoins en eau de la tomate durant son cycle de développement sont en moyenne de 4000 à 6000 m³/ha, soit 400 à 600 mm de précipitations. Ce qui nécessite un complément d'irrigation au cours du cycle par rapport à nos essais.

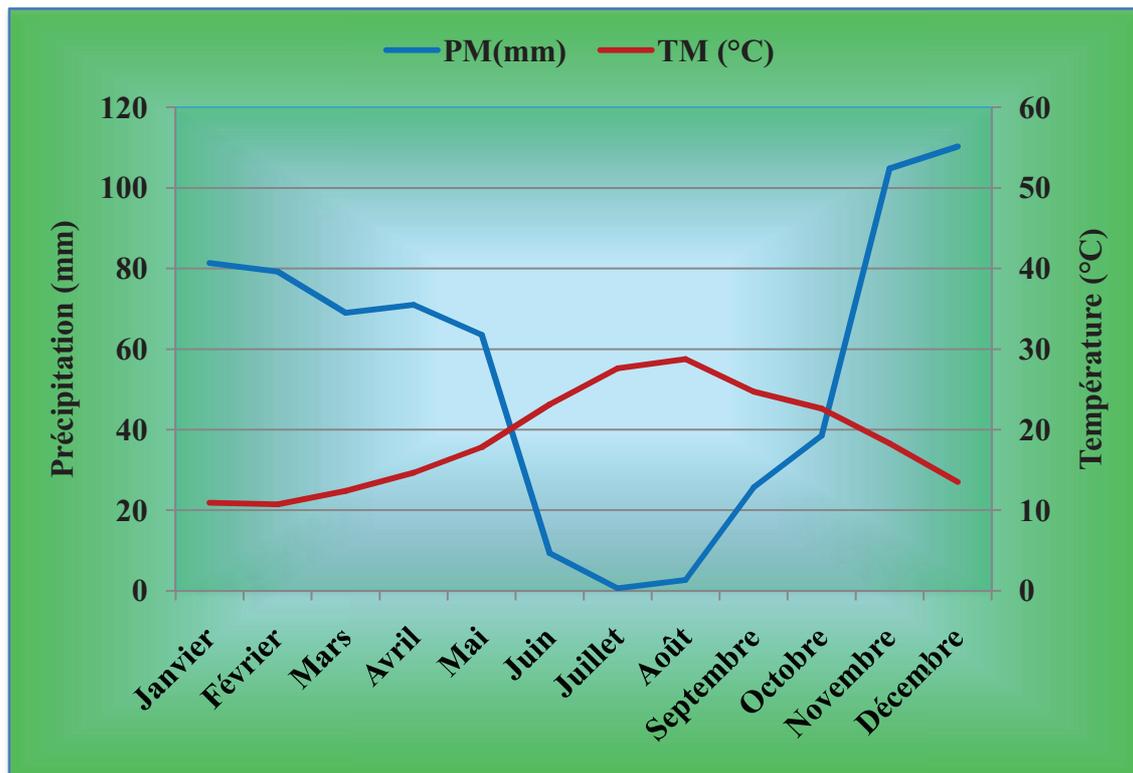


Figure18. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен de la station expérimentale des Issers durant la période 2001-2014.

1.6. Caractéristiques des sols d'étude.

Les sols de la station des issers sont de texture à dominance argileuse (Soltner, 2005), dont les caractéristiques physiques et chimiques réalisées à l'école Nationale Supérieures Agronomiques d'El Harrach sont résumées dans le tableau 15.

Pour connaître la nature des argiles qui compose nos sols, ces derniers ont fait objet d'une analyse par diffraction aux rayons X (DRX) au moyen d'un diffractomètre (Panalytical, Xpert –Pro) au laboratoire d'analyse des sols à Boumerdès, afin de connaître le type du minéral argileux qui prédomine. Pour cela, les échantillons solides finement broyés, sont montés sur des portes échantillons adéquats et sont soumis à un faisceau des rayons x pour être diffractés par les plans réticulaires des phases cristallines.

A cet effet le type de l'argile qui prédomine dans les sols d'étude est l'illite avec un taux de 30%.

Tableau 15. Résultat d'analyse physico-chimique des sols des essais (Laboratoire d'analyse du sol, ENSA Alger, année : 2007; 2009; 2011; 2014)

Caractéristiques Physico-chimiques	Résultats				Interprétation			
	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	Sol (S ₁)	Sol (S ₂)	Sol (S ₃)	Sol(S ₄)
					2006/2007	2008/2009	2010/2011	2013/2014
Argiles (%)	57	41.36	25	57	Argileux	Argilo-limoneux	Limono-argileux	Argileux
Limon fin (%)	14.9	20.73	40	20				
Limon grossier(%)	15.0	10.62	8	8,02				
Sable grossier(%)	9.6	9,79	20.8	9,53				
Sable F (%)	4.45	17.49	6.2	3,89				
Matière organique(%)	0.82	1.08	1.3	1,32	Pauvre	Pauvre	Pauvre	Pauvre
Azote (%)	0.08	0.08	0,20	0.22	Pauvre	Pauvre	Riche	Riche
Ca Co ₃ (%)	9.98	11,24	15.5	15.5	Moyen	Moyen	Calcaire	Calcaire
P (ppm)	120.6	105	61.5	100	Moyen	Moyen	Moyen	Moyen
K ⁺ (meq/100g)	0.56	0.58	0.90	1.32	Moyen	Moyen	Riche	Riche
pH	7.5	7.4	7.4	7.5	Légèrement alcalin	Légèrement alcalin	Légèrement alcalin	légèrement alcalin
CE (mmhos/cm)	0.26	0.25	0.20	0.64	faible	faible	faible	faible
CEC (meq /100g)	18.5	20.56	12	22,5	élevée	élevée	Moyenne	élevée

Sur la base des résultats des analyses physiques et chimiques des sols (tableau 15), on peut conclure que :

- Tous les sols des parcelles ayant fait objet de nos essais présentent une forte teneur en argile, les textures sont établies sur la base du triangle textural (**Soltner, 2005**).
- Le pH de la solution du sol est légèrement alcalin. Un taux de calcaire compris entre 5 et 20, nos sols sont donc moyennement calcaires à calcaires (**Hénin et al., 1970**).
- Pour la réserve du sol en éléments majeurs : les sols sont pauvres à riches en azote, moyennement pourvus en phosphore et moyen à riche en potassium.
- Une conductivité électrique globale (CE) moyenne.
- Une capacité d'échange cationique (CEC) moyenne, à élevée.

1.7. Matériel végétal

Au cours de nos essais, deux variétés sont étudiées à la station expérimentale des Issers. Il s'agit des variétés Riogrande (V1) et Aïcha (V2) (figures 19, 20 et 21) dont les caractéristiques sont résumées dans le tableau 16.

Tableau 16. Caractéristiques des deux variétés de tomate industrielle étudiées :
Riogrande (V1) et Aïcha (V2) (ITCMI, 2007)

Caractéristiques	Riogrande	Aïcha
Origine	France	France
Nature génétique	Fixée	Fixée
Type de croissance	Déterminée	Déterminée
Précocité	Tardive (188 jours)	Moyenne
Récolte	Echelonnée	Echelonnée
Productivité	400 à 500 qx /ha	300 à 500 qx/ha
Forme de fruit	Légèrement allongée	Ronde
Nature de la peau	Lisse	Lisse
Port	Dressé	Dressé
Poids moyen	80 à 100 grammes	100 à 150 g
pH du jus de fruit	4,4	4,5
Brix	5,5 à 5,7	4 à 5



(1)

(2)

Figure 19. Fruits de tomate variétés: Aicha (1) et Riogrande (2), au stade : grossissement du fruit (Originale, 2007).



(1)

(2)

Figure 20. Fruits de tomate variétés Riogrande (1) et Variété Aicha (2) au stade maturation des fruits (Originale, 2009)



Figure 21. Stade récolte de la tomate, variété Riogrande sur pied et dans des cagettes
(Originale, 2011)

2. Méthodes d'études

2.1. Différentes doses en potassium apportées

Selon **Clement (1958)** et **Laumonnier (1979)**, les besoins de la tomate de plein champ sont de 250kg/ha de K_2O . Au cours de nos essais, différentes doses en potassium supérieures à cette dernière préconisée par les auteurs suscités sont testées pour évaluer le comportement de la plante vis-à-vis des paramètres agronomiques, technologiques et notamment du rendement en fruit chez deux variétés de tomate industrielles.

2.1.1. Effet de trois doses K_2O /ha (0-250-500U) sur les paramètres agronomiques et technologiques chez deux variétés de tomate industrielles Riogrande (V1) et Aicha (V2):

Au cours de trois campagnes agricoles (2006/2007, 2008/2009 et 2010/2011), les trois doses de potasse sont testées.

2.1.2. Effet de neuf doses de K_2O /ha sur les paramètres agronomiques, technologiques ainsi que la teneur en éléments minéraux chez la variété Riogrande (V1)

Au cours de la campagne agricole 2013/2014, nous avons étudié les effets de neuf doses de K_2O /ha (0-100-200-300-400-500-600-700-800U de K_2O /ha) dans le but d'observer la dose optimale pour une production maximale de la tomate. Il s'agit de cerner la dose la plus

efficace pour éviter la consommation de luxe en cet élément et d'éviter toutes les actions d'antagonismes et surtout de blocage dans l'absorption des éléments minéraux notamment du calcium.

2.2. Dispositif expérimental

Pour tous nos essais, nous avons opté pour les dispositifs expérimentaux en bloc aléatoire complet (Figure 22 ; 23) pour éviter tout gradient d'hétérogénéité susceptible d'entraver l'expression des résultats lié à l'objectif fixé sur l'effet des différentes doses de la fertilisation potassique.

Pour les trois premières campagnes agricoles, nous avons deux facteurs :

- Facteur variété : Nous avons deux variétés : Riogrande (V1) et Aicha (V2).
- Facteur dose de fertilisation potassique : Nous avons testé trois doses ((K₀, K₁, K₂) correspondant respectivement à 0, 250 et 500 U de K₂O/ha.

Pour la quatrième campagne agricole, nous avons étudié un seul facteur :

- Facteur dose de fertilisation potassique testé sur une variété: Nous avons neuf doses (K₀, K₁, K₃, K₄, K₅, K₆, K₇, K₈ et K₉) correspondant respectivement à : **0-100-200-300-400-500-600-700-800U de K₂O/ha.**

Les caractéristiques des dispositifs expérimentaux sont résumées comme suit :

- Pour les essais à trois doses de fertilisation potassique (Figure 22), nous avons un dispositif en bloc aléatoire complet avec quatre répétitions et à deux facteurs.
- Pour l'essai à neuf doses de fertilisation potassique (Figure 23), nous avons :
Un dispositif expérimental en bloc aléatoire complet à un facteur avec quatre répétitions.
Le facteur étudié est la fertilisation potassique à différentes doses K₀, K₁, K₂, K₃, K₄, K₅, K₆, K₇, K₈ sur une variété de tomate Riogrande (V1).

Les caractéristiques des dispositifs expérimentaux sont résumées comme suit :

- Pour les essais à trois doses de K₂O/ha, nous avons les caractéristiques suivantes :
 - Longueur de l'essai : 19m
 - Largeur de l'essai : 20m
 - Surface de l'essai : 380m²

- Nombre de blocs : 4 blocs
 - Distance entre blocs : 1m
 - Nombre de lignes par bloc : 03
 - Nombre de plants par ligne : 06(18 plants pour chaque variété)
 - Distance entre plants : 0.4m
 - Distance entre lignes : 1m
 - Nombre de plants par bloc : 108 (54 plants par variété)
 - Densité de plantation : 25000 plants/ha.
 - Nombre total de plants : 432plants
 - Densité de plantation : 25000 plants par ha.
- Pour l'essai à neuf doses de K_2O /ha, nous avons les caractéristiques suivantes:
- Longueur de l'essai : 40m
 - Largeur de l'essai : 10m
 - Surface de l'essai : 400m²
 - Nombre de blocs : 4 blocs
 - Distance entre blocs : 1m
 - Nombre de lignes par bloc : 02
 - Nombre de plants par ligne : 10
 - Distance entre plant : 0.4m
 - Distance entre ligne : 1m
 - Nombre de plants par bloc : 180
 - Densité de plantation : 25000 plants/ha.
 - Nombre total de plants : 720plants
 - Densité de plantation : 25000 plants par ha.

Les photos (figure 24), illustrent une vue générale des parcelles expérimentales.

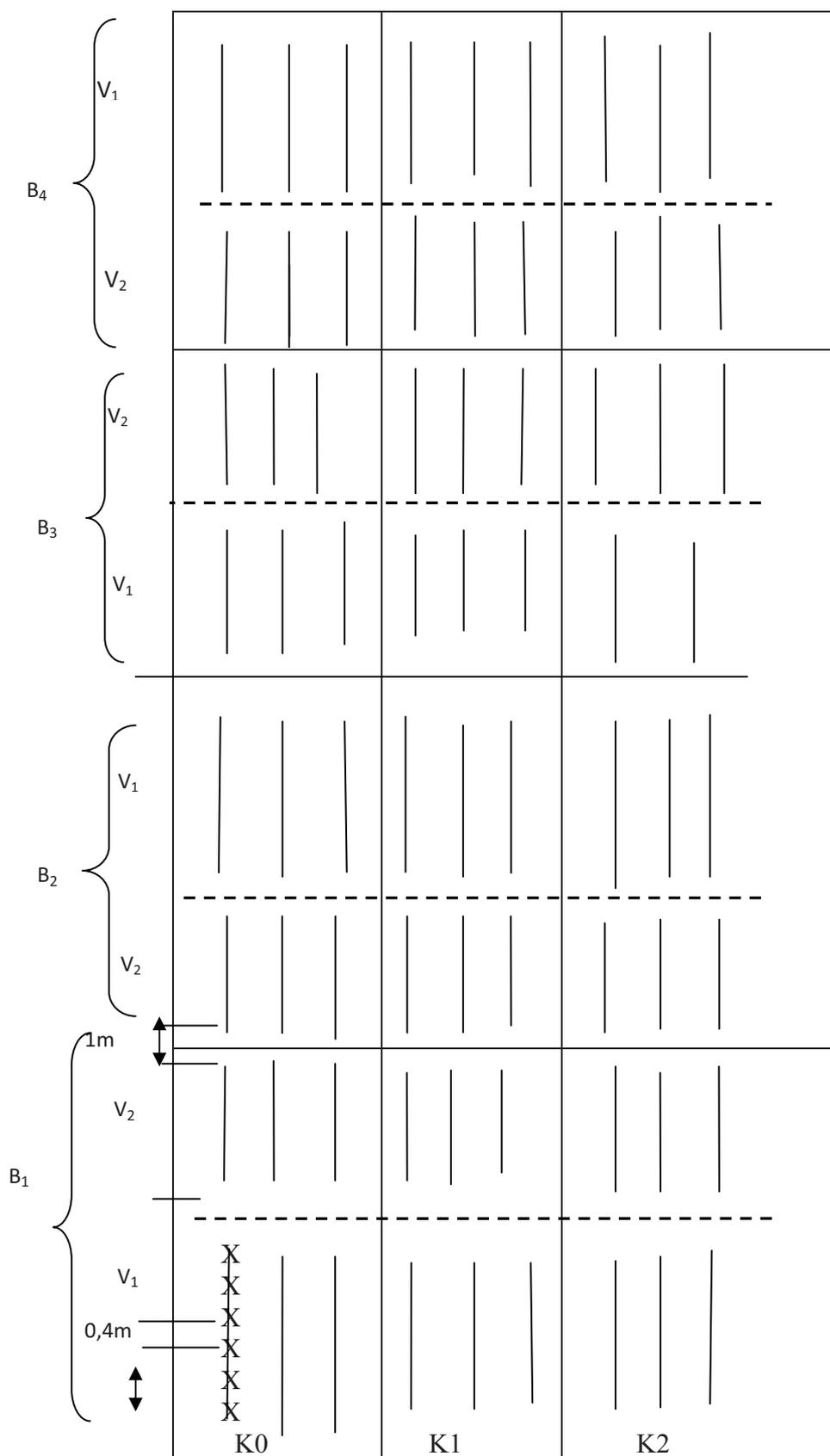


Figure 22 : Schéma du dispositif expérimental à trois doses de K_2O/ha

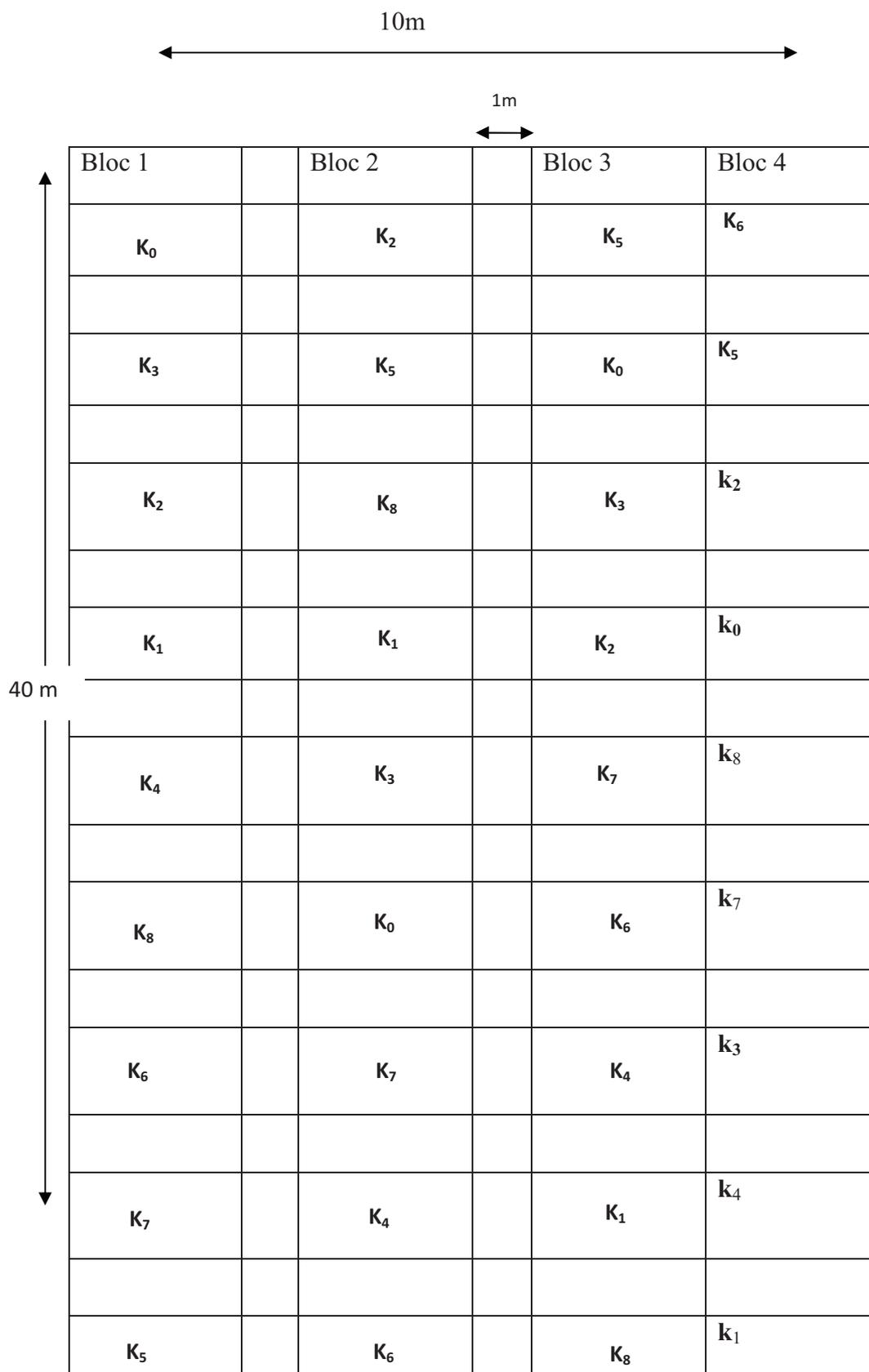


Figure 23. Schéma du dispositif expérimental à neuf doses de K₂O/ha.



Photo 1



Photo 2

Figure 24. Vue générale des parcelles expérimentales de la tomate en pleine croissance

(Photo 1 : Campagne agricole 2008/2009)

(Photo 2 : Campagne agricole 2010/2011)

2.3. Conduite de la tomate en plein champ

Avant et au cours du cycle de la tomate en plein champ, plusieurs opérations sur terrain sont réalisées pour mener de façon convenable la culture et pour assurer de bons rendements. Le tableau 17, illustre toutes les opérations effectuées sur terrain.

2.3.1. Production de plants en pépinière

L'élevage des plants est réalisé sur un terrain légèrement incliné d'une orientation Sud/Est afin que les plants profitent au maximum de l'éclairage hivernale.

La pépinière est préparée au début du mois de Mars, la composition du substrat de culture est de 1/3 de terre fine et 2/3 de fumier de bovin décomposé ayant 7 à 10cm d'épaisseur.

Le semis des variétés de tomate est réalisé un mois et demi avant plantation selon la Campagne agricole de l'essai avec une densité de semis de 100 à 150 graines par sillon de 1m de long. L'arrêt des arrosages est réalisé 10 jours avant le prélèvement des plants pour permettre à ces derniers une bonne acclimatation (Figure 25 et 26).

2.3.2. La plantation

Les précédents culturaux des parcelles d'essais sont des espèces d'une autre famille que les Solanacées avec respectivement par campagne agricole: Une céréale (Blé), une cucurbitacée (Concombre), et une légumineuse pour les deux dernières campagnes (Haricot vert). Ces précédents culturaux sont de familles différentes de la tomate, ce qui limite des incidences majeurs sur l'état sanitaire de la tomate.

Tableau17. Itinéraire technique de la tomate au plein champ au cours des différentes campagnes agricoles (2006/2007 ; 2008/2009 ; 2010/2011 et 2013/2014) (Issers, 2007 ; 2009 ; 2011 ; 2014).

Opérations	Moyens	Périodes	But
1-Travaux du sol -Déchaumage -Labour 20-30 cm -Discage croisé	Déchaumeuse Charrue à socs Charrue à disque	Mars, 2007 Mars, 2009 Mars, 2011 Mars, 2014	- Aération du sol, augmentation de la capacité de rétention en eau du sol. - Destruction des mauvaises herbes. - Emiettement du sol pour assurer une meilleure réserve en eau du sol.
2-La pépinière -Préparation des couches de semis - Semis -Arrosage -Eclaircissage -Désherbage	Manuelle Manuel Manuel	Début Mars 18.04.2007 20.03.2009 20.03.2011 29.04.2014	-Préparation du lit de semis. -Obtention des plants sains et vigoureux.
3-En plein champ -Transplantation -1er apport en azote - Binages tous les 15 jours -Apport en potassium -2 ^{ième} apport en azote -3 ^{ième} apport en azote -Récolte	Manuelle Manuel sur les lignes. Manuel Manuel (localisé) Au stade début floraison (un mois après plantation). Au stade début fructification. Manuelle	30.05.2007 30.04.2009 29.04.2011 08.06.2014 Une semaine après plantation 1 ^{ière} 12.08.2007 1 ^{ière} 26.07.2009 1 ^{ière} 30.07.2011 1 ^{ière} 27.08.2014	-Ameublir et aérer le sol au pied des plants -Créer une synergie entre les éléments (K, N). -Meilleur contact sol racines pour l'efficacité d'absorption des éléments. -Echelonnée après la première récolte tous les 10jours pour toutes les campagnes agricoles.



Figure 25. Préparation de la pépinière pour l'élevage de plants de tomate
(Originale, 2009)



Figure 26. Production de plants en pépinière : variétés Riogrande et Aicha (Originale, 2009).

2.3.3. Fertilisation minérale

2.3.3.1. L'azote

L'apport de l'azote est effectué en trois fractions sous forme d'urée 46% à raison de 120U d'azote par hectare, la première fraction est effectuée au stade jeunes plants (une semaine après plantation), la deuxième au stade floraison (un mois après plantation) et la troisième au stade début fructification.

2.3.3.2. Le phosphore

Le sol des parcelles utilisées se trouve moyennement pourvu en phosphore, nous n'avons fait aucun apport en cet élément.

2.3.3.3. Le potassium

Au cours de nos essais, le potassium (K_2O) est apporté au stade début floraison sous forme de sulfate de potassium (K_2SO_4) à 50% de K_2O , de manière localisée en creusant autour des racines des plants. Les quantités en sulfate de potassium correspondant aux différentes doses apportées sont respectivement : 0, 500 et 1000 kg/ha au cours des trois premiers essais (K_0 , K_1 et K_2). Et lors du quatrième essai, les quantités en sulfate de potassium sont : 0, 200, 400, 600, 800, 1000, 1200, 1400, 1600 kg/ha de K_2SO_4 correspondant aux doses de K_0 , K_1 , K_2 , K_3 , K_4 , K_5 , K_6 , K_7 K_8 .

2.3.4. Maladies rencontrées chez la tomate et traitements phytosanitaires effectués

Au cours des différentes campagnes agricoles, nous avons rencontré plusieurs maladies et accidents physiologiques. Contre les maladies, nous avons effectué des traitements phytosanitaires (tableau18). La figure 27, illustre les principales maladies et accidents physiologiques observées sur tomate, au cours des essais.

Tableau 18. Traitements phytosanitaires réalisés au cours des différentes campagnes agricoles (Issers, 2007 ; 2009 ; 2011 ; 2014).

Date	Type de traitement	Agent causal	Produits utilisés	Matières actives	Doses
En pépinière 1^{er} traitement Stade jeune plantule (trois feuilles) 15/05/2007 10/04/2009 15/04/2011 22/05/2014	Insecticide	Aleurodes	Karaté	Lambda cyhalothrine	40g/30l
2^{ème} traitement Stade six feuilles 20/04/2009 22/04/2011 02/06/2014	Insecticide	Acarien Pucerons	Mitac Agrinate	Amitraze Methomyl	300ml/hl 170ml/hl
En plein champ, aux stades: fructification, grossissement et maturation des fruits					
26/06/2007 10/07/2007	Insecticide	Acarien	Mitac	Amitraze	300ml/hl
15/05/2009 01/06/2009 30/06/2009	Insecticide Fongicide Insecticide	Acarien <i>Phytoftora infestans</i> Noctuelles	Mitac Manébe Agrinate	Amitraze Manébe Méthomyl	300ml/hl 2kg/ha 170ml/hl
20/05/2011 03/06/2011 25/06/2011 03/07/2011	Insecticide Fongicide Fongicide Acaricide	Aleurodes <i>Phytophthora infestans</i> Oïdium Acariens	Décis Cuivrat Bayfidan Omite	Deltamétrine Oxychlorures de Cu Propargite	50ml/70l 0.3 à 0.4kg/ha 3ml/10l 11ml/10l
28/06/2014 20/08/2014	Insecticide Insecticide	Noctuelles Noctuelles		Methomyl Méthomyl	170ml/hl



Photo 1. Dégâts causés par la mineuse : *Tuta absoluta* (Originale, 2011)



(1)

(2)

Photo 2. Cas de Blotchy ripening (1) ou « Sun burn » et de la pourriture apicale (2) sur fruit « Blossom end rot ».

Figure 27. Principales maladies et accidents physiologiques rencontrées sur tomate au cours des essais (Originale, 2009; 2011)

3. Paramètres mesurés

Lors de nos essais, quatre plants par dose et par variété au niveau de chaque bloc sont étiquetés pour mesurer les différents paramètres de croissance et de production chez les deux variétés de tomate industrielle.

3.1. Paramètres de croissance

3.1.1. Diamètre de la tige principale (mm)

Au cours de nos essais, la mesure du diamètre de la tige principale est effectuée à l'aide du pied à coulisse, après maturation des fruits de la première récolte. Ce dernier nous renseigne sur la vigueur de la plante.

3.1.2. Hauteur de la tige principale (cm)

La hauteur moyenne de la tige principale est mesurée à l'aide d'un mètre ruban. C'est un paramètre de vigueur.

3.1.3. Nombre de tige par plant

Le nombre de tiges par plant exprime le potentiel de rendement de la tomate puisque la tige comporte des inflorescences qui porteront des fruits. Ce paramètre est mesuré par comptage de l'ensemble des ramifications du plant.

3.1.4. Matière sèche du plant (g) : feuilles, tiges et racines

La matière sèche est déterminée par la méthode pondérale après passage des échantillons à l'étuve à une température de 75°C pendant 48 heures, jusqu'à poids constant.

3.1.5. Surface foliaire nette (cm²)

La surface foliaire joue un rôle important dans la photosynthèse, l'interception de la lumière, de l'eau et des éléments minéraux, donc de la croissance de la plante et du rendement (**Yong Yeol Cho et al., 2007**).

La mesure de la surface foliaire est effectuée par la méthode des disques foliaires, le principe de cette méthode est le suivant :

- ✓ Trois plants par dose, par variété et par bloc sont arrachés au stade de pleine végétation

- ✓ Séparer ensuite les folioles de la plante;
- ✓ A l'aide d'un emporte pièce de 1,1cm de diamètre, on a réalisé 90 disques foliaires ;
- ✓ Le reste des folioles, les ramifications et les racines sont mis à part pour évaluer la matière sèche;
- ✓ Toutes les parties séparées sont mises à l'étuve : 75°C pendant 48 heures. Ce qui permet de mesurer:
 - Poids sec des racines (g) ;
 - Poids sec des disques (g) ;
 - Poids sec des ramifications (g) ;
 - Poids sec des folioles (g).
- ✓ Le calcul de la surface foliaire est effectué ainsi :
 - 1 disque → surface (0,94cm²)
 - 90 disques → surface y (84,6cm²)
 - La surface spécifique des disques (SSp des disques) :
SSp des disques (cm²/g) = Surface des disques (cm²) / poids des disques (g).
- ✓ Le calcul de la surface foliaire nette (folioles seules) est effectué comme suit :

$$\text{SFN (cm}^2\text{)} = \text{SSp des disques (cm}^2\text{/g)} \times \text{poids sec des folioles (g)}.$$

3.2. Paramètres de productions

3.2.1. Nombre total de bouquets floraux par plant

Le nombre total de bouquets par plant est la somme de tous les bouquets de toutes les tiges de la plante.

3.2.2. Nombre moyen de fleurs par bouquet

Le nombre de fleurs par bouquet est obtenu en faisant le rapport du nombre total de fleurs sur le nombre total de bouquets du même plant.

3.2.3. Nombre total de fleurs par plant

Le nombre total de fleurs par plant est obtenu par comptage de fleurs sur les plants étiquetés.

3.2.4. Nombre total de fruits par plant

Le nombre de fruits par plant est déterminé après comptage du nombre total de fruits par plant à chaque récolte.

3.2.5. Nombre de fleurs avortées par plant

Les fleurs avortées sont des fleurs qui n'ont pas nouées, le nombre de fleurs avortées est obtenu par la différence entre le comptage des fruits et le nombre total de fleurs sur chaque plant.

3.2.6. Taux de nouaison par plant (%)

Le taux de nouaison est le rapport du nombre total de fruits sur le nombre total de fleurs, exprimé en pourcentage. Il nous renseigne sur l'aptitude d'une variété à résister aux divers facteurs entravant la nouaison.

3.2.7. Poids total de fruits par plant (g)

A la fin de chaque récolte, les fruits de chaque plant sont pesés séparément.

3.2.8. Poids moyen d'un fruit par plant(g)

Le poids moyen d'un fruit est le rapport de poids total des fruits sur le nombre total des fruits par plant.

3.2.9. Calibre moyen d'un fruit par plant (cm)

Le calibre moyen d'un fruit est un paramètre qui nous renseigne sur le poids du fruit et sa teneur en matière sèche, ce dernier est très important pour l'industrie de conserve. Ce paramètre est mesuré à l'aide d'un pied à coulisse.

3.2.10. Rendement potentiel (qtx/ha)

Le rendement potentiel est calculé selon la formule suivante :

$$R_p = \text{Nombre moyen en fruit par plant} * \text{poids moyen par plant d'un fruit} * \text{la densité de plantation.}$$

3.2.11. Rendement réel (qtx /ha)

Le rendement réel est calculé par la formule suivante :

$$\text{Rendement}_{\text{réel}} = \text{Poids des fruits de la parcelle récoltés par plant} / \text{superficie cultivée.}$$

3.3. Paramètres technologiques

Les paramètres technologiques nous informent sur la qualité nutritionnelle de la tomate et de son aptitude à la transformation et à la conservation. Les mesures sont réalisées sur trois fruits récoltés par dose, par bloc et par variété, au moyen de divers appareils sur le jus de tomate. L'extraction du jus (figure 30) est obtenue à l'aide d'un extracteur manuel.



Figure 28. Jus de tomate (Originale, 2009)

3.3.1. Indice réfractométrique du jus de tomate (Brix)

L'indice réfractométrique ou degré Brix détermine le taux de matières sèches solubles contenu dans le jus non reconstitué. Ce paramètre conditionne la quantité de fruits nécessaires pour la fabrication d'un kilogramme de concentré de tomate.

Cet indice est mesuré à l'aide d'un réfractomètre, les résultats sont exprimés en degré Brix ou 1° Brix est équivalent à 1% de matière sèche soluble.

3.3.2. Acidité titrable du jus de tomate (%)

Selon **Boulay (1981)**, les principaux composants du goût de la tomate sont les sucres et les acides organiques. L'acidité joue un rôle dans la qualité gustative du fruit, auquel elle donne un goût de fraîcheur. Associée à une teneur élevée en sucres, une basse acidité confère au fruit une saveur douceâtre, peu recherchée pour la consommation en frais. L'acide citrique représente 9% et l'acide malique 4% de la matière sèche de la tomate (**Davies et Hobson,**

1981). D'après **Osvald et al. (2001)**, les concentrations moyennes sont de 7,8g/l pour l'acide citrique et de 0,7g/l pour l'acide malique

Pour la mesure de l'acidité titrable, elle est réalisée selon la méthode de **Board (1987)**, qui consiste à quantifier la teneur en acides organiques naturels par neutralisation de l'acidité totale libre avec une solution de soude à 0,1N jusqu'au virage au rose clair en présence de quelques gouttes de solution de phénophtaléine.

Mode opératoire :

- Couper la tomate, enlever les pépins puis la râper.
- Prélever 25ml de l'échantillon dans une fiole conique, ajouter ensuite 50 ml d'eau distillée préalablement bouillie puis refroidi. Chauffer ensuite le contenu au bain marie pendant 30mn. Laisser refroidir puis transvaser le contenu dans une fiole jaugée de 250 ml puis compléter jusqu'au trait de jauge avec de l'eau distillée fraîchement bouillie, refroidie puis filtrer.
- Prélever à la pipette 25ml du filtrat, les verser dans un bécher, ajouter ensuite 2 à 3 gouttes de solution de phénophtaléine tout en agitant
- La titration est réalisée avec la solution d'hydroxyde de soude (NaOH 0.1N), jusqu'à obtention d'une couleur rose persistante, on note ensuite le volume de la chute.

L'acidité titrable est exprimée en mg/100ml.

Elle est obtenue par la formule suivante : $Ac = 100 * (V1/V0)$

Ac: acidité titrale (mg/100ml ou %)

V1: volume de titration du NaOH (ml)

V0: volume de la prise d'essai (25ml).

3.3.3. pH du jus de tomate

La détermination pH du jus de tomate est effectuée à l'aide d'un pH mètre.

3.3.4. Teneur en vitamine C

La vitamine C est très soluble dans l'eau, elle fond à 192°C. Son oxydation est accélérée avec l'élévation du pH (**Frenot et Vierling, 2002**). La méthode de mesure utilisée est celle de **Barkatovet (1979)**.

Prendre 50ml de filtrat à mettre dans un bécher, ajouter ensuite 3ml de l'acide sulfurique (H_2SO_4) à 0.1N et quelques gouttes d'empois d'amidon comme indicateur coloré à 0.5%. Faire ensuite la titration avec une solution d'iode (0.05N) jusqu'à l'apparition d'une coloration vert persistante.

Expression des résultats : $V_c \text{ (g/100ml)} = V_i \times 4.44$

V_i : Volume d'iode (ml).

3.3.5. Dosage du β -carotène et du lycopène dans la tomate (mg/kg)

Le lycopène est un paramètre de qualité chez la tomate. Il s'agit de quantifier la teneur en β -carotène et du lycopène dans le jus de la tomate en relation avec les différents traitements potassiques apportés. A cet effet, les pigments sont extraits successivement à l'acétone et à l'éther de pétrole. Les dosages sont réalisés selon la méthode de **Lime et Griffiths (1957)**, par spectroscopie d'absorption à UV, à deux longueurs d'onde (451 et 503 nm). Les résultats sont exprimés en mg/kg de matière fraîche

Le principe de la méthode d'analyse est le suivant:

- Broyer une à deux tomates fraîches, puis peser 10g et ajouter de la célite 545 jusqu'à l'obtention d'une pâte. Ajouter 50 ml de l'acétone et laisser sous agitation pendant 15 mn et lessiver les pigments dans un entonnoir en verre jusqu'à décoloration totale du résidu ajouter encore 30ml d'acétone. Transférer dans une ampoule à décanter puis ajouter environ 50 ml d'éther de pétrole, agiter délicatement, ajouter ensuite, trois fois 30ml d'eau distillée.
- Après décantation, on obtient deux phases, éliminer la phase inférieure, récupérer la phase supérieure puis la transférer dans une fiole jaugée de 50 ml en complétant jusqu'au trait de jauge avec de l'éther de pétrole.
- Préparer des fioles pour le stockage en utilisant 1g de sulfate de sodium anhydre.
- Laisser une nuit au congélateur avant de faire la lecture au spectrophotomètre UV- visible à différentes longueurs d'ondes : 451 et 503nm pour les caroténoïdes (lycopène et β -carotène).
- Les formules de calcul sont les suivantes:

Concentration en B carotene C_c (mg/l) = $4,624 \times DO_{451} - 3,091 \times DO_{503}$

Concentration en Lycopène C_l (mg /l) = $3,956 \times DO_{503} - 0,806 \times DO_{451}$

Où: **Cc** = concentration en β -carotène et **Cl** = concentration en lycopène

3.3.6. Dosage des sucres totaux et réducteurs

Le dosage des sucres totaux a été réalisé selon la méthode de **Dubois et al.(1965)**. Chez la tomate, les sucres représentent environ 48% de la matière sèche totale. Ils sont constitués essentiellement de fructose et de glucose en parts égales d'une quantité très faible de saccharose (**Davies et Hobson, 1981**).

3.3.7. Dosage des éléments minéraux

Les éléments minéraux concernés par les analyses au laboratoire du jus de la tomate sont le phosphore, le potassium et le calcium.

a. Dosage du phosphore (mg/100g) (Méthode colorimétrique)

- Préparer une solution de filtrat diluée deux fois (la première à 2% et la deuxième à 1%)
- Prendre 100ml de la solution diluée (1%) et la mettre dans un flacon de 500ml
- Préparer un témoin (à base d'eau distillée)

Ajouter 4ml du réactif molybdique + 1 ml de SnCl_2 . Après apparition d'une couleur bleue, faire la lecture à 880nm au spectrophotomètre.

Le résultat est multiplié par l'inverse des dilutions puis exprimés en mg/100g.

b. Dosage du potassium (mg/100g) (Méthode au photomètre à flamme)

Préparer une solution de filtrat diluée deux fois (la première à 2% et la deuxième à 10%). Faire la lecture à l'aide d'un photomètre à flamme, les résultats obtenus sont multipliés par l'inverse de la dilution et sont exprimés en mg/l puis convertis en mg/100g.

c. Dosage du Calcium (mg/100g) (Méthode complexométrique)

Prendre 10g de filtrat, puis ajuster à 100ml avec de l'eau distillée

Ajouter 2ml de NaOH, 2N, et mettre une pincée de murexide (indicateur coloré)

La titration est faite avec l'EDTA à 0.2N jusqu'à l'apparition d'une couleur violet

Lire ensuite le résultat sur la burette

Expression des résultats :

Ca^{2+} (mg/100) = $C_b * N * 100 / PE$. C_b : chute de la burette ; PE : Prise d'essai, N : normalité (0.2N)

4. Etude statistique

L'interprétation de l'ensemble des résultats obtenus est basée sur l'analyse statistique effectuée par le logiciel STAT-BOX.

Ce traitement consiste en une analyse de la variance. Si la probabilité révèle des différences significatives, une comparaison multiple de moyennes est effectuée à l'aide du test de Newman-Keuls qui nous permettra de faire un classement au seuil de 5%.

Les analyses statistiques sont menées comme suit :

- d. Une analyse de la variance est effectuée par campagne agricole sur les trois doses de fertilisation potassium testées (0-250-500 U de K_2O /ha). puis sur la moyenne des trois campagnes agricoles pour observer l'évolution des paramètres mesurés sans tenir compte de l'effet climat et des différents sols.
- e. Une matrice de corrélation est réalisée à l'aide package corrplot (Wei, 2013) du logiciel « R » sur la moyenne des trois campagnes agricoles, pour rechercher le lien et le degré de liaison entre les variables mesurées. A cet effet, nous avons utilisé le test de corrélation de Pearson au seuil de signification $\alpha = 0,05$.
- f. Une nouvelle analyse de la variance, qui traite de l'effet de neuf différentes doses de la fertilisation potassique (0-100-200-300-400-500-600-700 et 800U K_2O / ha de) menée sur une campagne agricole (2013/2014) chez la variété Riogrande (V1) qui s'est avérée plus résistante aux aléas climatiques et qui présente une bonne tenue à la conservation.

1. Résultats de l'analyse de la variance par campagne agricole

De nombreux résultats de l'effet de la fertilisation potassique (K_0 , K_1 et K_2) sont obtenus par campagne agricole (2006/2007 ; 2008/2009 et 2010/2011) sur les paramètres agronomiques et technologiques chez deux variétés de tomates industrielles

1.1. Paramètres de croissance par campagne agricole

1.1.1. Diamètre de la tige au collet

Au cours des trois campagnes agricoles, la valeur maximale du diamètre moyen de la tige principale est obtenue lors du second essai chez la variété Aicha avec le traitement K_0 (19.52 mm) (Tableau 19) et la valeur minimale est obtenue chez la variété Riogrande (V1) avec la dose K_1 (11.25mm) au cours du troisième essai.

Tableau 19. Effet de la fertilisation potassique sur le diamètre de la tige principale (mm)

		K0	K1	K2
Essai 2006/2007	V1	11,95±0.08	11,95± 0.03	11,95± 0.03
	V2	11,9± 0.09	11,985±0.07	11,95± 0.05
Essai 2008/2009	V1	18,25± 1.51	18±1.31	18,825±1.5
	V2	19,525± 0.73	19,3±0.65	18,625±1.58
Essai 2010/2011	V1	11,275±0.1	11,25±0.18	11,4±0.11
	V2	11,475±0.09	11,396±0.18	11,875±0.26

Au cours des deux premières campagnes agricoles, les résultats de l'analyse de la variance (annexe1) ne montrent aucune différence significative des facteurs variété et potassium sur le diamètre moyen de la tige principale. Alors que **Saito et al. (1965)**, signalent dans leurs travaux sur tomate, l'importance du potassium sur l'évolution du diamètre de la tige lorsqu'il est apporté au stade plus jeune de la plante. Dans notre cas le potassium est apporté au stade début floraison, pour cela, la plante n'a peut être pas profité d'un apport en potassium au stade

plantule pour faire augmenter son diamètre de la tige. Par contre, lors de la troisième campagne agricole la dose K₂ enregistre une différence hautement significative du facteur potassium (P= 0.009) et de la variété (P= 0.002) alors que l'interaction des deux facteurs est non significative. Le test de Newman Keuls, classe la dose K₂ (11.68mm) en groupe homogène A ainsi que la variété Aicha (V2).

Cette différence de comportement entre année peut être expliquée par la différence de richesse initiale du sol en potassium, puisqu'en troisième campagne agricole, la plante est cultivée sur un sol bien pourvu en potassium, d'où la présence de différence significative.

1.1.2. Hauteur moyenne de la tige principale

Le tableau 20, montre que la valeur maximale de la hauteur moyenne de la tige principale est obtenue au cours de la première campagne agricole chez la variété Riogrande (V1) avec le traitement K₁ (61.67cm) et la valeur minimale est obtenue chez la variété Aicha (V2) avec la dose K₂ (42.75cm), au cours de la deuxième campagne agricole.

Tableau 20. Effet de la fertilisation potassique sur la hauteur finale de la tige (cm)

		K0	K1	K2
Essai 2006/2007	V1	59,48±0.37	61,675±0.28	57,933±0.29
	V2	51,848±0.22	55,84±0.3	52,09±0.81
Essai 2008/2009	V1	48,75±3.10	59,5±1.08	53,5±3.12
	V2	43,375±2.92	53,462±3.22	42,75±1.74
Essai 2010/2011	V1	55,845±0.22	56,233±0.23	54,16±0.24
	V2	46,713±0.19	51,73±0.24	49,32±0.23

Au cours des trois campagnes agricoles, les résultats de l'analyse de la variance (annexe 2) montrent une différence très hautement significative des différentes doses de K₂O/ha (P= 0.00001) et de la variété (0.0001) sur la hauteur finale de la tige. Pour l'interaction des deux facteurs, les différences statistiques sont hautement significatives lors du premier essai (P=0.002) et non significatives lors de la deuxième campagne agricole et très hautement

significatives lors de la troisième campagne agricole ($P= 0.0000$). Durant les trois essais, c'est la variété Riogrande (V1) qui est classée dans le groupe homogène A par le test de Newman Keuls, avec la plus haute valeur lors du premier essai (59.69cm). Pour le facteur potassium, c'est la dose K_1 qui se trouve en groupe homogène A pour les trois campagnes agricoles avec la plus haute valeur lors du premier essai. Aussi pour l'interaction des deux facteurs, le test de Newman keuls classe la dose K_1V1 en groupe homogène A avec la plus haute valeur lors du premier essai (61.65cm). Nos résultats rejoignent ceux d'**Aldana (2005)**, ayant travaillé sur piment Tabasco, cultivé en hors sol, ou l'apport en potassium augmente la hauteur des plants. Aussi, nos résultats rejoignent ceux de **El-Nemr et al. (2012)**, ayant travaillé sur tomate en hors sol (sable lavé), en solution nutritive, avec des doses en potassium plus élevées que les nôtres (200 300 350 ppm de K), enregistrant des hauteurs plus élevées (90cm), à la dose de 350ppm de K, à deux mois et demi après plantation. Ceci est probablement dû au facteur variété, plus performantes et au type de conduite de la culture, favorisant l'absorption du potassium. Cependant, dans notre cas, à la dose K_2 il y a un effet dépressif de la fertilisation potassique. Cette observation peut être liée au taux d'argile ($\geq 24\%$) et à sa nature (illite) ayant fortement fixé le potassium apporté. Par ailleurs, l'effet dépressif de la fertilisation potassique qui traduit une consommation de luxe a été observé en sol argileux pour la culture de Mais par **André et al. (1985)**, qui imputent ce phénomène à un fort coefficient de sélectivité de l'ion potassium lié à un faible taux de saturation du sol.

En outre, **Razzaque et Musa Hanafi (2001)**, ayant travaillé sur ananas cultivée sur tourbe en plein champ, ont montré que l'application de différentes doses de K (0, 266, 532, 798, 1064 et 1330 kg/ha K_2O) n'a aucune influence significative sur la hauteur de la plante.

Dans notre cas, le potassium a favorisé la croissance en hauteur des plants mais les caractéristiques du sol peuvent limiter son efficacité.

1.1.3. Nombre de tiges par plant

Le tableau 21, montre que le plus grand nombre de tiges par plant est obtenu au cours de la deuxième campagne agricole chez la variété Aicha (V2) avec le traitement K_1 (16.83) et la plus faible valeur est obtenue au cours de la troisième campagne agricole chez la variété Riogrande (V1) avec le traitement K_0 (10.33).

Tableau 21. Effet de la fertilisation potassique sur le nombre de tiges par plant

		K0	K1	K2
Essai 2006/2007	V1	14,398±0.04	14,445±0.1	14,39±0.04
	V2	10,95±0.04	10,97±0.04	10,97±0.04
Essai 2008/2009	V1	16,522±1.0	14,875±3.2	16,25±1.02
	V2	14,497±1.72	16,832±2.23	15,245±1.42
Essai 2010/2011	V1	7,333±0.35	7,733±0.31	7,487±0.38
	V2	7,638±0.29	7,525±0.15	7,458±0.26

Les résultats de l'analyse de la variance (annexe3) montrent une différence très hautement significative pour le facteur variété ($P= 0.0000$) uniquement lors de la première campagne agricole et c'est la variété Riogrande (V1), qui est classée en groupe homogène A (14.41). Pour le facteur potassium, les résultats de l'analyse de la variance ne montrent aucune différence significative au cours des trois campagnes agricoles, il en est de même pour leur interaction. On peut penser que le paramètre nombre de tiges par plant est une caractéristique variétale, qui peut être influencé par la conduite de la culture, notamment la disponibilité en eau, facteur important de croissance et de production qui se trouve assez disponible et relativement bien répartie lors de la première campagne agricole.

1.1.4. Surface foliaire nette par pant (cm^2)

La surface foliaire joue un rôle important dans la photosynthèse, l'interception de la lumière, de l'eau et l'utilisation des nutriments indispensables à la croissance de la plante et du potentiel de rendement (Young Yeol Cho, 2007). Selon Combris (2007), l'état hydrique de la plante conditionne sa croissance et sa capacité photosynthétique. Au cours de nos essais, la figure 29, montre que la valeur maximale de la surface foliaire est obtenue au cours de la première campagne agricole chez la variété Aicha (V2) avec le traitement K_2 (4260.14cm^2). Durant les deux autres campagnes agricoles, on note la même tendance avec la même dose (K_2). La dose K_2 apparaît la plus intéressante, puisqu'elle augmente la surface foliaire des plants.

Les résultats de l'analyse de la variance (annexe 4) montrent une différence très hautement significative des deux facteurs étudiés (potassium et variété) ainsi que leur interaction ($P=0.000$) au cours de la première campagne agricole. Le test de Newman Keuls classe l'interaction K_2V_2 (4260cm^2) en groupe homogène A. Durant les deux autres campagnes agricoles, les résultats de l'analyse de la variance montrent une différence très hautement significative du facteur potassium ($P=0.0000$), ou la dose K_2 est classée en groupe homogène A par le test de Newman Keuls avec respectivement 1800.06 cm^2 lors de la deuxième campagne et 1997.03cm^2 au cours de la troisième campagne agricole.

Pour le facteur variété, les résultats de l'analyse de la variance montrent une différence significative ($P=0.03$) au cours de la deuxième campagne agricole et hautement significative lors de la troisième campagne agricole ($P=0.001$), le test de Newman Keuls classe la variété Riogrande (V_1) en groupe homogène A (1635.15 cm^2) lors de la troisième campagne agricole. Quant à l'interaction des deux facteurs (potassium et variété), elle est hautement significative lors de la deuxième campagne agricole ($P=0.006$) et non significatif lors de la troisième campagne agricole. A cet effet, le test Newman Keuls classe l'interaction V_1K_2 (1955.62 cm^2) en groupe homogène A.

En effet, la dose K_2 augmente la surface des feuilles sur pratiquement toutes les campagnes agricoles. Nos résultats confirment ceux de **Del Amor et Marcelis (2004)**, qui ont montré que le manque en potassium réduit la surface foliaire de la tomate. Pour le facteur variété, le comportement est variable selon la campagne agricole. Cette variation peut être due vraisemblablement à la texture du sol et à la disponibilité de l'eau dans le sol. **Combris et al. (2007)**, indiquent sur tomate, qu'une contrainte hydrique imposée à des plants de tomate, ralentirait la croissance de la plante et des fruits; Cependant, **Ghebbi (1998)**, a montré sur tomate, l'effet positif de la fertilisation potassique sur la régulation de la transpiration des feuilles, induisant une efficacité d'utilisation de l'eau par la plante, d'où croissance positive des feuilles.

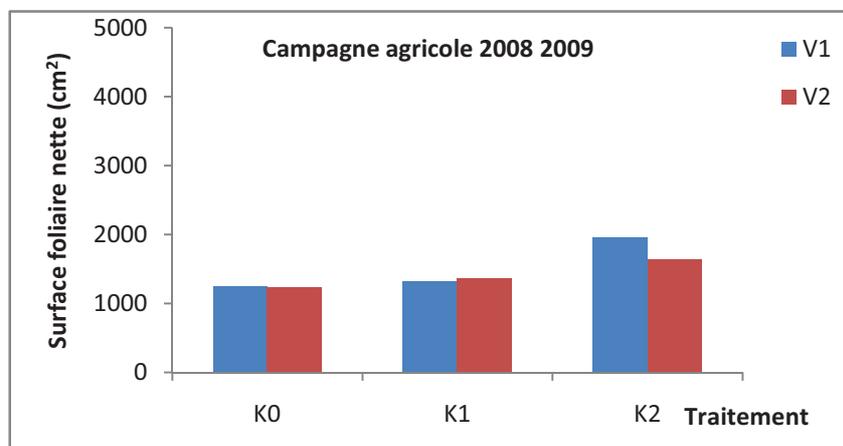
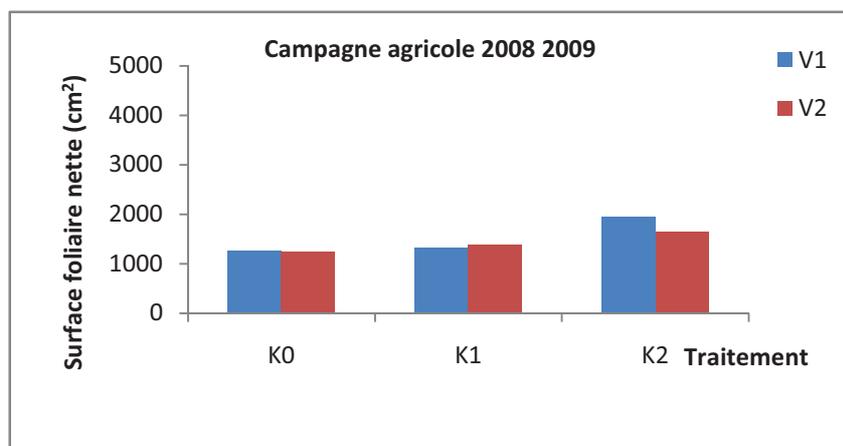
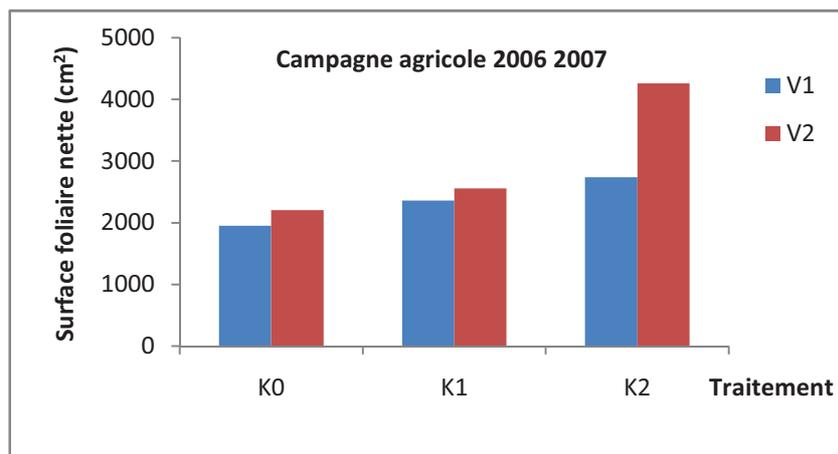


Figure 29. Effet de la fertilisation potassique sur la surface foliaire nette par plant

1.1.5. Matière sèche totale du plant (g)

Le tableau 22, montre que la valeur maximale de la matière sèche totale du plant est enregistrée au cours de la troisième campagne agricole avec la dose K₁ (90,43g) chez la variété Riogrande (V1). Cependant, on note une différence de comportement des deux variétés. En effet, on observe une régression du poids de matière sèche du plant au cours des trois campagnes agricoles, pour la dose K₂.

Tableau 22. Effet de la fertilisation potassique sur la matière sèche totale par plant (g)

		K0	K1	K2
Essai 2006/2007	V1	46,625±0.48	85,85±0.88	65,55±0.46
	V2	52,163±1.23	68,85±1.22	49,363±0.87
Essai 2008/2009	V1	45,675±3.65	71,05±0.94	49,72±2.26
	V2	62,163±0.53	80,3±2.22	52,1±0.77
Essai 2010/2011	V1	45,2±0.007	90,43±0.01	62,29±0.007
	V2	51,08±0.004	75,59±0.003	59,43±0.003

Les résultats de l'analyse de la variance (annexe 5) montrent une différence très hautement significative des facteurs étudiés (potassium et variété) ainsi que leur interaction sur la matière sèche totale du plant ($P= 0.0000$) au cours des trois campagnes agricoles. A cet effet, la dose K₁ est classée en groupe homogène A par le test de Newman Keuls et la plus haute valeur est enregistrée lors de la troisième campagne agricole. Les interactions entre les deux facteurs, permettent de classer en groupe homogène A les interactions suivantes : V1K₁ (85.85g) en première année ; V2K₁ (80.3g) en deuxième année et V1K₁ (90.43g) en troisième année. Il y' a des différences interannuelles. Nos résultats corroborent ceux de **El-Nemr et al. (2012)**, qui signalent une augmentation de la teneur en matière sèche du plant chez la tomate cultivée sur sol sableux lavé (200 ; 300 ; 350 kg/ha de K) ou la forte dose en K, de leur essai, est inférieure à la dose K₂ de nos essais. Dans notre cas, il est possible que le manque de réponse à la dose K₂ soit liée à un manque de mobilité du potassium dans le sol (compte tenu de la teneur élevée en argile des sols) ou que ce dernier est fortement fixé par les feuillets des argiles

(nature illite des argiles). Bien que **Boulay (1981)**, signale que les composants de l'engrais est important et préconise d'apporter le potassium sous forme sulfate (apport similaire), qui conduit à des productions plus riches en matières sèches.

1.2. Paramètres de productions

1.2.1. Nombre total de bouquet par plant

La figure 30, montre que la valeur maximale du nombre total de bouquet par plant est enregistrée au cours de la troisième campagne agricole chez la variété Riogrande (V1) avec la dose K₂ (85.25) suivie de la variété Aicha (V2) avec la dose K₁ (81.75) au cours de la deuxième campagne agricole. Nous remarquons cependant que pendant la campagne agricole 2006/2007 le nombre de bouquets par plant est le plus faible.

Les résultats de l'analyse de la variance (annexe 6) ne montrent aucune différence significative du facteur potassium lors de la première campagne agricole. Cependant, une différence très hautement significative de ce facteur est enregistrée au cours des deux dernières campagnes agricoles (0.0000). A cet effet, le test de Newman Keuls classe en groupe homogène A la dose K₁ (64.5) lors du second essai et la dose K₂ (77.12) lors du troisième essai.

Pour le facteur variété, les résultats de l'analyse de la variance montrent une différence très hautement significative au cours des trois campagnes agricole (0.000). Ainsi, le test de Newman Keuls, classe en groupe homogène A la variété V1 (24.19), V2(67) et V1(68.58) respectivement durant la première campagne agricole, la deuxième et la troisième campagne agricole.

Pour l'interaction des deux facteurs, les résultats de l'analyse de la variance montrent une différence significative au cours du premier essai (0.04) avec l'interaction V1K₁ (24.42) en groupe homogène A, et très hautement significative lors du second essai, avec l'interaction V2K₁ (81.75) en groupe homogène A. Par contre lors de la troisième campagne, il n'y a pas de différence significative. Ces variations peuvent s'expliquer par les conditions climatiques interannuelles, notamment la disponibilité en eau ayant probablement limité les potentialités de production de la plante.

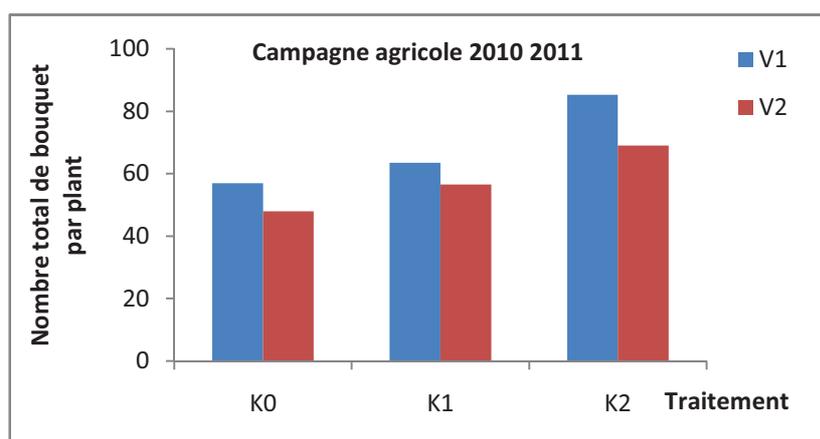
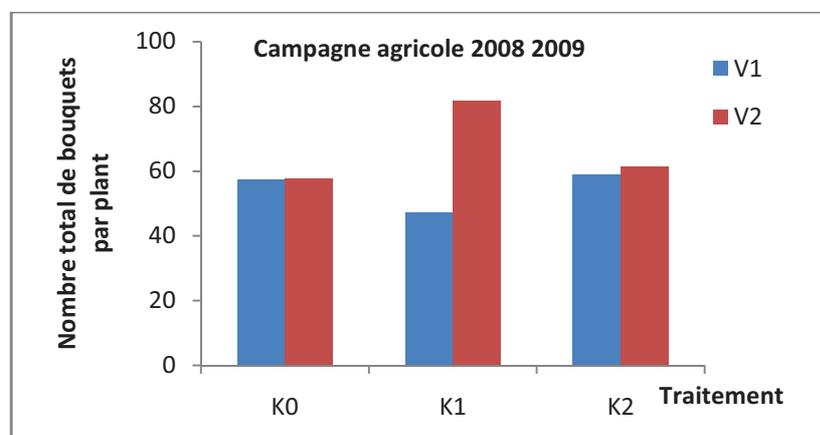
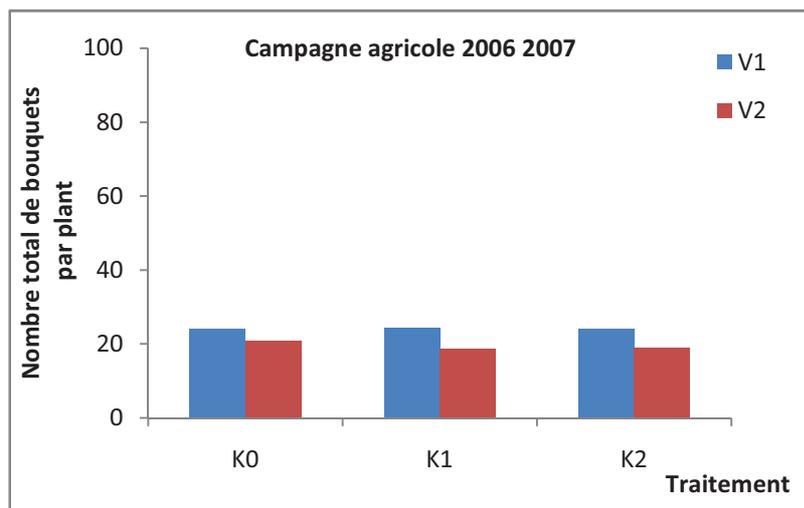


Figure 30. Effet de la fertilisation potassique par campagne agricole sur le nombre total de bouquet par plant.

1.2.2. Nombre de fleurs par bouquet

Le potentiel génétique de la plante caractérise le nombre de fleurs par bouquet, mais les conditions de milieu peuvent améliorer ou limiter l'expression génétique de la plante. Au cours de nos essais (Figure 31), la valeur maximale du nombre moyen de fleurs par bouquet est obtenue lors de la troisième campagne agricole chez la variété Aicha (V2) avec la dose K₂ (5.87) et la plus petite valeur est obtenue au cours de cette même campagne agricole chez la même variété Aicha (V2) avec la dose K₁(4).

Les résultats de l'analyse de la variance (annexe7) montrent une différence très hautement significative du facteur variété (0.000) uniquement au cours de la première campagne agricole avec la variété Riogrande (V1) classée en groupe homogène A (4.93) par le test de Newman Keuls.

Par contre pour le facteur potassium, les résultats de l'analyse de la variance ne montrent aucune différence significative au cours des trois campagnes agricoles. Cependant, au cours de la troisième campagne agricole, l'interaction des deux facteurs est hautement significative (0.001). Ainsi l'interaction V2K₂ (5.87) est classée en groupe homogène A par le test de Newman Keuls.

La différence observée est probablement due aux conditions climatiques interannuelles, ayant probablement compromis l'apparition optimale des fleurs en relation avec la fertilisation potassique, ainsi que la texture du sol relativement lourde qui limite la disponibilité du potassium pour la plante. Lors de la troisième campagne agricole, il est possible que la richesse initiale en potassium du sol ait favorisé ce paramètre, en relation de son absorption synergique avec l'azote du sol.

Par ailleurs, **Masome (2013)**, indique sur tomate cultivée en pot, une augmentation significative du nombre de fleurs suite à un apport croissant en azote ; Cependant, à la dose supérieure à 100 mg/Kg de terre, il enregistre un effet dépressif de ce dernier.

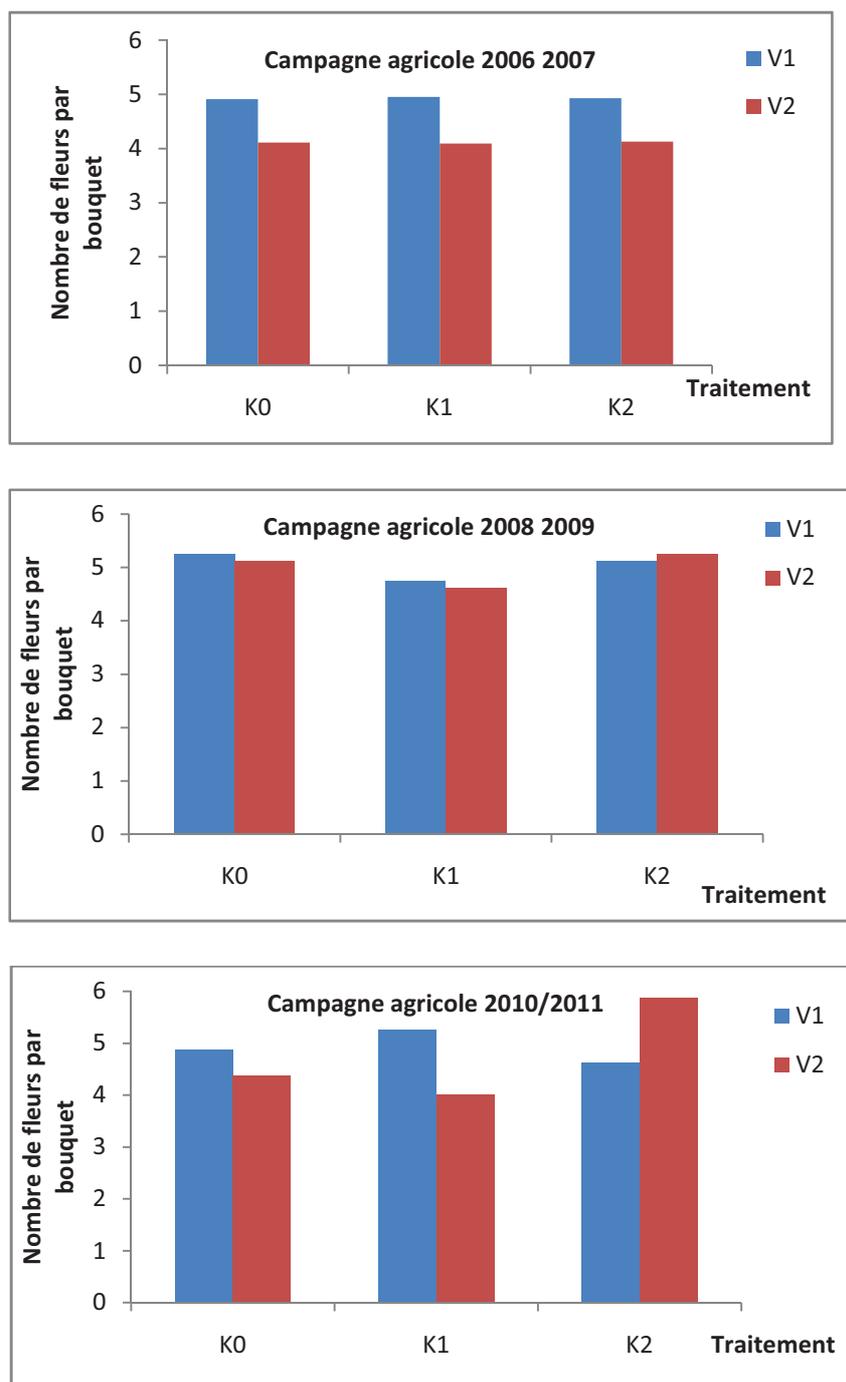


Figure 31. Effet de la fertilisation potassique par campagne agricole sur le nombre de fleurs par bouquet

1.2.3. Nombre total de fleurs par plant

Le tableau 23, montre que la valeur maximale du nombre total de fleurs par plant est enregistrée au cours de la troisième campagne agricole chez la variété Aicha (V2) avec la dose K₂ (402.75), suivie de la même variété au cours de la deuxième campagne agricole avec la dose K₁ (377.85). La première campagne agricole enregistre les plus faibles valeurs.

Tableau 23. Effet de la fertilisation potassique sur le nombre total de fleurs par plant

		K0	K1	K2
Essai 2006/2007	V1	118,63±1.18	120,91±4.83	118,37±0.65
	V2	85,73±7.63	76,72±0.87	78±0.93
Essai 2008/2009	V1	302,5±41.46	224,25±32.52	303,25±26.61
	V2	297,375±41.97	377,875±37.01	323,25±19.57
Essai 2010/2011	V1	278±19.33	333,12±11.94	393,5±7.90
	V2	211,75±50.18	225,5±28.57	402,75±50.35

Les résultats de l'analyse de la variance (annexe 8) ne montrent aucune différence significative du facteur potassium au cours des deux premières campagnes agricoles, alors que la différence est très hautement significative au cours de la troisième campagne agricole (P= 0.000). Le test de Newman et Keuls classe la dose K₂ (398.12) en groupe homogène A.

Pour le facteur variété, les résultats de l'analyse de la variance montrent une différence très hautement significative au cours de la première campagne agricole (P= 0.000), hautement significative au cours de la deuxième et troisième campagne agricole (0.002). Ainsi, le test de Newman Keuls classe la variété V1 (119.30) en groupe homogène A, au cours de la première campagne agricole, alors que lors de la deuxième campagne agricole, c'est la variété V2 (332.83) qui est classée en groupe homogène A. Alors que lors de la troisième campagne agricole, c'est la variété V1 (334.87) qui est classée en groupe homogène A par le test de Newman Keuls. Quant à l'interaction des deux facteurs (potassium et variété), il en ressort que les différences statistiques sont significatives lors de la première campagne agricole et de la troisième campagne agricole avec une probabilité respective de : P= 0.04 et 0.01. Le test de

Newman Keuls classe l'interaction V1K₁ (120.91) en groupe homogène A, lors de la première campagne agricole. Pour la deuxième campagne agricole, c'est l'interaction V2K₁ (377.87) qui est classée en groupe homogène A. De l'ensemble des résultats obtenus, le facteur dose en potassium n'a eu de l'influence que lors de la troisième campagne agricole, ou la dose K₂ est la plus intéressante. C'est probablement dû à la teneur initiale élevée en potassium du sol associé à un sol bien pourvu en azote d'où une interaction synergique positive entre les deux éléments minéraux ayant influencé positivement ce paramètre. Nos résultats corroborent ceux de **Loué (1979)**, qui signale dans ses travaux, de l'effet synergique azote et potassium sur les paramètres de production de la pomme de terre et de la tomate.

Par ailleurs, **Masome (2013)**, indique sur tomate cultivée sur sol calcaire, que l'apport de différentes doses en azote sous forme d'urée (0, 50, 100, 150 et 200 mg/Kg) en combinaison avec une fertilisation potassique, un effet significatif sur le nombre total de fleurs à la dose de 240 U/ha en N.

1.2.4. Nombre de fleurs avortées par plant

Le tableau 24, montre que la valeur maximale du nombre de fleurs avortées est enregistrée au cours de la troisième campagne agricole chez la variété Aicha (V2) avec la dose K₂ (382.5) suivie de la valeur de 369.32 enregistrée au cours de la deuxième campagne agricole chez la même variété avec la dose K₁. Par contre, lors de la première campagne agricole, le potassium améliore la nouaison et la fructification notamment avec la dose K₁ chez la variété Riogrande (V1).

Les résultats de l'analyse de la variance (Annexe 9) ne montrent aucune différence significative du facteur potassium lors de la deuxième campagne agricole. Cependant, une différence très hautement significative du facteur potassium est enregistrée au cours de la première et de la troisième campagne agricole (0.000). Le test de Newman Keuls classe la dose K₁ (88.78) en groupe homogène A lors de la première campagne agricole; alors que lors de la troisième campagne agricole, c'est la dose K₂ (365.87) qui est classée en groupe homogène A.

Tableau 24. Effet de la fertilisation potassique sur le nombre total de fleurs avortées par plant

		K0	K1	K2
Essai 2006/2007	V1	104,44±1.27	109,10±5	100,52±0.68
	V2	71,19±7.32	56,17±1.24	57,25±0.21
Essai 2008/2009	V1	296,64±35.22	216,15±40.74	295,22±21.51
	V2	265,96±51.32	369,32±41.79	314,99±20.28
Essai 2010/2011	V1	244,5±19.35	295,87±13.78	349,25±9.25
	V2	194,25±48.74	207,75±30.15	382,5±49.47

Pour le facteur variété, les résultats de l'analyse de la variance montrent une différence très hautement significative lors du premier essai ($P= 0.000$) et significative lors de deux autres campagnes agricoles avec une probabilité respective de $P= 0.01$ et $P= 0.02$.

Nos résultats ne concordent pas avec ceux trouvés par **Taber et al. (2008)** qui signalent dans leurs travaux sur tomate, que le manque en potassium engendre une chute prématurée des fleurs et ou les fruits sont formés puis finissent par tomber.

Nos résultats peuvent être expliqués par la faible absorption du potassium par la plante dû à la nature des argiles des sols utilisés (à prédominance illite) ayant fortement fixé le potassium d'où augmentation de l'avortement des fleurs

1.2.5. Taux de nouaison par plant

Le tableau 25, montre que le taux de nouaison le plus élevé est enregistré au cours de la première campagne agricole chez la variété Aicha (V2) avec la dose K₁ (26.59%). Alors que ce même taux est relativement faible au cours de la deuxième campagne agricole. Cette différence peut être imputée aux conditions climatiques interannuelles et à la conduite de la culture. Rappelons qu'une élévation de la température au stade de floraison augmente la coulure des fleurs.

Les résultats de l'analyse de la variance (annexe10) montrent une différence très hautement significative du facteur potassium au cours de la première campagne agricole (P= 0.000) ; hautement significative lors du second essai (0.005) et significative lors du troisième essai (P= 0.03). Ainsi, la dose K₂ (20.82%) est classée en groupe homogène A par le test de Newman Keuls au cours du premier essai. Pour le deuxième essai, c'est la dose K₁ (8.32%) et K₂ (7.26%) qui se situent en groupe homogène A. Alors que pour la troisième campagne agricole, c'est les doses K₀ (11.31) et K₁ (9.60) qui sont classées en groupe homogène A. La figure 35, montre ces variations.

Tableau25. Effet de la fertilisation potassique sur le taux de nouaison des fleurs par plant

		K0	K1	K2
Essai 2006/2007	V1	11,958±0.41	9,767±0.83	15,063±0.34
	V2	17,052±1.24	26,785±1.25	26,595±0.82
Essai 2008/2009	V1	5,86±0.73	8,093±1.53	8,025±1.69
	V2	6,22±0.47	8,548±0.94	6,505±0.39
Essai 2010/2011	V1	12,13±1.09	11,23±1.01	11,23±1.41
	V2	10,505±3.79	7,98±2.14	5,013±0.93

Nos résultats montrent que l'effet du potassium sur ce paramètre est positif au cours de la première campagne agricole comparée à la deuxième et troisième campagne agricole. On peut lier cette différence à la différence de disponibilité de l'eau selon les campagnes agricole et du statut du potassium dans le sol, ou l'apport de ce dernier est positif sur un sol qui s'est trouvé

initialement moyennement pourvu en potassium et où les précipitations étaient favorables à sa diffusion vers les racines des plantes. Toutefois, nos résultats confirment ceux de **Zehler et Forster (1972)**, qui indiquent que l'apport de la fertilisation potassique augmente la nouaison des fleurs. Comparé à la deuxième et à la troisième campagne agricole où la teneur en potassium dans le sol se trouve élevée mais l'efficacité de son absorption est faible, ceci peut être expliqué par une faible diffusion de K dans le sol.

Par ailleurs, **Masome (2013)**, indique sur tomate, l'effet positif de différentes doses de l'urée (0, 50 100, 150 et 200 U de N/ha) avec un apport adéquat en potassium sur le taux de nouaison des fleurs. À cet effet, la dose de 100 U/ha de N enregistre une différence significative du nombre de fleurs et un effet dépressif des doses supérieures en urée.

Pour le facteur variété, les différences statistiques sont très hautement significatives au cours de la première et troisième campagne agricole ; Alors qu'elles ne sont pas significatives lors du second essai. La variété V1 est classée en groupe homogène A durant les deux années avec respectivement 23.47% et 11.53%. Pour l'interaction des deux facteurs, ce n'est qu'au cours de la première campagne agricole que nous enregistrons une différence très hautement significative, avec en groupe A l'interaction V2K₁ (26.78%).

Il serait important de combiner les apports en éléments minéraux dans des proportions équilibrées pour observer de meilleurs résultats.

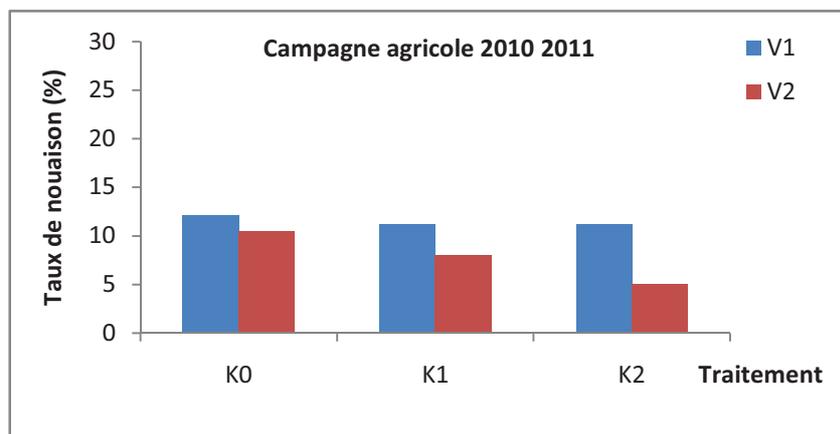
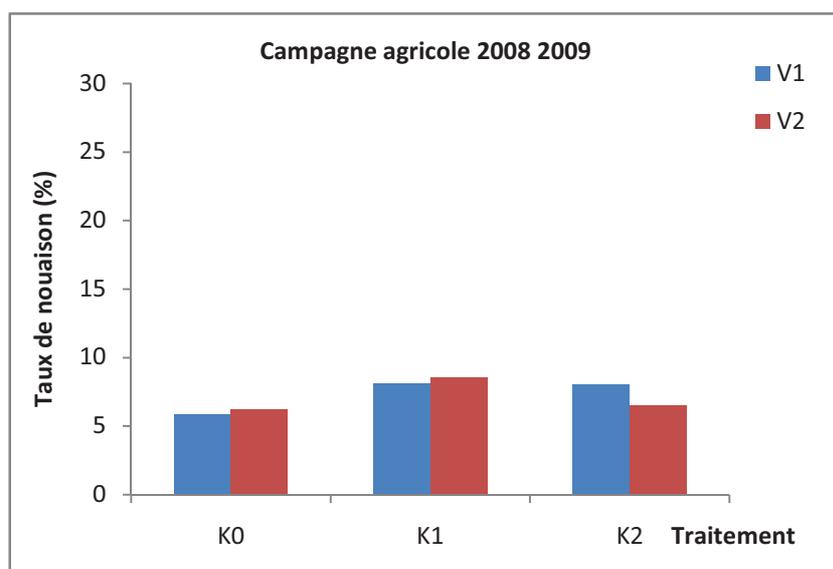
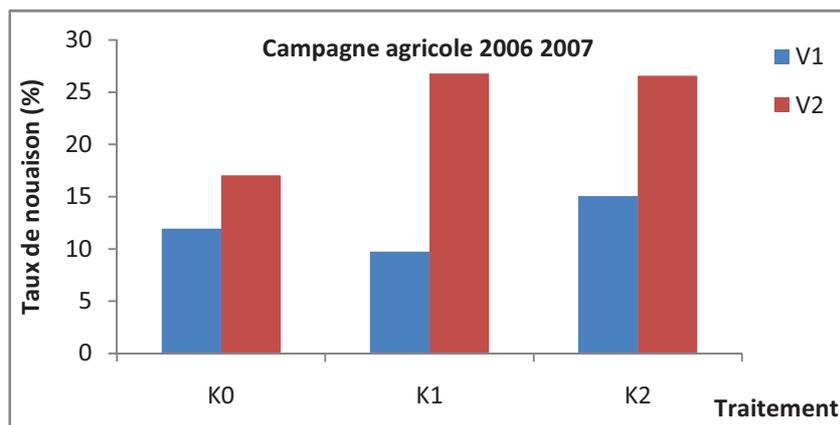


Figure 32. Effet de la fertilisation potassique par campagne agricole sur le taux de nouaison des fleurs chez deux variétés de tomate industrielles.

1.2.6. Poids moyen d'un fruit par plant

Le tableau 26, montre que la valeur maximale du poids moyen d'un fruit par plant est enregistrée au cours de la troisième campagne agricole chez la variété Aicha (V2) avec la dose K₂ (134.57g). Aussi lors de la deuxième campagne agricole, c'est la dose K₂ (112.27g) qui permet l'obtention du poids moyen le plus élevé. Cependant, la valeur la plus faible du poids moyen d'un fruit est enregistrée au cours de la première campagne agricole chez la variété Riogrande (V1) avec la dose K₀ (63.74g) (figure 33).

Tableau 26. Effet de la fertilisation potassique sur le poids moyen d'un fruit par plant

		K0	K1	K2
Essai 2006/2007	V1	63,74±0.02	91,26±0.02	75,7±0.01
	V2	95,63±0.01	86,30±0.02	91,04±0.03
Essai 2008/2009	V1	66,365±5.31	74,512±6.88	78,953±11.89
	V2	104,285±4.03	70,055±7.12	112,275±5.03
Essai 2010/2011	V1	66,73±8.36	85,3±10.81	69,98±10.15
	V2	107,81±11.10	132,49±10.02	134,57±14.47

Les résultats de l'analyse de la variance (annexe11) montrent une différence très hautement significative des facteurs étudiés ainsi que leur interaction sur le poids moyen d'un fruit au cours de la première et de la deuxième campagne agricole (P=0.0001). Alors que la différence statistique est hautement significative pour le facteur potassium (0.007) et très hautement significative pour le facteur variété (0.000) lors de la troisième campagne agricole, mais l'interaction des deux facteurs est non significative. Pour le facteur doses en potassium, le test de Newman Keuls, classe la dose K₁ (88.78g) lors de la première campagne agricole et K₂ (95.61g) de la seconde campagne agricole en groupe homogène A. Pour le facteur variété, c'est la variété Aicha (V2), qui est classée en groupe homogène A au cours de la première campagne agricole (90.99g) et de la deuxième campagne agricole (95.53).

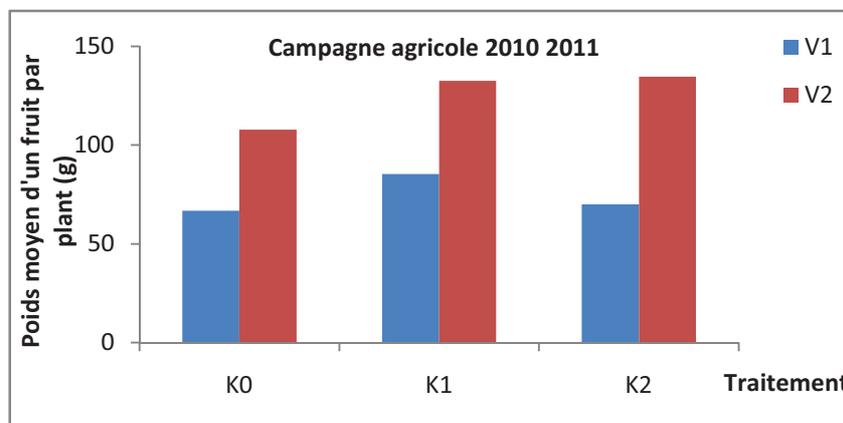
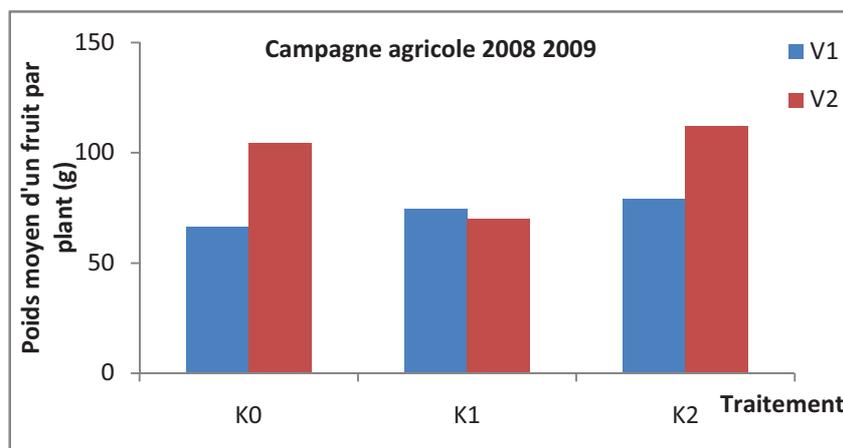
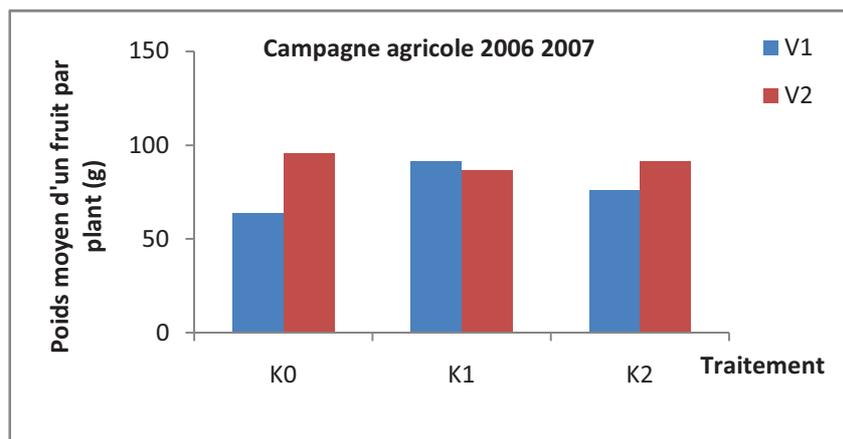


Figure 33. Effet de la fertilisation potassique par campagne agricole sur le poids moyen d'un fruit par plant chez deux variétés de tomate industrielles.

Quant à l'interaction des deux facteurs, les interactions V2K₀ (95.63g) au cours de la première campagne et V2K₂ (112.27g), lors de la deuxième campagne sont classées en groupe homogène A par le test de Newman Keuls.

La dose K₂ enregistre le poids moyen de fruit le plus élevé, notamment lors de la troisième campagne agricole. Par ailleurs, **Razzaque et Musa Hanafi (2001)**, indiquent sur ananas que la dose de 266 kg/ha K₂O prise sur l'ensemble des doses testées (0, 266, 532,798, 1064 et 1330 kg/ha de K₂O) a permis d'obtenir le poids moyen de fruit le plus élevé. Ces mêmes auteurs observent cependant, que des doses supérieures appliquées dans d'autres sites d'étude ont diminué le poids du fruit et impacté négativement les autres paramètres de productions ; Par contre, les travaux d'**Akhtar et al. (2010)** ; **Masome (2013)** et **Masome and Kazemi (2014)**, ont montré le rôle combiné de l'azote et du potassium dans l'accroissement de la production et la croissance végétale de la tomate. Ceci prouve le rôle déterminant de l'azote et du potassium dans la formation des fruits, d'où sa contribution à l'amélioration du rendement de la tomate. De même, nos résultats corroborent ceux trouvés par **Raunira Dacosta Araujo (2006)**, ou l'ajout du potassium en solution nutritive a augmenté le poids moyen d'un fruit pour des concentrations inférieures à 6.4 mmoles/l.

1.2.7. Poids total des fruits par plant

Le tableau 27, montre que la valeur maximale du poids total des fruits par plant est enregistrée au cours de la troisième campagne agricole chez la variété Riogrande (V1) avec la dose K₂ (3170g). La valeur la plus faible est enregistrée chez la variété Riogrande (V1) avec la dose K₀ (1222.89g). Le potassium semble avoir un effet positif sur le poids total des fruits par plant (figure 34).

Les résultats de l'analyse de la variance (annexe12) montrent une différence très hautement significative des facteurs variété et potassium ainsi que leur interaction au cours de deux premières campagnes agricoles sur le poids total des fruits par plant. Aussi au cours de la troisième campagne agricole, les résultats montrent une différence très hautement significative pour le facteur potassium (P= 0.0001) et hautement significative pour le facteur variété (P= 0.001); cependant, l'interaction des deux facteurs est non significative.

Tableau 27. Effet de la fertilisation potassique sur le poids total des fruits par plant

		K0	K1	K2
Essai 2006/2007	V1	1222,89±0.98	1596,50±0.71	1606,555±1.35
	V2	1696,41±2.74	1694,575±0.77	1755,903±1.1
Essai 2008/2009	V1	1156,56±110.23	1208,525±100.93	1869,662±85.87
	V2	1877,338±138.74	2243,813±81.61	2327,385±70.22
Essai 2010/2011	V1	2233±133.94	3075±425.27	3170±314.42
	V2	1837±71.79	2715±301.85	2352.5±338.22

Pour le facteur potassium, le test de Newman Keuls classe la dose K₂ en groupe homogène A au cours de la première campagne agricole (1681.22g), de la deuxième (2098.52g) et de la troisième campagne agricole (2895g). Pour le facteur Variété. C'est la variété V2 qui est classée en groupe homogène A au cours de la première (1715.63g) et de la deuxième campagne agricole (2149.51g); alors que lors de la troisième campagne agricole c'est la variété Riogrande V1 (2826g) qui est classée en groupe homogène A.

Pour le facteur variété, on peut dire qu'il y a une différence de comportement selon la campagne agricole probablement lié au différent potentiel génétique de deux variétés et aux conditions climatiques interannuelles.

Nos résultats confirment ceux de **Irfan Afzal et al. (2015)**, lors d'une étude similaire, en application foliaire de différentes doses de potassium en solution chez deux variétés de tomate (0.1 ; 0.2 ; 0.3 ; 0.4 ; 0.5 ; 0.6 ; 0.7 ; 0.8 ; 0.9 et 1.0%). Ils ont observé que les doses de : 0.5 ; 0.6 et 0.7% aient amélioré le rendement en fruits, en revanche des doses supérieures sont sans effet sur le rendement.

Par ailleurs, les résultats de **Raunira Dacosta Araujo et al. (2006)**, relatifs à la qualité de la grenadille cultivée en hors sol, en relation avec la fertilisation confirment nos résultats. Les traitements potassiques ont porté sur cinq concentrations de K (1, 2, 4, 6 et 8 mmoles/l) dans

une solution nutritive modifiée. L'ajout du potassium a augmenté le rendement en fruit et le poids moyen d'un fruit pour des concentrations inférieures à 6.4 mmol/l.

Par contre les résultats obtenus par **Serio et al. (2007)**, sur l'effet de différentes doses de la fertilisation potassique en solution nutritives (150, 300 et 450 mg K/l), sur deux variétés de tomate cultivées sur deux saisons (automne, été), indiquaient que le potassium n'influence pas le rendement total en fruit. Ce sont les conditions climatiques des deux saisons qui ont plus influencé le rendement en fruit, ainsi que les caractéristiques génétiques des variétés étudiées.

Par ailleurs, **Masome (2013)**, indique sur tomate un effet significatif de la fertilisation azotée à la dose de 150 U/ha de N, combinée à une dose adéquate en fertilisation potasique. Ainsi, aux doses supérieures en azote, il y a effet dépressif.

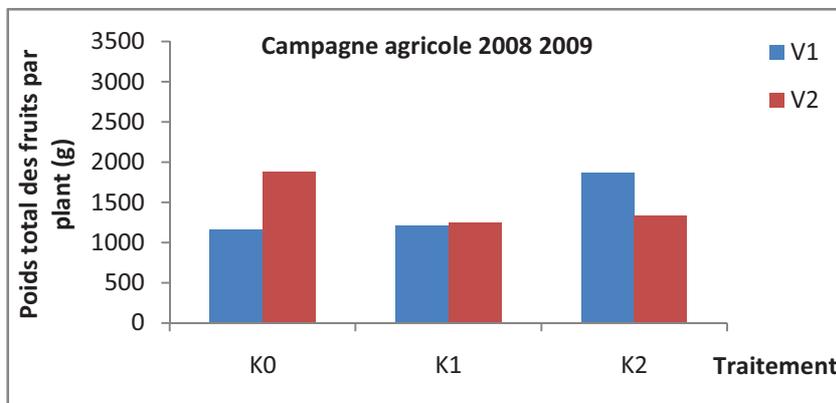
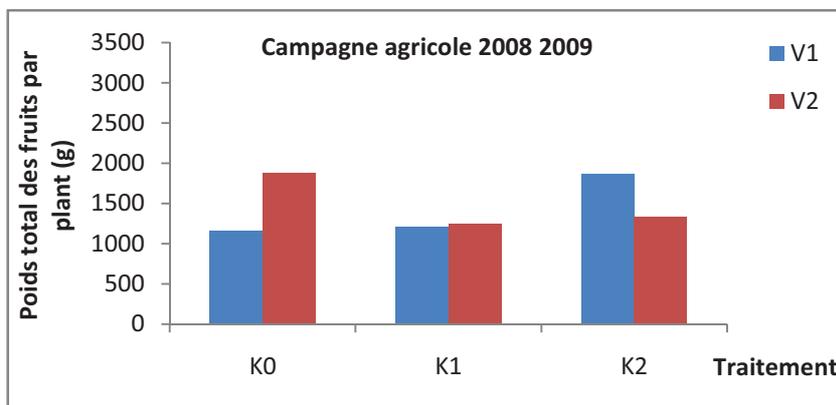
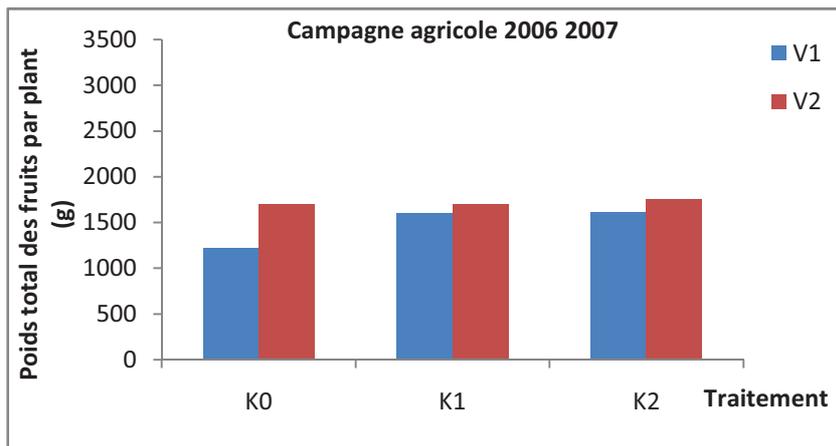


Figure 34. Effet de la fertilisation potassique par campagne agricole sur le poids total des fruits par plant chez deux variétés de tomates industrielles

I.2.8. Nombre total de fruits par plant

Le tableau 28, montre que la valeur maximale du nombre total de fruits par plant est enregistrée durant la troisième campagne agricole chez la variété Riogrande (V1) avec la dose K_2 (44.25). Dans tous les cas, la dose K_2 semble augmenter le nombre de fruits par plant (figure35).

Tableau 28. Effet de la fertilisation potassique sur le nombre total de fruits par plant

		K0	K1	K2
Essai 2006/2007	V1	14,193±0.11	11,805±0.34	17,835±0.12
	V2	14,545±0.74	20,548±0.9	20,75±0.85
Essai 2008/2009	V1	17,5±1.78	24±3.2	32,25±2.25
	V2	15,5±0.91	18±1.26	20,75±1.09
Essai 2010/2011	V1	33,5±1.88	37,25±2.13	44,25±3.19
	V2	17,25±1.79	17,75±2.89	20,25±1.10

Les résultats de l'analyse de la variance (annexe13) montrent une différence très hautement significative des facteurs potassium et variété ainsi que leur interaction sur le nombre total de fruits par plant. La dose K_2 est classée en groupe homogène A par le test de Newman Keuls sur les trois campagnes agricoles, avec les valeurs respectives par campagne agricole: 19.29 ; 26.5 ; 32.25. En effet, la dose K_2 augmente le nombre de fruits par plant. Nous signalons que la variété Riogrande (V1) est vigoureuse et présente un potentiel de production plus élevé que la variété Aicha (V2). A cet effet le test de Newman et Keuls classe la variété Riogrande en groupe homogène A, sauf en première année ou elle est classée en groupe homogène B. cela est peut être dû aux conditions climatiques, notamment les températures élevées ayant limité le nombre total de fruits.

Quant à l'interaction des deux facteurs étudiés (potassium et variété), le test de Newman Keuls, classe en groupe homogène A l'interaction $V2K_2$ (20.75) au cours de la première campagne agricole; $V1K_2$ (32.25) au cours de la seconde et troisième campagne agricole (44.25).

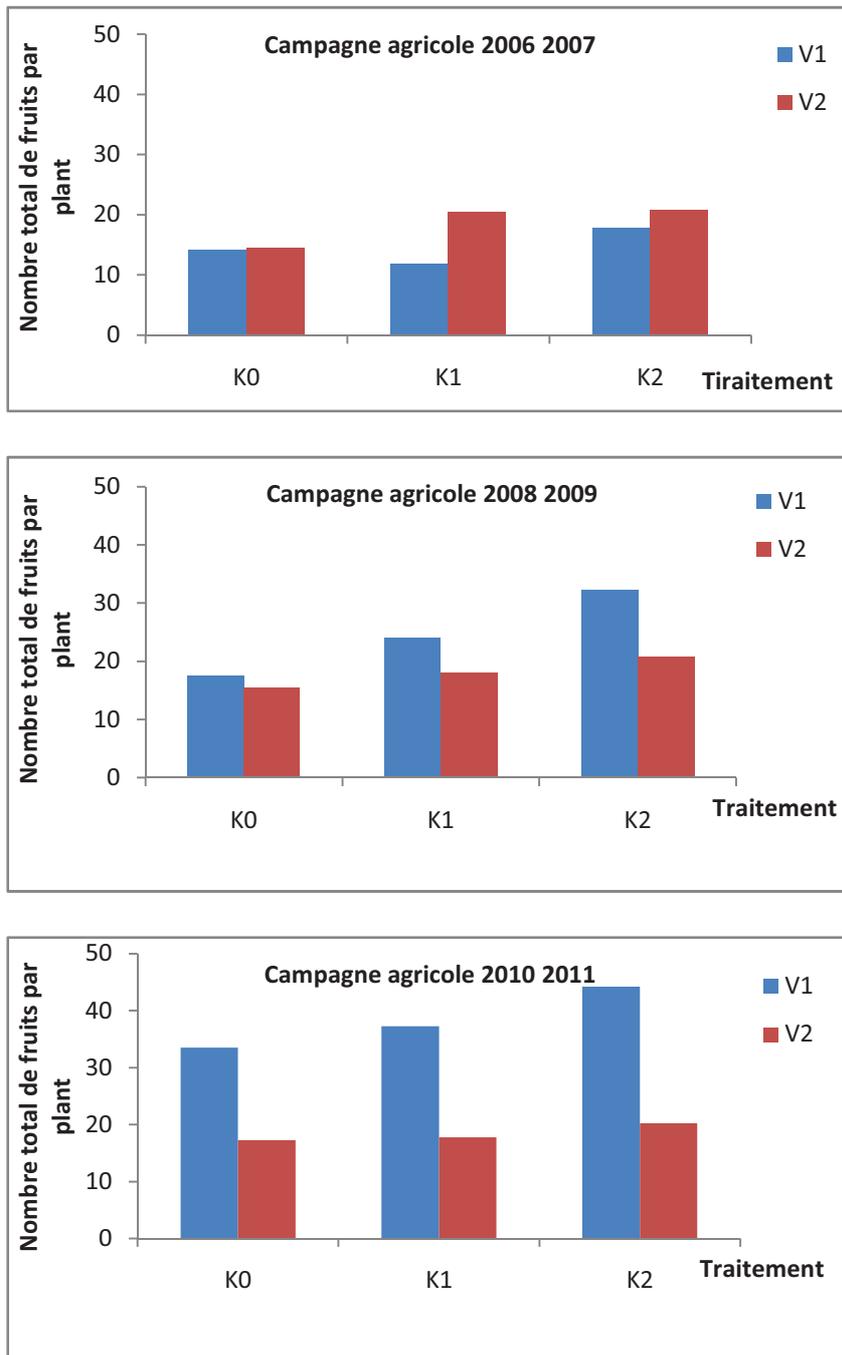


Figure 35. Effet de la fertilisation potassique par campagne agricole sur le nombre total de fruits par plant chez deux variétés de tomate industrielle.

Nos résultats rejoignent ceux de **Zehler et Forester (1972)** qui rapportent dans leurs travaux sur tomate que des applications élevées en potassium exercent un effet plus grand sur la nouaison. A cet effet, le nombre de fruits est plus grand induisant ainsi de hauts rendements, de sorte que le poids par fruit doit être plus faible.

Cependant, **Mpika et al. (2015)**, signalent sur trois variétés de tomate que de faibles concentrations en potassium jouent un rôle décisif dans l'accroissement du rendement en fruit. Ainsi, des apports importants de potassium sont sans effet sur le rendement des trois variétés. Sachant que le potassium soluble qu'apporte l'engrais contribuerait à favoriser la floraison et le développement des fruits (**Chapagain et Wiesman, 2004**). Rappelons que l'absorption nette de potassium joue un rôle essentiel dans la translocation des produits de photosynthèse des feuilles aux fruits durant la période de leur développement (**Mengel, 1982**).

De même, **Adams (1986)**, rapporte dans ses travaux sur la tomate, que les apports excessifs de potassium induiraient une déficience du magnésium ainsi que la régression dans la formation des fleurs des plants de tomate.

Par ailleurs, **Ucherwood (1985)**, souligne qu'un taux élevé de potassium pourrait être nécessaire pour un rendement élevé et une bonne qualité de tomate. **Rengel et al. (2008)** ajoutent que le potassium absorbé dépend aussi des facteurs de la plante y compris la génétique et le stade de développement.

1.2.9. Calibre moyen du fruit par plant

Le tableau 29, montre que la valeur maximale du calibre moyen d'un fruit par plant est enregistrée au cours de la deuxième campagne agricole, chez la variété Aicha (V2) avec la dose K₂ (6.13 cm). La variété Aicha (V2) semble plus réactive à la fertilisation potassique que la variété Riogrande (V1). Alors que la variété Riogrande (V1) répond mieux à la dose K₁ qu'à la dose K₂ (figure 36).

Tableau 29. Effet de la fertilisation potassique sur le calibre moyen d'un fruit par plant

		K0	K1	K2
Essai 2006/2007	V1	4,71±0.02	5,753±0.01	4,613±0.01
	V2	5,802±0.01	4,7±0	5,9±0.01
Essai 2008/2009	V1	4,8±0.58	5,84±0.28	4,68±0.5
	V2	6,002±0.31	4,46±0.45	6,13±0.78
Essai 2010/2011	V1	4,98±0.51	4,08±0.44	4,47±0.29
	V2	5,81±0.08	6,41±0.51	5,72±0.69

Les résultats de l'analyse de la variance (annexe14) montrent une différence hautement significative du facteur potassium sur le calibre du fruit au cours de la première campagne agricole ($P = 0.001$) et non significative de ce facteur durant les deux autres campagnes agricoles. Le test de Newman Keuls classe les doses K_0 (5.25cm) et K_2 (5.25) en groupe homogène A. Pour le facteur Variété, les résultats de l'analyse de la variance montrent une différence très hautement significative au cours de la première campagne agricole et de la troisième campagne agricole ; alors que, lors de la deuxième campagne agricole, les différences sont non significatives. Le test de Newman Keuls classe en groupe homogène A la variété Aicha (V2) au cours de la première campagne agricole (5.46) et de la troisième campagne agricole (5.98cm).

Quant à l'interaction des deux facteurs étudiés, elle est très hautement significative lors de la première et de la deuxième campagne agricole. Alors qu'elle est non significative lors de la troisième campagne agricole. Le test de Newman Keuls classe l'interaction $V2K_2$ en groupe homogène A au cours de la première campagne agricole (5.9 cm) et de la deuxième campagne agricole (6.13cm).

On peut dire que l'effet du potassium sur ce paramètre est positif, mais les conditions interannuelles changent l'expression des résultats qui influencent le potentiel génétique de la plante.

Nos résultats rejoignent ceux de **Razzaque et Musa Hanafi (2001)**, où le potassium a influencé significativement le diamètre du fruit de l'ananas cultivé sur sol de tourbe profonde.

De même **Taber (2006)**, préconisent d'apporter une fertilisation potassique pour maximiser la taille des fruits de tomate.

Par ailleurs, **Masome (2013)**, indique que la fertilisation azotée améliore le diamètre du fruit de la tomate. De ce fait, la combinaison entre les différentes doses en azote avec un apport adéquat en potassium améliore les composantes de production de la tomate.

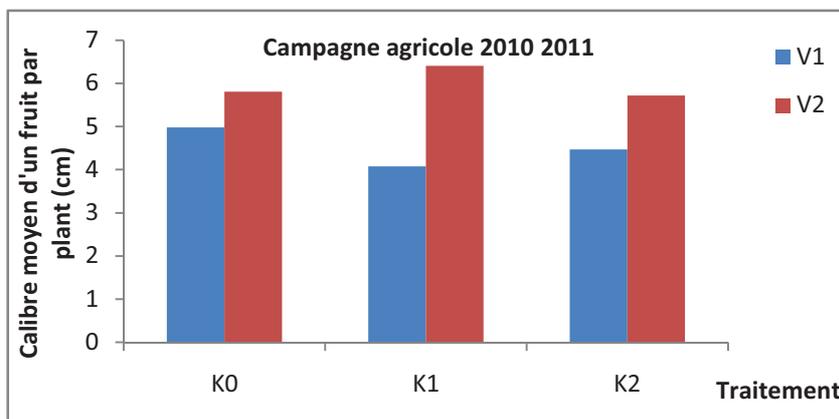
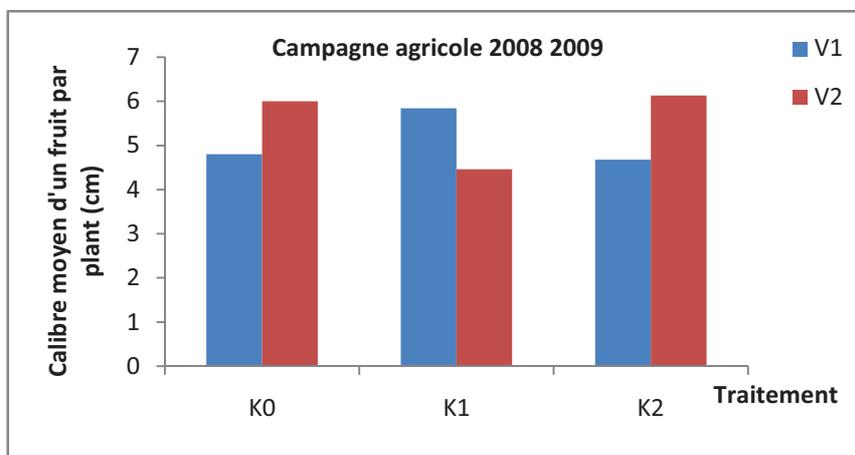
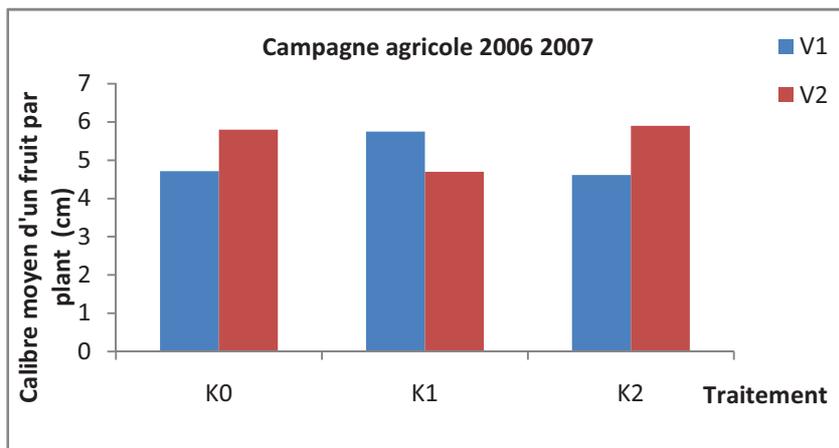


Figure36. Effet de la fertilisation potassique par campagne agricole sur le calibre moyen d'un fruit par plant chez deux variétés de tomates industrielles.

1.2.10. Rendement réel en fruit par hectare

Le tableau 30, montre que la valeur maximale du rendement réel en fruit par hectare est enregistrée au cours de la première campagne agricole chez la variété Aicha (V2) avec la dose K₂ (430.07Qtx/ha). La plus faible valeur du rendement est enregistrée au cours de la troisième campagne agricole chez la variété Riogrande (V1) avec la dose K₀ (186.06 Qtx/ha).

Pour le paramètre rendement en fruits l'ensemble des résultats indique un effet rentable de la dose en potassium pour les trois campagnes agricoles. Les rendements en fruits augmentent avec l'augmentation de la fertilisation potassique (figure 37).

Tableau 30. Effet de la fertilisation potassique sur le rendement réel en fruits par hectare

		K0	K1	K2
Essai 2006/2007	V1	209,86±7.78	209,03±6.05	304,21±8.09
	V2	306,03±6.76	411,45±10.34	430,07±16.39
Essai 2008/2009	V1	216,0±31.74	255,23±21.04	343,96±23.81
	V2	232,08±14.55	326,08±44.12	340,21±29.36
Essai 2010/2011	V1	186,08±11.79	264,16±27.88	258,33±41.89
	V2	233,12±14.90	294,06±39.59	339,37±34.29

Les résultats de l'analyse de la variance (annexe 15) montrent une différence très hautement significative du facteur potassium au cours des trois campagnes agricoles sur le rendement réel de la tomate (P= 0.000). Le test de Newman et Keuls, classe la dose K₂ en groupe homogène A avec respectivement les rendements par campagne agricole : 367.14, 342.08 et 298.85 qtx/ha. Pour le facteur variété, les résultats de l'analyse de la variance montrent une différence très hautement significative au cours de la première campagne agricole (P= 0.000) ; significative lors de la deuxième campagne agricole (0.04) et hautement significative lors de la troisième campagne agricole (0.001). Ainsi la variété Aicha (V2) est classée en groupe homogène A durant les trois campagnes agricoles avec les rendements respectifs par campagne agricole : 382.51, 299.46 et 288.85 qtx/ha.

Quant à l'interaction des facteurs potassium et variété, les résultats de l'analyse de la variance montrent une différence très hautement significative au cours de la première campagne agricole (0.000) et non significative au cours de la deuxième et troisième campagne agricole. Le test de Newman Keuls classe l'interaction V2K₂ (430.07 qtx/ha) en groupe homogène A.

Nos résultats confirment ceux de **Taber (2006)**, qui signale dans ses travaux sur tomate qu'une fertilisation potassique adéquate maximise les rendements et la taille des fruits de tomate. Car une déficience en potassium affecterait les rendements qui seront faibles avec des fruits à petit calibre, insuffisamment colorés (pauvres en lycopène) et qui tomberont prématurément. Cet état de fait, induira sur fruits le blotchy ripening (**Hartz et al., 1999 ; Widders et Lorenz, 1979 ; Wilcox, 1993**). A cet effet, selon ces mêmes auteurs, il est recommandé de surveiller le statut du potassium dans les feuilles au stade de croissance ou au stade maturation, en mesurant le potassium de la sève et du pétiole des feuilles. Pour cela, ils indiquent pour une culture intensive de tomate, que le statut du potassium dans les feuilles au stade floraison soit $\geq 3.15\%$ et que la valeur en potassium de la sève diluée du pétiole doit être de l'ordre de 2200 à 2800ppm.

De même nos résultats vont dans le même sens que ceux de **El-Nemr et al. (2012)**, ou l'effet de la fertilisation potassique (350 kg/ha de K) augmente les rendements en tomate cultivée en sur sol sableux avec solution nutritive. Les rendements atteints sont de 1.3kg de fruits/plant. Dans notre cas, le poids total des fruits par plant est augmenté avec la dose de fertilisation potassique la plus élevée. En effet, à la dose K₂ (500U/ha de K₂O), le rendement en fruits par plant le plus élevé (3.17Kg/plant) est enregistré chez la variété Riogrande (V1).

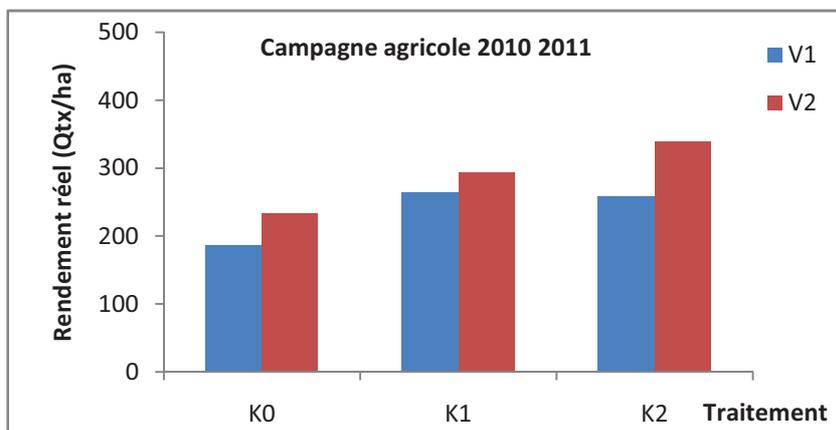
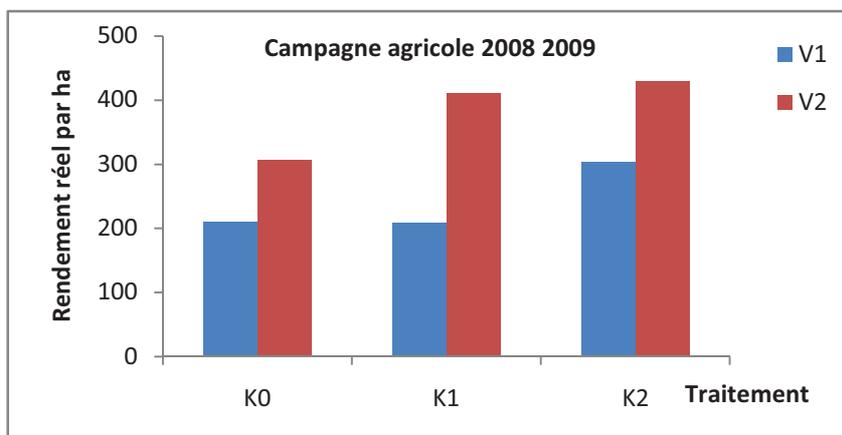
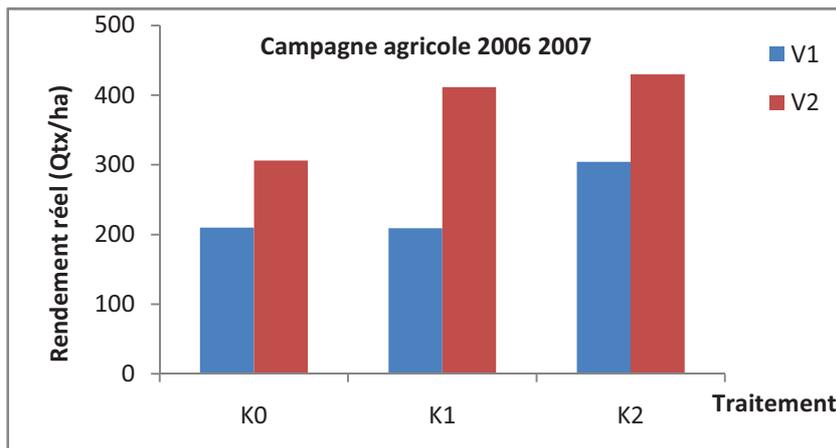


Figure 37. Effet de la fertilisation potassique par campagne agricole sur le rendement réel en fruits par hectare chez deux variétés de tomates industrielles

1.2.11. Rendement potentiel en fruit par hectare

Le rendement potentiel est estimé, il est calculé sur la base du poids moyen d'un fruit par plant, du nombre moyen de fruits par plant par rapport à la densité de plantation. Le tableau 31, montre que la valeur maximale du rendement potentiel en fruit par hectare est enregistrée au cours de la troisième campagne agricole chez la variété Riogrande (V1) avec la dose K₁ (792.54Qtx/ha). La valeur la plus faible du rendement potentiel est enregistrée durant la première campagne agricole chez la variété Riogrande (V1) avec la dose K₀ (226.23qtx/ha) (figure 38).

Tableau 31. Effet de la fertilisation potassique sur le rendement potentiel en fruits par hectare

		K0	K1	K2
Essai 2006/2007	V1	226,238±2.44	269,335±7.54	337,523±2.59
	V2	347,758±17.29	443,343±19.66	472,36±19.58
Essai 2008/2009	V1	289,12±27.59	302,18±25.1	467,38±21.48
	V2	469,32±34.60	560,74±20.52	581,89±17.55
Essai 2010/2011	V1	558,24±32.15	792,47±79.36	774,97±114.28
	V2	459,23±17.2	588,09±85.72	678,70±76.48

Les résultats de l'analyse de la variance (annexe16) montrent une différence très hautement significative des facteurs potassium (P= 0.000) et variété (P= 0.000) au cours des trois campagnes agricoles, sauf pour le facteur variété au cours de la troisième campagne agricole où les différences sont hautement significatives (P= 0.009). Le test de Newman Keuls classe pour le facteur potassium, en groupe homogène A la dose K₂ au cours de la première campagne agricole (404.94 tx/ha), de la deuxième campagne agricole (524.60 qtx/ha) et de la troisième campagne agricole (726.83 qtx/ha).

Pour le facteur variété, le test de Newman Keuls classe la variété Aicha (V2) en groupe homogène A au cours de la première campagne agricole (421.15 qtx/ha), et au cours de la deuxième campagne agricole (537.29 Qtx/ha). Alors que, au cours de la troisième campagne agricole, c'est la variété Riogrande (V1) (708.56) qui est classée en groupe homogène A.

Quant à l'interaction des deux facteurs (potassium et variété), elle est hautement significative au cours de la première campagne agricole (0.009), très hautement significative au cours de la deuxième campagne agricole ($P= 0.000$) et non significative au cours de la troisième campagne agricole. On note que l'interaction V2K₂ (472.36 Qtx/ha) est classée en groupe homogène A par le test de Newman Keuls, au cours de la première campagne agricole; Alors qu'en seconde campagne agricole, ce sont les interactions V2K₂ (581.83 Qtx/ha) et V2K₁ (560.73 qtx/ ha) qui sont classées en groupe homogène A.

Le comportement des deux variétés est différent selon la campagne agricole et le potentiel génétique de la variété. La variété Aicha (V2) est plus réactive à la fertilisation potassique que la variété Riogrande (V1). Nos résultats confirment ceux de **Rengel et al. (2008)**, qui signalent que l'absorption du potassium dépend des facteurs de la plante y compris la génétique et le stade de développement. Les différences entre variétés résulteraient probablement de l'exploitation du potassium du sol, qui dépend de la masse des racines et de leur morphologie, qui relève du patrimoine génétique.

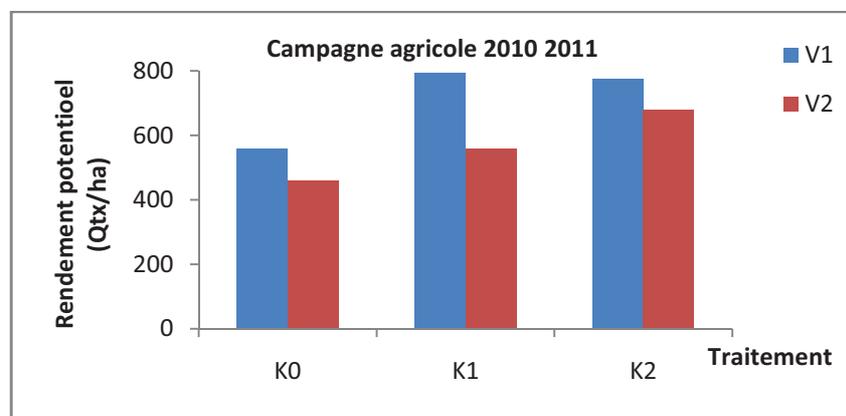
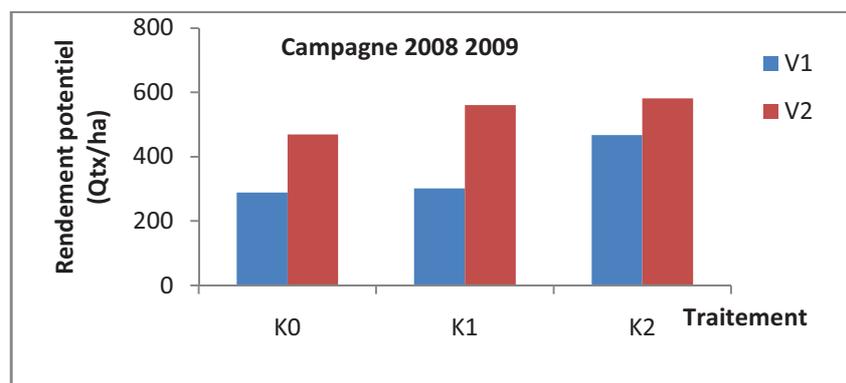
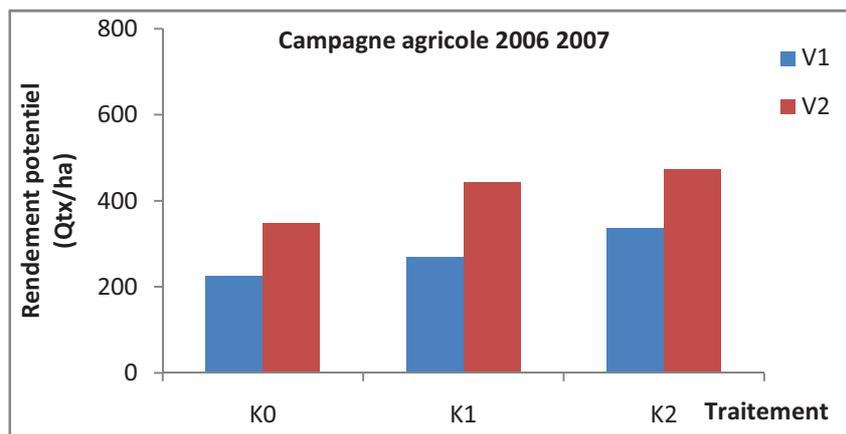


Figure 38. Effet de la fertilisation potassique par campagne agricole sur le rendement potentiel en fruit par hectare chez deux variétés de tomate industrielles

1.3. Paramètres technologiques du jus de tomate

Les pratiques de fertilisation classique (azote, phosphore et potassium) sont essentiellement tournées vers l'obtention de rendements importants, et ce n'est que depuis peu que l'on s'interroge sur les effets possibles de ces apports minéraux sur la qualité des fruits (**Combris et al., 2007**).

1.3.1. pH du jus de tomate

Le tableau 32, montre que le pH du jus de la tomate a tendance à baisser avec l'apport du potassium au cours des trois campagnes agricoles. La valeur la plus élevée est enregistrée au cours de la deuxième campagne agricole avec la dose K₀ (4.18) et la plus faible valeur est enregistrée avec la dose K₂ (3.96).

Tableau 32. Effet de la fertilisation potassique sur le pH du jus de tomate

		K0	K1	K2
Essai 2006/2007	V1	4,18±0.03	4,13±0.02	4,02±0.04
	V2	4,11±0.07	4±0.01	3,96±0.02
Essai 2008/2009	V1	4,19±0.02	4,18±0.05	4,03±0.04
	V2	4,01±0.03	3,94±0.06	4,01±0.03
Essai 2010/2011	V1	4,005±0.001	3,975±0.001	3,96±0.001
	V2	3,94±0.001	3,99±0.001	3,92±0.001

Les résultats de l'analyse de la variance (annexe 17) montrent une différence très hautement significative du facteur potassium (0.0000) et de la variété (P= 0.0001) au cours de la première et troisième campagne agricole. En revanche, une différence significative est enregistrée au cours de la deuxième campagne agricole pour le facteur potassium (P= 0.02) et très hautement significative pour le facteur variété. Le pH a tendance à baisser avec la fertilisation potassique. A cet effet, le test de Newman Keuls, classe la dose K₂ en groupe homogène C (3.99) et la variété Riogrande V1 (4.11) en groupe homogène A au cours de la première campagne agricole. Aussi, pendant la deuxième campagne agricole, la dose K₂

(4.02) est classée en groupe homogène B par le test de Newman Keuls et la variété Riogrande V1 (4.13) en groupe homogène A.

Pour l'interaction des deux facteurs étudiés, les résultats de l'analyse de la variance montrent une différence hautement, très hautement significative pour la deuxième et troisième campagne agricole respectivement. En revanche, au cours de la première campagne agricole, les résultats statistiques ne montrent aucune différence significative de l'interaction des facteurs. Le test de Newman Keuls classe au cours de la deuxième campagne agricole l'interaction $V1K_2$ (4.03), $V2K_0$ (4.01), $V2K_2$ (4.01) et $V2K_1$ (3.94) en groupe homogène B par le test de Newman Keuls. Alors qu'au cours de la troisième campagne agricole, l'interaction qui donne la plus faible valeur du pH est classée en groupe homogène F par le test de Newman Keuls.

Nos résultats relatifs aux variations de pH en fonction de la dose de potassium semblent controversés. En effet, **Fontes et al. (2000)**, ont observé les mêmes impacts de K sur le pH. En revanche **El Nemr et al. (2012)**, lors de leurs essais sur tomate cultivée sur sol sablonneux ont observé l'effet inverse, le pH augmente quand K augmente. Ces auteurs expliquent ces différences par l'augmentation de la pression osmotique ayant un effet sur la qualité des fruits de tomates. Dans notre cas, la baisse du pH en relation avec la fertilisation potassique est recherchée en industrie, assurant une meilleure conservation du concentré de tomate.

1.3.2. Indice réfractométrique du jus de tomate

Le tableau 33, montre que la valeur maximale de l'indice réfractométrique du jus de tomate est enregistrée au cours de la deuxième campagne agricole chez la variété Aicha (V2) avec la dose K_1 (6.0), et la plus faible valeur est enregistrée au cours de la première campagne agricole chez la variété Riogrande (V1) avec la dose K_0 (4.37). Dans tous les cas, l'apport en potassium semble augmenter l'indice réfractométrique du jus de la tomate.

Les résultats de l'analyse de la variance (annexe18) montrent une différence très hautement significative du facteur potassium lors de la première et troisième campagne agricole. La dose K_2 s'est avérée intéressante puisqu'elle augmente l'indice refractometrique du jus de tomate important pour l'industrie de conserve. Le test de Newman Keuls classe la dose K_2 en groupe homogène A en première campagne agricole (5.77) et en troisième campagne agricole (5.56). Cependant, en deuxième campagne agricole, les résultats d'analyse statistiques ne montrent

aucune différence significative du facteur potassium sur l'indice réfractométrique du jus de tomate.

Tableau 33. Effet de la fertilisation potassique sur l'indice réfractométrique du jus de tomate

		K0	K1	K2
Essai 2006/2007	V1	4,37±0.24	4,87±0.19	5,62±0.27
	V2	5,4±0.26	5,72±0.11	5,92±0.09
Essai 2008/2009	V1	5±0.22	4,62±0.19	5±0.28
	V2	5,12±0.53	6±0.22	5,37±0.15
Essai 2010/2011	V1	5±0.21	5,06±0.21	5,87±0.10
	V2	4,81±0.43	4,75±0.24	5,25±0.31

Pour le facteur variété, les résultats de l'analyse de la variance, montrent une différence très hautement significative au cours de la première ($P= 0.0000$) et de la deuxième campagne agricoles ($P= 0.0003$), et une différence hautement significative au cours de la troisième campagne agricole ($P= 0.007$). Le test de Newman Keuls, classe la variété V2 en groupe homogène A aussi bien lors de la première campagne agricole (5.68) que de la deuxième campagne agricole (5.5) ; Alors que lors de la troisième campagne agricole, c'est la variété Riogrande (V2) qui se trouve en groupe homogène A (5.31).

Quant à l'interaction des deux facteurs étudiés (potassium et variété), les différences statistiques sont significatives lors de la première campagne agricole (0.01), hautement significatives lors de la deuxième campagne agricole (0.004) et non significative lors de la troisième campagne agricole. Ainsi, les interactions $V2K_2$ (5.92), $V2K_1$ (5.72), $V1K_2$ (5.62) sont classées en groupe homogène A par le test de Newman Keuls au cours du premier essai. Alors que lors du deuxième essai, c'est l'interaction $V2K_1$ (6), qui se trouve en groupe homogène A.

On conclue que la variété Aicha (V2) est plus sensible que la variété Riogrande vis-à-vis de la fertilisation potassique. Nos résultats confirment ceux de **Ghebbi (1998)** sur culture de tomate en plein champ et de **Davies et Winsor (1969)**, qui signalent l'importance

du potassium sur l'augmentation de l'indice réfractométrique. Nos résultats rejoignent les valeurs proposées par **Granges et al. (2003)**, pour un seuil de qualité organoleptique, la tomate doit avoir un IR supérieur à 4.5 °Brix.

Martin Prevel (1989), signale que la qualité des fruits est directement affectée par la fertilisation potassique. L'apport du potassium induit une augmentation de la concentration totale en potassium des cellules, induisant une augmentation de la pression osmotique, qui a un effet direct sur la qualité et le rendement en fruit. L'effet bénéfique du potassium, résulte d'une meilleure photosynthèse dans les feuilles, d'une translocation efficace des produits de photosynthèse des feuilles vers les fruits et une amélioration de la circulation de l'eau entre feuille et fruit ainsi que l'élévation de l'activité enzymatique, notamment comme l'ont signalé **Lin et al. (2004)**, sur tomate, que le potassium augmente significativement le taux de sucres totaux, l'extrait sec et de l'acidité titrable.

1.3.3. Acidité du jus de la tomate (%)

L'acidité du jus de tomate joue un rôle dans la qualité gustative du fruit auquel elle donne un goût de fraîcheur. Associée à une teneur élevée en sucres, une basse acidité confère au fruit une saveur douceâtre, peu recherchée pour la consommation en frais. L'acide citrique représente 9% et l'acide malique 4% de la matière sèche de la tomate (**Davies et Hobson, 1981**). D'après **Osvold et al. (2001)**, les concentrations moyennes sont de 7.8g/l pour l'acide citrique et de 0.7g/l pour l'acide malique.

Au cours de nos essais, le tableau 34, montre que la valeur maximale de l'acidité du jus est obtenue au cours de la deuxième et de la troisième campagne agricole avec les doses respectives de V2K₁ (0.45) et V1K₂ (0.45), et la plus faible valeur est obtenue au cours de troisième campagne agricole (0.35).

Les résultats de l'analyse de la variance (annexe19) montrent au cours des trois campagnes agricoles, une différence très hautement significative du facteur potassium (0.0000) sur l'acidité du jus de tomate. A cet effet, le test de Newman Keuls classe la dose K₂ en groupe homogène A avec les valeurs respectives par campagne agricole de : 0.428 ; 0.423 ; 0.428 %.

Tableau 34. Effet de la fertilisation potassique sur l'acidité du jus de tomate

		K0	K1	K2
Essai 2006/2007	V1	0,36±0.007	0,385±0.007	0,41±0.003
	V2	0,36±0.003	0,41±0.009	0,44±0.01
Essai 2008/2009	V1	0,37±0.01	0,36±0.009	0,39±0.004
	V2	0,415±0.006	0,45±0.007	0,44±0.01
Essai 2010/2011	V1	0,35±0.01	0,37±0.01	0,45±0.008
	V2	0,38±0.02	0,39±0.003	0,40±0.01

Pour le facteur variété, les différences statistiques sont très hautement significatives au cours de la première ($p= 0.0002$) et de la deuxième campagne agricole ($P= 0.0000$) ; alors que lors de la troisième campagne agricole, aucune différence significative n'est enregistrée. A cet effet, le test de Newman Keuls, classe la variété Aïcha (V2) en groupe homogène A aussi bien au cours de la première campagne agricole (0.40) que de la deuxième campagne agricole (0.43)

Dans tous les cas, l'apport en potassium a positivement influencée l'acidité du jus de tomate avec une variante pour la deuxième campagne, ou c'est la dose K_1V2 qui se trouve en groupe homogène A. Nos résultats rejoignent ceux de **Fontes et al. (2000)**, ayant travaillé sur la qualité de la tomate, que la fertilisation potassique augmente l'acidité du jus. **Boulay (1981)**, rapportent dans ses travaux que la fertilisation potassique augmente l'acidité titrable chez la tomate. Aussi, nos résultats rejoignent les valeurs guides proposées par **Granges et al. (2003)**, pour un seuil de qualité organoleptique de la tomate, l'acidité totale doit être supérieure à 3,5 g/l de purée de tomate.

1.3.4. Vitamine C du jus de la tomate (mg/100g de MF)

L'accumulation de la vitamine C ou acide ascorbique dépend de l'importance de l'éclairement lumineux (**Granges et al., 2003**). Selon que les plantes croissent sous abri ou en plein champ, les plantes accumulent différemment de la vitamine C.

Pollard, Kieser et Bryan (1945 in Rey et Coste 1965) ont observé jusqu'à 56% d'augmentation de la teneur en vitamine C pour les tomates cultivées à l'extérieur par rapport à celles cultivées sous abris. Au cours de nos essais, par rapport à la fertilisation potassique, le tableau 35 montre que la valeur maximale de la teneur en vitamine C est enregistrée au cours de la troisième campagne agricole avec la dose K₂ (28.9 mg/100g) chez la variété Riogrande (V1) et la plus faible valeur est enregistrée au cours de la deuxième campagne agricole chez la variété Riogrande (V1) avec la dose K₀ (14.86mg/100g).

Tableau 35. Effet de la fertilisation potassique sur la vitamine C du jus de tomate (mg/100g)

		K0	K1	K2
Essai 2006/2007	V1	16,7±0.063	15,37±0.01	18,4±0.031
	V2	16,13±0.009	18,64±0.066	17,94±0.04
Essai 2008/2009	V1	14,86±0.46	16,11±0.10	18,05±0.67
	V2	18,7±0.10	23,13±0.40	22,45±0.31
Essai 2010/2011	V1	17,96±0.61	21,92±0.90	28,9±0.53
	V2	17,47±0.38	19,4±0.35	24,77±0.40

Les résultats de l'analyse de la variance (Annexe 20) montrent une différence très hautement significative des facteurs potassium et variété (P= 0.0000) ainsi que leur interaction sur la teneur en vitamine C du jus de tomate. A cet effet, pour le facteur potassium, le test de Newman Keuls classe la dose K₂ en groupe homogène A au cours des trois campagnes agricoles avec respectivement par campagne les résultats suivants : 18.17 ; 20.25 et 26.83 mg/100g.

Pour le facteur variété, le test de Newman Keuls, classe en groupe homogène A, la variété V2 aussi bien au cours de la première campagne agricole (17.57 mg/100g) que de la deuxième campagne agricole (21.42mg/100g). Alors que lors de la troisième campagne agricole, c'est la variété Riogrande (V1) qui est classée en groupe homogène A (22.92mg/100g).

Quant à l'interaction des deux facteurs potassium et variété, il en ressort que le test de Newman Keuls, classe en groupe homogène A, l'interaction : V2K₁ en première campagne agricole (18.64mg/100g) et en deuxième campagne agricole (23.13mg/100g) alors qu'en troisième campagne agricole c'est l'interaction V1K₂ (28.9mg/100g).

Le comportement des deux variétés est différent dans l'accumulation de la vitamine C. De nombreux chercheurs, dont **Rey et Coste (1967)** signalent cette différence. Elle peut être liée aux conditions climatiques interannuelles ainsi qu'aux caractéristiques intrinsèques des variétés.

Par ailleurs, nos résultats confirment les travaux de **Raunira da Costa Araujo et al. (2005)**, qui ont étudié la grenadille en solutions nutritives et ont montré que les doses en potassium (1 ; 2 ; 4 ; 6 et 8 mmoles K/l) ont augmenté la teneur en vitamine C et de l'acidité du fruit.

Par ailleurs, **Combris et al. (2007)**, signalent qu'une contrainte hydrique de faible intensité stimule la synthèse de la vitamine C ; par contre ces mêmes auteurs rapportent, qu'une fertilisation azotée tend à diminuer la teneur en vitamine C.

1.3.5. Teneur en sucres totaux et réducteurs du jus de la tomate au cours de la campagne agricole 2008/2009

Ce paramètre n'a été évalué que pendant la campagne agricole 2008/2009. Le tableau 36 montre que la valeur maximale de la teneur en sucres totaux et réducteurs est enregistrée chez la variété Riogrande (V1) avec la dose K₂ respectivement 5.1% en sucres totaux et 4.5% en sucres réducteurs. Et la valeur la plus faible a été enregistrée chez la variété Riogrande (V1) avec la dose K₀ (soit 3.12% et 2.62% pour les sucres totaux et réducteurs respectivement).

Les résultats de l'analyse de la variance (annexe 21, 22) montrent une différence très hautement significative du facteur potassium (P= 0.0000) et de la variété (P= 0.0000) ainsi que leur interaction sur ce paramètre. Pour le facteur potassium, le test de Newman Keuls, classe en groupe homogène A la dose K₂.

Tableau 36. Effet de la fertilisation potassique sur la teneur en sucres totaux et réducteurs au cours de la campagne agricole 2008/2009

		K0	K1	K2
Essai 2008/2009 (Sucres totaux)	V1	3,12±0,25	3,47±0,04	5,1±0,08
	V2	3,05±0,11	3,57±0,16	4,37±0,42
Essai 2008/2009 (Sucres réducteurs)	V1	2,625±0,38	3±0,11	4,07±0,37
	V2	2,75±0,39	3,12±0,53	3,47±0,38

En effet, la variété Riogrande (V1) est plus sensible et accumule plus de sucres que la variété Aïcha (V2). On constate que, la dose K₂ a un effet positif sur l'accumulation des sucres totaux et réducteurs chez la tomate. Par contre les travaux de **Winsor, Davies, Messing, Long (1962 in Rey et Coste 1965)**, signalent pour la tomate (variété Potentate), cultivée sous serre, en hors sol, que les solutions nutritives de concentrations différentes en azote et en potassium ne semblent pas affecter la teneur en sucres des fruits.

Dans notre cas, l'accumulation des sucres est probablement liée à la conduite de la culture de tomate en plein champ où la lumière reçue par les fruits est plus importante, ce qui les rend riches en sucres.

Par ailleurs, **Gardner (1961 in Rey et Coste 1965)** signale qu'une culture de tomate, conduite, avec une forte humidité dans le sol, entraîne une diminution des sucres. L'effet est encore plus marqué dans le même régime d'humidité mais avec une déficience en éléments nutritifs.

Par ailleurs, **Rey et Coste (1965)** ont signalé, que la variation dans l'intensité de la pigmentation ne semble pas s'accompagner d'une élévation dans la teneur en sucres du jus de tomate.

Par ailleurs, **Balibrea et al. (2006)**, indiquent sur tomate, qu'une interaction positive est établie entre l'accumulation des sucres et l'indice réfractométrique en relation avec la fertilisation potassique. La même observation a été faite par **Sofia (2008)** Ceci dans une étude similaire.

Duogleby (1973), indique que le potassium est le principal activateur de la pyruvate- kinase, une enzyme catalytique, de glucogénèse et de glycolyse. Une réaction importante dans la croissance végétale et de la photosynthèse. La qualité des fruits est directement affectée, la teneur en sucres et l'acidité titrable qui sont corrélés augmentent avec la fertilisation potassique (**Lin et al. 2004**).

1.3.6. Teneur en lycopène du jus de tomate

Selon **Combris et al. (2007)**, la biosynthèse des caroténoïdes est sous la dépendance de la température mais peu du rayonnement. La température la plus favorable peut elle-même varier avec l'espèce. Chez la tomate, la synthèse du lycopène présente un optimum à 25°C mais elle est inhibée au dessus de 35°C. Cependant, elle change selon la variété et les conditions de culture. Au cours de nos essais, le tableau 37, montre que la valeur maximale de la teneur en lycopène du jus de tomate est enregistrée avec la dose K₂ au cours des trois campagnes agricoles. La variété Aicha (V2) est plus sensible à l'effet de la fertilisation potassique que la variété Riogrande (V1).

Tableau 37. Effet de la fertilisation potassique sur la teneur en lycopène du jus de tomate (mg/kg)

		K0	K1	K2
Essai 2006/2007	V1	41,6±1.36	44,28±0.57	49±0.56
	V2	51,12±0.72	57,5±1.16	60,45±0.32
Essai 2008/2009	V1	36,42±1.66	42,79±1.31	45,83±1.49
	V2	52,62±0.44	54,07±1.35	59,84±1.15
Essai 2010/2011	V1	41,0±0.003	49,6±0.01	59,11±0.02
	V2	42,0±0.004	50,2±0.02	60,1±0.02

Les résultats de l'analyse de la variance (Annexe 23) montrent une différence très hautement significative des deux facteurs étudiés (potassium et variété) sur la teneur en lycopène du jus de tomate. L'interaction des deux facteurs est hautement significative en première campagne agricole alors qu'elle est significative en deuxième campagne agricole. Cependant, en troisième campagne agricole, l'interaction est non significative.

En effet, à mesure que l'apport en fumure potassique croit, il y a accumulation du lycopène dans le jus de tomate chez les deux variétés étudiées. La dose K₂ est classée en groupe homogène A dans tous les essais. Pour le facteur variété, le test de Newman Keuls classe dans les trois campagnes agricoles la variété Aicha en groupe homogène A et la variété Riogrande en groupe homogène B. Pour l'interaction des deux facteurs étudiés nous retrouvons la combinaison V2K₂ dans les deux premières campagnes agricoles. Dans le même sens, **Taber et al. (2008)**, montrent sur la tomate cultivée sous serre et en plein champ, que la fertilisation potassique peut positivement affecter l'accumulation du lycopène. Cette dernière varie selon la variété mais la date de récolte ne semble pas influencer son accumulation. **Robertson et al., (1995)** ; **Rodriguez-Amaya (2001)** confirment dans leurs travaux que les facteurs de l'environnement comme la lumière, la température et la fertilité du sol peuvent affecter la production de lycopène. De même nos résultats rejoignent ceux de **Serio et al. (2006)**, qui signalent dans leurs travaux sur deux variétés de tomate cultivées en solution nutritive sur laine de roche, que la teneur en lycopène augmente avec l'apport en potassium (150, 300, et 450mg de K/l). On peut dire que la gamme de variation d'origine climatique ou agronomique apparaît de moindre amplitude que celle attribuée à la génétique (**Combris et al. 2007**).

1.3.7. Teneur en Bêta-carotène du jus de tomate

Le tableau 38, montre que la valeur maximale de la teneur en β -carotène du jus de tomate est enregistrée au cours de la première campagne agricole chez la variété Riogrande (V1) avec la dose K₂ (3.7). Et la plus faible valeur est enregistrée avec la dose K₀ (1.33) chez la variété Aicha (V2)

Tableau 38. Effet de la fertilisation potassique sur la teneur en β carotène du jus de tomate (mg/100g)

		K0	K1	K2
Essai 2006/2007	V1	3,175±0,07	3,525±0,02	3,7±0,07
	V2	3,375± 0,07	3,65±0,09	3,35±0,17
Essai 2008/2009	V1	2,461±0,39	0,97±0,16	2,41±0,32
	V2	1,333±0,11	1,98±0,21	1,82±0,43
Essai 2010/2011	V1	3,599±0,01	3,658±0,01	3,04±0,00
	V2	3,501±0,01	3,66±0,02	3,29±0,03

Les résultats de l'analyse de la variance (Annexe 24) montrent une différence très hautement significative du facteur potassium au cours de la première campagne agricole ($P= 0.0008$), de la troisième campagne agricole (0.0001) et une différence hautement significative lors de la deuxième campagne agricole (0.004). Il en ressort que les doses K_1 et K_2 (3.58 ; 3.52mg/100g) sont classées en groupe homogène A, lors du premier essai. Alors que lors du second essai, c'est les doses K_2 et K_0 (2.11 ; 1.89 mg/100g) qui sont classées en groupe homogène A ; cependant, pour la troisième campagne agricole, la dose K_1 (3.66mg/100g) se trouve en groupe homogène A. La fertilisation potassique a un effet positif sur l'accumulation du bêta-carotène du jus de tomate. Mais son accumulation reste inférieure à celle du lycopène.

Par ailleurs, selon **Rodriquez-Amaya (2001)** une exposition des fruits au soleil avec de fortes luminosités peuvent déclencher la production du β -carotène au détriment du lycopène en particulier lorsque les températures sont supérieures à 30°C.

Conclusion

L'ensemble des résultats obtenus fait apparaître un effet déterminant de la fertilisation potassique sur les paramètres de production et technologiques du fruit et permet de faire les observations suivantes :

- Une différence interannuelle est notée, aussi bien entre les variétés qu'entre les doses de fertilisation potassique. Pour le facteur variété les différences observées peuvent être imputées aux interférences des conditions de cultures et climatiques sur les paramètres évalués (date de plantation, conditions de culture, irrigation et type de sol).
- Pour le facteur fertilisation potassique, la sensibilité des variétés de tomate étudiées, varie selon les doses et la campagne, cette observation semble générale.

Les travaux bibliographiques indiquent, en effet, un changement de comportement de la plante vis-à-vis du potassium selon les facteurs pédoclimatiques et la conduite de la culture, en particulier le type de sol et sa richesse initial en éléments minéraux.

- L'impact du caractère variétal de la tomate et les différences de comportement vis-à-vis de K dépend du paramètre de production mesuré : poids total des fruits/plant ; nombre total des fruits/ plant ; calibre moyen d'un fruit/ plant ; poids moyen d'un fruit/plant....
- En ce qui concerne les paramètres technologiques, l'effet de K est remarquable, il a été mis en évidence dans nos conditions d'essai une dose optimale (K_2) recommandable pour l'ensemble des paramètres.

La dose optimale K_2 a, en effet, un impact positif sur la qualité technologique du jus de tomate : un abaissement de pH nécessaire à la conservation du jus et une augmentation de l'acidité qui améliorent la qualité organoleptique.

D'une manière générale, nos résultats sont en accord avec ceux de **Rodriguez et al. (1994)** et **El Nemr et al. (2012)** qui ont montré une augmentation de la teneur en sucres du jus et de l'indice réfractométrique. Par ailleurs, les résultats relatifs à la teneur en lycopène des fruits, en fonction de la dose en K, confirment ceux de **Dumas et al. (2003)** ; **Serio et al. (2007)** et **Taber et al. (2008)**.

2. Analyse de la variance sur la moyenne des trois campagnes agricoles

Pour observer l'efficacité de la fertilisation potassique, notamment des trois doses en K apportées sur le comportement des deux variétés de tomates industrielles, une analyse de la variance sur la moyenne des trois campagnes agricoles est effectuée.

Le tableau 39, récapitule les résultats de l'analyse de la variance sur la moyenne des trois campagnes agricoles. Ce dernier montre que la majeure partie des paramètres mesurés ont été positivement influencés par les différentes doses de la fertilisation potassique, plus particulièrement la dose K_2 . Cependant, il est à noter que le comportement des deux variétés est différent.

2.1. Effet de la fertilisation potassique sur les paramètres de croissance chez les deux variétés de tomate Riogrande (V1) et Aïcha (V2)

Tous les paramètres de croissance notamment, la hauteur finale, la surface foliaire et la matière sèche totale du plant ont été influencés par les différentes doses de la fertilisation potassique à l'exception du diamètre de la tige au collet où les différences sont non significatives. Les résultats de l'analyse de la variance sont différents selon le paramètre considéré :

- Pour la hauteur finale de la tige principale, les résultats de l'analyse de la variance (annexe 25) montrent une différence très hautement significative du facteur potassium, hautement significative du facteur variété et très hautement significative de l'interaction des deux facteurs. Le test de Newman Keuls classe en groupe homogène A les doses K_0 (54.18 cm) et K_2 (53.59cm). Pour le facteur variété, la variété Riogrande (V1) est classée en groupe homogène A par le test de Newman Keuls. Pour l'interaction des deux facteurs, c'est la dose K_2 avec la variété Riogrande (V1) qui se trouve en groupe homogène A. Les deux variétés ont été sensibles à la fertilisation potassique, mais la variété Riogrande (V1) est plus vigoureuse que la variété Aïcha (V2).

- Pour le nombre de tiges par plant les résultats de l'analyse de la variance (annexe26), ne montrent aucune différence significative du facteur potassium sur ce paramètre mais l'interaction est hautement significative. Ainsi, nous avons les doses $V1K_0$ (12.75), $V2K_1$

Tableau 39. Principaux résultats récapitulatifs de l'analyse de la variance sur la moyenne de trois campagnes agricoles (2006/2007 ; 2008/2009 ; 2010/2011)

Doses Variété variables	V1			V2			Seuil de signification		
	K0	K1	K2	K0	K1	K2	K	V	K×V
Diamètre de la tige	13.82±0.52	14.3±0.24	13.73±0.39	14.22±0.23	14.05±0.47	14.15±0.55	NS	NS	NS
Hauteur de la tige	54.69±0.91	47.31±0.99	59.13±0.3	53.67±1.02	55.19±1.11	48.05±0.61	THS	HS	THS
Nombre de tige/plant	12.75±0.38	11.02±0.52	12.35±1.08	11.77±0.72	12.7±0.26	11.22±0.41	NS	NS	HS
Surface foliaire/plant	1484.88±39.4	1555.74±54.7	1743.74±18.7	1751.18±39	2270.88±29.8	2594.02±67	THS	THS	THS
Matière Sèche/ plant	45.83±1.29	55.13±0.56	82.44±0.39	74.91±0.87	59.18±0.64	53.63±0.22	THS	THS	THS
N bouquet/plant	46.20±1.68	42.2±1.14	45.05±1.21	52.33±0.57	56.1±1.99	49.77±1.78	NS	THS	THS
N de fleurs/bouquet	5.01±0.21	4.53±0.37	4.98±0.16	4.23±0.17	4.89±0.10	5.08±0.34	S	NS	HS
N de fleurs/plant	233.04±19.85	198.28±24.69	226.09±9.55	226.7±12.0	271.7±9.13	268±12.39	NS	THS	HS
N de fleurs avortées	215.19±17.74	177.13±16.87	207±12.12	211±15.44	248.33±8.44	251.5±10.1	NS	THS	THS
Taux de nouaison %	9.98±0.53	11.25±1.08	9.69±0.44	14.43±0.76	11.43±0.74	12.7±0.55	S	THS	THS
Pds moyen/fruit(g)	65.61±1.32	102.57±3.72	83.69±3.43	96.28±4.81	74.88±2.97	112.63±5.8	THS	THS	THS
Pds total fruits/plant g	1537.4±49.9	1803.5±61.5	1991.6±102.4	2096.9±104	2183.7±114.2	2266±95.4	THS	THS	S
N total des fruits/plant	21.73±0.31	15.76±0.44	24.35±1.62	18.76±1.16	31.44±1.37	20.58±0.51	THS	THS	THS
Calibre d'un fruit/plan	4.83±0.25	5.67±0.13	5.22±0.21	5.16±0.18	4.61±0.08	5.92±0.47	HS	NS	THS
Rdt réel (Qtz/ha)	203.98±13.06	257.07±11.05	242.8±16.82	343.8±19.9	302.1±17.03	369.8±15.3	HS	THS	THS
Rdt potentiel (Qtz/ha)	357.86±12.77	425.43±10.41	454.66±25.78	530.7±27.4	526.62±30.73	577.6±21.3	THS	THS	S
Brix (%)	4.79±0.06	5.11±0.07	4.85±0.11	5.49±0.01	5.5±0.15	5.51±0.04	S	THS	S
pH du jus de tomate	4.12±0.01	4.03±0.03	4.09±0.02	3.96±0.02	4.01±0.01	3.96±0.03	NS	THS	THS
Acidité du jus	0.36±0.005	0.38±0.007	0.37±0.007	0.41±0.004	0.41±0.004	0.43±0.002	THS	THS	HS
Vitamine C	16.5±0.32	17.43±0.13	17.8±0.27	20.39±0.23	21.78±0.37	21.72±0.14	THS	THS	NS
Teneur en lycopène	39.69±0.53	46.33±0.5	49.31±0.46	50.19±0.35	53.57±0.27	60.15±0.34	THS	THS	THS
Teneur en β carotène	3.07±0.13	3.09±0.06	3.05±0.07	2.76±0.03	2.69±0.03	2.82±0.12	NS	THS	NS

(12.70), V1K₂ (12.35) et V2K₀ (11.77) qui sont classées en groupe homogène A par le test de Newman Keuls.

- Pour la surface foliaire totale de la plante, la dose K₂ a montré une différence très hautement significative des facteurs étudiés ainsi que leur interaction (annexe26). Il est à noter que l'apport des différentes doses de la fertilisation potassique est aussi remarquable par année séparée que sur la moyenne des trois campagnes agricoles à l'augmentation de la surface des feuilles donc à la photosynthèse fonction de base de la production de la plante. Aussi, la variété Aicha (V2) est plus réactive que la variété Riogrande (V1).
- Pour la matière sèche totale du plant, elle se trouve augmentée par la fertilisation potassique (annexe27). Par ailleurs **Young Yeol Cho et al. (2007)**, rapportent dans leurs travaux sur concombre que la croissance foliaire est bien corrélée à la croissance du plant, de même pour leurs matières sèches.

2.2. Effet de la fertilisation potassique sur les paramètres de productions chez les deux variétés de tomates Riogrande (V1) et Aicha (V2)

Le tableau 42 montre un effet positif de la fertilisation potassique sur le comportement des deux variétés vis-à-vis des paramètres de production. La variété Aicha (V2) est plus sensible que la variété Riogrande (V1). En effet, nous enregistrons les résultats suivants :

- Pour les paramètres nombre de bouquets par plant (annexe 28) et le nombre de fleurs par plant (annexe29) la fertilisation potassique ne montre aucune différence significative sur ces paramètres. Mais l'interaction des deux facteurs est très hautement significative, V2K₁ et V2K₂ se trouvent ensemble en groupe homogène A. Pour le nombre de fleurs par bouquet (annexe 28), le facteur potassium a montré une différence significative et la dose K₂ est classée en groupe homogène A par le test de Newman Keuls, aussi l'interaction est hautement significative et c'est l'interaction V2K₂ qui est classée en groupe homogène A.
- Pour les paramètres : le poids moyen d'un fruit par plant (annexe31), le poids total des fruits par plant (annexe32) et le nombre de fruits par plant (annexe33), les résultats de l'analyse de la variance montrent une différence très hautement significative du facteur potassium sur ces paramètres et permettent de faire les observations suivantes :
 - . Pour le paramètre nombre total de fruits par plant, c'est la dose K₁ et K₂ qui sont classées groupe homogène A par le test de Newman Keuls. Pour le facteur variété, c'est la

variété Aicha (V2) qui se trouve en groupe homogène A. Pour l'interaction des deux facteurs, les interactions V2K₁ et V1K₂ se trouvent classer en groupe homogène A.

. Pour le paramètre poids total de fruits par plant, c'est la dose K₂ qui enregistre le meilleur résultat chez la variété Aicha (V2). Les différences statistiques des deux facteurs sont très hautement significatives. Quand à l'interaction des deux facteurs, c'est l'interaction V2K₂ qui est classée en groupe homogène A par le test de Newman Keuls.

. Pour le paramètre poids moyen d'un fruit, les différences statistiques sont très hautement significatives pour les deux facteurs étudiés ainsi que leur interaction. A cet effet, c'est la dose K₂ pour le facteur potassium, qui est classée en groupe homogène A et c'est la variété Aicha (V2) pour le facteur variété qui est classée en groupe homogène A. Quand à l'interaction des deux facteurs, c'est V2K₂ qui se trouve en groupe homogène A.

- Pour l'avortement des fleurs (annexe29), il y' a lieu de signaler que la variété Aicha (V2) est plus sensible à l'avortement que la variété Riogrande (V1) puisqu'elle produit plus de fleurs, elle est donc plus sujette au différents stresses notamment de températures élevées et de l'irrigation la rendant plus sensible.
- Pour les rendements réel (annexe35) et potentiel (annexe36), on voit que c'est la dose K₂ qui est la plus intéressante puisqu'elle se trouve classée en groupe homogène A par le test de Newman Keuls. Aussi l'interaction est à la faveur de la variété Aicha (V2).

2.3. Effet de la fertilisation potassique sur les paramètres technologiques chez les deux variétés Riogrande (V1) et Aicha (V2)

Les résultats de l'analyse de la variance sur les paramètres technologiques du jus de tomate confirment ceux par campagne agricole séparée. En effet, en plus des différences que nous avons enregistrées par année dû à des différences dans les facteurs environnementaux. Il est claire que la fertilisation potassique en particulier la dose K₂ a eu un effet positif sur bon nombre des paramètres technologiques:

- Augmentation de l'acidité du jus de tomate (annexe39)
- Augmentation de la teneur en vitamine C du jus de tomate (annexe 40)
- Augmentation de la Teneur en lycopenes du jus de la tomate (annexe41)

Par contre pour les paramètres pH (annexe38) et l'indice réfractométrique du jus (annexe37), le comportement des deux variétés est similaire, le pH a tendance à baisser avec la fertilisation potassique alors que l'indice réfractométrique a tendance à augmenter. Pour la teneur en Bêta-carotène, aucune différence significative du facteur potassium n'est enregistrée ; par contre il y a une différence très hautement significative du facteur variété avec en groupe homogène A la variété Riogrande (V1)

Conclusion

Compte tenu des différentes conditions interannuelles de culture (climat, sol et itinéraire technique) par campagne agricole, les résultats de l'analyse de la variance ont montré des différences au moins significatives des facteurs (potassium et variété) par année sur la majeure partie des paramètres mesurés. Pour mieux cerner l'effet des différentes doses de fertilisation potassique, une analyse de la variance sur la moyenne des trois campagnes agricoles est effectuée.

En effet, les résultats de l'analyse de la variance confirment l'existence d'une différence au moins significative du facteur dose en potassium sur de nombreux paramètres mesurés. Sur la base des résultats obtenus, on peut conclure, que des applications abondantes de potassium permettent une exploitation améliorée du potentiel de rendement des tomates.

Nous notons de ce fait que, la dose K_2 s'est démarquée des deux autres doses. Les résultats obtenus sont très intéressants mais les questions que nous nous posons sont:

- **Y' auraient-ils des liens entre les variables mesurés, (interaction positive ou négative) par rapport à la fertilisation potassique ?**
- **Est ce que des doses supérieures à K_2 seraient intéressantes pour de meilleurs rendements et de surcroit amélioreraient- elles la qualité nutritionnelles de la tomate?**

La réponse à ces questions sera donner dans les points qui suivront à ce chapitre.

3. Corrélation entre les variables étudiées : Résultats de la Matrice de corrélation

La matrice de corrélation est une méthode statistique essentiellement descriptive. Elle permet de montrer la force de liaison des variables étudiées entre elles (Tableau40). Ces liaisons sont le résultat de l'information apportée par les facteurs étudiés sur la base des données mesurées.

Tableau 40. Variables mesurées

Variables mesurée	Abréviations
Diamètre de la tige au collet	Diam
Hauteur finale de la tige	Haut
Nombre de tiges par plante	N Tige/pl
Matière sèche totale du plant	Mstot
Surface foliaire nette	Sur fol
Nombre de bouquet par plant	Nbq/plt
Nombre de fleurs par bouquet	Nfl /bq
Nombre total de fleurs	Nfl/plt
Taux de nouaison	Txnou
Nombre de fleurs avortées	Nflav
Nombre total de fruit	Nfr/pl
Poids total des fruits	P totfr/pl
Calibre moyen d'un fruit	Cal fr
Poids moyen d'un fruit	Pdsmy
Indice réfractométrique	IR
pH	PH
Acidité	Acidité
Vitamine C	Vc
Lycopène	Lyc
Bêta-carotène	Bêta-carotène
Rendement réel	Rdt réel
Rendement potentiel	Rdt pot

La matrice de corrélation de Pearson (Figure39) permet d'identifier les interdépendances entre les variables mesurées. Elle montre quelles sont les variables positivement ou négativement corrélées entre elles et celles qui ne le sont pas. A cet effet, elle est réalisée sur la moyenne des trois campagnes agricoles. Les principales corrélations enregistrées entre les variables mesurées sont résumées comme suit :

3.1. Résultats de la matrice de corrélations sur les paramètres de croissance

- La hauteur finale de la tige est positivement corrélée au nombre de tiges par plant (0,63) ; au nombre de fruits par plant (0,55) et à la matière sèche totale du plant (0,56), au nombre de fruits par plant (0,59), mais négativement corrélée au poids moyen d'un fruit (- 0,69) et au calibre moyen d'un fruit (- 0,60). De sorte que plus la plante croit en hauteur, plus il y' a des tiges qui se développent et moins le calibre et le poids en fruit ne soient important.
- Le nombre de tiges par plant est positivement corrélé au nombre de fruits par plant (0,55) mais négativement corrélé au poids moyen d'un fruit par plant (-0,68), au calibre moyen d'un fruit (-0,60) et au poids moyen d'un fruit (- 0,68).
- La surface foliaire de la plante est positivement corrélée au nombre de bouquet par plant (0,59), fortement corrélée au nombre de fleurs formées par plant (0,74), au nombre de fleurs avortées (0,75) ainsi qu'au poids total des fruits par plant (0,80). Il en est de même pour le rendement réel (0,74) et potentiel (0,82).
- La matière sèche totale du plant n'est corrélée qu'à la hauteur du plant (0,56), de sorte que la matière sèche augmente à mesure que la hauteur du plant est élevée.

3.2. Résultats de la matrice de corrélations sur les paramètres de production

- Le nombre de bouquet par plant est positivement corrélée à la surface foliaire du plant (0,59), au nombre de fleur par plant (0,71), au nombre de fleurs avortées (0,71), au nombre de fruit par plant (0,62), ainsi qu'au rendement réel (0,56) et potentiel (0,61). En effet, la production d'un nombre important de bouquets et associé à une production importante de fleurs ainsi qu'à un nombre important en fruit. A cet effet, les fleurs sont sujettes à l'avortement suite à un manque en eau, associé à de fortes températures pouvant survenir lors de la nouaison des fleurs.

- Le nombre de fleurs par bouquet, est positivement corrélé au nombre de fleurs par plant (0,64), au nombre de fleurs avortées (0,58) mais négativement corrélé au taux de nouaison (- 0,55).
- Le nombre de fleurs par plant, est fortement corrélé à la surface foliaire du plant (0,74), au nombre de bouquets par plant (0,71), au nombre de fleurs par bouquet (0,64), au nombre de fleurs avortées (0,97) et au nombre de fruits par plant (0,61).
- Le poids total des fruits par plant est fortement corrélé à la surface foliaire du plant (0,80), au rendement réel (0,87), au rendement potentiel (0,98), à la vitamine C (0,87) et à l'acidité du jus de fruit (0,84). Alors qu'il est modérément corrélé au nombre de bouquet par plant (0,58), au nombre de fleurs par plant (0,51), au nombre de fleurs avortées (0,51), au taux de nouaison (0,55) et au poids moyen d'un fruit (0,52). Aussi, il est fortement corrélé au brix (0,75), à l'acidité (0,84), à la vitamine C (0,87) et au lycopène (0,9). Par contre, il est négativement corrélé au pH du jus (- 0,71) et au bêta-carotène. Nos résultats rejoignent ceux de Irfan Afzal et *al.* (2015), ayant travaillé sur la qualité de la tomate en relation avec la fertilisation potassique, ils signalent l'existence d'une forte corrélation positive entre le rendement en fruit et la teneur en lycopène.

3.3. Résultats de la matrice de corrélation sur les paramètres technologiques

- Le brix est positivement corrélé à la surface foliaire totale du plant (0,66), au nombre de bouquet par plant (0,69), au nombre de fleurs par plant et au nombre de fleurs avortées (0,54 ; 0,54)), aussi, il est fortement corrélé au taux de nouaison (0,70) et au poids total des fruits par plant (0,75). Aussi, il est fortement corrélé à l'acidité du jus (0,91), à la vitamine C (0,85) et au taux de lycopène (0,69) mais négativement corrélé au pH du jus de fruit (- 0,86) et à la teneur en bêta-carotène (-0,65).
- Le pH du jus est négativement corrélé à la surface foliaire (-0,60), au nombre de fleurs avortées (-0,80), au poids moyen d'un fruit, au poids total des fruits (-0,71), au rendement réel (-0,86) et potentiel (0,80). Aussi, il est négativement corrélé à l'acidité du jus (-0,89), à la vitamine C (-0,78) et au taux de lycopène (-0,77). Mais positivement corrélé à la teneur en bêta-carotène (0,55).

- L'acidité du jus est fortement corrélée à la surface foliaire (0,80), au taux de nouaison (0,75) et au poids total (0,84) puis moyennement corrélée au nombre de fleurs par plant (0,54) au nombre de fleurs avortées (0,56), et au poids moyen d'un fruit (0,57). Par contre, l'acidité du jus est fortement corrélée à la vitamine C (0,93), au lycopène (0,83) et négativement corrélée au bêta-carotène (-0,65).
- La teneur en vitamine C est fortement corrélée à la surface foliaire (0,87), au nombre de bouquet par plant (0,79), au poids total des fruits par plant (0,87), au rendement réel (0,84) et potentiel (0,91). Aussi, elle est positivement corrélée au nombre de fleurs par plant (0,67), au nombre de fleurs avortées (0,68) et au taux de nouaison (0,61). ainsi que le brix (0,85), le taux de lycopène (0,80) ainsi que l'acidité (0,93). Par contre, elle est négativement corrélée au pH (- 0,78) et au bêta-carotène (- 0,81).
- Pour le paramètre teneur en bêta-carotène, il n'est positivement corrélé qu'au pH du jus de fruit, alors qu'il est négativement corrélé à la surface foliaire (-0,58), au nombre de bouquet par plant (-0,74), au nombre de fleurs par plants (-0,50), au taux de nouaison (-0,54), au poids total des fruits par plant (-0,67), au calibre moyen d'un fruit par plant (-0,63), au rendement potentiel (-0,71) et réel (-0,63), ainsi que le brix (- 0,65).
- La teneur en lycopène du jus de tomate est fortement corrélée à la teneur en vitamine C (0,88), à l'acidité du jus (0,86) et au brix (0,72). Par contre, il est négativement corrélé au pH (-0,74) et à la teneur en bêta-carotène (-0,59).

Par ailleurs, **Serio et al. (2007)**, signalent dans ses travaux sur tomate, l'existence d'une corrélation entre lycopène du jus de tomate avec le calibre du fruit en relation avec la fertilisation potassique. Contrairement aux observations des ces auteurs, nous n'avons pas noté cette corrélation.

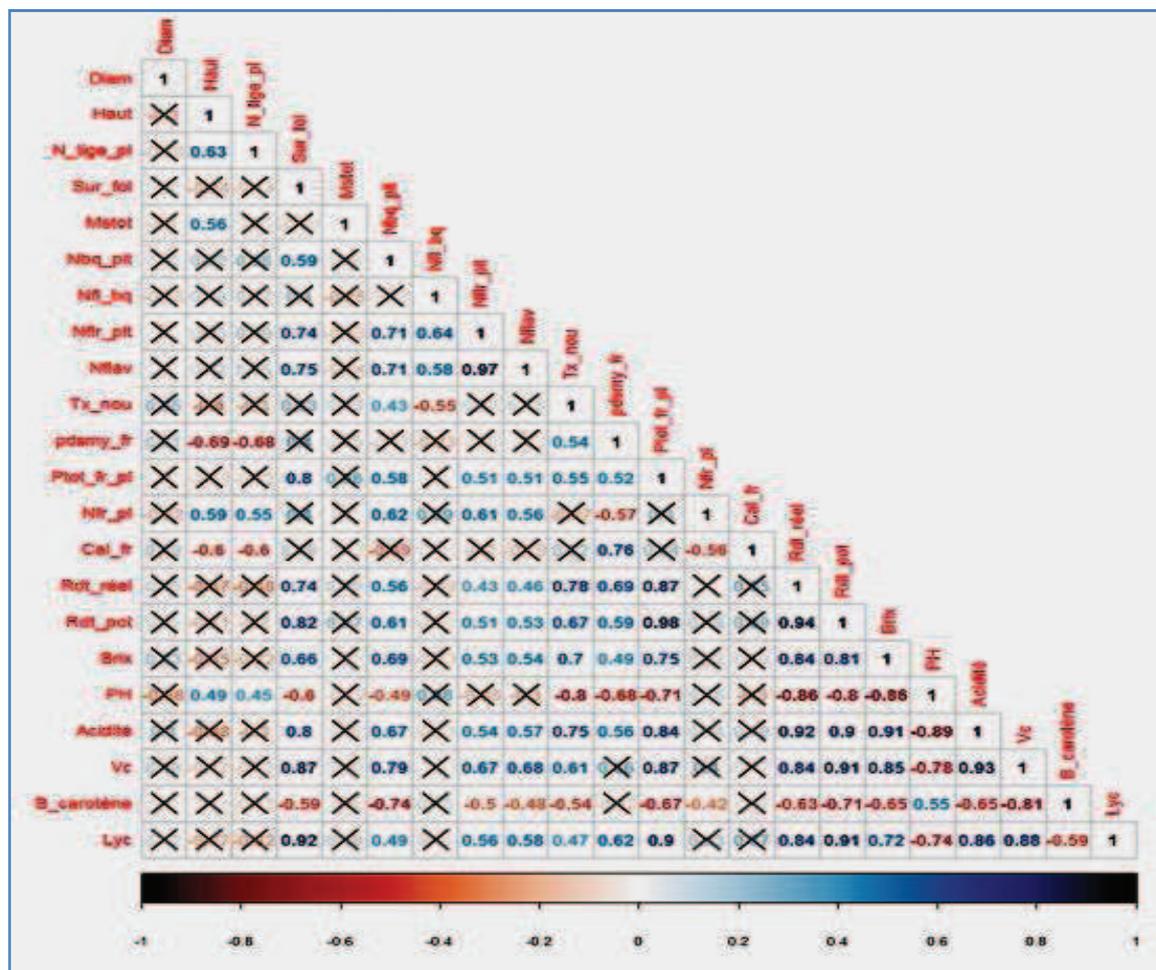


Figure 39. Principales corrélations entre variables étudiées sur la moyenne des trois campagnes agricoles (2006/2007; 2008/2009 ; 2010/2011)

3.4. Discussion des résultats de la matrice de corrélation

Les résultats de corrélations entre variables obtenus permettent d’orienter notre objectif de recherche scientifique selon l’intérêt que l’on se fixe, soit par rapport à la production ou à la qualité nutritionnelle du fruit. En effet, pour les paramètres de production, de nombreuses variables sont positivement et même fortement corrélées et peuvent être intéressantes à prendre en considération dans le projet d’amélioration des rendements. Comme c’est le cas pour le poids total des fruits par plant qui se trouve fortement corrélé à la surface foliaire totale, au nombre de bouquet par plant et au nombre de fruits par plant ; par contre le calibre d’un fruit est négativement corrélé à la hauteur du plant et au nombre de tiges par plant.

Concernant les variables technologiques, il est important de signaler les corrélations positives de la teneur en lycopène du jus de tomate avec nombreuses variables, telles que la teneur en vitamine C, l'acidité du jus, et le brix. Ces mêmes variables sont négativement corrélées au pH du jus de la tomate. Ce sont des paramètres de qualité très recherchés aussi bien pour la consommation en frais que lors de la transformation industrielle de la tomate.

Conclusion

A travers le coefficient de corrélation de Pearson, au seuil 5%, les corrélations établies entre variables mesurées permettent de regrouper les variables deux à deux, positivement corrélées ou négativement corrélées par rapport à la fertilisation potassique. Ces corrélations peuvent cibler l'obtention d'un haut rendement et ou une qualité organoleptique recherchée en industrie de transformation ou à la consommation en frais de la tomate.

Par ailleurs, une composante de production telle que le rendement est le résultat de corrélation de deux voir plus de variables quantitatives et ou qualitatives. Tel est le cas du calibre de la tomate, positivement corrélée au poids moyen d'un fruit (0,76) pour l'obtention de hauts rendements. De même, le calibre de fruit est négativement corrélé à la hauteur du plant (-0,60). Le calibre de fruit est négativement corrélé au nombre de tiges par plant (-0,60) et au nombre de fruit par plant (-0,56). Aussi, le poids moyen d'un fruit est positivement corrélé au calibre d'un fruit (0,76), au rendement réel (0,69), au rendement potentiel (0,59) mais négativement corrélé à la hauteur de la plante (-0,69) et au nombre de tiges par plant (-0,68).

4. Effet de plus fortes doses de la fertilisation potassique sur les paramètres de croissance, de productions et technologiques chez la variété Riogrande (V1) au cours d'une campagne agricole 2013/2014.

Cet essai porte sur l'effet de doses plus élevées en fertilisation potassiques (9 doses) avec un incrément de 100 U de K_2O/ha sur les paramètres de production et technologiques chez la variété Riogrande (V1). Notre choix est porté sur la variété Riogrande (V1), plus résistante aux maladies, vigoureuse et possédant des fruits plus fermes garantissant une plus longue tenue à la conservation que la variété Aicha (V2) qui est plus charnue et plus sensible.

L'objectif principal de cet essai, est de cerner la dose optimale pour un rendement maximal et de suivre l'impact de ces doses sur les paramètres technologiques importants pour l'industrie de transformation et pour la santé humaine. Les doses apportées sont : 0, 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800 U K_2O/ha).

En outre, la teneur en éléments minéraux (potassium, phosphore et calcium) dans le fruit de tomate a été évaluée afin de suivre leur évolution en fonction des doses en potassium apportées.

4.1. Effet des différentes doses de K sur les paramètres de croissance

Le tableau récapitulatif (Tableau 41) des résultats de l'analyse de la variance ne montrent aucune différence significative du facteur potassium sur le diamètre et le nombre de tige par plant; par contre une différence très hautement significative sur la hauteur du plant est enregistrée (annexe 42). Les doses K_3 et K_4 ont donné la meilleure croissance en hauteur du plant. L'absence de différence significative des doses supérieures à K_3 est probablement due à au déséquilibre des proportions entre azote et potassium du sol, comme l'a signalé **Loué (1979)** dans ses travaux. De sorte que les fortes doses en potassium apportées ne trouvent pas équilibre en proportion par rapport à l'azote du sol pour exprimer l'effet synergique dans l'absorption. En effet, **Loué (1979)**, signale que l'efficacité d'absorption du potassium se produit lorsque l'équilibre entre azote et potassium est établi comme suit: 1U de N coïncide avec 1.5 à $2 \times N$ en K.

4.2. Effet des différentes doses de K sur les paramètres de production de la plante et les paramètres technologiques du fruit

Les résultats récapitulatifs de l'analyse de la variance (Tableau 41) montrent une différence très hautement significative du facteur potassium sur le nombre total de fruit par plant (annexe 43), le poids total des fruits par plant (annexe 44), le rendement réel et potentiel (annexe 45) ainsi que tous les paramètres technologiques du jus de fruit (annexes 46, 47, 48, 49 et 50).

Au cours de cette campagne agricole (2013/2014), les doses K_3 et K_4 sont les plus intéressantes compte tenu des résultats obtenus sur l'ensemble des paramètres mesurés, notamment pour les paramètres technologiques du jus de tomate. Pour les paramètres de production, tels que le poids total des fruits, le nombre total des fruits par plant, le rendement potentiel et réel : c'est la dose K_2 qui est classée en groupe homogène A.

Nous pouvons conclure que lorsque le sol est bien pourvu en potassium cas de cet essai, les faibles doses de l'apport en potassium ont été plus bénéfiques à la plante (K_3 et K_4) dû l'équilibre de proportion des faibles doses en potassium avec l'azote du sol, comme préconisé par **Loué (1979)**. Cela a favorisé l'absorption synergique des deux éléments entraînant l'élévation du rendement et de la qualité nutritionnelle de la tomate. Ainsi, l'effet de l'azote est renforcé par le potassium et réciproquement ; c'est le phénomène d'interaction positive (**Unifa, 1998**).

Par ailleurs, selon **Loué (1979)**, l'équilibre de proportion entre l'azote et potassium est à prendre en considération, puisque, pour une même dose en potassium, un apport de doses croissantes en azote limiterait les rendements de la tomate (tableau 42). A cet effet, l'équilibre entre l'azote et le potassium est important. Ce même auteur signale l'effet positif de l'interaction azote potassium sur la réduction du taux de fruits à maturation anormale et des fruits à forme irrégulière. Il en est de même de l'interaction positive entre azote (80 et 160 U) et le potassium (0, 100, 200 et 300 U/ha) sur le rendement en matière fraîche des fruits (qtx /ha) (Tableau 43).

Pour la teneur en éléments minéraux, tels que le potassium, le calcium et le phosphore dans le fruit, le tableau 44 montrent une différence très hautement significative du facteur potassium, notamment à la dose K_3 (300U K_2O) ou nous enregistrons les teneurs les plus élevées en calcium (9.70mg/100g MF) et en phosphore (16,57mg/100g) dans le fruit. Par contre pour la teneur en potassium dans le fruit, c'est la dose K_6 (600 U K_2O /ha) qui enregistre la teneur la

plus élevée (250 mg/100g de MF). Nos résultats sont en accord avec ceux de **Grasselly et al. (2000)**. Cependant, par rapport aux doses plus élevées en potassium, on peut penser que le manque de concentration du potassium dans le fruit est peut être lié au déséquilibre dans les proportions entre l'azote et le potassium du sol pouvant favoriser leur accumulation.

Tableau 41. Résultats de l'analyse de la variance (valeurs moyennes \pm écart type) de l'effet de neuf doses de la fertilisation potassique chez la variété Riogrande (V1) au cours de la campagne agricole 2013/2014

Doses	Variété Riogrande (V1)									Seuil de Signification
Variété variables	K ₀	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆	K ₇	K ₈	
Diamètre de tige	2,23 \pm 0,38	1,97 \pm 0,17	2,22 \pm 0,19	1,96 \pm 0,32	2,05 \pm 0,06	1,95 \pm 0,22	1,77 \pm 0,36	2,06 \pm 0,20	1,84 \pm 0,04	NS
Hauteur de tige	45,37 \pm 0,72	47 \pm 0,72	49,37 \pm 1,44	56 \pm 3,20	53,25 \pm 3,98	46,5 \pm 1,93	50,25 \pm 1,66	46,75 \pm 1,52	44,5 \pm 0,63	THS
Nombre de tige/plant	5,83 \pm 0,53	4,91 \pm 0,62	4,83 \pm 0,85	5,5 \pm 0,69	5,75 \pm 0,70	4,58 \pm 0,21	6 \pm 0,74	5,08 \pm 1,04	5,58 \pm 0,51	NS
Nombre de bqt/plant	43,75 \pm 11,43	31,91 \pm 9,0	41,08 \pm 10,35	28,66 \pm 3,78	38,33 \pm 6,92	34,33 \pm 10,02	33,25 \pm 5,79	41,83 \pm 5,76	30,25 \pm 5,82	NS
Nombre de flrs/bqt	4,25 \pm 0,74	4,58 \pm 0,63	4,33 \pm 0,29	4,5 \pm 0,29	3,83 \pm 0,58	3,91 \pm 0,21	4,33 \pm 0,40	4,5 \pm 0,21	4,33 \pm 0,69	NS
Nombre de flrs/plt	200,16 \pm 94,90	143,25 \pm 32,41	178,6 \pm 46,91	128,75 \pm 10,25	148,5 \pm 37,01	137,1 \pm 46,12	147,2 \pm 33,74	198,4 \pm 35,27	131,08 \pm 37,05	NS
Tx de nouaison (%)	17,65 \pm 6,43	16,2 \pm 2,47	11,43 \pm 5,87	16,39 \pm 3,63	20,37 \pm 5,87	13,49 \pm 6,52	19 \pm 4,97	18,6 \pm 5,13	17,2 \pm 4,26	NS
Pds moy/frt (g)	53,77 \pm 8,75	60,28 \pm 4,72	57,49 \pm 8,40	59,15 \pm 2,92	63,93 \pm 9,5	63,79 \pm 8,89	60,84 \pm 4,83	63,73 \pm 16,96	61,25 \pm 3,51	NS
Pdstotal frt/plt	886,5 \pm 164,64	1143,2 \pm 97,04	1418,58 \pm 219,47	2316,4 \pm 135,1	1752,53 \pm 357,06	941,63 \pm 250,52	1167,79 \pm 214,42	1443,69 \pm 118,09	1250 \pm 78,24	THS
Nombre total frts/plant	16,9 \pm 4,05	19,08 \pm 0,81	24,75 \pm 4,48	41,25 \pm 1,78	27,5 \pm 6,17	15 \pm 3,19	19 \pm 3,21	22,91 \pm 2,01	20,5 \pm 1,03	THS
Cal moyen fruit/plt(cm)	4,15 \pm 0,1	4,12 \pm 0,3	4,47 \pm 0,14	5,17 \pm 0,5	4,37 \pm 0,15	4 \pm 0,29	4,6 \pm 0,13	4,5 \pm 0,11	4,67 \pm 0,16	THS
Rdt réel (Qtz/ha)	142,60 \pm 31,76	146,35 \pm 78,37	232,72 \pm 24,29	393,47 \pm 33,06	225,27 \pm 59,11	167,9 \pm 34,21	164,8 \pm 18,68	159,32 \pm 21,24	166,25 \pm 22,22	THS
Rdt potentiel (Qtz/ha)	221,62 \pm 43,28	285,80 \pm 23,74	354,64 \pm 51,70	608,52 \pm 30,6	438,13 \pm 89,9	236,37 \pm 59,17	290,26 \pm 55,28	360,92 \pm 25,77	312,5 \pm 21,81	THS
Brix (%)	4,62 \pm 0,39	5 \pm 0,48	5,9 \pm 0,27	5,75 \pm 0,48	4,62 \pm 0,55	4,87 \pm 0,58	4,62 \pm 0,34	4,75 \pm 0,48	5 \pm 0,50	HS
pH du jus	4,25 \pm 0,1	4,02 \pm 0,05	4,06 \pm 0,06	3,97 \pm 0,02	3,95 \pm 0,05	4 \pm 0,09	3,92 \pm 0,04	3,92 \pm 0,04	3,97 \pm 0,05	S
Acidité du jus	0,37 \pm 0,007	0,39 \pm 0,005	0,40 \pm 0,01	0,43 \pm 0,01	0,44 \pm 0,01	0,41 \pm 0,01	0,4 \pm 0,01	0,41 \pm 0,01	0,40 \pm 0,01	THS
Vitamine C	17,65 \pm 0,67	21,55 \pm 1,32	22,9 \pm 0,28	25,7 \pm 0,47	24,47 \pm 1,29	18,62 \pm 1,07	16,87 \pm 1,86	16,87 \pm 0,66	17,5 \pm 0,70	THS
Teneur en lycopene	34,59 \pm 2,73	36,60 \pm 3,89	43,20 \pm 3,89	54,35 \pm 2,22	51,05 \pm 1,92	45,38 \pm 5,28	44,67 \pm 1,82	43,9 \pm 1,10	43,12 \pm 4,34	TH
Teneur β carotène	35,06 \pm 1,49	31,16 \pm 1,86	33,72 \pm 3,02	38,58 \pm 1,49	36,75 \pm 5,05	28,12 \pm 1,15	26,6 \pm 1,53	30,37 \pm 4,82	32,65 \pm 1,75	THS
Teneur en sucre totaux	3,09 \pm 0,04	3,45 \pm 0,1	4 \pm 0,32	4,95 \pm 0,1	4,25 \pm 0,25	3,87 \pm 0,53	3,9 \pm 0,21	4,5 \pm 0,95	4,37 \pm 0,26	THS
Teneur en P (mg/100g)	15,55 \pm 0,35	15,82 \pm 0,38	10,65 \pm 0,37	16,07 \pm 0,15	11,25 \pm 0,49	11,42 \pm 0,42	13,25 \pm 0,49	15,12 \pm 0,78	16,5 \pm 0,78	THS
Teneur en K (mg/100g)	180,5 \pm 0,44	205,75 \pm 0,05	206,25 \pm 1,05	190 \pm 1,44	175 \pm 1,44	205,75 \pm 0,05	250 \pm 1,44	197,5 \pm 3,55	205,75 \pm 0,05	THS
Teneur en Ca (mg/100g)	9,35 \pm 0,08	9,39 \pm 0,03	8,89 \pm 0,01	9,7 \pm 0,01	7,54 \pm 0,11	7,72 \pm 0,008	9,26 \pm 0,02	9,02 \pm 0,002	8,21 \pm 0,006	THS

Tableau 42. Effet de l'interaction N× K sur le rendement en fruit et de la qualité de la tomate (Loué, 1979)

	Rendement en fruits (kg/pied)			% de fruits à maturation anormale			% de fruits à forme irrégulière		
	K1	K2	K3	K1	K2	K3	K1	K2	K3
N1	3,71	3,97	3,86	20,3	7,2	2,4	33,5	25,4	24,8
N2	4,27	4,67	4,62	35,7	11,4	4,5	38,6	30,2	20,0
N3	4,12	4,64	4,66	32,4	9,2	2,5	33,4	25,7	18,5

Tableau 43. Interaction N× K sur le rendement en matière fraîche de la tomate (Qtx/ha) (Loué, 1979).

N \ K	K0	K1	K2	K3
N80	17,1	24	24,2	27,4
N160	23,9	35,5	39,2	44,5

Conclusion générale

Cette étude a porté sur l'effet de différentes doses de la fertilisation potassique sur les paramètres agronomiques et technologiques chez deux variétés de tomates industrielles conduites en plein champ. Les résultats de l'analyse statistique ont montré une différence au moins significative du facteur variété sur les paramètres agronomiques et technologiques importants suivants :

- ❖ La hauteur moyenne de la tige principale ;
- ❖ Le nombre total de bouquets floraux par plant ;
- ❖ Nombre total de fruits par plant ;
- ❖ Poids total des fruits par plant ;
- ❖ Calibre moyen d'un fruit par plant ;
- ❖ Rendement potentiel par hectare;
- ❖ Rendement réel par hectare;
- ❖ Acidité du jus de fruit ;
- ❖ Le pH ; La vitamine C
- ❖ Le degré Brix et la teneur en pigments caroténoïdes notamment, du lycopène et du β -carotène du jus de tomate.

Les deux variétés étudiées se comportent différemment, selon le paramètre mesuré et la dose en potassium apportée. Nous remarquons que la variété Aicha est plus réactive que la variété Riogrande. Cependant, cette dernière est plus vigoureuse et résistante par la bonne tenue de ses fruits à la conservation.

Sur l'ensemble des essais réalisés, les doses en potassium de 300, 400 et 500 U de K_2O/ha sont à préconiser, compte tenu des résultats de l'analyse de la variance qui ont montré des différences au moins significatives sur l'ensemble des paramètres mesurés.

Durant les trois premières campagnes agricoles, il y a lieu de noter l'effet positif de différentes doses en potassium apportées, en particulier la dose K_2 (500 U de K_2O/ha) qui s'est avérée intéressante puisque elle a positivement influencé tous les paramètres technologiques ainsi que les paramètres de production, en l'occurrence:

- ✚ Le nombre total des fruits par plant
- ✚ Le poids total des fruits par plant
- ✚ Le poids moyen d'un fruit par plant
- ✚ Le calibre moyen d'un fruit par plant
- ✚ Le rendement réel et potentiel en fruits/ha

Durant la campagne agricole 2013/2014, il a été constaté que les doses en K supérieures à 300 et 400U K₂O/ha, enregistrent des résultats plutôt aléatoires et faibles, comparés à ceux enregistrés avec la dose de 500 U/ha de K₂O durant les trois premières campagnes agricoles. Cette observation peut être imputée au déséquilibre entre les quantités en éléments minéraux notamment l'azote et le potassium, comme l'a signalé **Loué (1979)**, qui indique que l'efficacité d'absorption du potassium est liée à la présence suffisante en azote dans le sol. En effet, à partir des doses supérieures à K₃ et K₄, les doses en azote existantes dans le sol par rapport à l'apport croissant en potassium sont insuffisantes, pour entraîner une efficacité d'absorption du potassium. Par ailleurs, **Boulay (1981)**, dans une étude similaire, sur une variété de tomate maraîchère indique qu'il s'agit d'une consommation de luxe, du fait que la plante absorbe l'élément potassium sans amélioration du rendement.

Par ailleurs, compte tenu des différents teneurs en azote initial des sols utilisés pour nos différents essais, signalons que la présence suffisante de l'azote est important, puisque par son action synergique avec le potassium, il y a une meilleure utilisation du potassium par la plante. Ce qui a été observé durant les campagnes agricoles 2010/2011 et 2013/2014 ou le précédent cultural étant une légumineuse qui a la potentialité d'enrichir le sol en azote, en plus de l'apport fractionné d'une fertilisation azotée au cours du cycle de la plante.

Ce phénomène a été observé par d'autres auteurs, en l'occurrence **Loué (1979)**, qui a montré chez la tomate que l'interaction du potassium avec l'azote est positive, notamment sur le rendement en fruits par pied (4.66 Kg/ pied) qui est augmenté suite à l'équilibre 3N, 3K. Cet équilibre a réduit jusqu'à 2.5% le pourcentage de fruits de tomate à maturation anormale et de 33% à 18.5% les fruits irréguliers. Par ailleurs, les travaux sur blé de **Hallilat (2004)**, confirment que l'amélioration de deux composantes du rendement (nombre et poids de mille grains) est soutenue par une fertilisation potassique adéquate. Le rendement maximal est de 6.870MT/ha obtenu avec le traitement de N à 250 U et K à 180 U de K₂O.

Notre dernier essai, a consisté à augmenter les doses en K, allant de 0 à 800 U de K₂O/ha. Les résultats montrent, que les doses de 300 et 400 U de K₂O/ha sont les plus intéressantes sur l'ensemble des paramètres mesurés notamment les paramètres de productions et des paramètres technologiques. En effet, l'apport fractionné d'azote a été bénéfique pour les faibles doses en potassium. Pour les apports en potassium supérieurs à 400 U/ha de K₂O, il y a un déclin dans la réponse de la plante sur la majeure partie des paramètres mesurés. Dans notre essai, le manque d'azote a marqué l'absence d'efficacité d'absorption du potassium.

Néanmoins, il existe d'autres contraintes limitant l'absorption du potassium par la plante, parmi lesquelles, signalons:

- La forte teneur en argile des sols ainsi que sa nature illite, connue pour son pouvoir fixateur du potassium dans les feuillets des argiles. Comme il a été signalé par **Scheffer et Schachtschabel (1967)**, les sols à forte teneur en illite, le potassium est fortement fixé et les pertes par lessivage sont faibles.
- L'itinéraire technique de la plante, notamment la conduite de l'irrigation au cours du cycle de la culture, qui régule la diffusion du potassium dans le sol.
- La date de l'apport de la fertilisation potassique, au stade floraison, peut être considérée tardive par rapport à son apport réalisé avant plantation. En effet, les essais menés par **Zehler et Forster (1972)**, ont montré que l'apport précoce affecte positivement les paramètres de croissance, notamment le diamètre et la hauteur du plant.

Toutefois, de l'ensemble des résultats obtenus, des apports appropriés et élevés de K en équilibre avec l'azote peuvent exercer une influence sur le rendement en fruits. En augmentant la dose de K on obtient non seulement une augmentation linéaire du rendement total et du nombre de fruits, mais aussi une meilleure exploitation du potentiel génétique en ayant des fruits d'une qualité supérieure.

Dans le même sens, notre dernier essai, nous a permis de mettre en évidence l'importance de l'équilibre entre l'azote et le potassium pour une meilleure absorption et efficacité de ces deux éléments. Nos résultats confirment ceux de nombreux auteurs, en l'occurrence ceux de **El Nemr et al.(2012)**, qui indiquent que le potassium, après l'azote est l'élément le plus exigé par la plante.

Ce même essai, nous a permis de montrer que des apports en K supérieurs à 400 U de K_2O /ha provoquent un déséquilibre dans l'absorption des éléments K et N qui entraîne un impact négatif sur les paramètres de production en particulier le rendement.

Enfin, on peut conclure que lors de la fertilisation potassique de la tomate, l'interaction azote potassium est à prendre en considération compte tenu de son effet positif sur les paramètres de production de la plante, comparé à l'interaction azote \times Phosphore, qui est en moyenne moins importante que l'interaction N \times K. Les raisons de cette différence de l'interaction P \times K

tiennent selon **Loué (1979)**, au fait que dans le domaine physiologique les relations $P \times K$ sont moins importantes que les relations $N \times K$.

Par ailleurs, signalons sur pomme de terre, que l'interaction $N \times K$ revêt souvent un caractère positif constant et est représentée par un gain supplémentaire de 2 à 3 t/ha en tubercule. Les meilleurs rendements expérimentaux correspondent presque toujours à des équilibres $N \times K$ intensifs voisins de N 150, N 170 avec K 250, K 270 (**Loué, 1979**). **Winsor (1968)**, a conseillé des combinaisons sur tomate en serre de : $3N \times 3K \times 2P \times 2Ca$.

En définitive, on peut dire que l'importance attribuée à l'interaction $N \times K$ pour l'obtention d'un haut rendement, il est recommandé de considérer:

- L'interaction $N \times K$ sur le rendement et la qualité du fruit dépendent beaucoup du matériel végétal et des conditions de milieu sol et du climat, ainsi que les techniques culturales, notamment les niveaux de fertilisation et de l'irrigation. Aussi les variétés diffèrent quant à leur faculté d'utiliser le potassium. Divers auteurs ont montré que le meilleur rapport N/K pour une certaine composante du rendement n'était pas toujours le meilleur pour d'autres composantes.
- L'importance de l'interaction $N \times K$ est liée au rôle des deux éléments pour l'obtention d'un meilleur rendement en fruits et d'une qualité supérieure. Les fonctions physiologiques de l'azote et du potassium dans la production végétale sont étroitement liées. Le potassium, permet à la plante de synthétiser les composés organiques liés à l'absorption de l'azote. Aussi, le potassium influence également l'efficacité de N, par le fait qu'une absorption plus élevée de K entraîne un accroissement parallèle de l'absorption de N. L'accroissement de la fourniture de N, en présence d'un niveau élevé de K, majore également le prélèvement de K. Selon **Steineck (1968)**, la plante absorbe seulement la quantité de K nécessaire à une pleine utilisation de l'azote prélevé. Le comportement de la plante serait différent dans le cas opposé ; de sorte qu'un accroissement de la fourniture de K à un même niveau de N, n'accroîtrait pas le prélèvement de N. Le potassium exercerait donc une fonction régulatrice sur l'effet de l'azote qui entrainerait l'utilité d'appliquer une quantité suffisante de K, en présence d'apport croissant de N. En définitive, le principe de l'interaction des éléments minéraux en général, et de l'azote, potassium, en particulier ne serait qu'une manière plus perfectionnée d'appliquer la loi du facteur limitant. C'est-à-dire qu'avec l'élévation de la dose d'azote, le potassium pourrait devenir limitant.

- L'irrigation rentre en interaction avec la dynamique du potassium qui est plus ou moins modifiée :

- . En saison humide, dans les sols bien aérés, l'augmentation de la teneur en eau du sol provoque un accroissement de la quantité de K soluble et une plus grande mobilité et disponibilité de K pour les plantes.

- . Dans les sols mal aérés, si les conditions des sols deviennent asphyxiantes par excès d'humidité, l'assimilation du potassium pourra être mauvaise, sa disponibilité est alors faible.

- . En saison très sèche, une teneur en eau du sol très faible est un facteur limitant pour l'absorption du potassium du sol.

Par ailleurs, notons que par rapport aux cultures menées en hors sol, les processus de nutrition minérale sont plus complexes, en raison de l'intervention des colloïdes sur l'absorption et les échanges d'ions. Selon **Blanchet (1978)**, les besoins des plantes sont satisfaits à partir de concentrations de la phase liquide, mais le pouvoir absorbant du sol est un caractère à prendre en compte pour évaluer les aptitudes nutritives du milieu.

Il est important de signaler enfin, l'efficacité de l'apport localisé du potassium, puisque les résultats obtenus sont intéressants notamment sur les paramètres de production et du rendement ainsi que les paramètres technologiques. Nous pouvons ainsi rappeler selon **Blanchet (1978)**, les conditions dans lesquelles la localisation de la fertilisation peut présenter un avantage certain :

- La vitesse d'absorption des éléments minéraux par les racines est une fonction croissante de la concentration des solutions nutritives en l'élément considéré.
- Les quantités d'éléments absorbés, par les plantes varient considérablement selon le développement racinaire. L'importance des racines est considérable, et largement sous la dépendance de l'état physique du sol (ameublissement et aération).
- L'humidité du sol est aussi importante puisque l'absorption minérale est considérablement réduite en milieu sec.

Enfin, pour l'efficacité d'une fumure localisée, le sol doit rester suffisamment humide pour que les racines soient fonctionnelles pendant l'essentiel du cycle végétatif.

Abdelmageed A.H., Gruda N. and Geyer B. 2003. Effect of high temperature and heat shock on tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) genotype under controlled Conditions. *Conference on International Agricultural Research for development*. Deutcher Tropentag:1-7.

Abushita A., Daood H. G. and Biacs P.A. 2000. Change in carotenoids and antioxidant vitamins in tomato as a function of varietal and technological factors. *Journal Agricultural Food and Chemistry* 48 (6):2075-2081.

Achilea O. 1999. Citrus and Tomato quality is improved by optimized k nutrition. Improved Crop quality by nutrient management. *Kluwer Academic Publisher*, Dordrecht, Netherlands. 19-22.

Agarwal S. and Rao A.V. 2000. Tomato lycopene and its role in human health and chronic diseases. *Can. Med. A. J.* 163:739.

Akhtar ME., Khan M.Z.M. Rashid T., Ahsan Z. and Ahmad S. 2010. Effect of potash application on yield and quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) *Pak. J. Bot.*, 42(3): 1695-1702.

Alaoui A., 2004. Référentiel pour la conduite technique de la tomate. Ed., Tunisie, AMPP., 70p.

Alaoui B. 2005. Référentiel pour la Conduite Technique de la Culture de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), Ed., Tunisie, AMPP., 59p.

Alexander L. and Grierson D. 2002. Ethylene biosynthesis and action in tomato: a model for climacteric fruit ripening. *Journal Experimental Botanic.* 53: 2039-2055.

Atherton D.G. and Harris G.P.1986. *Howering in the tomato crop. A scientific basis for improvement.* Ed. Atherton J.G. and Rudish. *J. London*, New York. pp167-200

André P., Bonzon B., Collet L. et Boucaron C. 1985. Influence de la fumure potassique sur la croissance et les immobilisations minérales du Mais cultivé sur vertisols hyper-magnésiens. *IX^{ème} Convention Territoire- ORSTOM pour l'étude des amendements calcaïques sur les sols cultivables de nouvelles Calédonie* 386p.

Bai Y. et Lindhout P., 2007. Domestication and breeding of tomatoes : What have we gained and what can we gained in the Future? *Ann. Bot.* 100: 1085-1094.

Balasundram N., Sundram K. and Samman S. 2006. Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: Antioxidant activity, occurrence, and potential uses. *Food Chemistry.* 99:191–203.

Bagnouls F. et Gaussen H., 1953. Saison sèche et indice xérothermique. Bull. soc. Nat. Toulouse, 293p.

Balibrea M. A., Martinez-Induñar C., Cuartero J., M. C., Bolarin and Perez-Alfocea F. 2006. The high fruit soluble sugar content in wild *Lycopersicon* species and their hybrids with cultivars depends on sucrose import during ripening rather than on sucrose metabolism. *Funct. Plant Biol.* 33 : 279-288.

Barkatovet J. 1979. Dosage de la vitamine C, polycopé manuel. Conserverie Algérienne (nca) de Rouiba 24p.

Benard C., 2009. Effects of low Nitrogen supply on tomato (*solanum lycopersicum*) Fruit yield and quality with special Emphasis on sugars, Acid ascorbate, Carotenoids and phenolic compounds. *Journal of agricultural and food chemistry* 57(10): 4112-4123.

Bentvelsen C.L.M. 1980. Réponse des rendements à l'eau. Ed. Dunod. 235p.

Bezert J., Giovinazzo R. et Vallat O. 1999. Guide cultural de la tomate d'industrie. Ed. Avignon Sonito, France 150 p.

Bilton R.F. 1999. Carotenoid composition and antioxydant potential subfractions of human low density lipoprotein. *Annal clinical*, 7: 5-36.

Blancard D. 1997. Les maladies de la tomate. Observer, Identifier, Lutter pp.11- 195.

Blancard D., Laterrot H., Marchoux G. et Candresse T. 2009. *Les maladies de la tomate.* Ed. INRA, France 280p.

Blanchet R. 1978. Absorption des éléments nutritifs et fertilisation localisée. Bulletin AFES. *Sciences du sol*, 3: 147-54.

Board B.W. 1987. Le contrôle de la qualité dans l'industrie du traitement des fruits et légumes. *Etude F.A.O., Alimentation et nutrition.* 39, 75p.

Borguini C. and Torres M. 2009. Tomatoes and tomato products as dietary sources of antioxidants. *Food Revue. Inernational.* 25: 313–325.

Boulay H., 1982. Pour la qualité de la tomate, primauté au potassium dans la fumure. « *PHM- Revue Horticole* », 216:43-46.

Brun-Zaoui., 2010. Bureau d'étude Agro-challenge (brunzaoui@menara.ma), Fertilisation tomate, raisonnement de la fertilisation. *Agriculture du Maghreb* 47:138-140.

Capanoglu, E., Beekwilder, J., Boyacioglu, D., Hall, R., and De Vos, R. 2008. Changes in antioxidant and metabolite profiles during production of tomato paste, *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 56: 964-973.

Caporn S.J.M., Ludwig L.J. et Flowers T. J. 1982. Carence potassique et photosynthèse dans les plants de tomate. *Revue de la Potasse*, 8 (3) :1-7.

Caretto S., Parente A., Francesco S. and Santamaria P. 2008. Influence of potassium and genotype on vitamin E content and reducing sugar of tomato fruits. *HortScience* 43(7): 2048-2051.

Carrari F. and Fernie A.R. 2006. Metabolic regulation underlying tomato fruit development. *Journal Experimental Botanic*. 57: 1883-1897.

Chaillou S. et Lamaze T., 1997. Nutrition ammoniacale des plantes Assimilation de l'azote chez les plantes. Morot-Gaudry, J F, Ed., INRA, Paris, 422p.

Chang ML., Hsu ST 1988 : Suppression of bacterial wilt of tomato by soil amendments. *Plant Protection Bulletin* 30:349-359.

Chaux C. L., 1972. Production légumière .Ed . Ballière et fils. Ed. Paris, France, 414p.

Chaux C.L. et Foury C.L. 1994. Cultures légumières et maraîchères. Tome 3 : légumineuses potagères, légumes fruit. Tec et Doc. Lavoisier Ed., Paris, 563 p.

Chassy A. W., Bui L., Renaud E. N. C., Van Horn M. and Mitchell A. E. 2006. Three-years comparison of the content of antioxidant micro constituents and several quality characteristics in organic and conventionally managed tomatoes and bell peppers, *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 54:8244-8252.

Chaux CL. et Foury CL., 1994. *Cultures légumières. Généralités*. Tome I. Ed. Lavoisier. Paris.

Cheniclet C., Rong WY., Causse M., Frangne N., Bolling L., Carde JP. And Renaudin J.P. 2005. Cell expansion and endoreduplication show a large genetic variability in pericarp and contribute strongly to tomato fruit growth. *Plant Physiol*. 139: 1984-1994.

Chelha M., 2001. Problématiques de la tomate industrielle : stratégie pour étaler la durée de réception au niveau des unités de transformation. Cours sur la tomate industrielle ITMAS. Guelma. 11-12-13 Juillet, 25p.

Cirad et Gret 2002. Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement et Gret: groupe de recherche et des échanges technologiques, ministère des affaires étrangères. Mémento de l'agronome. Ed. Paris. pp1045-1046.

Clement P. 1958. Culture de la tomate pour la conserverie. 15p.

Clinton, SK. 1998. Lycopene: Chemistry, biology, and implications for human health and disease. *Nutrition Revue* 56 (2):35-45.

Combris P., Marie-Jo., Amiot-Carlin, Caillavet F., Causse M., Dallongeville J., Padilla M., Renard C., Soler L.G. 2007. Les fruits et légumes dans l'alimentation. Enjeux et déterminants de la consommation. Expertise scientifique. Collective INRA. Ed. Quae. 140p.

Cornillon P., 1981. Nutrition et fertilisation de la tomate. Institut National de Vulgarisation pour les fruits, légumes et champignons (Invuflec), journées d'information. Avignon, France Chap. VII: 107-116p.

Contignies X. 1996. Potasse et agriculture. 1^{ière} Ed. Société commerciale de la potasse et de l'azote. Mulhouse. France, 122p.

Courchinoux J.P. 2008. La culture de la tomate: fiche technique, 1-8. Plant tomate- Rustica.

Davies J. and Winsor L., 1967. Effect of N. P. K. Mg and liming on the composition of tomato fruit, *Journal of the science of food and agriculture*.3:4-9.

Davies J. and Hobson G., 1981. The constituents of tomato fruit-the influence of environment, nutrition and genotype. *CRC Critical Rev. Food Sci. Nutri.* 15, 205-280.

Debrogie L. et Gueroult A.D. 2005. Tomate d'hier et d'aujourd'hui, Lavoisier 15-20.

Degioanni B., 1997. La tomate. Paris. Hatier, 96p.

Del Amor F.M., Marcelis L.F.M. 2004. Regulation of K uptake, water uptake, and growth of tomato during K starvation and recovery. *Scientia. Horticulturae*, 100 (4): 83-101.

Demers D. A., Dorais M. and Gosselin A. 1998. Effects of supplemental light duration on greenhouse tomato plants and fruit yields. *Scientia Hortic.* 74: 295-306.

Dewanto, V., Wu, X. Z., Adom, K. K., and Liu, R. H. 2002. Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity, *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50, 3010-3014.

Diehl R., 1975. Agriculture générale. Ed. J. B. Baillière., Paris, France 249p.

Dorais M., S. and Coll A. 1996. Influence of extended photoperiod photosynthate partyitioning and export in tomato and peper plants. *N. Zealand journal Crop and Hon. Sci.* 24:29-37.

Dorais M., Papadopoulos A.P. and Goslin A. 2001. Greenhouse tomato fruit quality. *Hort. Rev.Amer. Soc. Hort. Sci.*, 26: 239-319.

Dore C. et Varoquaux F., 2006. Histoire et amélioration de cinquante plantes cultivées. Ed. INRA, Paris. 698p.

Dubois M., Gilles KA., Hamilton J.K., Roberts P.A. et Smith F., 1965. Colorimetric methods for determination of sugars and related substances. *Annals of Chemistry*, 28: 350-356.

Dumas Y, Bussieres P., Battilani A., Cornillon P., Prieto Losada M.H., Branthome X., Di Lucca G. ; Bues R., Dadomo M., Machado R., Christou M., San Martin C., Lyannaz J.P., Koutsos T. and Ho L.C. 1999. Qualitom, a european research programme to build and test a technical itinerary model in processing tomato cropping. *Acta Horticulturae* 487: 151-157.

Dumas Y., Dadomo M., Di Lucca G., and Grolier, P. 2003. Effect of environmental factors and agricultural techniques on antioxydant content of tomatoes. *J. Sci. Food Agric.* 83: 369-382.

Duogleby R. G. and Dennis D.T. 1973. Characterisation and regulatory propeties of pyruvate kinase from cotton seeds. *Arch. Biochem. Biophys.*, 155 : 270-277.

Edwards L.M., 1982. Fertilisation potassique et amélioration de la tolérance au stress. *Revue de la potasse* (23): 5-7.

Elalaoui A C. 2005. Fertilisation minérale des cultures : Les éléments fertilisants majeurs (Azote, potassium et phosphore). Bulletin mensuel d'information et de liaison. PNTTA. Ed. Royaume de Maroc, 155 : 1-4.

El Nemr M.A., Abd El-baky M.M.H., Salman S.R. et El- Tohamy W.A. 2012. Effect of different potassium levels on the growth, yield and quality of tomato grown in sand-ponic culture. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 6(3): 779-784.

Erbhi M. et Wilcox G. E., 1990. Tomato growth and nutrient uptake pattern as influenced by nitrogen from ratio. *Journal of plant nutrition* 13(8): 1031-1043.

Erdman J.W. et Coll L. 1986. Effect of purified dietary fiber sources on carotene utilisation by the chick. *J. Nutr.* 116-125.

- Ezzahiri B., Bouhache M., Mihi M. et Erraki I. 2004.** Index phytosanitaire du Maroc. Ed 2004. AMPP. 257p.
- Espiard E., 2002.** Introduction à la transformation industrielle des fruits. Ed. Lavoisier. 360p.
- FAO, 2010.** Actualité agricole en Méditerranée Ed. Ciheam, 33p.
- FAO, 2012.** FAOSTAT, bases des données statistiques de l'organisation de l'agriculture, 24p.
- FAO, 2014.** Bases de données statistiques de l'organisation mondiale de l'agriculture, 30p.
- Favier J., Ireland-Ripert J., Toque C. et Feinberg. 2003.** Répertoire générale des aliments. Ed. Ciqual : 40-48p.
- Fisher R.A., 1972.** Le rôle du potassium dans l'ouverture des stomates. *Revue de la Potasse* 3: 1-10.
- Friesen G.H., 1979.** Weed interference in transplanted tomatoes (*Lycopersicon esculentum*). *Weed Sci.*, 27: 11-13.
- Gallais A. et Bannerot H., 1992.** *Amélioration des espèces végétales cultivées objectifs et critères de sélection*. Ed. INRA. Paris, 768p.
- Garcia-Alonso, F. J., Bravo, S., Casas, J., Perez-Conesa, D., Jacob, K., and Periago, M. J. 2009.** Changes in Antioxidant Compounds during the shelf life of commercial tomato juices in different packaging materials, *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 57, 6815-6822.
- Ghebbi K., 1998 :** Effet de rationnement hydrique et de la fertilisation potassique sur le comportement de trois variétés de tomates industrielles. *Thèse de magister. INA d'Alger, 135p.*
- Ghebbi K. Benamara S. et Bellal M.M., 2003.** Effet du rationnement hydrique et de la fertilisation potassique sur les paramètres de production et du rendement chez trois variétés de tomates industrielles, *Acta Horticultrae* 613, 2003, Processing 8th International Symposium on Processing tomato. Eds B.BIECHE and BRANTHOME.
- Ghebbi-Sismail K., Bellal M., and Helladj F. 2007.** Effect of potassium supply on the behaviour of Two Processing Tomato Cultivars and on the changes of Fruit Technological Characteristics. *Proc. Xth on the Processing Tomato*. Ed. A. B'Chir and S. Colvine. *Acta Hort.* 758, ISHS 2007.
- Ghebbi K., Nouani A., Medjdoub-Bensaad F., Meribai A., Belbraouet S., Gautier H., et Bellal. M.M. 2015.** Effect of potassium fertilization on the behaviour, yield componentd and

technological parameters of two tomato cultivars. *Wulfenia Journal*. Klagenfurt. Austria, Vol 22, N°3; Mars, 2015.

Gillapsy G, Ben-David H, Gruissem W. 1993. Fruits: A developmental perspective. *Plant Cell* 5,1439-1451.

Giovannucci E., Ascherio A., Rimm E B, Stampfer M J., Colditz G A, Willet W C. 1995. Intake of carotenoids and retinol in relation to risk of prostate cancer. *J. Natl Cancer Inst.* 87(23):1769-1776.

Giovannucci E. 1995. Tomatoes, tomato-base Production. Lycopène and cancer. *Review of epidemiology literature. J. National cancer institute.*

Gould, W., 1991. Tomato production, processing and technology, 3^{ième} Ed., CTI Publications, Inc, Baltimore. Grande Maghreb. Tunis. 99p.

Grasselly D., 2000. Tomate pour un produit de qualité. Ed. Lavoisier, Paris, 200p.

Grasselly D., Navez B., Letard M., 2000. *Tomate : Pour un produit de qualité.* CTIFL, Centre Interprofessionnel des Fruits et Légumes. 22 Rue Bergères, Paris, 222p.

Granges A., Gunther V., Deprez A., Dalin J. et Verzaux E. 2003. Mesure de la qualité organoleptique des tomates. *Revue Suisse Vitic. Arboric. Hortic.* Vol 35(5): 1-10, 2003.

Grieson D., Alexander L. 2002. Ethylene biosynthesis and action in tomato: a model for climacteric fruit ripening. *J. Exp. Bot.* 53(377):2039-2055.

Gros A. 1962. Engrais. Guide pratique de la fertilisation. 3^{ième} Ed. La maison rustique, Paris 441p.

Hallilat M.T. 2004. Effet de la Fertilisation Potassique et Azotée sur Blé en Zone Saharienne. IPI. Reginal workshop on potassium and fertigation. Development in west and north Africa, Rabat, Morocco, pp 24-28.

Hartman G.L., Hong W.F., Hanudin and Hayward A.C. 1993. Potential of biological and chemical control of bacterial wilt. In: Hartman GL, Hayward AC (eds) Bacterial wilt. ACIAR, Canberra, Australia, pp 322-326.

Hartz T.K. 1999. Potassium Requirement for Maximum Yield and Quality of Processing Tomato. *Better Crop* 83, 2-10.

Harvey J., 2001. Pomme et maladies pulmonaires. *American Thoracic Society*.
www.dumaisnd.qc.ca/alimentation/pomme.html

Haseen F., Cantwell M.M., O' Sullivan J.M. and Murray L.J. 2009. Is there a benefit from lycopene supplementation in men prostate cancer ? *A systematic review. Prostate Cancer Prostatic. Dis.* 12(4): 325-332.

Hellali R. 2002. Rôle du potassium dans la physiologie de la plante. Institut National Agronomique de Tunisie. Atelier sur la gestion de la fertilisation potassique, acquis et perspectives de la recherche, 7p.

Heller R., 1969. Physiologie végétale- nutrition. Tome I. Ed. Masson.156p.

Heller R., 1978. Physiologie Végétale. Nutrition. Tome I. Ed. Masson. 155p.

Hennin S., Gras R. et Monnier R. 1970. Le profil cultural, Masson, Paris, 332p.

Hurtado, M. C., Greve, L. C., and Labavitch, J. M. 2002. Changes in cell wall pectins accompanying tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) paste manufacture, *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50, 273-278. INRA. 111p.

Hülsebusch C., Häuser I., Deininger A., Becker K (eds) Tropentag 2005. International Research on Food Security, Natural Resource Management and rural Development, Stuttgart.

Irfan Afzan, Bilal Hussain, Shahzad Maqsood Ahmed Basra, Sultan Habib Ullah, Qamar Shakeel, Muhammad Kamran. 2015. Foliar application of potassium improves fruit quality and yield of tomato plants. *Acta Sci.Pol., Hortorum Cultus* 14 (1): 3-13.

Jackson M.J.1997. The Assessment of biodisponibility of micronutrients: Introduction. *J. Clin. Nutr.* 51: 1-10.

Ji X., Lu G., Gai Y., Zheng C. and Mu Z. 2008. Biological control against bacterial wilt and colonization of mulberry by an endophytic *Bacillus subtilis* strain. *Microbiology Ecology* 65:565-573.

Judd W S. et Cambell CS., A.K E., P S 2002. Botanique systématique une perspective phylogénétique, Paris. De Boeck Université. 467p.

Kaouthar I., 2010. Etude de base sur les cultures d'agrumes et de tomate en Tunisie. Regional Integrated Pest Management Program in the Near East. GTFS/REM/070/ITA. 76-81p.

Khachik, F., Goli, M. B., Beecher, G. R., Holden, J., Lusby, W. R., Tenorio, M. D., and Barrera, M. R. 1992. Effect of food preparation on qualitative and quantitative distribution

of major carotenoid constituents of tomatoes and several green vegetables, *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 40, 390-398.

Kolev N., 1976 : Les cultures maraîchères en Algérie. Tome1. Légumes fruits. Ed. Ministère de l'agriculture et des reformes Agricoles, 52p.

Kostova D. and Mahandjiev D. 2012. Influence of fertilization and the kind of fertilizer up on the content of manganese and the antioxidant in tomatoes. *Journal of the University of Chemical Technology and Metallurgy*, 47 (2):181-186.

Latigui A., 1984. *Effet des différents niveaux de fertilisation potassique sur la fructification de la tomate cultivée en hiver sous serre non chauffée. Thèse de magister. INRA El-Harrach, Algérie.*

Laummonier R. 1979. Cultures légumières et maraîchères. Tome III. Ed. Bailliére, Paris. 279p.

Laterrot H. 1998. La tomate: Origine, diversité, creation variétale, Lycopersicon esculentum, classification des espèces, société Botanique de Vancluse. Bull. Soc. Bot. Vancluse, INRA, Agronomic: 4-5.

Lavelli, V., and Giovanelli, G. 2003. Evaluation of heat and oxidative damage during storage of processed tomato products. Study of oxidative damage indices, *Journal of the Science of Food and Agriculture* 83, 966-971.

Lecerf J.M., 2007. Tomate, lycopène et prévention cardiovasculaire. *Phytothérapie*, 1: 34-39.

Lefebvre J.M. 1974. La qualité liée à la fertilisation et à l'irrigation. Revue *INVUFLEC*, la tomate, journée d'information Nantes/Avignon, chap VIII.

Lepoivre P., 2003 : Phytopathologie : Bases moléculaires et biologiques des pathosystèmes, 432p.

Letard M., Erard P., Jeannequin P., 1995. Maîtrise de l'irrigation fertilisante. Tomate sous serre et abris en sol et hors sol. Edition Ctifl, Paris, France, 220 p.

Lepoivre P., 2003. *Phytopathologie : bases moléculaires et biologiques des pathosystèmes*, 432P.

Lester G.E., 2005. Whole plant applied potassium: Effects on cantaloup fruit sugar content and related human wellness compounds. *Acta Hort.* 682: 487- 492.

Lenucci, M. S., Cadinu, D., Taurino, M., Piro, G. and Dalessandro, G. 2006. Antioxidant composition in cherry and high-pigment tomato cultivars, *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 54: 2606-2613.

Liu K., Zhang T. Q., Tan C. S. and Astatkie T. 2011. Responses of Fruit Yield and Quality of Processing Tomato to drip-irrigation and fertilizers phosphorus and potassium. *Agronomy Journal* V 103 No. 5: 1339-1345.

Lime B.J., Griffiths, O'Connor R.T., Heinzelman D. C., MC Call R., 1957. Dosage du bêta carotene et du lycopène dans la tomate. *Agric. Food. Chem.* 5, 12: 641-944.

Lin D., Danfeng H. and Shiping W. 2004. Effects of potassium levels on fruit quality of muskmelon in soilless medium culture. *Scientia Horticulturae*, 102 : 53-60.

Loué A., 1979. Interaction du potassium avec d'autres facteurs de croissance. Au service de l'Agriculture. Dossier K₂O, N°15.

Louis M. et Houdebine H., 2002. Des tomates enrichies en lycopène. *Cahier d'étude et de recherches Francophones (Agricultures. Juillet-Août)*. Vol. 11 Numéro 4.

Machmud M., 1993. Control of peanut bacterial wilt through Crop Rotation. In: Hartman GL, Hayward AC (eds) *Bacterial Wilt Proceedings of an international conference held at Kaohsiung, Taiwan, 1992*. ACIAR, pp 221-224.

MADR., 2014 : Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural, Direction des statistiques maraîchères. 3^{ième} Ed. INRA, Paris. Maroc. Ed. AM 257p.

Marsic, N. K., Sircelj, H., and Kastelec, D. 2006. Lipophilic antioxidants and some carpometric characteristics of fruits of ten processing tomato varieties, grown in different climatic conditions, *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 58, 390 397.

Martin-Prevel L. 1989. Physiological process related to handling and storage quality of crop., Proceedings of 21st Colloq. *International Potash Institute*, Berne, Switzerland, pp 225-284.

Martinez-Valverde I., Periago M. J., Provan G., Chesson A. 2002. Phenolic compounds, lycopene and antioxidant activity in commercial varieties of tomato (*Lycopersicon esculentum*). *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 82: 323–330.

Masome H. 2013. Effects of different levels of urea on the growth and yield of tomato. *Journal of Novel Applied Sciences*. 3(2):1031-1035.

Masome H. and Kazemi S. 2014. Effects of ammonium sulphate and urea fertilizers on the growth and yield of tomato. *Journal of Novel Applied Sciences*. 3(2): 148-150.

Mayeaux, M., Xu, Z., King, J. M., and Prinyawiwatkul, W. 2006. Effects of cooking conditions on the lycopene content in tomatoes, *Journal of Food Science* 71: 461- 464.

Mayne S.T., Cartmel B., Silva. F, et coll. 1999. Plasma lycopene concentrations in humans are determined by lycopene intake, plasma cholesterol concentrations and selected demographic factors. *J Nutr.*129:849.

Melton TA., Powell NT 1991. Effects of two-year crop rotations and cultivar resistance on bacterial wilt influenced tobacco. *Plant Disease* 75:695-698.

Merigout P. 2006. Etude du métabolisme de la plante en réponse à l'apport de différents fertilisants et adjuvants culturaux. Influence des phytohormones sur le métabolisme azoté. *Thèse : Docteur de l'Institut National Paris Grignon. Ecole Doctorale Abies.*

Miladi S. 1970. Introduction à la composition et technologie de la tomate. Ed. Grand Maghreb. Tunis. 99p.

Miller P. 1754. The Gardeners dictionary abridged. 4th Ed.

Miller P. 1768. The Gardeners dictionary abridged. 8th Ed.

Michel VV., Wang J-F., Midmore DJ., Hartman GL 1997. Effect of intercropping and soil amendment with urea and calcium oxyde on the incidence of bacterial wilt of tomato and survival of soil borne *Pseudomonas solanacearum* in Taiwan. *Plant Pathol.* 46:600-610.

Morard P., Bernadac A., Bertoni G., 1993. An overall approach to plant nutrition through the use of square diagrams in optimization of plant nutrition, 682p.

Mouchouche B., 1983. *Essai de rationnement de l'eau sur culture de tomate, recherche de la production optimale et valorisation de l'eau. Thèse de magister.INA. Alger* 170p.

Montigaud J.C., Varoquaux L., et Vergniaud P., 1983. *Filière tomate transformée, problèmes techniques et économiques* INA. Montpellier, 131p.

Morard P. 1974. Rôles physiologiques du potassium chez les végétaux supérieurs, *Revue de la potasse* (3) 10:1-8.

Morel R., 1996 : les sols cultivés. 2^{ième} Ed. Lavoisier, Paris. 222p.

Mpika J., Attibayeba A., Alaric Makoundou et Donald M. 2015. Influence d'un apport fractionné en potassium et en azote sur la croissance et le rendement de trios varieties de

tomate de la zone périurbaine de Brazzaville en République au Congo. *Journal of Applied Bioscience* 94: 8789-8800.

Munro D B., Small E. 1997. Les légumes du Canada. NRC Research Press, 30p.

Naika S., Joep V., Marja G., Hilmi M. et Van Dam B., 2005. *La culture de la tomate (production, transformation et commercialisation)*. Ed. Fondation Agromica et CTA, Wageningen. 765p.

Nguyen M. L. and Schwartz S.J. 1999. Lycopène : Chemical and biological properties. *Food Technol.*, 53(2): 38-45.

Ordóñez-Santos, L. E., Vázquez-Odériz, L., Arbones-Macñeira, E., and Romero-Rodríguez, M. Á. 2009. The influence of storage time on micronutrients in bottled tomato pulp, *Food Chemistry* 112, 146-149.

Osvald J., Petrovic N. and Demsar J., 2000. Sugar and organic acid content of tomato fruits grown on aeroponics at different plant density. *Acta Alimentaria* 30(1), 53-61.

Paulo Cezar Rezende Fontes, Reginaldo Arrunda Sampaio, Fernando Luiz Finger, 2000. Fruit size, mineral composition and quality of trickle-irrigated tomatoes as affected by potassium rates. *Pes. agropec. bras.* vol.35 n°1: 1-7. Brasilia.

Paret ML., Cabos R., Kratky BA., Alvarez AM 2003. Effect of plant essential oils on *Ralstonia solanacearum* race 4 and bacterial wilt of edible ginger. *Plant Disease* 94:521-527.

Pearkins Veazie, P.M. and Robert, W. 2006. Can potassium application affect the mineral and antioxidant content of horticultural crops? *Proceedings of symposium Fertilizing crops for functional foods* (2) 1-5.

Peet M.M. et Well G. 2005. Greenhouse tomato production. Tomatoes. Heuvelink, E. Wallingford, U K, CABI publishing, pp 257-304.

Peralta IE., Spooner DM., Knapp S 2008. Taxonomy of wild tomatoes and their relatives (*Solanum* sect. *Lycopersicoides*, sect. *Juglandifolia*, sect. *Lycopersicon*. Solanaceae). *Systematic Botany Monographs* 84:1-186.

Pesson P., et Louveaux J., 1984. *Pollinisation et Productions végétales*. Ed. INRA, 663p.

Polese J. M., 2007. La culture de la tomate. Ed ARTEMIS, 95p.

Porres V., 2009. La potasse, analyse globale des profils transcriptomiques. pp: 1-19.

Raffo, A., LaMalfa, G., Fogliano, V., Malani, G., and Quaglia, G. 2006. Seasonal variations in antioxidant components of cherry tomatoes (*Lycopersicon esculentum* cv. Naomi F1). *Journal of Food Composition and Analysis* 19: 11-19.

Ranc N., Munos S. Santoni S., Causse M. 2008. A clarified position for *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme* in the evolutionary of tomatoes (Solanaceae). *BMC Plant Biology* 8: 130-145.

Rao A., Waseem Z. et Agarwal S., 1998. Lycopene content of tomatoes and tomato products and their contribution to dietary lycopene. *Food Res. Inter.* n°10, 737-741.

Rao A, V. and Agarwal S., 1999. Role of lycopène as antioxydant carotenoid in the prevention of chronic diseases. *Nutrition Research*, Vol. 19. No. 2, pp. 305-323.

Rao A.V. et Agarwal S. 2000. Role of antioxidant lycopene in cancer and heart disease. *J.Am Coll. Nutr.* 19:563.

Rao AV., 2006 : Lycopène et santé de l'humain. Preuves scientifiques de son rôle bénéfique. *Revue Whitehall-Robins.* Vol. 15. N°4:1-2.

Razzaque, A.H.M and Musa Hanafi, M. 2001. Effect of potassium on growth, yield and quality of pineapple in tropical peat. *Fruits* 2001, Vol.56, 45-49 Cirad /EDP Sciences.

Raunira da Costa Araujo, Claudio Horst Bruchner, Herminia Emilia Pierto Martinez, Carlos L., Chamham Salomao, Victor Hugo Alvarez, Adailson Pereira de Souza, Walter Esfrain Pereira, Seiji Hizumi. 2006. Quality of yellow passion fruit (*Passiflora edulis* Sim f.Flvicarpa Deg.) as affected by potassium fertilization. *Fruits* 2006, Cirad/EDP Sciences, Vol. 61: 109-115.

Reid K., 2005. Les avantages du potassium. www.shared Docs.com.

Rengel Z., Damon PM, Cakmak I. 2008. Crops and genotype differ in efficiency of potassium uptake and use. *Physiologia Plantarum* 133: 624-636.

Rick CM., 1973. Potential genetic resources in tomato species: Clues from observations in native habitats. *Genes, Enzymes, and Populations.* Plenum Press, New York, pp 255-269.

Rickman, J. C., Barrett, D. M., and Bruhn, C. M. 2007. Nutritional comparison of fresh, frozen and canned fruits and vegetables. Part 1. Vitamins C and B and phenolic compounds, *Journal of the Science of Food and Agriculture* 87, 930-944.

Rey Y. et Costes C., 1965. La physiologie de la tomate, étude bibliographique. CNRA. Station centrale de physiologie végétale, Versailles, France. 111p.

Roberfroid Marcel B., Coxam V., Delzenne N.M. 2008. *Aliments fonctionnels*. Sciences et Techniques Agroalimentaires. 2^{ième} Ed. Tec et Doc. Lavoisier, 1042p.

Robert T. et Trocme C., 1979. Le potassium, pédologie, constituants et propriétés du sol. Ed. Masson 459p :379-385.

Rodriquez A. 1994. The influence of water and nitrogen levels on the quality of the Processing tomato grown in european union countries, *Acta Horticulturae*, 376, V international Processing Tomato.

Saito T., HatakayemaT., et Ito H., 1965. Etude sur la croissance et la fructification de la tomate. *Revue de la potasse*. 8 (2) :1-4.

Saddler GS., Allen C., Prior P. and Hayward AC 2005. Management of bacterial wilt disease. Bacterial wilt disease and the *Ralstonia solanacearum* species complex. APS press, St. Paul, M.N., pp 121-132.

Sahlin, E., Savage, G. P., and Lister, C. E. 2004. Investigation of the antioxidant properties of tomatoes after processing, *Journal of Food Composition and Analysis* 17, 635-647.

Schumann E., 1996 : Tomates, chantecler, Belgique. 79p.

Serio F., Leo L. Parente A., Santamaria S. 2007. Potassium Nutrition increases the lycopene content of tomato fruit. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 82 (6): 941-945.

Shankara N., Van lidt de jeud J., de Goffau M., Hilmi M., Van Dam B. et Florijin. A., 2005. La culture de la tomate : production, transformation et commercialisation. 5^{ième} Ed. Foundation agromica and CTA, Wageningen.

Sharoni et Levi., 2006. Cancer prevention by dietary tomato lycopene and its molecular mechanisms. In A. V. Rao. Ed. Tomatoes, lycopene and human health. Barcelona: Caledonian Science Press: 111–125p.

Shekhawat GS., Chakrabarti SK., Kishore V., Sunaina V., Gadewar AV 1993. Possibilities of biological management of potato bacterial wilt strains of *Bacillus* sp., *B. subtilis*, *Pseudomonas fluorescens* and Actinomycetes. In: Hartman GL, Hayward AC Ed. Bacterial wilt. ACIAR, Canberra, Australia, pp 327-330.

Shi J. et LeMaguer M. 2000. Lycopene in tomatoes: Chemical and physical properties affected by food processing. *Crit. Rev. Biotechnol.*, 20, 293-334.

Snoussi S.A., 1984 : *Effet de variation des concentrations d'azote et du potassium d'une solution nutritive de base sur la tomate cultivé en systèmes hydroponique*, Thèse de Magister INA Alger, 140p.

Snoussi S. A., 2010 : Rapport de mission : Eude de base sur la tomate en Algérie. Ministère de l'Agriculture et du développement rural, Direction des statistiques (MADR) 30p.

Spooner D.M., Anderson G.J. and Jansen RK 1993. Chloroplast DNA evidence for the interrelationships of tomatoes, potatoes and pepinos (*Solanaceae*). *American Journal of Botany* 80:676-688.

Spooner DM., Peralta IE., Knapp S 2005. Comparison of AFLPs with other markers for phylogenetic inference in wild tomatoes [*Solanum* L. section *Lycopersicon* (Mill.) Wettst.]. *Taxon* 54:43-61.

Scheiffer F. et Schachtschabel P. 1967. Les éléments nutritifs dans le sol : le potassium. *Revue de la potasse*, section4: 1-10.

Sobulo, M.J. and Olorunda, A.O. 1977. The effects of nitrogen, phosphorus and potassium on the canning quality of tomatoes (*Lycopersicon esculentum*) in south-western Nigeria. *Acta Horticulturae*, vol.53, p. 171-180.

Sofia C., 2008. Influence of potassium and genotype on vitamin E content and reducing sugar of tomato fruits. *Hortscience*, 43(7): 2048-2051.

Soltner D., 2003. *Les bases de la production végétale : le sol et son amélioration*. Collection sciences et techniques agricoles. 2^{ème} édition.

Soltner D., 2005. *Les Bases de la production végétale : le sol et son amélioration*. 24^{ième} Ed.

Stahl W. and Coll C. 1999. Cis-trans isomers of lycopene and b-carotene in human tissues. *Arch Biochem. Biophys.* 294: 173.

Stanton W. R., 1970. Les légumineuses à grains en Afrique. Collection technique agricole d'aujourd'hui. Ed. Lavoisier. 493p.

Steineck O., 1968. Importance du potassium pour la synthèse des produits organiques de la plante. VI^e Colloque Inst. Int. Pot., Florence, 320-323.

Steineck O., 1974. The relation between potassium and nitrogen in the production of plant material. 10 th *Congress Int. Pot. Inst.*, Budapest, 189-196.

Sun S.K., Huang JW 1985 : Formulated soil amendment for controlling fusarium wilt and other soilborne diseases. *Plant Disease* 69:917-920.

Taber H.G., Wendy S., White and Steven R. Rodermel. 2006. Use of potassium to manipulate lycopene content in tomato fruit for improved nutritional quality. *IPNI*: 1-6.

Taber H.G., Perkins-Veazie P., Li S., White W., Rodermel S. and Xu Y. 2008. Enhancement of Tomato Fruit Lycopene by Potassium Is Cultivar Dependent? *HortScience* 43(1): 159-165.

Takeoka, G. R., Dao, L., Flessa, S., Gillespie, D. M., Jewell, W. T., Huebner, B., Bertow, D., and Ebeler, S. E. 2001. Processing effects on lycopene content and antioxidant activity of tomatoes, *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 49, 3713-3717.

Taylor IB., Atherton JG., Rudich J. 1986. Biosystematics of the tomato. *The tomato crop: A scientific basis of improvement.* Chapman and Hall, London, pp 1-34.

Tibäck, E. A., Svelander, C. A., Colle, I. J. P., Altskär, A. I., Alminger, M. A. G., Hendrickx, M. E. G., Ahrné, L. M., and Langton, M. I. B. C. 2009 : Mechanical and thermal pretreatments of crushed tomatoes: effects on consistency and in vitro accessibility of lycopene, *Journal of Food Science* 74, 86-95.

Toor, R. K., Savage, G. P., and Lister, C. E. 2006. Seasonal variations in the antioxidant composition of greenhouse grown tomatoes, *Journal of Food Composition and Analysis* 19, 1-10.

Trudel M. J. and Ozbun J.L. 1970. Relationship between chlorophylls and carotenoid of ripening tomato fruit as influenced by potassium nutrition. *J.Exp. Bot.* 21,881-886.

Trudel M. J. and Ozbun J.L. 1971. Influence of potassium on carotenoid content of tomato fruit. *Journal of American society for horticultural Science*, 96, 736-765.

Ucherwood NR. 1985. The role of potassium in crop quality. In Robert DM, editor. Potassium in agriculture. Madison, WI: SSSA. PP 501-502.

Unifa, 2009. La fertilisation, principaux éléments fertilisants. Union des Industries de la fertilisation (8): 39-42.

USDA/CNPP. 2007. USDA national nutrient database for standard reference. <http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/Data/SR16/reports/sr16fg11.pdf>, U.S. agricultural research service. CNPP: Center for Nutrition Policy and Promotion.

Van Der Vossen – Ham., Non Womdim R., et Messiaen C-M., 2004 : *Lycopersicum esculentum* Mill. In : Backhuys. Ressources végétales de l’Afrique tropicale 2 : Légumes, Pays- Bas : Wageningen. 419-427p.

Viron N., 2010. *Identification et validation de nouveaux gènes candidats impliqués dans la régulation du développement du fruit de tomate.* Thèse de doctorat en biologie végétale. Université de Bordeaux 1 : Ecole Doctorale Sciences de la Vie et de la Santé, 140p.

Warnock S.J. 1988. A review of taxonomy and phylogeny of the genus : *Lycopersicon*. *HortScience* 23: 669-673.

Weaver S.E. and Tan C.S., 1983. Critical period of weed interference in transplanted tomatoes (*Lycopersicon esculentum*): Growth analysis. *Weed Sci.*, 31: 476-481.

Wei.Taiyun 2013. Corrplot package: Visualization of a correlation matrix.
<https://cran.project.org/web/packages/corrplot/index.html>

Welty N., Radovish T., Meulia E. and Knaap V. D. 2007. Inflorescence development in two tomato species. *Revue Canadienne de Botanique* 85(1): 111-118.

Wilcox, J. K., Catignani, G. L. et Lazarus, S. 2003. Tomatoes and cardiovascular health. Critical Review in *Food Science and Nutrition*, 43: 451-463.

Williamson B., Tudzynski B., Tudzynski P. et Van Kan JAL., 2007. Botrytis cynarea: the cause of grey mould disease. *Molecular Plant Pathology*. 8: 561–580.

Winsor G.W. 1968. The effect of nitrogen, phosphorus and lime infactorial combination on ripening disorders of glasshouse tomatoes. *J. Hort Sci*, 42, 391-402.

Woods M. J. 1964. Colour disorders of ripening tomatoes. Introduction and literature review 2. Fruit colour in relation to nutrition. *J. Agric. Res.*3, 17-27.

Wydra K., Diogo R., Dannon E., Semrau J. 2005. Soil amendment with silicon and bacterial antagonists induce resistance against bacterial wilt caused by *Ralstonia solanacearum* in tomato. In: Tielkes.

Young Yeol Cho, Sungbong Oh, Myoung Minoh, Jung Eek Son. 2007. Estimation of individual leaf area, fresh weight and dry weight on hydroponically grown cucumbers (*Cucumis sativus* L.) using leaf length, width, and SPAD value. *Scientia Horticulturae* 111: 330-334.

Références bibliographiques

Zehler E. et Forster H., 1972. Potentiel de rendement de tomate en relation avec la nutrition potassique. *Revue de la potasse*, section 8 (1-8).

Zhou Zhen Jiang, Niu Xiao- Li, Chen Si, Dai Shun-Dong and Hu Tian-Tian .2013. Effect of Water Fertilizer Supply on Tomato Lycopene under Alternate Subarea Root-Zone Irrigation. V1 (2) : 46-51.

Annexe1

Tableau. Résultats de l'Analyse de la variance par campagne agricole du diamètre de la tige au collet

a. Première campagne agricole 2006/2007

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	0,105	23	0,005				
VAR.FACTEUR 1	0,007	2	0,004	0,699	0,5164		
VAR.FACTEUR 2	0	1	0	0,029	0,86215		
VAR.INTER F1*2	0,007	2	0,004	0,699	0,51635		
VAR.BLOCS	0,012	3	0,004	0,796	0,51749		
VAR.RESIDUELLE 1	0,078	15	0,005			0,072	0,60%

b. Deuxième Campagne agricole 2008/2009

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	42,58	23	1,851				
VAR.FACTEUR 1	0,236	2	0,118	0,06	0,94133		
VAR.FACTEUR 2	3,76	1	3,76	1,925	0,1829		
VAR.INTER F1*2	2,951	2	1,475	0,755	0,49055		
VAR.BLOCS	6,331	3	2,11	1,08	0,38829		
VAR.RESIDUELLE 1	29,301	15	1,953			1,398	7,45%

c. Troisième campagne agricole 2010/2011

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	1,668	23	0,073				
VAR.FACTEUR 1	0,455	2	0,227	6,52	0,00918		
VAR.FACTEUR 2	0,449	1	0,449	12,877	0,00272		
VAR.INTER F1*2	0,125	2	0,062	1,786	0,2003		
VAR.BLOCS	0,116	3	0,039	1,11	0,37684		
VAR.RESIDUELLE 1	0,523	15	0,035			0,187	1,63%

Test de Newman Keuls pour le facteur potassium

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES
3.0	K2	11,638	A
1.0	K0	11,375	B
2.0	K1	11,323	B

Test de Newman Keuls pour le facteur variété

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES
2.0	V2	11,582	A
1.0	V1	11,308	B

Annexe 2

Tableau. Résultats de l'Analyse de la variance de la hauteur finale de la tige

a. Première campagne agricole 2006/2007

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	321,515	23	13,979				
VAR.FACTEUR 1	64,084	2	32,042	143,419	0		
VAR.FACTEUR 2	248,584	1	248,584	1112,655	0		
VAR.INTER F1*2	4,29	2	2,145	9,601	0,00215		
VAR.BLOCS	1,206	3	0,402	1,799	0,18968		
VAR.RESIDUELLE 1	3,351	15	0,223			0,473	0,84%

Test de Newman Keuls pour le facteur potassium

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
2.0	K1	58,758	A		
1.0	K0	55,664		B	
3.0	K2	55,011			C

Test de Newman Keuls pour le facteur variété

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
1.0	Riogrande	59,696	A	
2.0	Aicha	53,259		B

Test de Newman Keuls pour l'interaction des facteurs

F1 F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES			
2.0 1.0	K1 V1	61,675	A			
1.0 1.0	K0 V1	59,48		B		
3.0 1.0	K2 V1	57,933			C	
2.0 2.0	K1 V2	55,84				D
3.0 2.0	K2 V2	52,09				E
1.0 2.0	K0 V2	51,848				E

b. Deuxième campagne agricole 2008/2009

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	1005,017	23	43,696				
VAR.FACTEUR 1	487,015	2	243,507	28,569	0,00001		
VAR.FACTEUR 2	327,451	1	327,451	38,417	0,00002		
VAR.INTER F1*2	34,358	2	17,179	2,015	0,16637		
VAR.BLOCS	28,339	3	9,446	1,108	0,37749		
VAR.RESIDUELLE 1	127,854	15	8,524			2,92	5,81%

Test de Newman Keuls pour le facteur potassium

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
2.0	K1	56,481	A	
3.0	K2	48,125		B
1.0	K0	46,063		B

Suite de l'annexe 2

Test de Newman Keuls pour le facteur variété

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
1.0	Riogrande	53,917	A	
2.0	Aïcha	46,529	B	

c. Troisième campagne agricole 2010/2011

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	293,847	23	12,776				
VAR.FACTEUR 1	33,438	2	16,719	49,007	0		
VAR.FACTEUR 2	227,551	1	227,551	667,004	0		
VAR.INTER F1*2	26,651	2	13,325	39,06	0		
VAR.BLOCS	1,09	3	0,363	1,065	0,39442		
VAR.RESIDUELLE 1	5,117	15	0,341			0,584	1,12%

Test de Newman Keuls pour le facteur potassium

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
2.0	K1	53,981	A	
3.0	K2	51,74	B	
1.0	K0	51,279	B	

Test de Newman Keuls pour le facteur variété

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
1.0	V1	55,412	A	
2.0	V2	49,254	B	

Test de Newman Keuls pour l'interaction des facteurs

F1 F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES				
2.0 1.0	K1 V1	56,233	A				
1.0 1.0	K0 V1	55,845	A				
3.0 1.0	K2 V1	54,16		B			
2.0 2.0	K1 V2	51,73			C		
3.0 2.0	K2 V2	49,32				D	
1.0 2.0	K0 V2	46,713					E

Annexe3

Tableau. Résultats de l'Analyse de la variance du nombre de tiges par plant

a. Première campagne agricole 2006/2007

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	71,403	23	3,104				
VAR.FACTEUR 1	0,005	2	0,003	0,648	0,54132		
VAR.FACTEUR 2	71,312	1	71,312	17767,6	0		
VAR.INTER F1*2	0,003	2	0,001	0,372	0,7		
VAR.BLOCS	0,023	3	0,008	1,941	0,16549		
VAR.RESIDUELLE 1	0,06	15	0,004			0,063	0,50%

Test de Newman Keuls du facteur variété

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
1.0	V1	14,411	A	
2.0	V2	10,963		B

b. Deuxième campagne agricole 2008/2009

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	95,142	23	4,137				
VAR.FACTEUR 1	0,496	2	0,248	0,056	0,94593		
VAR.FACTEUR 2	0,767	1	0,767	0,172	0,6862		
VAR.INTER F1*2	17,118	2	8,559	1,918	0,17991		
VAR.BLOCS	9,827	3	3,276	0,734	0,55045		
VAR.RESIDUELLE 1	66,934	15	4,462			2,112	13,45%

c. Troisième campagne agricole 2010/2011

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	2,503	23	0,109				
VAR.FACTEUR 1	0,121	2	0,06	0,55	0,59295		
VAR.FACTEUR 2	0,003	1	0,003	0,028	0,86445		
VAR.INTER F1*2	0,271	2	0,135	1,235	0,31941		
VAR.BLOCS	0,463	3	0,154	1,407	0,27936		
VAR.RESIDUELLE 1	1,646	15	0,11			0,331	4,40%

Annexe4

Tableau. Valeurs moyennes \pm écart type de la surface foliaire totale par plant

a. Première campagne agricole 2006/2007

	1 (K0)	2 (K1)	3 (K2)
V1	1951,3 \pm 91.15	2360,16 \pm 14.91	2740,38 \pm 14.14
V2	2207,15 \pm 19.23	2556,56 \pm 52.44	4260,14 \pm 14.56

a. Deuxième campagne agricole 2008/2009

	1 (K0)	2 (K1)	3 (K2)
V1	1252,57 \pm 32.73	1331,15 \pm 45.95	1955,62 \pm 21.40
V2	1238,89 \pm 59.03	1372,3 \pm 87.64	1644,50 \pm 188.64

b. Troisième campagne agricole 2010/2011

	1 (K0)	2 (K1)	3 (K2)
V1	1250,77 \pm 32.73	1538,04 \pm 45.95	2116,63 \pm 21.4
V2	1221,19 \pm 59.03	1324,67 \pm 87.64	1877,43 \pm 188.64

Tableau. Résultats de l'Analyse de variance de la surface foliaire totale du plant

a. Première campagne agricole 2006 2007

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	13529440	23	588236,5				
VAR.FACTEUR 1	8663034	2	4331517	1795,026	0		
VAR.FACTEUR 2	2592551	1	2592551	1074,38	0		
VAR.INTER F1*2	2234844	2	1117422	463,071	0		
VAR.BLOCS	2815	3	938,333	0,389	0,76518		
VAR.RESIDUELLE 1	36196	15	2413,067			49,123	1,83%

Test de Newman Keuls pour le facteur potassium pour la surface foliaire totale par plant

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
3.0	K2	3500,264	A		
2.0	K1	2458,365		B	
1.0	K0	2079,229			C

Test de Newman Keuls pour le facteur variété de la surface foliaire totale par plant

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
2.0	V2	3007,954	A		
1.0	V1	2350,618		B	

Test de Newman Keuls pour Interaction des deux facteurs

F1 F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES				
3.0 2.0	V2K2	4260,143	A				
3.0 1.0	V1K2	2740,385		B			
2.0 2.0	V2K1	2556,563			C		
2.0 1.0	V1K1	2360,167				D	
1.0 2.0	V2K0	2207,158					E
1.0 1.0	V1K0	1951,3					F

Suite Annexe 4

b. Deuxième campagne agricole 2008 2009

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	1780872	23	77429,23				
VAR.FACTEUR 1	1385403	2	692701,5	68,727	0		
VAR.FACTEUR 2	53640,38	1	53640,38	5,322	0,03421		
VAR.INTER F1*2	143714,5	2	71857,25	7,129	0,00671		
VAR.BLOCS	46928,5	3	15642,83	1,552	0,24178		
VAR.RESIDUELLE 1	151186	15	10079,07			100,395	6,85%

Test de Newman Keuls pour le facteur potassium

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
3.0	K2	1800,066	A	
2.0	K1	1351,726	B	
1.0	K0	1245,735	B	

Test de Newman Keuls pour le facteur variété

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
1.0	V1	1513,118	A	
2.0	V2	1418,567	B	

Test de Newman Keuls pour l'interaction des deux facteurs

F1 F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
3.0 1.0	V1K2	1955,627	A	
3.0 2.0	V2K2	1644,505		B
2.0 2.0	V2K1	1372,3		C
2.0 1.0	V1K1	1331,152		C
1.0 1.0	V1K0	1252,575		C
1.0 2.0	V2K0	1238,895		C

c. Troisième campagne agricole 2010 2011

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	3038356	23	132102,5				
VAR.FACTEUR 1	2499604	2	1249802	115,104	0		
VAR.FACTEUR 2	154973,3	1	154973,3	14,273	0,00188		
VAR.INTER F1*2	52256,5	2	26128,25	2,406	0,12257		
VAR.BLOCS	168652,8	3	56217,58	5,178	0,01184		
VAR.RESIDUELLE 1	162870,3	15	10858,02			104,202	6,70%

Test de Newman et Keuls pour le facteur potassium

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
3.0	K2	1997,034	A	
2.0	K1	1431,363	B	
1.0	K0	1235,985	C	

Test de Newman Keuls pour le facteur variété

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
1.0	V1	1635,151	A	
2.0	V2	1474,437	B	

Annexe 5

Tableau 2. Résultats de l'analyse de la variance par campagne agricole de la matière sèche totale du plant
a. Première campagne agricole 2006 2007

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	3763,659	23	163,637				
VAR.FACTEUR 1	2921,476	2	1460,738	285,501	0		
VAR.FACTEUR 2	526,875	1	526,875	102,978	0		
VAR.INTER F1*2	199,207	2	99,603	19,467	0,00008		
VAR.BLOCS	39,356	3	13,119	2,564	0,09275		
VAR.RESIDUELLE 1	76,746	15	5,116			2,262	3,76%

Test de Newman Keuls pour le facteur potassium

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
2.0	K1	75,675	A		
1.0	K0	53,919		B	
3.0	K2	50,913			C

Test de Newman Keuls pour le facteur variété

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
2.0	V2	64,854	A	
1.0	V1	55,483		B

Test de Newman Keuls pour l'interaction des deux facteurs

F1 F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES				
2.0 2.0	V2K1	80,3	A				
2.0 1.0	V1K1	71,05		B			
1.0 2.0	V2K0	62,163			C		
3.0 2.0	V2K2	52,1				D	
3.0 1.0	V1K2	49,725				D	
1.0 1.0	V1K0	45,675					E

b. Deuxième campagne agricole 2008 2009

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	3763,659	23	163,637				
VAR.FACTEUR 1	2921,476	2	1460,738	285,501	0		
VAR.FACTEUR 2	526,875	1	526,875	102,978	0		
VAR.INTER F1*2	199,207	2	99,603	19,467	0,00008		
VAR.BLOCS	39,356	3	13,119	2,564	0,09275		
VAR.RESIDUELLE 1	76,746	15	5,116			2,262	3,76%

Test de Newman Keuls pour le facteur potassium

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
2.0	K1	75,675	A		
1.0	K0	53,919		B	
3.0	K2	50,913			C

Test de Newman Keuls pour le facteur variété

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
2.0	V2	64,854	A	
1.0	V1	55,483		B

Suite de l'annexe 5

Test de Newman Keuls pour l'interaction des deux facteurs

F1 F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES			
2.0 2.0	V2K1	80,3	A			
2.0 1.0	V1K1	71,05		B		
1.0 2.0	V2K0	62,163			C	
3.0 2.0	V2K2	52,1				D
3.0 1.0	V1K2	49,725				D
1.0 1.0	V1K0	45,675				E

c. Troisième campagne agricole 2010 2011

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	5508,099	23	239,483				
VAR.FACTEUR 1	4982,552	2	2491,276	76531990	0		
VAR.FACTEUR 2	92,828	1	92,828	2851680	0		
VAR.INTER F1*2	432,718	2	216,359	6646545	0		
VAR.BLOCS	0	3	0	5	0,0134		
VAR.RESIDUELLE 1	0	15	0			0,006	8,9%

Test de Newman Keuls pour le facteur potassium

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
2.0	K1	83,014	A		
3.0	K2	60,864		B	
1.0	K0	48,143			C

Test de Newman Keuls pour le facteur variété

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
1.0	V1	65,973	A	
2.0	V2	62,04		B

Test de Newman Keuls pour l'interaction des deux facteurs

F1 F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES				
2.0 1.0	V1K1	90,43	A				
2.0 2.0	V2K1	75,598		B			
3.0 1.0	V1K2	62,29			C		
3.0 2.0	V2K2	59,438				D	
1.0 2.0	V2K0	51,085					E
1.0 1.0	V1K0	45,2					F

Annexe6.

Tableau . Valeurs moyennes du nombre total de bouquet par plant

a. Première campagne agricole 2006 2007

	1 (K0)	2 (K1)	3 (K2)
V1	24,11±0.25	24,42±0.87	24,06±0.22
V2	20,86±1.84	18,75±0.38	18,88±0.18

b. Deuxième campagne agricole 2008/2009

	1 (K0)	2 (K1)	3 (K2)
V1	57,5±4.52	47,25±2.55	59±3.10
V2	57,75±1.15	81,75±3.86	61,5±4.78

c. Troisième campagne agricole 2010/2011

	1 (K0)	2 (K1)	3 (K2)
V1	57±2.20	63,5±2.94	85,25±4.28
V2	48±3.31	56,5±4.54	69±2.35

Tableau Résultats de l'analyse de la variance du nombre total de bouquet par plant

a. Campagne agricole 2006 2007

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	158,404	23	6,887				
VAR.FACTEUR 1	4,922	2	2,461	2,769	0,09341		
VAR.FACTEUR 2	132,446	1	132,446	148,994	0		
VAR.INTER F1*2	6,567	2	3,284	3,694	0,04882		
VAR.BLOCS	1,134	3	0,378	0,425	0,74052		
VAR.RESIDUELLE 1	13,334	15	0,889			0,943	4,32%

Test de Newman Keuls pour le facteur variété du nombre total de bouquet par plant

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES
1.0	V1	24,198	A
2.0	V2	19,5	B

Test de Newman Keuls pour l'interaction des deux facteurs pour le nombre total de bouquet par plant

F1 F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES
2.0 1.0	V1K1	24,425	A
1.0 1.0	V1K0	24,11	A
3.0 1.0	V1K2	24,06	A
1.0 2.0	V2K0	20,862	B
3.0 2.0	V2K2	18,888	C
2.0 2.0	V2K1	18,75	C

b. Deuxième campagne agricole 2008/2009

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	2905,958	23	126,346				
VAR.FACTEUR 1	192,583	2	96,292	6,359	0,00999		
VAR.FACTEUR 2	925,042	1	925,042	61,092	0		
VAR.INTER F1*2	1468,084	2	734,042	48,478	0		
VAR.BLOCS	93,125	3	31,042	2,05	0,14912		
VAR.RESIDUELLE 1	227,125	15	15,142			3,891	6,40%

Suite de l'annexe 6

Test de Newman Keuls du facteur potassium

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
2.0	K1	64,5	A	
3.0	K2	60,25		B
1.0	K0	57,625		B

Test de Newman Keuls du facteur variété du nombre total de bouquet par plant

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
2.0	V2	67	A	
1.0	V1	54,583		B

Test de Newman Keuls de l'interaction des deux facteurs du nombre total de bouquet par plant

F1 F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
2.0 2.0	V2K1	81,75	A		
3.0 2.0	V2K2	61,5		B	
3.0 1.0	V1K2	59		B	
1.0 2.0	V2K0	57,75		B	
1.0 1.0	V1K0	57,5		B	
2.0 1.0	V1K1	47,25			C

c. Troisième campagne agricole 2010/2011

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	3549,958	23	154,346				
VAR.FACTEUR 1	2549,083	2	1274,542	92,228	0		
VAR.FACTEUR 2	693,375	1	693,375	50,174	0,00001		
VAR.INTER F1*2	94,75	2	47,375	3,428	0,05845		
VAR.BLOCS	5,458	3	1,819	0,132	0,93893		
VAR.RESIDUELLE 1	207,292	15	13,819			3,717	5,88%

Test de Newman Keuls pour le facteur potassium

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
3.0	K2	77,125	A		
2.0	K1	60		B	
1.0	K0	52,5			C

Test de Newman Keuls pour le facteur variété

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
1.0	V1	68,583	A	
2.0	V2	57,833		B

Annexe 7

Tableau. Valeurs moyennes du nombre moyen de fleurs par bouquet

a. Première campagne agricole 2006/2007

	1 (K0)	2 (K1)	3 (K2)
V1	4,91±0.02	4,95±0.06	4,93±0.03
V2	4,11±0.01	4,09±0.05	4,13±0.01

b. Deuxième campagne agricole 2008/2009

	1 (K0)	2 (K1)	3 (K2)
V1	5,25±0.49	4,75±0.68	5,125±0.27
V2	5,125±0.66	4,625±0.32	5,25±0.27

c. Troisième campagne agricole 2010/2011

	1 (K0)	2 (K1)	3 (K2)
V1	4,87±0.33	5,25±0.28	4,62±0.24
V2	4,37±0.7	4±0.32	5,87±0.81

Tableau Résultats de l'analyse de la variance par campagne agricole du nombre moyen de fleurs par bouquet

a. Première campagne agricole 2006/2007

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	4,093	23	0,178				
VAR.FACTEUR 1	0,002	2	0,001	0,458	0,64565		
VAR.FACTEUR 2	4,059	1	4,059	2309,518	0		
VAR.INTER F1*2	0,004	2	0,002	1,045	0,37764		
VAR.BLOCS	0,002	3	0,001	0,439	0,73157		
VAR.RESIDUELLE 1	0,026	15	0,002			0,042	0,93%

Test de Newman Keuls pour le facteur varié

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
1.0	V1	4,933	A	
2.0	V2	4,111	B	

b. Deuxième campagne agricole 2008/2009

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	7,24	23	0,315				
VAR.FACTEUR 1	1,333	2	0,667	2,382	0,12486		
VAR.FACTEUR 2	0,01	1	0,01	0,037	0,84377		
VAR.INTER F1*2	0,083	2	0,042	0,149	0,86321		
VAR.BLOCS	1,615	3	0,538	1,923	0,16833		
VAR.RESIDUELLE 1	4,198	15	0,28			0,529	10,54%

c. Troisième campagne agricole 2010/2011

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	13,833	23	0,601				
VAR.FACTEUR 1	2,083	2	1,042	3,409	0,05923		
VAR.FACTEUR 2	0,167	1	0,167	0,545	0,47751		
VAR.INTER F1*2	6,583	2	3,292	10,773	0,00133		
VAR.BLOCS	0,417	3	0,139	0,455	0,72088		
VAR.RESIDUELLE 1	4,583	15	0,306			0,553	11,44%

Suite de Annexe 7

Test de Newman Keuls pour l'interaction des deux facteurs sur le nombre de fleurs par bouquet

F1 F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
3.0 2.0	V2K2	5,875	A		
2.0 1.0	V1K1	5,25	A	B	
1.0 1.0	V1K0	4,875	A	B	C
3.0 1.0	V1K2	4,625		B	C
1.0 2.0	V2K0	4,375		B	C
2.0 2.0	V2K1	4			C

Annexe 8

Tableau Résultats d'analyse de la variance par campagne agricole du nombre total de fleurs par plant

a. Première campagne agricole 2006/2007

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	9677,172	23	420,747				
VAR.FACTEUR 1	73,858	2	36,929	2,169	0,14732		
VAR.FACTEUR 2	9197,512	1	9197,512	540,209	0		
VAR.INTER F1*2	132,078	2	66,039	3,879	0,04318		
VAR.BLOCS	18,336	3	6,112	0,359	0,78564		
VAR.RESIDUELLE 1	255,388	15	17,026			4,126	4,14%

Test de Newman Keuls pour le facteur variété

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
1.0	V1	119,308	A	
2.0	V2	80,155	B	

Test de Newman Keuls pour l'interaction des deux facteurs

F1 F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
2.0 1.0	V1K1	120,918	A	
1.0 1.0	V1K0	118,633	A	
3.0 1.0	V1K2	118,373	A	
1.0 2.0	V2K0	85,737	B	
3.0 2.0	V2K2	78,003	C	
2.0 2.0	V2K1	76,725	C	

b. Deuxième campagne agricole 2008/2009

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	81627,99	23	3549,043				
VAR.FACTEUR 1	872,055	2	436,027	0,311	0,74056		
VAR.FACTEUR 2	18928,16	1	18928,16	13,518	0,00229		
VAR.INTER F1*2	29125,66	2	14562,83	10,4	0,00154		
VAR.BLOCS	11698,57	3	3899,523	2,785	0,07621		
VAR.RESIDUELLE 1	21003,55	15	1400,237			37,42	12,28%

Test de Newman Keuls pour le facteur variété du nombre total de fleurs par plant

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
2.0	V2	332,833	A	
1.0	V1	276,667	B	

Test de Newman Keuls pour l'interaction des deux facteurs du nombre total de fleurs par plant

F1 F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
2.0 2.0	V2K1	377,875	A	
3.0 2.0	V2K2	323,25	A	
3.0 1.0	V1K2	303,25	A	
1.0 1.0	V1K0	302,5	A	
1.0 2.0	V2K0	297,375	A	
2.0 1.0	V1K1	224,25	B	

Suite de l'annexe 8

c. Troisième campagne agricole 2010/2011

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	156534,2	23	6805,833				
VAR.FACTEUR 1	103434,5	2	51717,23	40,095	0		
VAR.FACTEUR 2	18067,61	1	18067,61	14,007	0,00201		
VAR.INTER F1*2	14047,92	2	7023,961	5,445	0,01654		
VAR.BLOCS	1636,047	3	545,349	0,423	0,74215		
VAR.RESIDUELLE 1	19348,14	15	1289,876			35,915	11,68%

Test de Newman Keuls pour le facteur potassium

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
3.0	K2	398,125	A	
2.0	K1	279,313		B
1.0	K0	244,875		B

Test de Newman Keuls pour le facteur variété

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
1.0	V1	334,875	A	
2.0	V2	280		B

Test de Newman Keuls pour l'interaction des deux facteurs

F1 F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES			
3.0 2.0	V2K2	402,75	A			
3.0 1.0	V1K2	393,5	A			
2.0 1.0	V1K1	333,125		B		
1.0 1.0	V1K0	278			C	
2.0 2.0	V2K1	225,5			C	D
1.0 2.0	V2K0	211,75				D

Annexe 9

Tableau Résultats de l'analyse de la variance par campagne agricole du nombre total de fleurs avortées
a. Première campagne agricole 2006/2007

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	2889,098	23	125,613				
VAR.FACTEUR 1	334,78	2	167,39	218817,6	0		
VAR.FACTEUR 2	1191,872	1	1191,872	1558056	0		
VAR.INTER F1*2	1362,435	2	681,218	890510,7	0		
VAR.BLOCS	0	3	0	0,106	0,95415		
VAR.RESIDUELLE 1	0,011	15	0,001			0,028	3,29%

Test de Newman Keuls pour le facteur Potassium du nombre total de fleurs avortées

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
2.0	K1	88,785	A		
3.0	K2	83,372		B	
1.0	K0	79,691			C

Test de Newman Keuls pour le facteur Variété du nombre total de fleurs avortées

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
2.0	V2	90,997	A	
1.0	V1	76,902		B

Test de Newman-Keuls de l'interaction des deux facteurs du nombre total de fleurs avortées

F1 F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES				
1.0 2.0	V2K0	95,638	A				
2.0 1.0	V1K1	91,263		B			
3.0 2.0	V2K2	91,045			C		
2.0 2.0	V2K1	86,307				D	
3.0 1.0	V1K2	75,7					E
1.0 1.0	V1K0	63,745					F

b. Deuxième campagne agricole 2008/2009

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	89790,8	23	3903,948				
VAR.FACTEUR 1	2267,859	2	1133,93	0,695	0,51845		
VAR.FACTEUR 2	13492,88	1	13492,88	8,271	0,01119		
VAR.INTER F1*2	36093,33	2	18046,66	11,062	0,00118		
VAR.BLOCS	13465,29	3	4488,43	2,751	0,07851		
VAR.RESIDUELLE 1	24471,44	15	1631,429			40,391	13,78%

Test de Newman Keuls du facteur variété

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
2.0	V2	316,763	A	
1.0	V1	269,341		B

Suite de Annexe 9

Test de Newman Keuls de l'interaction des deux facteurs

F1 F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
2.0 2.0	V2K1	369,328	A		
3.0 2.0	V2K2	314,995	A	B	
1.0 1.0	V1K0	296,643	A	B	C
3.0 1.0	V1K2	295,223	A	B	C
1.0 2.0	V2K0	265,965		B	C
2.0 1.0	V1K1	216,158			C

c. Troisième campagne agricole 2010/2011

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	138299,8	23	6013,033				
VAR.FACTEUR 1	94732,53	2	47366,27	37,097	0		
VAR.FACTEUR 2	7367,516	1	7367,516	5,77	0,02844		
VAR.INTER F1*2	15425,77	2	7712,883	6,041	0,01186		
VAR.BLOCS	1621,469	3	540,49	0,423	0,7418		
VAR.RESIDUELLE 1	19152,47	15	1276,831			35,733	12,81%

Test de Newman Keuls du facteur potassium

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
3.0	K2	365,875	A	
2.0	K1	251,813		B
1.0	K0	219,375		B

Test de Newman Keuls du facteur Variété

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
1.0	V1	296,542	A	
2.0	V2	261,5		B

Annexe10

Tableau Résultats de l'analyse de la variance par campagne agricole du taux de nouaison des fleurs
a. Première campagne agricole 2006/2007

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	1076,451	23	46,802				
VAR.FACTEUR 1	161,941	2	80,97	84,239	0		
VAR.FACTEUR 2	754,656	1	754,656	785,121	0		
VAR.INTER F1*2	142,45	2	71,225	74,1	0		
VAR.BLOCS	2,986	3	0,995	1,036	0,40633		
VAR.RESIDUELLE 1	14,418	15	0,961			0,98	5,49%

Test de Newman et Keuls pour le facteur potassium

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
3.0	K2	20,829	A		
2.0	K1	18,276		B	
1.0	K0	14,505			C

Test de Newman et Keuls pour le facteur variété

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
2.0	V1	23,477	A	
1.0	V2	12,262		B

Test de Newman Keuls pour l'interaction des deux facteurs

F1 F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES			
2.0 2.0	V2K1	26,785	A			
3.0 2.0	V2K2	26,595	A			
1.0 2.0	V2K0	17,052		B		
3.0 1.0	V1K2	15,063			C	
1.0 1.0	V1K0	11,958				D
2.0 1.0	V1K1	9,767				E

b. Deuxième campagne agricole 2008/2009

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	55,895	23	2,43				
VAR.FACTEUR 1	20,832	2	10,416	7,366	0,00597		
VAR.FACTEUR 2	0,331	1	0,331	0,234	0,63961		
VAR.INTER F1*2	4,963	2	2,481	1,755	0,20553		
VAR.BLOCS	8,558	3	2,853	2,017	0,15382		
VAR.RESIDUELLE 1	21,211	15	1,414			1,189	16,50%

Test de Newman keuls du facteur potassium

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
2.0	K1	8,32	A	
3.0	K2	7,265	A	B
1.0	K0	6,04		B

Suite de l'annexe 10

c. Troisième campagne agricole 2010/2011

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	232,431	23	10,106				
VAR.FACTEUR 1	40,933	2	20,467	4,248	0,03402		
VAR.FACTEUR 2	82,029	1	82,029	17,024	0,00095		
VAR.INTER F1*2	21,692	2	10,846	2,251	0,13818		
VAR.BLOCS	15,501	3	5,167	1,072	0,39147		
VAR.RESIDUELLE 1	72,276	15	4,818			2,195	22,67%

Test de Newman Keuls pour le facteur potassium

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
1.0	K0	11,317	A	
2.0	K1	9,605	A	B
3.0	K2	8,121		B

Test de Newman Keuls pour le facteur variété

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
1.0	V1	11,53	A	
2.0	V2	7,833		B

Annexe 11

Tableau Résultats de l'analyse de la variance par campagne agricole du poids moyen d'un fruit
a. Première campagne agricole 2006/2007

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	2889,098	23	125,613				
VAR.FACTEUR 1	334,78	2	167,39	218817,6	0		
VAR.FACTEUR 2	1191,872	1	1191,872	1558056	0		
VAR.INTER F1*2	1362,435	2	681,218	890510,7	0		
VAR.BLOCS	0	3	0	0,106	0,95415		
VAR.RESIDUELLE 1	0,011	15	0,001			0,028	3,29%

Test de Newman Keuls du facteur potassium

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
2.0	K1	88,785	A		
3.0	K2	83,372		B	
1.0	K0	79,691			C

Test de Newman Keuls du facteur variété

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
2.0	V2	90,997	A		
1.0	V1	76,902			B

Test de Newman Keuls de l'interaction des deux facteurs

F1 F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES				
1.0 2.0	V2K0	95,638	A				
2.0 1.0	V1K1	91,263		B			
3.0 2.0	V2K2	91,045			C		
2.0 2.0	V2K1	86,307				D	
3.0 1.0	V1K2	75,7					E
1.0 1.0	V1K0	63,745					F

b. Deuxième campagne agricole 2008 2009

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	8282,503	23	360,109				
VAR.FACTEUR 1	2187,259	2	1093,629	17,673	0,00013		
VAR.FACTEUR 2	2973,493	1	2973,493	48,052	0,00001		
VAR.INTER F1*2	2162,877	2	1081,439	17,476	0,00014		
VAR.BLOCS	30,661	3	10,22	0,165	0,91771		
VAR.RESIDUELLE 1	928,213	15	61,881			7,866	9,32%

Test de Newman Keuls pour le facteur potassium

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
3.0	K2	95,614	A		
1.0	K0	85,325		B	
2.0	K1	72,284			C

Suite de l'annexe 11

Test de Newman Keuls pour le facteur Variété

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
2.0	V2	95,538	A	
1.0	V1	73,277	B	

Test de Newman Keuls pour l'interaction des deux facteurs

F1 F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
3.0 2.0	V2K2	112,275	A	
1.0 2.0	V2K0	104,285	A	
3.0 1.0	V1K2	78,953	B	
2.0 1.0	V1K1	74,512	B	
2.0 2.0	V2K1	70,055	B	
1.0 1.0	V1K0	66,365	B	

Troisième campagne agricole 2010/2011

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	20967,25	23	911,62				
VAR.FACTEUR 1	1964,309	2	982,154	6,789	0,00798		
VAR.FACTEUR 2	15577,96	1	15577,96	107,681	0		
VAR.INTER F1*2	594,59	2	297,295	2,055	0,16121		
VAR.BLOCS	660,377	3	220,126	1,522	0,24919		
VAR.RESIDUELLE 1	2170,016	15	144,668			12,028	12,09%

Test de Newman Keuls pour le facteur potassium

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
2.0	K1	108,899	A	
3.0	K2	102,279	A	
1.0	K0	87,274	B	

Test de Newman Keuls d facteur variété

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
2.0	V2	124,961	A	
1.0	V1	74,007	B	

Annexe 12

Tableau Résultats de l'analyse de la variance par campagne agricole du poids total des fruits par plant
a. Première campagne agricole 2006 2007

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	738824	23	32122,78				
VAR.FACTEUR 1	226459,9	2	113229,9	44992,03	0		
VAR.FACTEUR 2	346510,1	1	346510,1	137686,1	0		
VAR.INTER F1*2	165792,4	2	82896,22	32938,89	0		
VAR.BLOCS	23,875	3	7,958	3,162	0,05506		
VAR.RESIDUELLE 1	37,75	15	2,517			1,586	9,9%

Test de Newman et Keuls pour le facteur potassium

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
3.0	K2	1681,229	A		
2.0	K1	1645,539		B	
1.0	K0	1459,654			C

Test de Newman et Keuls pour le facteur variété

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
2.0	V2	1715,632	A		
1.0	V1	1475,316			B

Test de Newman Keuls de l'interaction des deux facteurs

F1 F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES				
3.0 2.0	V2K2	1755,903	A				
1.0 2.0	V2K0	1696,418		B			
2.0 2.0	V2K1	1694,575		B			
3.0 1.0	V1K2	1606,555			C		
2.0 1.0	V1K1	1596,502				D	
1.0 1.0	V1K0	1222,89					E

b. Deuxième campagne agricole 2008/2009

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	5205418	23	226322,5				
VAR.FACTEUR 1	1388397	2	694198,4	57,313	0		
VAR.FACTEUR 2	3267229	1	3267229	269,74	0		
VAR.INTER F1*2	334464,3	2	167232,1	13,807	0,00044		
VAR.BLOCS	33640	3	11213,33	0,926	0,45408		
VAR.RESIDUELLE 1	181687,5	15	12112,5			110,057	6,18%

Test de Newman Keuls pour le facteur Potassium

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
3.0	K2	2098,524	A		
2.0	K1	1726,169		B	
1.0	K0	1516,95			C

Suite de l'annexe 12

Test de Newman Keuls pour le facteur Variété

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
2.0	V2	2149,512	A	
1.0	V1	1411,583		B

Test de Newman Keuls pour l'interaction des deux facteurs

F1 F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
3.0 2.0	V2K2	2327,385	A		
2.0 2.0	V2K1	2243,813	A		
1.0 2.0	V2K0	1877,338		B	
3.0 1.0	V1K2	1869,662		B	
2.0 1.0	V1K1	1208,525			C
1.0 1.0	V1K0	1156,563			C

c. Troisième Campagne agricole 2010/2011

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	7141247	23	310489				
VAR.FACTEUR 1	3426475	2	1713238	16,852	0,00017		
VAR.FACTEUR 2	1650602	1	1650602	16,236	0,00115		
VAR.INTER F1*2	258843	2	129421,5	1,273	0,30893		
VAR.BLOCS	280336,5	3	93445,5	0,919	0,45712		
VAR.RESIDUELLE 1	1524991	15	101666			318,851	12,44%

Test de Newman Keuls pour le facteur potassium

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
3.0	K2	2895	A	
2.0	K1	2761,25	A	
1.0	K0	2035		B

Test de Newman et Keuls pour le facteur variété

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
1.0	V1	2826	A	
2.0	V2	2301,5		B

Annexe 13

Tableau . Résultats de l'analyse de la variance par campagne agricole du nombre total de fruit par plant
a. Première campagne agricole 2006/2007

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	276,334	23	12,015				
VAR.FACTEUR 1	99,256	2	49,628	110,528	0		
VAR.FACTEUR 2	96,161	1	96,161	214,161	0		
VAR.INTER F1*2	73,946	2	36,973	82,343	0		
VAR.BLOCS	0,236	3	0,079	0,175	0,9112		
VAR.RESIDUELLE 1	6,735	15	0,449			0,67	4,03%

Test de Newman et Keuls pour le facteur potassium du poids total des fruits par plant

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
3.0	K2	19,292	A		
2.0	K1	16,176		B	
1.0	K0	14,369			C

Test de Newman Keuls pour le facteur variété du nombre total des fruits par plant

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
2.0	V2	18,614	A	
1.0	V1	14,611		B

Test de Newman Keuls pour l'interaction des deux facteurs

F1 F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES			
3.0 2.0	V2K2	20,75	A			
2.0 2.0	V2K1	20,548	A			
3.0 1.0	V1K2	17,835		B		
1.0 2.0	V2K0	14,545			C	
1.0 1.0	V1K0	14,193			C	
2.0 1.0	V1K1	11,805				D

b. Deuxième campagne agricole 2008/2009

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	5205418	23	226322,5				
VAR.FACTEUR 1	1388397	2	694198,4	57,313	0		
VAR.FACTEUR 2	3267229	1	3267229	269,74	0		
VAR.INTER F1*2	334464,3	2	167232,1	13,807	0,00044		
VAR.BLOCS	33640	3	11213,33	0,926	0,45408		
VAR.RESIDUELLE 1	181687,5	15	12112,5			110,057	6,18%

Test de Newman Keuls pour le facteur Potassium

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
3.0	K2	26,5	A		
2.0	K1	21		B	
1.0	K0	16,5			C

Suite de l'annexe 13

Test de Newman Keuls pour le facteur variété

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
1.0	V1	24,583	A	
2.0	V2	18,083	B	

Test de Newman Keuls pour l'interaction des deux facteurs pour le nombre total des fruits par plant

F1 F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES			
3.0 1.0	V1K2	32,25	A			
2.0 1.0	V1K1	24	B			
3.0 2.0	V2K2	20,75	C			
2.0 2.0	V2K1	18	C D			
1.0 1.0	V1K0	17,5	C D			
1.0 2.0	V2K0	15,5	D			

c. Troisième campagne agricole 2010/2011

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	819,333	23	35,623				
VAR.FACTEUR 1	401,333	2	200,667	45,263	0		
VAR.FACTEUR 2	253,5	1	253,5	57,18	0		
VAR.INTER F1*2	91	2	45,5	10,263	0,00163		
VAR.BLOCS	7	3	2,333	0,526	0,67402		
VAR.RESIDUELLE 1	66,5	15	4,433			2,106	9,87%

Test de Newman Keuls pour le facteur potassium

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
3.0	K2	32,25	A	
2.0	K1	27,5	B	
1.0	K0	25,375	B	

Test de Newman Keuls pour le facteur variété

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
1.0	Riogrande	38,333	A	
2.0	Aïcha	18,417	B	

Test de Newman Keuls pour l'interaction des deux facteurs

F1 F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
3.0 1.0	V1K2	44,25	A		
2.0 1.0	V1K1	37,25	B		
1.0 1.0	V1K0	33,5	B		
3.0 2.0	V2K2	20,25	C		
2.0 2.0	V2K1	17,75	C		
1.0 2.0	V2K0	17,25	C		

Annexe 14

Tableau Résultats de l'analyse de la variance par campagne agricole du calibre moyen d'un fruit par plant

a. Première campagne agricole 2006/2007

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	7,905	23	0,344				
VAR.FACTEUR 1	0,005	2	0,003	10,663	0,00139		
VAR.FACTEUR 2	1,166	1	1,166	4755,96	0		
VAR.INTER F1*2	6,73	2	3,365	13725,99	0		
VAR.BLOCS	0	3	0	0,607	0,62384		
VAR.RESIDUELLE 1	0,004	15	0			0,016	0,30%

Test de Newman Keuls pour le facteur variété

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
1.0	K0	5,259	A	
3.0	K2	5,256	A	
2.0	K1	5,226		B

Test de Newman Keuls pour le facteur variété

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
2.0	V2	5,467	A	
1.0	V1	5,027		B

Test de Newman Keuls pour l'interaction des deux facteurs

F1 F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES			
3.0 2.0	V2K2	5,9	A			
1.0 2.0	V2K0	5,802		B		
2.0 1.0	V1K1	5,753			C	
1.0 1.0	V1K0	4,715				D
2.0 2.0	V2K1	4,7				D
3.0 1.0	V1K2	4,613				E

b. Deuxième campagne agricole 2008/2009

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	17,596	23	0,765				
VAR.FACTEUR 1	0,342	2	0,171	0,535	0,60089		
VAR.FACTEUR 2	1,092	1	1,092	3,418	0,08131		
VAR.INTER F1*2	9,772	2	4,886	15,291	0,00027		
VAR.BLOCS	1,596	3	0,532	1,665	0,2163		
VAR.RESIDUELLE 1	4,793	15	0,32			0,565	10,62%

Test de Newman Keuls de l'interaction des deux facteurs

F1 F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
3.0 2.0	V2K2	6,138	A	
1.0 2.0	V2K0	6,002	A	
2.0 1.0	V1K1	5,84	A	
1.0 1.0	V1K0	4,8		B
3.0 1.0	V1K2	4,688		B
2.0 2.0	V2K1	4,468		B

Suite de l'annexe 14

c. Troisième campagne agricole 2010/2011

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	20,559	23	0,894				
VAR.FACTEUR 1	0,372	2	0,186	0,718	0,50753		
VAR.FACTEUR 2	12,98	1	12,98	50,103	0,00001		
VAR.INTER F1*2	2,386	2	1,193	4,606	0,0272		
VAR.BLOCS	0,935	3	0,312	1,203	0,34297		
VAR.RESIDUELLE 1	3,886	15	0,259			0,509	9,70%

Test de Newman Keuls pour le facteur variété

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
2.0	V2	5,985	A	
1.0	V1	4,514		B

Test de Newman Keuls pour l'interaction des deux facteurs sur le calibre moyen d'un fruit

F1 F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
2.0 2.0	V2K1	6,415	A		
1.0 2.0	V2K0	5,815	A	B	
3.0 2.0	V2K2	5,725	A	B	
1.0 1.0	V1K0	4,988		B	C
3.0 1.0	V1K2	4,468			C
2.0 1.0	V1K1	4,088			C

Annexe 15

Tableau Résultats de l'analyse de la variance par campagne agricole du rendement réel en fruits par hectare

a. Première campagne agricole 2006/2007

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	183529,6	23	7979,55				
VAR.FACTEUR 1	47723,55	2	23861,77	204,292	0		
VAR.FACTEUR 2	120108	1	120108	1028,303	0		
VAR.INTER F1*2	12021,51	2	6010,754	51,461	0		
VAR.BLOCS	1924,563	3	641,521	5,492	0,00956		
VAR.RESIDUELLE 1	1752,031	15	116,802			10,808	3,47%

Test de Newman Keuls pour le facteur potassium

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
3.0	K2	367,14	A		
2.0	K1	310,239		B	
1.0	K0	257,944			C

Test de Newman Keuls pour le facteur variété

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
2.0	V2	382,517	A	
1.0	V1	241,032		B

Test de Newman Keuls de l'interaction des deux facteurs

F1 F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES			
3.0 2.0	V2K2	430,07	A			
2.0 2.0	V2K1	411,45		B		
1.0 2.0	V2K0	306,03			C	
3.0 1.0	V1K2	304,21			C	
1.0 1.0	V1K0	209,858				D
2.0 1.0	V1K1	209,028				D

b. Deuxième campagne agricole 2008/2009

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	89769,22	23	3903,01				
VAR.FACTEUR 1	56046	2	28023	27,814	0,00001		
VAR.FACTEUR 2	4613,422	1	4613,422	4,579	0,04714		
VAR.INTER F1*2	5973,012	2	2986,506	2,964	0,08101		
VAR.BLOCS	8024,266	3	2674,755	2,655	0,08551		
VAR.RESIDUELLE 1	15112,52	15	1007,502			31,741	11,11%

Test de Newman Keuls du rendement réel en fruit pour le facteur potassium

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
3.0	K2	342,088	A		
2.0	K1	290,659		B	
1.0	K0	224,043			C

Test Newman Keuls du rendement réel en fruit pour le facteur variété

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
2.0	V2	299,461	A	
1.0	V1	271,732		B

Suite de l'Annexe 15

c. Troisième campagne agricole 2010/2011

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	74239,27	23	3227,794				
VAR.FACTEUR 1	35164,23	2	17582,11	15,594	0,00025		
VAR.FACTEUR 2	16639,48	1	16639,48	14,758	0,00166		
VAR.INTER F1*2	2710,82	2	1355,41	1,202	0,32864		
VAR.BLOCS	2812,242	3	937,414	0,831	0,49938		
VAR.RESIDUELLE 1	16912,5	15	1127,5			33,578	12,79%

Test de Newman Keuls pour le facteur potassium

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
3.0	K2	298,853	A	
2.0	K1	279,114	A	
1.0	K0	209,604		B

Test de Newman Keuls pour le facteur variété

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
2.0	V2	288,854	A	
1.0	V1	236,193		B

Annexe 16

Tableau Résultats de l'analyse de la variance par campagne agricole du rendement potentiel en fruits par hectare

a. Première campagne agricole 2006/2007

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	186191,7	23	8095,292				
VAR.FACTEUR 1	56216,43	2	28108,21	123,378	0		
VAR.FACTEUR 2	123476,1	1	123476,1	541,983	0		
VAR.INTER F1*2	2977,695	2	1488,848	6,535	0,00911		
VAR.BLOCS	104,172	3	34,724	0,152	0,9259		
VAR.RESIDUELLE 1	3417,344	15	227,823			15,094	4,32%

Test de Newman Keuls pour le facteur potassium

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
3.0	K2	404,941	A		
2.0	K1	356,339		B	
1.0	K0	286,998			C

Test de Newman Keuls pour le facteur variété

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
2.0	V2	421,153	A	
1.0	V1	277,698		B

Test de Newman Keuls pour l'interaction des deux facteurs

F1 F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES				
3.0 2.0	V2K2	472,36	A				
2.0 2.0	V2K1	443,343		B			
1.0 2.0	V2K0	347,758			C		
3.0 1.0	V1K2	337,523			C		
2.0 1.0	V1K1	269,335				D	
1.0 1.0	V1K0	226,238					E

b. Deuxième campagne agricole 2008/2009

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	325060,4	23	14133,06				
VAR.FACTEUR 1	86780,5	2	43390,25	57,383	0		
VAR.FACTEUR 2	204033	1	204033	269,833	0		
VAR.INTER F1*2	20818	2	10409	13,766	0,00044		
VAR.BLOCS	2086,719	3	695,573	0,92	0,45678		
VAR.RESIDUELLE 1	11342,19	15	756,146			27,498	6,18%

Test de Newman Keuls pour le facteur potassium

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
3.0	K2	524,608	A		
2.0	K1	431,458		B	
1.0	K0	379,221			C

Test de Newman Keuls pour le facteur variété

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
2.0	V2	537,298	A	
1.0	V1	352,893		B

Suite de l'Annexe 16

Test de Newman Keuls pour l'interaction des deux facteurs

F1 F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
3.0 2.0	V2K2	581,838	A		
2.0 2.0	V2K1	560,738	A		
1.0 2.0	V2K0	469,32		B	
3.0 1.0	V1K2	467,378		B	
2.0 1.0	V1K1	302,178			C
1.0 1.0	V1K0	289,123			C

c. Troisième campagne agricole 2010/2011

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	459222,2	23	19966,18				
VAR.FACTEUR 1	218302,6	2	109151,3	16,104	0,00021		
VAR.FACTEUR 2	106481,3	1	106481,3	15,71	0,00131		
VAR.INTER F1*2	15201,98	2	7600,992	1,121	0,35282		
VAR.BLOCS	17568,59	3	5856,198	0,864	0,48326		
VAR.RESIDUELLE 1	101667,8	15	6777,85			82,328	12,82%

Test de Newman Keuls pour le facteur potassium

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
3.0	K2	726,838	A	
2.0	K1	690,283	A	
1.0	K0	508,736		B

Test de Newman Keuls pour le facteur variété

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
1.0	V1	708,561	A	
2.0	V2	575,343		B

Annexe 17

Tableau . Résultats de l'analyse de la variance par campagne agricole du pH du jus de la tomate

a. Première campagne agricole 2006/2007

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	0,191	23	0,008				
VAR.FACTEUR 1	0,101	2	0,05	26,432	0,00002		
VAR.FACTEUR 2	0,049	1	0,049	25,461	0,00017		
VAR.INTER F1*2	0,007	2	0,003	1,788	0,20006		
VAR.BLOCS	0,006	3	0,002	0,972	0,43324		
VAR.RESIDUELLE 1	0,029	15	0,002			0,044	1,07%

Test de Newman Keuls pour le facteur potassium

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
1.0	K0	4,153	A	
2.0	K1	4,069		B
3.0	K2	3,994		C

Test de Newman Keuls pour le facteur variété

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
1.0	V1	4,117	A	
2.0	V2	4,027		B

b. Deuxième campagne agricole 2008/2009

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	0,264	23	0,011				
VAR.FACTEUR 1	0,025	2	0,012	5,014	0,02125		
VAR.FACTEUR 2	0,135	1	0,135	54,462	0		
VAR.INTER F1*2	0,049	2	0,024	9,868	0,00192		
VAR.BLOCS	0,018	3	0,006	2,396	0,10803		
VAR.RESIDUELLE 1	0,037	15	0,002			0,05	1,23%

Test de Newman et Keuls pour le facteur Potassium

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
1.0	K0	4,103	A	
2.0	K1	4,066	A	B
3.0	K2	4,024		B

Test de Newman Keuls pour le facteur variété

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
1.0	V1	4,139	A	
2.0	V2	3,989		B

Test de Newman Keuls pour l'interaction des deux facteurs

F1 F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
1.0 1.0	V1K0	4,193	A	
2.0 1.0	V1K1	4,188	A	
3.0 1.0	V1K2	4,038		B
1.0 2.0	V2K0	4,013		B
3.0 2.0	V2K2	4,01		B
2.0 2.0	V2K1	3,945		B

Suite de l'annexe 17

c. Troisième campagne agricole 2010/2011

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	0,02	23	0,001				
VAR.FACTEUR 1	0,005	1	0,005	483,715	0		
VAR.FACTEUR 2	0,008	2	0,004	353,826	0		
VAR.INTER F1*2	0,007	2	0,003	300,128	0		
VAR.BLOCS	0	3	0	0,972	0,43317		
VAR.RESIDUELLE 1	0	15	0			0,003	8,43%

Test de Newman Keuls pour le facteur potassium

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
2.0	K1	3,983	A		
1.0	K0	3,973		B	
3.0	K2	3,94			C

Test de Newman Keuls pour le facteur variété

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
1.0	V1	3,98	A	
2.0	V2	3,95		B

Test de Newman Keuls pour l'interaction des deux facteurs

F1 F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES					
1.0 1.0	V1 K0	4,005	A					
2.0 2.0	V2 K1	3,99		B				
1.0 2.0	V1 K1	3,975			C			
1.0 3.0	V1 K2	3,96				D		
2.0 1.0	V2 K0	3,94					E	
2.0 3.0	V2 K2	3,92						F

Annexe 18

Tableau Résultats de l'analyse de la variance par campagne agricole de l'indice refractometrique du jus de tomate

a. Première campagne agricole 2006/2007

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	7,76	23	0,337				
VAR.FACTEUR 1	3,156	2	1,578	29,85	0,00001		
VAR.FACTEUR 2	3,154	1	3,154	59,661	0		
VAR.INTER F1*2	0,573	2	0,286	5,415	0,01682		
VAR.BLOCS	0,085	3	0,028	0,533	0,66952		
VAR.RESIDUELLE 1	0,793	15	0,053			0,23	4,32%

Test de Newman Keuls pour le facteur potassium

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
3.0	K2	5,775	A		
2.0	K1	5,3		B	
1.0	K0	4,888			C

Test de Newman Keuls pour le facteur variété

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
2.0	V2	5,683	A	
1.0	V1	4,958		B

Test de Newman Keuls pour l'interaction des deux facteurs étudiés

F1 F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES			
3.0 2.0	V2K2	5,925	A			
2.0 2.0	V2K1	5,725	A	B		
3.0 1.0	V1K2	5,625	A	B		
1.0 2.0	V2K0	5,4		B		
2.0 1.0	V1K1	4,875			C	
1.0 1.0	V1K0	4,375				D

b. Deuxième campagne agricole 2008/2009

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	6,906	23	0,3				
VAR.FACTEUR 1	0,25	2	0,125	1,161	0,34064		
VAR.FACTEUR 2	2,344	1	2,344	21,774	0,00034		
VAR.INTER F1*2	1,75	2	0,875	8,129	0,00414		
VAR.BLOCS	0,948	3	0,316	2,935	0,06684		
VAR.RESIDUELLE 1	1,615	15	0,108			0,328	6,32%

Test de Newman Keuls pour le facteur variété

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
2.0	V2	5,5	A	
1.0	V1	4,875		B

Suite de l'annexe 18

Test de Newman Keuls pour l'interaction des deux facteurs étudiés

F1 F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
2.0 2.0	V2K1	6	A		
3.0 2.0	V2K2	5,375	B		
1.0 2.0	V2K0	5,125	B C		
3.0 1.0	V1K2	5	B C		
1.0 1.0	V1K0	5	B C		
2.0 1.0	V1K1	4,625	C		

c. Troisième campagne agricole 2010/2011

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	6,25	23	0,272				
VAR.FACTEUR 1	2,297	2	1,148	12,82	0,00062		
VAR.FACTEUR 2	0,844	1	0,844	9,419	0,00763		
VAR.INTER F1*2	0,203	2	0,102	1,134	0,34901		
VAR.BLOCS	1,563	3	0,521	5,814	0,00774		
VAR.RESIDUELLE 1	1,344	15	0,09			0,299	5,84%

Test de Newman Keuls pour le facteur potassium

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
3.0	K2	5,563	A	
1.0	K0	4,906	B	
2.0	K1	4,906	B	

Test de Newman Keuls pour le facteur variété

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
1.0	V1	5,313	A	
2.0	V2	4,938	B	

Annexe 19

Tableau Résultats de l'analyse de la variance par campagne agricole de l'acidité du jus de la tomate

a. Première campagne agricole 2006/2007

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	0,02	23	0,001				
VAR.FACTEUR 1	0,015	2	0,008	116,95	0		
VAR.FACTEUR 2	0,003	1	0,003	40,585	0,00002		
VAR.INTER F1*2	0,001	2	0,001	8,636	0,00328		
VAR.BLOCS	0	3	0	2,143	0,13661		
VAR.RESIDUELLE 1	0,001	15	0			0,008	2,02%

Test de Newman Keuls l'acidité du jus pour le facteur potassium

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
3.0	K2	0,428	A		
2.0	K1	0,398		B	
1.0	K0	0,366			C

Test de Newman Keuls de l'acidité du jus pour le facteur variété

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
2.0	V2	0,408	A	
1.0	V1	0,387		B

Test de Newman Keuls pour l'interaction des deux facteurs sur l'acidité du jus

F1 F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES			
3.0 2.0	V2K2	0,445	A			
2.0 2.0	V2K1	0,41		B		
3.0 1.0	V1K2	0,41		B		
2.0 1.0	V1K1	0,385			C	
1.0 2.0	V2K0	0,368				D
1.0 1.0	V1K0	0,365				D

b. Deuxième campagne agricole 2008/2009

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	0,03	23	0,001				
VAR.FACTEUR 1	0,004	2	0,002	21,157	0,00005		
VAR.FACTEUR 2	0,022	1	0,022	260,376	0		
VAR.INTER F1*2	0,002	2	0,001	12,655	0,00065		
VAR.BLOCS	0,001	3	0	3,306	0,04881		
VAR.RESIDUELLE 1	0,001	15	0			0,009	2,27%

Test de Newman Keuls du facteur potassium

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
3.0	K2	0,423	A		
2.0	K1	0,406		B	
1.0	K0	0,393			C

Test de Newman Keuls pour le facteur variété

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
2.0	V2	0,438	A	
1.0	V1	0,377		B

Suite de l'annexe 19

Test de Newman Keuls pour l'interaction des deux facteurs de l'acidité du jus de tomate

F1 F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES			
2.0 2.0	V2K1	0,45	A			
3.0 2.0	V2K2	0,448	A			
1.0 2.0	V2K0	0,415		B		
3.0 1.0	V1K2	0,398			C	
1.0 1.0	V1K0	0,37				D
2.0 1.0	V1K1	0,363				D

c. Troisième campagne agricole 2010/2011

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	0,027	23	0,001				
VAR.FACTEUR 1	0,015	2	0,008	28,898	0,00001		
VAR.FACTEUR 2	0	1	0	0,016	0,89647		
VAR.INTER F1*2	0,006	2	0,003	12,38	0,00072		
VAR.BLOCS	0,001	3	0	1,422	0,27525		
VAR.RESIDUELLE 1	0,004	15	0			0,016	4,10%

Test de Newman Keuls du facteur potassium

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES			
3.0	K2	0,428	A			
2.0	K1	0,386		B		
1.0	K0	0,368			C	

Test de Newman Keuls de l'interaction des deux facteurs

F1 F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES			
3.0 1.0	V1K2	0,45	A			
3.0 2.0	V2K2	0,405		B		
2.0 2.0	V2K1	0,395		B		
1.0 2.0	V2K0	0,383		B		
2.0 1.0	V1K1	0,378		B		
1.0 1.0	V1K0	0,353			C	

Annexe 20

Tableau . Résultats de l'analyse de la variance par campagne agricole de la teneur en vitamine C du jus de tomate.

a. Première campagne agricole 2006/2007

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	35,254	23	1,533				
VAR.FACTEUR 1	12,699	2	6,349	2852,704	0		
VAR.FACTEUR 2	3,382	1	3,382	1519,711	0		
VAR.INTER F1*2	19,125	2	9,562	4296,255	0		
VAR.BLOCS	0,015	3	0,005	2,222	0,12683		
VAR.RESIDUELLE 1	0,033	15	0,002			0,047	0,27%

Test de Newman Keuls pour le facteur potassium

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
3.0	K2	18,17	A		
2.0	K1	17,01		B	
1.0	K0	16,419			C

Test de Newman Keuls pour le facteur variété

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
2.0	V2	17,575	A	
1.0	V1	16,824		B

Test de Newman Keuls pour l'interaction des deux facteurs

F1 F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES						
2.0 2.0	V2K1	18,648	A						
3.0 1.0	V1K2	18,4		B					
3.0 2.0	V2K2	17,94			C				
1.0 1.0	V1K0	16,7				D			
1.0 2.0	V2K0	16,138					E		
2.0 1.0	V1K1	15,373							F

b. Deuxième campagne agricole 2008/2009

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	224,574	23	9,764				
VAR.FACTEUR 1	54,8	2	27,4	142,501	0		
VAR.FACTEUR 2	155,194	1	155,194	807,126	0		
VAR.INTER F1*2	11,507	2	5,754	29,924	0,00001		
VAR.BLOCS	0,188	3	0,063	0,326	0,80811		
VAR.RESIDUELLE 1	2,884	15	0,192			0,438	2,32%

Test de Newman Keuls pour le facteur potassium

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
3.0	K2	20,255	A		
2.0	K1	19,621		B	
1.0	K0	16,78			C

Test de Newman Keuls pour le facteur variété

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
2.0	V2	21,428	A	
1.0	V1	16,343		B

Suite de l'annexe 20

Test de Newman Keuls pour l'interaction des deux facteurs sur la teneur en vitamine C du jus de tomate

F1 F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES			
2.0 2.0	V2K1	23,13	A			
3.0 2.0	V2K2	22,455		B		
1.0 2.0	V2K0	18,7			C	
3.0 1.0	V1K2	18,055			C	
2.0 1.0	V1K1	16,113				D
1.0 1.0	V1K0	14,86				E

c. Troisième campagne agricole 2010/2011

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	400,855	23	17,428				
VAR.FACTEUR 1	346,528	2	173,264	452,408	0		
VAR.FACTEUR 2	33,963	1	33,963	88,68	0		
VAR.INTER F1*2	13,295	2	6,648	17,357	0,00015		
VAR.BLOCS	1,325	3	0,442	1,153	0,36079		
VAR.RESIDUELLE 1	5,745	15	0,383			0,619	2,85%

Test de Newman Keuls pour le facteur potassium

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
3.0	K2	26,838	A		
2.0	K1	20,663		B	
1.0	K0	17,719			C

Test de Newman Keuls pour le facteur variété

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
1.0	V1	22,929	A	
2.0	V2	20,55		B

Test de Newman Keuls pour l'interaction des deux facteurs

F1 F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES			
3.0 1.0	V1K2	28,9	A			
3.0 2.0	V2K2	24,775		B		
2.0 1.0	V1K1	21,925			C	
2.0 2.0	V2K1	19,4				D
1.0 1.0	V1K0	17,963				E
1.0 2.0	V2K0	17,475				E

Annexe 21

Tableau . Résultats de l'analyse de la variance de la teneur en sucres totaux du fruit de la tomate au cours de la campagne 2008 2009.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	254,475	23	11,064				
VAR.FACTEUR 1	106,806	2	53,403	984,684	0		
VAR.FACTEUR 2	126,822	1	126,822	2338,434	0		
VAR.INTER F1*2	19,944	2	9,972	183,872	0		
VAR.BLOCS	0,089	3	0,03	0,546	0,6618		
VAR.RESIDUELLE 1	0,814	15	0,054			0,233	1,37%

Test de Newman Keuls pour le facteur potassium

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
3.0	K2	19,851	A		
2.0	K1	16,508		B	
1.0	K0	14,768			C

Test de Newman Keuls pour le facteur variété

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
2.0	V2	19,341	A	
1.0	V1	14,743		B

Test de Newman keuls pour l'interaction des deux facteurs

F1 F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES				
3.0 2.0	V2K2	23,41	A				
2.0 2.0	V2K1	18,413		B			
3.0 1.0	V1K2	16,292			C		
1.0 2.0	V2K0	16,2			C		
2.0 1.0	V1K1	14,603				D	
1.0 1.0	V1K0	13,335					E

Annexe 22

Tableau Résultats de l'analyse de la variance de la teneur en sucres réducteurs du jus de la tomate au cours de la campagne agricole 2008 /2009.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	132,681	23	5,769				
VAR.FACTEUR 1	30,749	2	15,374	237,491	0		
VAR.FACTEUR 2	72,35	1	72,35	1117,593	0		
VAR.INTER F1*2	28,41	2	14,205	219,423	0		
VAR.BLOCS	0,202	3	0,067	1,04	0,40463		
VAR.RESIDUELLE 1	0,971	15	0,065			0,254	2,61%

Test de Newman Keuls pour le facteur potassium

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
3.0	K2	11,3	A		
2.0	K1	9,359		B	
1.0	K0	8,615			C

Test de Newman Keuls pour le facteur variété

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
2.0	V2	11,494	A	
1.0	V1	8,022		B

Test de Newman Keuls pour l'interaction des deux facteurs étudiés

F1 F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES			
3.0 2.0	V2K2	11,7	A			
1.0 2.0	V2K0	11,68	A			
2.0 2.0	V2K1	11,103		B		
3.0 1.0	V1K2	10,9		B		
2.0 1.0	V1K1	7,615			C	
1.0 1.0	V1K0	5,55				D

Annexe 23

Tableau 1. Résultats de l'analyse de la variance par campagne agricole de la teneur en β -carotène du jus de tomate

a. Première campagne agricole 2006 2007

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	1,116	23	0,049				
VAR.FACTEUR 1	0,437	2	0,219	11,95	0,00084		
VAR.FACTEUR 2	0	1	0	0,023	0,87685		
VAR.INTER F1*2	0,356	2	0,178	9,719	0,00204		
VAR.BLOCS	0,048	3	0,016	0,872	0,47916		
VAR.RESIDUELLE 1	0,275	15	0,018			0,135	3,91%

Test de newman Keuls pour le facteur potassium

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
2.0	K1	3,588	A	
3.0	K2	3,525	A	
1.0	K0	3,275		B

Test de Newman Keuls pour l'interaction des deux facteurs

F1 F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
3.0 1.0	V1K2	3,7	A		
2.0 2.0	V2K1	3,65	A		
2.0 1.0	V1K1	3,525	A	B	
1.0 2.0	V2K0	3,375		B	C
3.0 2.0	V2K2	3,35		B	C
1.0 1.0	V1K0	3,175			C

b. Deuxième campagne agricole 2008 2009

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	9,423	23	0,41				
VAR.FACTEUR 1	1,685	2	0,843	7,864	0,00469		
VAR.FACTEUR 2	0,346	1	0,346	3,233	0,08923		
VAR.INTER F1*2	4,934	2	2,467	23,024	0,00003		
VAR.BLOCS	0,85	3	0,283	2,645	0,08625		
VAR.RESIDUELLE 1	1,607	15	0,107			0,327	17,89%

Test de Newman pour le facteur potassium

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
3.0	K2	2,116	A	
1.0	K0	1,897	A	
2.0	K1	1,478		B

Test de Newman Keuls pour l'interaction des deux facteurs

F1 F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
1.0 1.0	V1K0	2,461	A		
3.0 1.0	V1K2	2,415	A		
2.0 2.0	V2K1	1,98	A		
3.0 2.0	V2K2	1,818	A	B	
1.0 2.0	V2K0	1,333		B	C
2.0 1.0	V1K1	0,975			C

Suite de l'annexe 23

c. Troisième campagne agricole 2010 2011

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	1,216	23	0,053				
VAR.FACTEUR 1	1,063	2	0,531	1410,211	0		
VAR.FACTEUR 2	0,017	1	0,017	45,43	0,00001		
VAR.INTER F1*2	0,128	2	0,064	169,743	0		
VAR.BLOCS	0,002	3	0,001	1,595	0,23163		
VAR.RESIDUELLE 1	0,006	15	0			0,019	0,56%

Test de Newman Keuls pour le facteur potassium

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
2.0	K1	3,661	A		
1.0	K0	3,55		B	
3.0	K2	3,17			C

Test de Newman Keuls pour le facteur variété

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
2.0	V2	3,487	A	
1.0	V1	3,434		B

Test de Newman Keuls pour l'interaction des deux facteurs

F1 F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES				
2.0 2.0	V2K1	3,665	A				
2.0 1.0	V1K1	3,658	A				
1.0 1.0	V1K0	3,599		B			
1.0 2.0	V2K0	3,501			C		
3.0 2.0	V2K2	3,295				D	
3.0 1.0	V1K2	3,044					E

Annexe 24

Tableau Résultats de l'analyse de la variance de la teneur en lycopène du jus de tomate

a. Première campagne agricole 2006 2007

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	1091,036	23	47,436				
VAR.FACTEUR 1	280,365	2	140,182	155,922	0		
VAR.FACTEUR 2	779,532	1	779,532	867,056	0		
VAR.INTER F1*2	13,662	2	6,831	7,598	0,00533		
VAR.BLOCS	3,992	3	1,331	1,48	0,25965		
VAR.RESIDUELLE 1	13,486	15	0,899			0,948	1,87%

Test de Newman Keuls pour le facteur potassium

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
3.0	K2	54,725	A		
2.0	K1	50,89		B	
1.0	K0	46,363			C

Test de Newman Keuls pour le facteur variété

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
2.0	V2	56,358	A	
1.0	V1	44,96		B

Test de Newman Keuls pour l'interaction des deux facteurs

F1 F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES					
3.0 2.0	K2 V2	60,45	A					
2.0 2.0	K1 V2	57,5		B				
1.0 2.0	K0 V2	51,125			C			
3.0 1.0	K2V1	49				D		
2.0 1.0	K1V1	44,28					E	
1.0 1.0	K0 V1	41,6						F

b. Deuxième campagne agricole 2008 2009

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	1496,973	23	65,086				
VAR.FACTEUR 1	276,799	2	138,399	59,448	0		
VAR.FACTEUR 2	1147,198	1	1147,198	492,769	0		
VAR.INTER F1*2	24,309	2	12,155	5,221	0,01882		
VAR.BLOCS	13,745	3	4,582	1,968	0,16123		
VAR.RESIDUELLE 1	34,921	15	2,328			1,526	3,14%

Test de Newman Keuls pour le facteur potassium

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
3.0	K2	52,836	A		
2.0	K1	48,433		B	
1.0	K0	44,523			C

Test de Newman Keuls pour le facteur variété

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
2.0	V2	55,511	A	
1.0	V1	41,683		B

Suite de l'annexe 24

Test de Newman Keuls de l'interaction des deux facteurs

F1 F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES			
3.0 2.0	K2 V2	59,843	A			
2.0 2.0	K1 V2	54,07		B		
1.0 2.0	K0 V2	52,62		B		
3.0 1.0	K2 V1	45,83			C	
2.0 1.0	K1 V1	42,795				D
1.0 1.0	K0 V1	36,425				E

c. Troisième campagne agricole 2010 2011

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	13,153	23	0,572				
VAR.FACTEUR 1	13,095	2	6,548	18406,53	0		
VAR.FACTEUR 2	0,051	1	0,051	142,201	0		
VAR.INTER F1*2	0,002	2	0,001	2,579	0,10753		
VAR.BLOCS	0	3	0	0,233	0,87229		
VAR.RESIDUELLE 1	0,005	15	0			0,019	0,37%

Test de Newman Keuls du facteur variété

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
2.0	V2	5,084	A	
1.0	V1	4,992		B

Test de Newman Keuls du facteur potassium

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
3.0	K2	5,964	A		
2.0	K1	4,994		B	
1.0	K0	4,156			C

Annexe25

Tableau. Résultats de l'Analyse de la variance du diamètre de la tige principale

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	4,957	23	0,216				
VAR.FACTEUR 1	0,232	2	0,116	0,538	0,59933		
VAR.FACTEUR 2	0,222	1	0,222	1,03	0,32784		
VAR.INTER F1*2	0,565	2	0,283	1,312	0,29869		
VAR.BLOCS	0,707	3	0,236	1,094	0,38288		
VAR.RESIDUELLE 1	3,231	15	0,215			0,464	3,30%

Tableau. Résultats de l'Analyse de la variance de la hauteur de la tige principale

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	426,525	23	18,545				
VAR.FACTEUR 1	38,423	2	19,211	20,89	0,00006		
VAR.FACTEUR 2	11,821	1	11,821	12,854	0,00274		
VAR.INTER F1*2	360,256	2	180,128	195,87	0		
VAR.BLOCS	2,231	3	0,744	0,809	0,5109		
VAR.RESIDUELLE 1	13,794	15	0,92			0,959	1,81%

Test de Newman Keuls pour le facteur potassium

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
1.0	K0	54,185	A	
3.0	K2	53,595	A	
2.0	K1	51,255		B

Test de Newman Keuls pour le facteur variété

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
1.0	Riogrande	53,713	A	
2.0	Aicha	52,309		B

Test de Newman Keuls de l'interaction des deux facteurs

F1 F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
3.0 1.0	V1K2	59,136	A		
2.0 2.0	V2K1	55,198		B	
1.0 1.0	V1K0	54,692		B	
1.0 2.0	V2K0	53,677		B	
3.0 2.0	V2K2	48,053			C
2.0 1.0	V1K1	47,312			C

Annexe26

Tableau. Résultats de l'Analyse de la variance du nombre de tiges par plant

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	19,393	23	0,843				
VAR.FACTEUR 1	1,037	2	0,518	1,093	0,36171		
VAR.FACTEUR 2	0,118	1	0,118	0,249	0,6297		
VAR.INTER F1*2	9,972	2	4,986	10,517	0,00147		
VAR.BLOCS	1,154	3	0,385	0,812	0,50937		
VAR.RESIDUELLE 1	7,111	15	0,474			0,689	5,75%

Test de Newman Keuls de l'interaction des deux facteurs

F1 F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
1.0 1.0	K0 V1	12,751	A	
2.0 2.0	K1 V2	12,709	A	
3.0 1.0	K2 V1	12,351	A	B
1.0 2.0	K0 V2	11,776	A	B
3.0 2.0	K2 V2	11,224		B
2.0 1.0	K1 V1	11,028		B

Tableau. Résultats de l'Analyse de la variance de la Surface foliaire totale du plant

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	3910603	23	170026,2				
VAR.FACTEUR 1	1214530	2	607264,8	255,259	0		
VAR.FACTEUR 2	2238300	1	2238300	940,851	0		
VAR.INTER F1*2	374436,3	2	187218,1	78,696	0		
VAR.BLOCS	47652	3	15884	6,677	0,00451		
VAR.RESIDUELLE 1	35685,25	15	2379,017			48,775	2,57%

Test de Newman Keuls du facteur potassium

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
3.0	K2	2168,575	A		
2.0	K1	1913,315		B	
1.0	K0	1618,032			C

Test de Newman Keuls du facteur variété

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
2.0	V2	2205,363	A	
1.0	V1	1594,585		B

Test de Newman Keuls de l'interaction des deux facteurs

F1 F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES			
3.0 2.0	K2 V2	2594,028	A			
2.0 2.0	K1 V2	2270,881		B		
1.0 2.0	K0 V2	1751,18			C	
3.0 1.0	K2 V1	1743,122			C	
2.0 1.0	K1V1	1555,749				D
1.0 1.0	K0 V1	1484,883				D

Annexe27

Tableau. Résultats de l'Analyse de la variance de la Matière sèche totale du plant

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	3900,783	23	169,599				
VAR.FACTEUR 1	499,56	2	249,78	368,472	0		
VAR.FACTEUR 2	12,465	1	12,465	18,388	0,0007		
VAR.INTER F1*2	3371,977	2	1685,988	2487,146	0		
VAR.BLOCS	6,614	3	2,205	3,252	0,05105		
VAR.RESIDUELLE 1	10,168	15	0,678			0,823	1,33%

Test de Newman Keuls du facteur potassium

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
3.0	K2	68,038	A		
1.0	K0	60,375		B	
2.0	K1	57,162			C

Test de Newman Keuls du facteur variété

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
2.0	V2	62,579	A	
1.0	V1	61,138		B

Test de Newman Keuls de l'interaction des deux facteurs

F1 F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES						
3.0 1.0	K2 V1	82,443	A						
1.0 2.0	K0 V2	74,916		B					
2.0 2.0	K1 V2	59,188			C				
2.0 1.0	K1 V1	55,137				D			
3.0 2.0	K2 V2	53,633					E		
1.0 1.0	K0 V1	45,833							F

Annexe28

Tableau. Résultats de l'Analyse de la variance du nombre total de bouquet par plant

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	573,976	23	24,955				
VAR.FACTEUR 1	17,026	2	8,513	3,245	0,06635		
VAR.FACTEUR 2	408,924	1	408,924	155,89	0		
VAR.INTER F1*2	97,489	2	48,744	18,582	0,0001		
VAR.BLOCS	11,19	3	3,73	1,422	0,2752		
VAR.RESIDUELLE 1	39,347	15	2,623			1,62	3,33%

Test de Newman Keuls pour le facteur potassium

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
2.0	V2	52,744	A	
1.0	V1	44,489		B

Test de Newman Keuls pour l'interaction des facteurs

F1 F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES			
2.0 2.0	K1 V2	56,103	A			
1.0 2.0	K0 V2	52,333		B		
3.0 2.0	K2 V2	49,796			C	
1.0 1.0	K0 V1	46,203				D
3.0 1.0	K2 V1	45,058				D
2.0 1.0	K1 V1	42,204				E

Tableau. Résultats de l'Analyse de la variance du nombre de fleurs par bouquet

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	3,402	23	0,148				
VAR.FACTEUR 1	0,735	2	0,368	4,967	0,02186		
VAR.FACTEUR 2	0,066	1	0,066	0,889	0,36329		
VAR.INTER F1*2	1,41	2	0,705	9,527	0,00221		
VAR.BLOCS	0,08	3	0,027	0,361	0,78422		
VAR.RESIDUELLE 1	1,11	15	0,074			0,272	5,68%

Test de Newman Keuls du facteur potassium

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
3.0	K2	5,034	A	
2.0	K1	4,716		B
1.0	K0	4,626		B

Test de Newman Keuls de l'interaction des deux facteurs

F1 F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
3.0 2.0	K2 V2	5,085	A	
1.0 1.0	K0 V1	5,013	A	
3.0 1.0	K2 V1	4,983	A	
2.0 2.0	K1 V2	4,895	A	
2.0 1.0	K1V1	4,537	A	B
1.0 2.0	K0 V2	4,239		B

Annexe29

Tableau. Résultats de l'Analyse de la variance du nombre total de fleurs par plant

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	20553,55	23	893,633				
VAR.FACTEUR 1	1244,168	2	622,084	2,106	0,15486		
VAR.FACTEUR 2	7917,639	1	7917,639	26,8	0,00013		
VAR.INTER F1*2	6455,629	2	3227,814	10,926	0,00125		
VAR.BLOCS	504,584	3	168,195	0,569	0,64689		
VAR.RESIDUELLE 1	4431,535	15	295,436			17,188	7,24%

Test de Newman Keuls du facteur variété

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
2.0	V2	255,469	A	
1.0	V1	219,143	B	

Test de Newman Keuls de l'interaction des deux facteurs

F1 F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
2.0 2.0	K1 V2	271,708	A	
3.0 2.0	K2 V2	268,001	A	
1.0 1.0	K0 V1	233,044	B	
1.0 2.0	K0 V2	226,7	B	
3.0 1.0	K2V1	226,098	B	
2.0 1.0	K1 V1	198,288	B	

Tableau. Résultats de l'Analyse de la variance du nombre de fleurs avortées

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	19765,91	23	859,388				
VAR.FACTEUR 1	1431,217	2	715,608	3,085	0,07431		
VAR.FACTEUR 2	8306,522	1	8306,522	35,808	0,00003		
VAR.INTER F1*2	5832,064	2	2916,032	12,571	0,00067		
VAR.BLOCS	716,547	3	238,849	1,03	0,40876		
VAR.RESIDUELLE 1	3479,563	15	231,971			15,231	6,97%

Test de Newman Keuls pour le facteur variété

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
2.0	V2	237	A	
1.0	V1	199,792	B	

F1 F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
3.0 2.0	K2 V2	251,583	A		
2.0 2.0	K1 V2	248,333	A		
1.0 1.0	K0 V1	215,194	B		
1.0 2.0	K0 V2	211,085	B		
3.0 1.0	K2 V1	207,047	B		
2.0 1.0	K1 V1	177,136	C		

Annexe30

Tableau. Résultats de l'Analyse de la variance du taux de nouaison

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	72,996	23	3,174				
VAR.FACTEUR 1	4,753	2	2,377	3,808	0,04526		
VAR.FACTEUR 2	38,939	1	38,939	62,382	0		
VAR.INTER F1*2	18,911	2	9,455	15,148	0,00028		
VAR.BLOCS	1,03	3	0,343	0,55	0,65893		
VAR.RESIDUELLE 1	9,363	15	0,624			0,79	6,82%

Test de Newman Keuls pour le facteur variété

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
2.0	V2	12,86	A	
1.0	V1	10,313		B

Test de Newman Keuls pour le facteur potassium

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES
1.0	K0	12,21	A
2.0	K1	11,349	A
3.0	K2	11,2	A

Test de Newman Keuls de l'interaction des deux facteurs

F1 F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
1.0 2.0	K0 V2	14,438	A		
3.0 2.0	K2 V2	12,704		B	
2.0 2.0	K1 V2	11,439		B	
2.0 1.0	K1 V1	11,259		B	
1.0 1.0	K0 V1	9,982			C
3.0 1.0	K2 V1	9,697			C

Annexe 31

Tableau. Résultats de l'Analyse de la variance du poids moyen d'un fruit

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	6628,184	23	288,182				
VAR.FACTEUR 1	1188,427	2	594,214	31,725	0,00001		
VAR.FACTEUR 2	678,9	1	678,9	36,247	0,00003		
VAR.INTER F1*2	4412,047	2	2206,023	117,781	0		
VAR.BLOCS	67,861	3	22,62	1,208	0,34135		
VAR.RESIDUELLE 1	280,949	15	18,73			4,328	4,85%

Test de Newman Keuls du facteur potassium

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
3.0	K2	98,161	A		
2.0	K1	88,73		B	
1.0	K0	80,95			C

Test de Newman Keuls du facteur variété

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
2.0	V2	94,599	A	
1.0	V1	83,962		B

Test de Newman Keuls sur l'interaction des deux facteurs

F1 F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES				
3.0 2.0	K2 V2	112,63	A				
2.0 1.0	K1 V1	102,579		B			
1.0 2.0	K0 V2	96,287		B			
3.0 1.0	K2 V1	83,692			C		
2.0 2.0	K1 V2	74,88				D	
1.0 1.0	K0 V1	65,614					E

Annexe32

Tableau Résultats de l'analyse de la variance du poids total des fruits par plant

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	1630045	23	70871,52				
VAR.FACTEUR 1	390799,3	2	195399,6	19,714	0,00008		
VAR.FACTEUR 2	982615,3	1	982615,3	99,139	0		
VAR.INTER F1*2	83063,69	2	41531,84	4,19	0,03529		
VAR.BLOCS	24894,38	3	8298,125	0,837	0,49647		
VAR.RESIDUELLE 1	148672,4	15	9911,491			99,556	5,03%

Test de Newman Keuls du facteur potassium

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
3.0	K2	2128,886	A		
2.0	K1	1993,662		B	
1.0	K0	1817,223			C

Test de Newman Keuls du facteur variété

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
2.0	V2	2182,266	A	
1.0	V1	1777,582		B

Test de Newman Keuls de l'interaction des deux facteurs

F1 F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES			
3.0 2.0	V2K2	2266,096	A			
2.0 2.0	V2K1	2183,739	A			
1.0 2.0	V2K0	2096,962	A	B		
3.0 1.0	V1K2	1991,676		B		
2.0 1.0	V1K1	1803,585			C	
1.0 1.0	V1K0	1537,484				D

Annexe 33

Tableau Résultats de l'analyse de la variance du nombre total de fruits par plant

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	605,218	23	26,314				
VAR.FACTEUR 1	46,629	2	23,314	18,28	0,00011		
VAR.FACTEUR 2	53,362	1	53,362	41,839	0,00001		
VAR.INTER F1*2	484,347	2	242,173	189,88	0		
VAR.BLOCS	1,75	3	0,583	0,457	0,71893		
VAR.RESIDUELLE 1	19,131	15	1,275			1,129	5,11%

Test de Newman Keuls du facteur potassium

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
2.0	K1	23,605	A	
3.0	K2	22,467	A	
1.0	K0	20,248		B

Test de Newman Keuls du facteur Variété

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
2.0	V2	23,598	A	
1.0	V1	20,616		B

Test de Newman Keuls de l'interaction des deux facteurs

F1 F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES				
2.0 2.0	V2K1	31,445	A				
3.0 1.0	V1K2	24,352		B			
1.0 1.0	V1K0	21,731			C		
3.0 2.0	V2K2	20,583			C		
1.0 2.0	V2K0	18,766				D	
2.0 1.0	V1K1	15,765					E

Annexe34

Tableau Résultats de l'analyse de la variance du calibre moyen d'un fruit par plant

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	6,469	23	0,281				
VAR.FACTEUR 1	1,424	2	0,712	9,015	0,00277		
VAR.FACTEUR 2	0,001	1	0,001	0,007	0,93327		
VAR.INTER F1*2	3,401	2	1,7	21,524	0,00005		
VAR.BLOCS	0,458	3	0,153	1,933	0,1667		
VAR.RESIDUELLE 1	1,185	15	0,079			0,281	5,36%

Test de Newman Keuls du facteur potassium

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
3.0	K2	5,574	A	
2.0	K1	5,146		B
1.0	K0	5		B

Test de Newman Keuls de l'interaction des deux facteurs

F1 F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES			
3.0 2.0	V2K2	5,921	A			
2.0 1.0	V1K1	5,672	A	B		
3.0 1.0	V1K2	5,227		B	C	
1.0 2.0	V2K0	5,165		B	C	
1.0 1.0	V1K0	4,834			C	D
2.0 2.0	V2K1	4,619				D

Annexe 35

Tableau Résultats de l'analyse de la variance du Rendement réel en fruits de tomate

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	88251,1	23	3837,004				
VAR.FACTEUR 1	4794,453	2	2397,227	8,004	0,00439		
VAR.FACTEUR 2	64917,83	1	64917,83	216,762	0		
VAR.INTER F1*2	10581,92	2	5290,961	17,667	0,00013		
VAR.BLOCS	3464,57	3	1154,857	3,856	0,0313		
VAR.RESIDUELLE 1	4492,328	15	299,489			17,306	6,04%

Test de Newman Keuls du facteur potassium

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
3.0	K2	306,347	A	
2.0	K1	279,623		B
1.0	K0	273,924		B

Test de Newman Keuls du facteur Variété

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
2.0	V2	338,64	A	
1.0	V1	234,623		B

Test de Newman Keuls de l'interaction des deux facteurs

F1 F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES			
3.0 2.0	V2K2	369,887	A			
1.0 2.0	V2K0	343,867	A			
2.0 2.0	V2K1	302,167		B		
2.0 1.0	V1K1	257,078			C	
3.0 1.0	V1K2	242,808			C	
1.0 1.0	V1K0	203,982				D

Annexe36

Tableau. Résultats de l'analyse de la variance du Rendement potentiel en fruits de tomate (Qtz/ha)

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	142343,4	23	6188,844				
VAR.FACTEUR 1	20745,54	2	10372,77	16,774	0,00017		
VAR.FACTEUR 2	105080,6	1	105080,6	169,929	0		
VAR.INTER F1*2	5400,063	2	2700,031	4,366	0,03157		
VAR.BLOCS	1841,484	3	613,828	0,993	0,42437		
VAR.RESIDUELLE 1	9275,703	15	618,38			24,867	5,19%

Test de Newman Keuls du facteur potassium

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
3.0	K2	516,148	A		
2.0	K1	476,03		B	
1.0	K0	444,295			C

Test de Newman Keuls du facteur variété

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
2.0	V2	544,994	A	
1.0	V1	412,655		B

Test de Newman Keuls de l'interaction des deux facteurs

F1 F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES			
3.0 2.0	V2K2	577,634	A			
1.0 2.0	V2K0	530,723		B		
2.0 2.0	V2K1	526,623		B		
3.0 1.0	V1K2	454,663			C	
2.0 1.0	V1K1	425,437			C	
1.0 1.0	V1K0	357,866				D

Annexe 37

Tableau Résultats de l'analyse de la variance du Brix du jus de tomate

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	2,786	23	0,121				
VAR.FACTEUR 1	0,116	2	0,058	5,845	0,01321		
VAR.FACTEUR 2	2,042	1	2,042	205,223	0		
VAR.INTER F1*2	0,116	2	0,058	5,853	0,01315		
VAR.BLOCS	0,363	3	0,121	12,16	0,0003		
VAR.RESIDUELLE 1	0,149	15	0,01			0,1	1,91%

Test de Newman Keuls du facteur potassium

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
2.0	K1	5,306	A	
3.0	K2	5,185		B
1.0	K0	5,142		B

Test de Newman Keuls du facteur variété

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
2.0	V2	5,503	A	
1.0	V1	4,919		B

Test de Newman Keuls de l'interaction des deux facteurs

F1 F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
3.0 2.0	V2K2	5,517	A		
2.0 2.0	V2K1	5,5	A		
1.0 2.0	V2K0	5,492	A		
2.0 1.0	V1K1	5,112		B	
3.0 1.0	V1K2	4,854			C
1.0 1.0	V1K0	4,792			C

Annexe 38

Tableau . Résultats de l'analyse de la variance du pH du jus de tomate

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	0,102	23	0,004				
VAR.FACTEUR 1	0,002	2	0,001	1,538	0,24628		
VAR.FACTEUR 2	0,066	1	0,066	127,215	0		
VAR.INTER F1*2	0,024	2	0,012	23,317	0,00003		
VAR.BLOCS	0,002	3	0,001	1,165	0,35654		
VAR.RESIDUELLE 1	0,008	15	0,001			0,023	0,57%

Test de Newman Keuls du facteur variété

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
1.0	V1	4,086	A	
2.0	V2	3,981		B

Test de Newman Keuls de l'interaction des deux facteurs

F1 F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
1.0 1.0	V1K0	4,128	A		
3.0 1.0	V1K2	4,095	A		
2.0 1.0	V1K1	4,035		B	
2.0 2.0	V2K1	4,017		B	
3.0 2.0	V2K2	3,964			C
1.0 2.0	V2K0	3,962			C

Annexe39

Tableau . Résultats de l'analyse de la variance de l'acidité du jus de tomate

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	0,017	23	0,001				
VAR.FACTEUR 1	0,001	2	0	11,879	0,00087		
VAR.FACTEUR 2	0,014	1	0,014	348,564	0		
VAR.INTER F1*2	0,001	2	0	11,224	0,00111		
VAR.BLOCS	0	3	0	2,555	0,09348		
VAR.RESIDUELLE 1	0,001	15	0			0,006	1,58%

Test de newman Keuls du facteur potassium

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
3.0	K2	0,404	A	
2.0	K1	0,404	A	
1.0	K0	0,39		B

Test de Newman Keuls du facteur variété

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
2.0	V2	0,423	A	
1.0	V1	0,375		B

Test de Newman Keuls de l'interaction des deux facteurs

F1 F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES				
3.0 2.0	V2K2	0,432	A				
2.0 2.0	V2K1	0,419		B			
1.0 2.0	V2K0	0,418		B			
2.0 1.0	V1K1	0,388			C		
3.0 1.0	V1K2	0,375				D	
1.0 1.0	V1K0	0,362					E

Annexe 40

Tableau Résultats de l'analyse de la variance de la teneur en vitamine C du jus de tomate

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	108,377	23	4,712				
VAR.FACTEUR 1	8,257	2	4,129	50,536	0		
VAR.FACTEUR 2	98,456	1	98,456	1205,164	0		
VAR.INTER F1*2	0,265	2	0,133	1,624	0,22916		
VAR.BLOCS	0,173	3	0,058	0,707	0,56541		
VAR.RESIDUELLE 1	1,225	15	0,082			0,286	1,48%

Test de Newman Keuls du facteur potassium

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
3.0	K2	19,763	A	
2.0	K1	19,611	A	
1.0	K0	18,45		B

Test de Newman Keuls du facteur variété

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
2.0	V2	21,3	A	
1.0	V1	17,249		B

Tableau Résultats de l'analyse de la variance de la teneur en Bêta-carotène du jus de la tomate

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	0,853	23	0,037				
VAR.FACTEUR 1	0,007	2	0,004	0,415	0,67204		
VAR.FACTEUR 2	0,605	1	0,605	67,22	0		
VAR.INTER F1*2	0,029	2	0,015	1,632	0,22763		
VAR.BLOCS	0,076	3	0,025	2,804	0,07492		
VAR.RESIDUELLE 1	0,135	15	0,009			0,095	3,25%

Test de Newman Keuls du facteur variété

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
1.0	V1	3,076	A	
2.0	V2	2,759		B

Annexe 41

Tableau. Résultats de l'analyse de la variance de la teneur en lycopène du jus de tomate

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	949,991	23	41,304				
VAR.FACTEUR 1	383,774	2	191,887	889,625	0		
VAR.FACTEUR 2	544,13	1	544,13	2522,693	0		
VAR.INTER F1*2	15,836	2	7,918	36,709	0		
VAR.BLOCS	3,016	3	1,005	4,66	0,01707		
VAR.RESIDUELLE 1	3,235	15	0,216			0,464	0,93%

Test de Newman Keuls du facteur potassium

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
3.0	K2	54,736	A		
2.0	K1	49,956		B	
1.0	K0	44,942			C

Test de Newman Keuls du facteur variété par rapport à la teneur en lycopène du jus de tomate

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
2.0	V2	54,64	A	
1.0	V1	45,117		B

Test de Newman Keuls de l'interaction des deux facteurs

F1 F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES						
3.0 2.0	V2K2	60,156	A						
2.0 2.0	V2K1	53,573		B					
1.0 2.0	V2K0	50,19			C				
3.0 1.0	V1K2	49,317				D			
2.0 1.0	V1K1	46,339					E		
1.0 1.0	V1K0	39,694							F

Annexe25

Tableau. Résultats de l'Analyse de la variance du diamètre de la tige principale

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	4,957	23	0,216				
VAR.FACTEUR 1	0,232	2	0,116	0,538	0,59933		
VAR.FACTEUR 2	0,222	1	0,222	1,03	0,32784		
VAR.INTER F1*2	0,565	2	0,283	1,312	0,29869		
VAR.BLOCS	0,707	3	0,236	1,094	0,38288		
VAR.RESIDUELLE 1	3,231	15	0,215			0,464	3,30%

Tableau. Résultats de l'Analyse de la variance de la hauteur de la tige principale

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	426,525	23	18,545				
VAR.FACTEUR 1	38,423	2	19,211	20,89	0,00006		
VAR.FACTEUR 2	11,821	1	11,821	12,854	0,00274		
VAR.INTER F1*2	360,256	2	180,128	195,87	0		
VAR.BLOCS	2,231	3	0,744	0,809	0,5109		
VAR.RESIDUELLE 1	13,794	15	0,92			0,959	1,81%

Test de Newman Keuls pour le facteur potassium

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
1.0	K0	54,185	A	
3.0	K2	53,595	A	
2.0	K1	51,255		B

Test de Newman Keuls pour le facteur variété

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
1.0	Riogrande	53,713	A	
2.0	Aicha	52,309		B

Test de Newman Keuls de l'interaction des deux facteurs

F1 F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
3.0 1.0	V1K2	59,136	A		
2.0 2.0	V2K1	55,198		B	
1.0 1.0	V1K0	54,692		B	
1.0 2.0	V2K0	53,677		B	
3.0 2.0	V2K2	48,053			C
2.0 1.0	V1K1	47,312			C

Annexe26

Tableau. Résultats de l'Analyse de la variance du nombre de tiges par plant

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	19,393	23	0,843				
VAR.FACTEUR 1	1,037	2	0,518	1,093	0,36171		
VAR.FACTEUR 2	0,118	1	0,118	0,249	0,6297		
VAR.INTER F1*2	9,972	2	4,986	10,517	0,00147		
VAR.BLOCS	1,154	3	0,385	0,812	0,50937		
VAR.RESIDUELLE 1	7,111	15	0,474			0,689	5,75%

Test de Newman Keuls de l'interaction des deux facteurs

F1 F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
1.0 1.0	K0 V1	12,751	A	
2.0 2.0	K1 V2	12,709	A	
3.0 1.0	K2 V1	12,351	A	B
1.0 2.0	K0 V2	11,776	A	B
3.0 2.0	K2 V2	11,224		B
2.0 1.0	K1 V1	11,028		B

Tableau. Résultats de l'Analyse de la variance de la Surface foliaire totale du plant

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	3910603	23	170026,2				
VAR.FACTEUR 1	1214530	2	607264,8	255,259	0		
VAR.FACTEUR 2	2238300	1	2238300	940,851	0		
VAR.INTER F1*2	374436,3	2	187218,1	78,696	0		
VAR.BLOCS	47652	3	15884	6,677	0,00451		
VAR.RESIDUELLE 1	35685,25	15	2379,017			48,775	2,57%

Test de Newman Keuls du facteur potassium

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
3.0	K2	2168,575	A		
2.0	K1	1913,315		B	
1.0	K0	1618,032			C

Test de Newman Keuls du facteur variété

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
2.0	V2	2205,363	A	
1.0	V1	1594,585		B

Test de Newman Keuls de l'interaction des deux facteurs

F1 F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES			
3.0 2.0	K2 V2	2594,028	A			
2.0 2.0	K1 V2	2270,881		B		
1.0 2.0	K0 V2	1751,18			C	
3.0 1.0	K2 V1	1743,122			C	
2.0 1.0	K1V1	1555,749				D
1.0 1.0	K0 V1	1484,883				D

Annexe27

Tableau. Résultats de l'Analyse de la variance de la Matière sèche totale du plant

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	3900,783	23	169,599				
VAR.FACTEUR 1	499,56	2	249,78	368,472	0		
VAR.FACTEUR 2	12,465	1	12,465	18,388	0,0007		
VAR.INTER F1*2	3371,977	2	1685,988	2487,146	0		
VAR.BLOCS	6,614	3	2,205	3,252	0,05105		
VAR.RESIDUELLE 1	10,168	15	0,678			0,823	1,33%

Test de Newman Keuls du facteur potassium

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
3.0	K2	68,038	A		
1.0	K0	60,375		B	
2.0	K1	57,162			C

Test de Newman Keuls du facteur variété

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
2.0	V2	62,579	A	
1.0	V1	61,138		B

Test de Newman Keuls de l'interaction des deux facteurs

F1 F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES					
3.0 1.0	K2 V1	82,443	A					
1.0 2.0	K0 V2	74,916		B				
2.0 2.0	K1 V2	59,188			C			
2.0 1.0	K1 V1	55,137				D		
3.0 2.0	K2 V2	53,633					E	
1.0 1.0	K0 V1	45,833						F

Annexe28

Tableau. Résultats de l'Analyse de la variance du nombre total de bouquet par plant

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	573,976	23	24,955				
VAR.FACTEUR 1	17,026	2	8,513	3,245	0,06635		
VAR.FACTEUR 2	408,924	1	408,924	155,89	0		
VAR.INTER F1*2	97,489	2	48,744	18,582	0,0001		
VAR.BLOCS	11,19	3	3,73	1,422	0,2752		
VAR.RESIDUELLE 1	39,347	15	2,623			1,62	3,33%

Test de Newman Keuls pour le facteur potassium

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
2.0	V2	52,744	A	
1.0	V1	44,489		B

Test de Newman Keuls pour l'interaction des facteurs

F1 F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES			
2.0 2.0	K1 V2	56,103	A			
1.0 2.0	K0 V2	52,333		B		
3.0 2.0	K2 V2	49,796			C	
1.0 1.0	K0 V1	46,203				D
3.0 1.0	K2 V1	45,058				D
2.0 1.0	K1 V1	42,204				E

Tableau. Résultats de l'Analyse de la variance du nombre de fleurs par bouquet

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	3,402	23	0,148				
VAR.FACTEUR 1	0,735	2	0,368	4,967	0,02186		
VAR.FACTEUR 2	0,066	1	0,066	0,889	0,36329		
VAR.INTER F1*2	1,41	2	0,705	9,527	0,00221		
VAR.BLOCS	0,08	3	0,027	0,361	0,78422		
VAR.RESIDUELLE 1	1,11	15	0,074			0,272	5,68%

Test de Newman Keuls du facteur potassium

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
3.0	K2	5,034	A	
2.0	K1	4,716		B
1.0	K0	4,626		B

Test de Newman Keuls de l'interaction des deux facteurs

F1 F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
3.0 2.0	K2 V2	5,085	A	
1.0 1.0	K0 V1	5,013	A	
3.0 1.0	K2 V1	4,983	A	
2.0 2.0	K1 V2	4,895	A	
2.0 1.0	K1V1	4,537	A	B
1.0 2.0	K0 V2	4,239		B

Annexe29

Tableau. Résultats de l'Analyse de la variance du nombre total de fleurs par plant

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	20553,55	23	893,633				
VAR.FACTEUR 1	1244,168	2	622,084	2,106	0,15486		
VAR.FACTEUR 2	7917,639	1	7917,639	26,8	0,00013		
VAR.INTER F1*2	6455,629	2	3227,814	10,926	0,00125		
VAR.BLOCS	504,584	3	168,195	0,569	0,64689		
VAR.RESIDUELLE 1	4431,535	15	295,436			17,188	7,24%

Test de Newman Keuls du facteur variété

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
2.0	V2	255,469	A	
1.0	V1	219,143	B	

Test de Newman Keuls de l'interaction des deux facteurs

F1 F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
2.0 2.0	K1 V2	271,708	A	
3.0 2.0	K2 V2	268,001	A	
1.0 1.0	K0 V1	233,044	B	
1.0 2.0	K0 V2	226,7	B	
3.0 1.0	K2V1	226,098	B	
2.0 1.0	K1 V1	198,288	B	

Tableau. Résultats de l'Analyse de la variance du nombre de fleurs avortées

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	19765,91	23	859,388				
VAR.FACTEUR 1	1431,217	2	715,608	3,085	0,07431		
VAR.FACTEUR 2	8306,522	1	8306,522	35,808	0,00003		
VAR.INTER F1*2	5832,064	2	2916,032	12,571	0,00067		
VAR.BLOCS	716,547	3	238,849	1,03	0,40876		
VAR.RESIDUELLE 1	3479,563	15	231,971			15,231	6,97%

Test de Newman Keuls pour le facteur variété

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
2.0	V2	237	A	
1.0	V1	199,792	B	

F1 F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
3.0 2.0	K2 V2	251,583	A		
2.0 2.0	K1 V2	248,333	A		
1.0 1.0	K0 V1	215,194	B		
1.0 2.0	K0 V2	211,085	B		
3.0 1.0	K2 V1	207,047	B		
2.0 1.0	K1 V1	177,136	C		

Annexe30

Tableau. Résultats de l'Analyse de la variance du taux de nouaison

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	72,996	23	3,174				
VAR.FACTEUR 1	4,753	2	2,377	3,808	0,04526		
VAR.FACTEUR 2	38,939	1	38,939	62,382	0		
VAR.INTER F1*2	18,911	2	9,455	15,148	0,00028		
VAR.BLOCS	1,03	3	0,343	0,55	0,65893		
VAR.RESIDUELLE 1	9,363	15	0,624			0,79	6,82%

Test de Newman Keuls pour le facteur variété

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
2.0	V2	12,86	A	
1.0	V1	10,313		B

Test de Newman Keuls pour le facteur potassium

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES
1.0	K0	12,21	A
2.0	K1	11,349	A
3.0	K2	11,2	A

Test de Newman Keuls de l'interaction des deux facteurs

F1 F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
1.0 2.0	K0 V2	14,438	A		
3.0 2.0	K2 V2	12,704		B	
2.0 2.0	K1 V2	11,439		B	
2.0 1.0	K1 V1	11,259		B	
1.0 1.0	K0 V1	9,982			C
3.0 1.0	K2 V1	9,697			C

Annexe 31

Tableau. Résultats de l'Analyse de la variance du poids moyen d'un fruit

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	6628,184	23	288,182				
VAR.FACTEUR 1	1188,427	2	594,214	31,725	0,00001		
VAR.FACTEUR 2	678,9	1	678,9	36,247	0,00003		
VAR.INTER F1*2	4412,047	2	2206,023	117,781	0		
VAR.BLOCS	67,861	3	22,62	1,208	0,34135		
VAR.RESIDUELLE 1	280,949	15	18,73			4,328	4,85%

Test de Newman Keuls du facteur potassium

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
3.0	K2	98,161	A		
2.0	K1	88,73		B	
1.0	K0	80,95			C

Test de Newman Keuls du facteur variété

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
2.0	V2	94,599	A	
1.0	V1	83,962		B

Test de Newman Keuls sur l'interaction des deux facteurs

F1 F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES				
3.0 2.0	K2 V2	112,63	A				
2.0 1.0	K1 V1	102,579		B			
1.0 2.0	K0 V2	96,287		B			
3.0 1.0	K2 V1	83,692			C		
2.0 2.0	K1 V2	74,88				D	
1.0 1.0	K0 V1	65,614					E

Annexe32

Tableau Résultats de l'analyse de la variance du poids total des fruits par plant

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	1630045	23	70871,52				
VAR.FACTEUR 1	390799,3	2	195399,6	19,714	0,00008		
VAR.FACTEUR 2	982615,3	1	982615,3	99,139	0		
VAR.INTER F1*2	83063,69	2	41531,84	4,19	0,03529		
VAR.BLOCS	24894,38	3	8298,125	0,837	0,49647		
VAR.RESIDUELLE 1	148672,4	15	9911,491			99,556	5,03%

Test de Newman Keuls du facteur potassium

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
3.0	K2	2128,886	A		
2.0	K1	1993,662		B	
1.0	K0	1817,223			C

Test de Newman Keuls du facteur variété

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
2.0	V2	2182,266	A	
1.0	V1	1777,582		B

Test de Newman Keuls de l'interaction des deux facteurs

F1 F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES			
3.0 2.0	V2K2	2266,096	A			
2.0 2.0	V2K1	2183,739	A			
1.0 2.0	V2K0	2096,962	A	B		
3.0 1.0	V1K2	1991,676		B		
2.0 1.0	V1K1	1803,585			C	
1.0 1.0	V1K0	1537,484				D

Annexe 33

Tableau Résultats de l'analyse de la variance du nombre total de fruits par plant

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	605,218	23	26,314				
VAR.FACTEUR 1	46,629	2	23,314	18,28	0,00011		
VAR.FACTEUR 2	53,362	1	53,362	41,839	0,00001		
VAR.INTER F1*2	484,347	2	242,173	189,88	0		
VAR.BLOCS	1,75	3	0,583	0,457	0,71893		
VAR.RESIDUELLE 1	19,131	15	1,275			1,129	5,11%

Test de Newman Keuls du facteur potassium

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
2.0	K1	23,605	A	
3.0	K2	22,467	A	
1.0	K0	20,248		B

Test de Newman Keuls du facteur Variété

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
2.0	V2	23,598	A	
1.0	V1	20,616		B

Test de Newman Keuls de l'interaction des deux facteurs

F1 F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES				
2.0 2.0	V2K1	31,445	A				
3.0 1.0	V1K2	24,352		B			
1.0 1.0	V1K0	21,731			C		
3.0 2.0	V2K2	20,583			C		
1.0 2.0	V2K0	18,766				D	
2.0 1.0	V1K1	15,765					E

Annexe34

Tableau Résultats de l'analyse de la variance du calibre moyen d'un fruit par plant

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	6,469	23	0,281				
VAR.FACTEUR 1	1,424	2	0,712	9,015	0,00277		
VAR.FACTEUR 2	0,001	1	0,001	0,007	0,93327		
VAR.INTER F1*2	3,401	2	1,7	21,524	0,00005		
VAR.BLOCS	0,458	3	0,153	1,933	0,1667		
VAR.RESIDUELLE 1	1,185	15	0,079			0,281	5,36%

Test de Newman Keuls du facteur potassium

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
3.0	K2	5,574	A	
2.0	K1	5,146		B
1.0	K0	5		B

Test de Newman Keuls de l'interaction des deux facteurs

F1 F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES			
3.0 2.0	V2K2	5,921	A			
2.0 1.0	V1K1	5,672	A	B		
3.0 1.0	V1K2	5,227		B	C	
1.0 2.0	V2K0	5,165		B	C	
1.0 1.0	V1K0	4,834			C	D
2.0 2.0	V2K1	4,619				D

Annexe 35

Tableau Résultats de l'analyse de la variance du Rendement réel en fruits de tomate

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	88251,1	23	3837,004				
VAR.FACTEUR 1	4794,453	2	2397,227	8,004	0,00439		
VAR.FACTEUR 2	64917,83	1	64917,83	216,762	0		
VAR.INTER F1*2	10581,92	2	5290,961	17,667	0,00013		
VAR.BLOCS	3464,57	3	1154,857	3,856	0,0313		
VAR.RESIDUELLE 1	4492,328	15	299,489			17,306	6,04%

Test de Newman Keuls du facteur potassium

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
3.0	K2	306,347	A	
2.0	K1	279,623		B
1.0	K0	273,924		B

Test de Newman Keuls du facteur Variété

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
2.0	V2	338,64	A	
1.0	V1	234,623		B

Test de Newman Keuls de l'interaction des deux facteurs

F1 F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES			
3.0 2.0	V2K2	369,887	A			
1.0 2.0	V2K0	343,867	A			
2.0 2.0	V2K1	302,167		B		
2.0 1.0	V1K1	257,078			C	
3.0 1.0	V1K2	242,808			C	
1.0 1.0	V1K0	203,982				D

Annexe36

Tableau. Résultats de l'analyse de la variance du Rendement potentiel en fruits de tomate (Qtz/ha)

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	142343,4	23	6188,844				
VAR.FACTEUR 1	20745,54	2	10372,77	16,774	0,00017		
VAR.FACTEUR 2	105080,6	1	105080,6	169,929	0		
VAR.INTER F1*2	5400,063	2	2700,031	4,366	0,03157		
VAR.BLOCS	1841,484	3	613,828	0,993	0,42437		
VAR.RESIDUELLE 1	9275,703	15	618,38			24,867	5,19%

Test de Newman Keuls du facteur potassium

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
3.0	K2	516,148	A		
2.0	K1	476,03		B	
1.0	K0	444,295			C

Test de Newman Keuls du facteur variété

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
2.0	V2	544,994	A	
1.0	V1	412,655		B

Test de Newman Keuls de l'interaction des deux facteurs

F1 F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES			
3.0 2.0	V2K2	577,634	A			
1.0 2.0	V2K0	530,723		B		
2.0 2.0	V2K1	526,623		B		
3.0 1.0	V1K2	454,663			C	
2.0 1.0	V1K1	425,437			C	
1.0 1.0	V1K0	357,866				D

Annexe 37

Tableau Résultats de l'analyse de la variance du Brix du jus de tomate

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	2,786	23	0,121				
VAR.FACTEUR 1	0,116	2	0,058	5,845	0,01321		
VAR.FACTEUR 2	2,042	1	2,042	205,223	0		
VAR.INTER F1*2	0,116	2	0,058	5,853	0,01315		
VAR.BLOCS	0,363	3	0,121	12,16	0,0003		
VAR.RESIDUELLE 1	0,149	15	0,01			0,1	1,91%

Test de Newman Keuls du facteur potassium

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
2.0	K1	5,306	A	
3.0	K2	5,185		B
1.0	K0	5,142		B

Test de Newman Keuls du facteur variété

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
2.0	V2	5,503	A	
1.0	V1	4,919		B

Test de Newman Keuls de l'interaction des deux facteurs

F1 F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
3.0 2.0	V2K2	5,517	A		
2.0 2.0	V2K1	5,5	A		
1.0 2.0	V2K0	5,492	A		
2.0 1.0	V1K1	5,112		B	
3.0 1.0	V1K2	4,854			C
1.0 1.0	V1K0	4,792			C

Annexe 38

Tableau . Résultats de l'analyse de la variance du pH du jus de tomate

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	0,102	23	0,004				
VAR.FACTEUR 1	0,002	2	0,001	1,538	0,24628		
VAR.FACTEUR 2	0,066	1	0,066	127,215	0		
VAR.INTER F1*2	0,024	2	0,012	23,317	0,00003		
VAR.BLOCS	0,002	3	0,001	1,165	0,35654		
VAR.RESIDUELLE 1	0,008	15	0,001			0,023	0,57%

Test de Newman Keuls du facteur variété

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
1.0	V1	4,086	A	
2.0	V2	3,981		B

Test de Newman Keuls de l'interaction des deux facteurs

F1 F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
1.0 1.0	V1K0	4,128	A		
3.0 1.0	V1K2	4,095	A		
2.0 1.0	V1K1	4,035		B	
2.0 2.0	V2K1	4,017		B	
3.0 2.0	V2K2	3,964			C
1.0 2.0	V2K0	3,962			C

Annexe39

Tableau . Résultats de l'analyse de la variance de l'acidité du jus de tomate

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	0,017	23	0,001				
VAR.FACTEUR 1	0,001	2	0	11,879	0,00087		
VAR.FACTEUR 2	0,014	1	0,014	348,564	0		
VAR.INTER F1*2	0,001	2	0	11,224	0,00111		
VAR.BLOCS	0	3	0	2,555	0,09348		
VAR.RESIDUELLE 1	0,001	15	0			0,006	1,58%

Test de newman Keuls du facteur potassium

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
3.0	K2	0,404	A	
2.0	K1	0,404	A	
1.0	K0	0,39		B

Test de Newman Keuls du facteur variété

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
2.0	V2	0,423	A	
1.0	V1	0,375		B

Test de Newman Keuls de l'interaction des deux facteurs

F1 F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES				
3.0 2.0	V2K2	0,432	A				
2.0 2.0	V2K1	0,419		B			
1.0 2.0	V2K0	0,418		B			
2.0 1.0	V1K1	0,388			C		
3.0 1.0	V1K2	0,375				D	
1.0 1.0	V1K0	0,362					E

Annexe 40

Tableau Résultats de l'analyse de la variance de la teneur en vitamine C du jus de tomate

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	108,377	23	4,712				
VAR.FACTEUR 1	8,257	2	4,129	50,536	0		
VAR.FACTEUR 2	98,456	1	98,456	1205,164	0		
VAR.INTER F1*2	0,265	2	0,133	1,624	0,22916		
VAR.BLOCS	0,173	3	0,058	0,707	0,56541		
VAR.RESIDUELLE 1	1,225	15	0,082			0,286	1,48%

Test de Newman Keuls du facteur potassium

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
3.0	K2	19,763	A	
2.0	K1	19,611	A	
1.0	K0	18,45		B

Test de Newman Keuls du facteur variété

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
2.0	V2	21,3	A	
1.0	V1	17,249		B

Tableau Résultats de l'analyse de la variance de la teneur en Bêta-carotène du jus de la tomate

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	0,853	23	0,037				
VAR.FACTEUR 1	0,007	2	0,004	0,415	0,67204		
VAR.FACTEUR 2	0,605	1	0,605	67,22	0		
VAR.INTER F1*2	0,029	2	0,015	1,632	0,22763		
VAR.BLOCS	0,076	3	0,025	2,804	0,07492		
VAR.RESIDUELLE 1	0,135	15	0,009			0,095	3,25%

Test de Newman Keuls du facteur variété

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
1.0	V1	3,076	A	
2.0	V2	2,759		B

Annexe 41

Tableau. Résultats de l'analyse de la variance de la teneur en lycopène du jus de tomate

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	949,991	23	41,304				
VAR.FACTEUR 1	383,774	2	191,887	889,625	0		
VAR.FACTEUR 2	544,13	1	544,13	2522,693	0		
VAR.INTER F1*2	15,836	2	7,918	36,709	0		
VAR.BLOCS	3,016	3	1,005	4,66	0,01707		
VAR.RESIDUELLE 1	3,235	15	0,216			0,464	0,93%

Test de Newman Keuls du facteur potassium

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
3.0	K2	54,736	A		
2.0	K1	49,956		B	
1.0	K0	44,942			C

Test de Newman Keuls du facteur variété par rapport à la teneur en lycopène du jus de tomate

F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
2.0	V2	54,64	A	
1.0	V1	45,117		B

Test de Newman Keuls de l'interaction des deux facteurs

F1 F2	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES						
3.0 2.0	V2K2	60,156	A						
2.0 2.0	V2K1	53,573		B					
1.0 2.0	V2K0	50,19			C				
3.0 1.0	V1K2	49,317				D			
2.0 1.0	V1K1	46,339					E		
1.0 1.0	V1K0	39,694							F

Résumé

Le comportement et les aptitudes technologiques de la tomate sont impactés par la fertilisation potassique. Des essais relatifs à l'influence de K sont réalisés à la station expérimentale des Issers, ayant comme objectif l'amélioration du rendement, de la qualité technologique chez deux variétés de tomates industrielles cultivées en plein champ. Compte tenu du rôle du potassium sur le rendement et l'aptitude technologique, nous avons d'abord réalisé des essais avec trois apports en potassium (0-250-500 U de K_2O /ha) sur trois campagnes agricoles, afin de déterminer la dose maximale correspondant à un rendement optimale, ensuite un essai, avec huit apports de la fertilisation potassique (0-100-200-300-400-500-600-700-800 U de K_2O /ha) sur une campagne agricole, a été mené sur une variété. Le dispositif expérimental adopté lors des essais est en bloc aléatoire complet avec quatre répétitions. L'ensemble des résultats, indique l'existence d'une dose maximale de 500 U de K_2O /ha permettant d'obtenir un rendement maximale. Par ailleurs, les mêmes résultats, montrent qu'un apport simultané et équilibré d'azote est nécessaire pour optimiser la consommation du potassium.

Mots clés : Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.); Fertilisation potassique; Rendement en fruits ; Caractéristiques technologiques.

Summary

Behaviour and technological aptitude of tomato fruit are impacted by potassium fertilization. Several researches were performed in open field at the experimental station of Issers, having as objective the improvement of yield and technological characteristics of two processing tomato cultivars. Considering the positive roles of potassium on yield and on technological aptitude, we first accomplished three trials, with three levels of potassium fertilization (0-250-500 U of K_2O / ha), to determine the maximum dose corresponding to an optimum yield, then a try, with eight levels of K fertilization (0-100-200-300-400-500-600-700-800 U of K_2O /ha), was conducted on one variety. A factorial design was used with four complete randomized blocks. All results, showed, that dose of 500 U of K_2O /ha to the maximum yield. Moreover, the same results showed that a simultaneous and balanced provision of nitrogen is necessary to optimize the consumption of potassium.

Key words: Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.); Potassium fertilization; technological characteristics; Fruit yield.

ملخص:

يتأثر سلوك الطماطم وقدراتها التكنولوجية بالتسميد البوتاسي. وقد أجريت في هذا الإطار اختبارات حول تأثير البوتاسيوم (K₂O 0-250-500) في محطة يسر التجريبية، وذلك بهدف تحسين المردود والجودة التكنولوجية لدى نوعين من الطماطم الصناعية المزروعة في الهواء الطلق. وبالنظر لأثر البوتاسيوم على محصول الطماطم وقدراتها التكنولوجية، قمنا أولاً بإجراء اختبارات باستعمال ثلاث جرعات من البوتاسيوم على مدى ثلاث حملات زراعية، بغية تحديد الجرعة القصوى الممثلة للمردود الأكبر، ثم أجرينا اختباراً بتسع جرعات على صنف واحد على مدى حملة زراعية واحدة. تشير مجمل النتائج إلى وجود جرعة قصوى من 500 U K₂O/ha التي تتيح الحصول على أقصى مردود. بالإضافة إلى ذلك، تشير النتائج نفسها إلى أن مخصباً واحداً متزامناً ومتوازناً من الأزوت ضروري من أجل استهلاك البوتاسيوم على أمثل حد.

لكلمات المفتاحية: الطماطم- تسميد البوتاسيوم- مردود الثمار- الخصائص التكنولوجية.