

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministre de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Mouloud MAMMARI de Tizi-Ouzou

Faculté des Sciences Biologiques et des sciences Agronomiques

Département des sciences Agronomiques

Mémoire de fin d'études



En vue de l'obtention du diplôme de Master en Agronomie
Spécialité : Protection des Plantes cultivées

thème

Effet de cinq doses de fertilisation potassique sur la qualité nutritionnelle chez une variété de la tomate industrielle « Riogrande » (*Lycopersicon esculentum* Mill), cultivée en plein champ.

Président:

M^r AMIR Y Professeur à l'UMMTO

Proposé et dirigé par :

Réalisé par

M^{me} : SI SMAIL GHEBBI K.

M^{lle} AIT BOUDJEMA Naoual

Examineurs :

M^r ALLILI N

Maître assistant chargé de cours à l'UMMTO

M^{me} MEDJDOUB BEN SAAD F

Professeur à l'UMMTO

2014-2015

REMERCIEMENTS

Je remercie le bon Dieu le plus puissant de m'avoir accordé santé, courage et volonté pour réaliser ce travail et qui m'a éclairé le chemin par la lumière de son immense savoir.

J'exprime toute ma gratitude à ma promotrice Mme SI SMAIL - GHEBBI K. Maître assistant chargée de cours à l'UMMTO d'avoir accepté de diriger ce mémoire et qui m'a guidé avec ses conseils et ses encouragements durant l'élaboration de ce mémoire.

Mes remerciements au président du jury M^r AMIR Y. professeur à l'UMMTO d'avoir accepté la présidence du jury.

Et aux examinateurs pour l'intérêt qu'ils ont accordé à notre travail en acceptant de l'examiner: M^r ALLILI. Maître assistant chargé de cours à l'UMMTO, M^{me} MEDJDOUB BEN SAAD F. professeur à l'UMMTO.

Aux personnels de la station expérimentale de l'ITCMI des Issers, en particulier la directrice M^{elle} MOKRAB L, et tous les ouvriers qui nous ont aidé tout au long de l'expérimentation, en particulier M^r RACHID

Merci à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.



Dédicaces

*A mes chers parents, qui m'ont donné toute les belles
Choses : existence, amour, tendresse, confiance, qui m'ont
soutenue dans toutes les circonstances de ma vie, qui m'ont
toujours épaulé, aidé, orienté vers les bons sens.*

- ✓ A mon frère Boudjema et sa femme Fatiha,
- ✓ A mes frères Mouhend, Aissa
- ✓ A ma sœur Zohra et son mari Kamel
- ✓ A ma sœur Malika et son mari Boudjema
- ✓ A mes sœurs Fatiha et Karima et Samia
- ✓ A ma sœur Ghania et son mari Idir
- ✓ A mes neveux, Mehdi, Abd- Elouahab
- ✓ A ma nièce Nada
- ✓ A mes amies Farida, Noria, Ouisa, Ouissam, Werda
- ✓ A toute personne qui prend soin de son

Sommaire

Introduction	1
Chapitre I : Présentation de la tomate	
I-1-Origine et l’historique de la tomate.....	2
I-2-Classification de la tomate.....	2
I-2-1- Classification botanique.....	2
I-2-2-Classification variétale.....	3
I-2-3-Classification génétique	3
I-3- Morphologie de la tomate.....	4
I-4-Caractéristiques morphologiques de la Tomate	7
I-5- Valeur nutritionnelle du fruit de tomate.....	8
I-6-Production de la tomate	9
I-6-1-Dans le monde.....	9
I-6-2-En Afrique	10
I-6-3-En Algérie	10
I-7-Ravageurs et maladies de la tomate.....	12
I-7-1-Ravageur de la tomate.....	12
I-7-2-Contraintes biotiques	13
I-7-3-Contraintes abiotiques.....	16
Chapitre II- Fertilisation potassique et Lycopène	
II-I- Fertilisation potassique.....	18
II-I-1- fumiers organiques.....	18
II-I-2-Fertilisants minéraux	18
II-I-3-Rôles des différents éléments minéraux nécessaires à la plante	18
II-I-3-1-Macroéléments (anion ou cation)	18
II-I-3-2- Macroéléments absorbés sous forme de cation.....	19
II-I-3-3-Macroélément sous forme d’anion.....	20
II-I-3-4-les Oligoéléments.....	21
II-I-4- Le potassium dans le sol.....	22
II-I-4-1- Le potassium non échangeable	22
II-I-4-2-Le potassium à l’intérieur des réseaux cristallins	22

II-I-4-3- Le potassium adsorbé	22
II-I-4-4- Le potassium renfermé dans la matière organique.....	22
II-I-5-Transfert du potassium dans le sol.....	24
II-I-6-Le rôle de potassium dans la plante	24
II-I-7-Perte en potassium du sol.....	25
II-I-7-1-lessivage du potassium	25
II-I-7-2-Perte par érosion.....	25
II-I-8-Exigences en potassium.....	25
II-I-9-Interaction entre les éléments minéraux.....	26
II-I-9-1- Synergie.....	26
II-I-9-2-Antagonisme.....	26
II-I-10-Potassium et le lycopène.....	27
II-I-11-Potassium et la santé humaine.....	27
II-II- lycopène.....	28
II-II-1-Historique.....	28
II-II-2-Définition.....	28
II-II-3-Structure chimique du lycopène.....	28
II-II-4-Sources alimentaires du lycopène.....	28
II-II-5-Localisation du lycopène	29
II-II-6-Propriétés.....	30
II-II-7-Différentes action du lycopène.....	30
II-II-7-1-Action antiathérogène du Lycopène.....	30
II-II-7-2-Action anti-cancérogène du Lycopène	31
II-II-7-3-Action du lycopène sur le système immunitaire et le matériel génétique.....	31
II-II-7-4-Action du lycopène dans les autres tissus	31
Chapitre III : matériel et méthode	
I-1-But de l'essai.....	33
I-2-Conditions expérimentales.....	33
I-2-1-Situation géographique.....	33
I-2-2-Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN.....	34
I-3-Matériel et méthodes.....	35
I-3-1-Matériel utilisé.....	35
I-3-1-1-Matériel végétal.....	35
I-3-1-2-Fumure minérale.....	36

I-3-2-Méthodes d'études.....	37
I-3-2-1-Analyse du sol.....	37
I-3-2-2-Dispositif expérimental.....	38
I-4-Les paramètres étudiés.....	41
I-4-1-Détermination de la teneur en eau	41
I-4-2-Détermination de la teneur en matière sèche du fruit (%).....	42
I-4-3- PH du jus de tomate.....	42
I-4-4-Acidité titrable du jus de tomate (%).....	42
I-4-5-Détermination de l'extrait sec ou degré brix	44
I-4-6-La teneur en vitamine C (g/100ml).....	44
I-4-7-Dosage du lycopène et du β -carotène dans la tomate (g/ 100 ml).....	45
I-4-8-Dosage des sucres totaux (g/ 100g).....	46
I-4-9-Dosage des éléments minéraux.....	47
I-4-9-1-Phosphore (mg/100g).....	47
I-4-9-2-Potassium (mg /100g).....	47
I-4-9-3-Calcium (mg/ 100 g).....	47
I-5- Etude statistique.....	48
Chapitre IV- Résultats et discussion	
IV-1-Teneur en eau (%).....	50
IV-2-Matière sèche de fruit de tomate (%).....	51
IV-3- PH du jus de fruit de la tomate.....	54
IV-4-Acidité titrable du jus de tomate (%).....	56
IV-5- Indice réfractométrique du jus de tomate (degré Brix)	58
IV-6- Vitamine C (g / 100 ml).....	60
IV-7-Dosage du lycopène et du <i>B</i> -carotène.....	62
IV-8- Dosage des sucres totaux (g /100 g)	66
IV-9-Teneur en éléments minéraux (P, K, Ca) (mg /100g).....	67
Conclusion	72

Liste des tableaux

Tableau	Titre	Page
1	Composition du fruit de tomate à maturité.	5
2	Valeur nutritionnelle moyenne pour 100 g de tomate.	9
3	Les dix premiers pays producteurs de tomate en 2012.	10
4	Contraintes de la production de la tomate industrielle en Algérie	11
5	Pertes annuelles du potassium par lessivage.	25
6	Caractéristiques de la variété Riogrande.	35
7	Résultats d'analyse physico-chimique du sol.	37
8	La teneur en eau (%) du jus de la tomate industrielle, variété « Riogrande ».	50
9	Résultats d'analyse de la variance pour la variable teneur en eau de la tomate, variété « Riogrande ».	51
10	Résultats d'analyse de test de NEWMAN-KEULS au seuil 5 % pour l'interaction entre les deux facteurs dose en potassium et date de récolte.	51
11	Effet de potassium sur la teneur en matière sèche de jus de tomate	52
12	Résultats d'analyse de la variance pour la variable matière sèche	53
13	Résultats d'analyse de test de NEWMAN-KEULS à 5 % de l'interaction entre les facteurs dose en potassium et date de récolte.	53
14	PH du jus de tomate, variété « Riogrande ».	54
15	Résultats d'analyse de la variance du pH de jus de tomate, variété « Riogrande ».	55
16	Résultats d'analyse de test de NEWMAN-KEULS à 5 % pour le facteur dose en potassium.	55
17	Résultats d'analyse de test de NEWMAN-KEULS pour le facteur date de récolte	56
18	Acidité titrable (%) de jus de tomate, variété « Riogrande ».	56
19	Résultats d'analyse de la variance de l'Acidité titrable du jus de tomate.	57
20	Résultats de test de NAWMAN-KEULS pour le facteur dose en potassium de l'acidité titrable.	58
21	Indice réfractométrique du jus de la tomate industrielle, variété « Riogrande ».	58
22	Résultat d'analyse de la variance de l'indice réfractométrique du jus de tomate.	59

23	Vitamine C du jus de tomate (g/ 100ml).	60
24	Résultats d'analyse de la variance de la vitamine C du jus de tomate.	61
25	Résultats d'analyse de test de NAWMANN-KEULS pour le facteur dose en potassium.	61
26	Résultat d'analyse de test de NEWMAN-KEULS de facteur date de récolte pour la variable vitamine C.	62
27	Teneur en lycopène dans la tomate (g/100 ml).	62
28	Résultats d'analyse de la variance du lycopène de jus de tomate, variété « Riogrande ».	63
29	Test de NEWMAN-KEULS pour le facteur dose en potassium de la teneur en lycopène.	64
30	Test de NEWMAN-KEULS pour le facteur date de récolte de la teneur en lycopène.	64
31	Teneur en β -carotène dans le jus de la tomate (g/ 100 ml).	64
32	Résultats d'analyse de la variance du paramètre β -carotène du jus de tomate.	65
33	Résultats d'analyse de test de NEWMAN-KEULS pour le facteur dose en potassium pour la variable β carotène.	66
34	Résultats d'analyse de test de NEWMAN-KEULS à 5 % de facteur récolte pour la teneur en β carotène.	66
35	Sucres totaux du jus de tomate, variété « Riogrande ».	66
36	Résultats d'analyse de la variance des sucres totaux de la tomate.	67
37	Teneur en phosphore du fruit de tomate (mg/100g).	68
38	Résultats d'analyse de la variance de la teneur en phosphore (mg/ 100 g) du jus de tomate.	69
39	Teneur en potassium du fruit de tomate, variété « Riogrande ».	69
40	Résultats d'analyse de la variance de potassium du jus de tomate industrielle, variété « Riogrande ».	70
41	Teneur en calcium de jus de tomate, variété « Riogrande ».	70
42	Résultats de l'analyse de la variance de la teneur en calcium de fruit de tomate.	71

Liste des figures

Figure	Titre	Page
1	Fruit de tomate <i>Lycopersicon esculentum</i> .	3
2	Différentes organes de la plante : tige, feuille, fleur, fruit, graine et racine.	6
3	Différentes parties de la fleur de tomate (<i>Lycopersicum esculentum</i>).	7
4	Les maladies de fruit de la tomate	17
5	Le potassium dans le sol.	23
6	Transfert du potassium dans le sol.	24
7	Structure moléculaire du lycopène.	29
8	Carte géographique des limites administratives de l'Isser ville.	33
9	Variation des Températures maximales minimales et moyennes.	34
10	Les précipitations moyennes mensuelles	35
11	Fruits de la variété de la tomate industrielle « Riogrande ».	36
12	Schéma du dispositif expérimental	40
13	Matériel utilisé au laboratoire (A - PH mètre, B - spectrophotomètre à UV, C -refractomètre, D - Ampoule à décanté, E - Dessiccateur, F - Etuve).	48
14	Effet du potassium sur la teneur en eau du jus de tomate, variété « Riogrande ».	49
15	Effet de potassium sur la teneur en matière sèche de jus de tomate, variété « Riogrande ».	51
16	Effet du potassium sur le pH du jus de tomate, variété « Riogrande ».	53
17	Effet du potassium sur l'acidité titrable du jus de tomate.	56
18	Effet du potassium sur l'indice réfractométrique du jus de tomate (brix).	58
19	Effet du potassium sur la teneur en vitamine C dans le jus de tomate.	59
20	Effet du potassium sur la teneur en lycopène dans le jus de tomate	61
21	Effet du potassium sur la teneur en β -carotène dans le jus de tomate.	64
22	Effet du potassium sur la teneur en sucres totaux de la tomate.	66
23	Effet du potassium sur la teneur en phosphore de fruit de tomate.	67
24	Effet du potassium sur la teneur en potassium de fruit de tomate.	68
25	Effet du potassium sur la teneur en calcium de fruit de tomate.	70

Introduction

Introduction

La tomate *Lycopersicon esculentum* Mill, est une plante annuelle de la famille des *solanacées*. Elle est originaire de l'Amérique du sud (BELATECHE, 2005). Sa production ne cesse de progresser ces dernières décennies, elle passe de 105 millions de tonnes en 2001 à 161,79 millions de tonne en 2012 (FAO, 2014).

En Algérie, la tomate est cultivée 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 environs 433,40 quintaux/ha (MADR, 2014).

En effet, La tomate est riche en vitamine A, B et C indispensable à l'organogenèse, et en antioxydant notamment, le lycopène qui contribue à la lutte contre les maladies dégénératives et cancérogènes, ainsi en élément minéraux tel que le potassium indispensable au développement des plantes.

Par ailleurs, il a été attribué à la tomate des vertus quant à l'effet du potassium dans l'amélioration de la qualité organoleptique, nutritionnelles, notamment l'augmentation de l'acidité, le degré brix important pour la conservation du concentré. Sans oublié l'effet de la fertilisation dans l'accumulation du lycopène et de la vitamine C.

Pour cela, afin d'évaluer la qualité nutritionnelle et technologique de la tomatenous avons étudié 5 doses de fertilisation potassiquessur une variété de la tomate industrielle« Riogrande », cultivée en plein champ au niveau de l'Institut Technique des Cultures Maraichères et Industrielles de l'isser ville. Pour cela, notre choix s'est basé sur l'évaluation de certains paramètres qui ont une incidence sur la perception de la qualité de la tomate tels que : La teneur en eau, la teneur en matière sèche, le pH, l'acidité titrable, indice de réfraction, la vitamine C, les antioxydants lelycopène etB carotène, les sucres totaux ainsi les éléments minéraux.

Cette présente étude est structurée comme suit :

- Le premier chapitre sera consacré à la présentation de la tomate.
- Le deuxième chapitre portera sur la synthèse bibliographique de la fertilisation potassique et de l'importance du lycopène.
- Le troisième chapitre, traitera la partie expérimentale ou nous présenterons le matériel et les méthodes utilisés.

En fin résultats et discussion seront regroupés dans le quatrième chapitre. Et une conclusion générale avec des perspectives clôturera notre travail.

Introduction

Parmi les angiospermes, les solanacées sont une famille des plus importantes pour l'alimentation humaine. Elle représente le troisième taxon d'importance économique de par la diversité des espèces cultivées. Cette famille comprend une centaine de genre et plus de 2500 espèces (OLMSTEAD *et al.*, 2008). Elle inclue des plantes alimentaires économiquement importantes telles que la tomate (DAUNAY et LESTER, 1989).

I-1-Origine et l'historique de la tomate

La tomate est originaire d'Amérique du Sud (NAIKA *et al.*, 2005). Elle fut domestiquée au Mexique, puis introduite en Europe en 1544. Elle s'est propagée en Asie du Sud et de l'Est, en Afrique et au Moyen Orient. Plus récemment, la tomate sauvage a été introduite dans d'autres régions de l'Amérique du Sud et au Mexique (WAGENINGEN, 2005).

En Algérie, ce sont les cultivateurs du sud de l'Espagne qui l'ont introduite étant donné les conditions qui lui sont favorables. Sa consommation a commencé dans la région d'Oran en 1905 puis, s'est étendue vers le centre, notamment au littoral Algérois (LATTIGUI, 1984).

I-2-Classification de la tomate

La tomate appartient à la famille des Solanacées (ARGOUARCH *et al.*, 2008). Les Solanacées regroupent d'autres espèces qui sont bien connues, telles que la pomme de terre, le tabac, le poivron et l'aubergine (WAGENINGEN, 2005).

I-2-1-Classification botanique

Selon CRONQUIST (1981) ; GAUSSEN *et al.* (1982), la tomate appartient à la classification suivante:

- RègnePlantae
- Classe.....Magnoliophyta
- Sous classeAsteridae
- OrdreSolonales
- Famille.....Solanaceae.
- Genre.....*Solanum* ou *Lycopersicon*
- Espèce.....*Lycopersicon esculentum* Mill.1754



Figure 1. Fruit de tomate, variété Riogrande (*Lycopersicon esculentum*) (photographie originale, Aout 2014).

I-2-2-Classification variétale

Selon la croissance de la tomate, elle peut être classée en deux types, indéterminé ou déterminé (POLESE, 2007).

a-Variété à croissance déterminée

La tige est monopodiale puis sympodiale après 4 ou 5 feuilles. Le type de croissance déterminé permis le développement de la récolte mécanisée. Les feuilles sont alternes, composées, imparipennées (nombre impair de foliole) et comprennent 5 à 7 folioles aux lobes découpés (REEVES, 1973).

b-Variété à croissance indéterminée

La tige principale forme un bouquet de fleurs toutes les 3 feuilles : tige monopodiale et elle doit être tuteurée (REEVES, 1973). La production de fruits est prolongée. On arrête la croissance par pincement de la tige principale à la hauteur désirée. Les rendements sont importants et répartis sur une période assez longue (ANONYMEa, 2010).

I-2-3-Classification génétique

La tomate est une espèce diploïde avec $2n = 24$ chromosome (GALLAIS et BANNEROT, 1992 ; DIEZ ET NUEZ, 2008). Elle est obtenue à partir d'un croisement interspécifique entre un cultivar de l'espèce *Solanum lycopersicum* et *S. pennellii* (TANKSLEY et GANAL, 1992). De tous les systèmes modèles, les croisements interspécifiques chez la tomate ont été les premiers utilisés

pour développer des populations de lignées d'introgression. Ces lignées permettent de partitionner les variations quantitatives en composantes à hérédité mendélienne (PATERSON et DEVERNA, 1990). STEPHANE (2013), signale que Les variétés fixées et les hybrides sont issus du procédé naturel de la pollinisation naturelle des plantes.

a-Variétés fixées

Les variétés fixées sont issues de croisement ayant permis de conserver de manière stable leur caractéristiques (vigueur, forme, couleur, goût...) (STEPHANE, 2013).

b-Variétés hybrides

Les variétés hybrides sont issues de croisement de deux lignées pures. Cette variété de première génération bénéficie du patrimoine de ses deux parents, avec un effet de vigueur supplémentaire (STEPHANE, 2013).

I-3-Morphologie de la tomate

La tomate est une plante vivace cultivée en annuelle. Elle est composée de:

a-Feuilles : Les feuilles sont composées de folioles longues (5 à 7), imparipennées, alternes. Ces folioles sont lobées, elles portent des poils glanduleux de 10 à 25 cm et d'un certain nombre de petites folioles intercalaires ovales, un peu dentés sur les bords (RAEMAEEKERS, 2001).

b-Racine : La racine est pivotante, pousse jusqu'à une profondeur de 50 cm ou plus. La racine principale produit une haute densité de racines latérales et adventices (RAMAEEKERS, 2001).

c-Tige : Le port de croissance de la tige varie entre érigé et prostré. La tige pousse jusqu'à une longueur de 2 à 4 m. Elle est fortement poilue et glandulaire (WAGENINGEN, 2005).

d-Flours : les fleurs sont Bisexuées, petites de couleur jaune, en forme d'étoile, elles sont groupées sur le même pédoncule en bouquet lâche de 3 à 8 fleurs (POLESE, 2007).

La structure de la fleur assure l'autogamie stricte, le pistil est entouré d'étamines à déhiscence introrse (GALLAIS et BANNEROT, 1992).

Selon TOUFOUTI (2013), la fleur est de type pentamère dont la formule florale est la suivante :

5 sépales + 5 pétales + 5 étamines + 2 carpelles.

e- Graines : les graines sont nombreuses, en forme de rein ou de poire. Elles sont poilues, beiges, de 3 à 5 mm de long et 2 à 4 mm de large. L'embryon est enroulé dans l'albumen.

Le cycle de la graine à la graine, est variable selon les variétés et les conditions de culture, il est en moyenne de 3,5 à 4 mois (7 à 8 semaines de la graine à la fleur et 7 à 9 semaines de la fleur au fruit) (GALLAIS et BANNEROT, 1992).

f-Fruits : Les fruits sont des baies, à placentation centrale comportant au moins deux loges à différentes formes (ronde, allongée, oblongue, cubique, ovoïde ou sphérique). Le fruit présente différentes couleur (rouge, jaune, orange, violacée et même blanche) (PARAN et KNAAP, 2007 ; BENTON, 1999).

Le fruit de tomate renferme un nombre de graines très variable, en moyenne 50 à 100 (GALLAIS et BANNEROT, 1992).

Tableau 1. La composition de fruit de tomate à maturité (DAVIES et HOBSON, 1981).

Les composants	Teneur en %
Eau	95
Matière sèche	5
Sucres	50
Acides organiques	25
Minéraux	8
Acides aminés	2



Feuille à folioles



Fleur



Tige et ramification



Fruit



Graines



Racine

Figure 2. Différentes organes de la plante: a- tige, b-feuille, c-fleur, d-fruit, e- graine et f-racine (photographies originales, Septembre 2014)

I-4 Caractéristiques morphologiques de tomate

a- L'appareil végétatif

Le système racinaire de la tomate est puissant (CHAUT et FOURY, 1994), peut atteindre une profondeur de trois mètres dans les sols alluviaux profonds (RICK, 1978).

Le plant possède un axe principal issu de la graine ; cet axe présente une croissance monomodale. Formé par une succession d'entre nœuds séparés par des nœuds (JEBARI-BENNANI, 1986).

b-L'appareil reproducteur

Les fleurs de la tomate (figure 3) sont solitaires ou groupées en inflorescence. Elles sont actinomorphes (elle possède une symétrie radiale), hermaphrodite et pentamère. Les filets des étamines sont soudés aux pétales, la corolle est constituée de pétales soudés (gamopétale). Le calice est formé de sépales soudés (gamosépale). Après la fécondation le calice peut persister, il est alors qualifié de calice marcescent (SOLTIS, 2011).

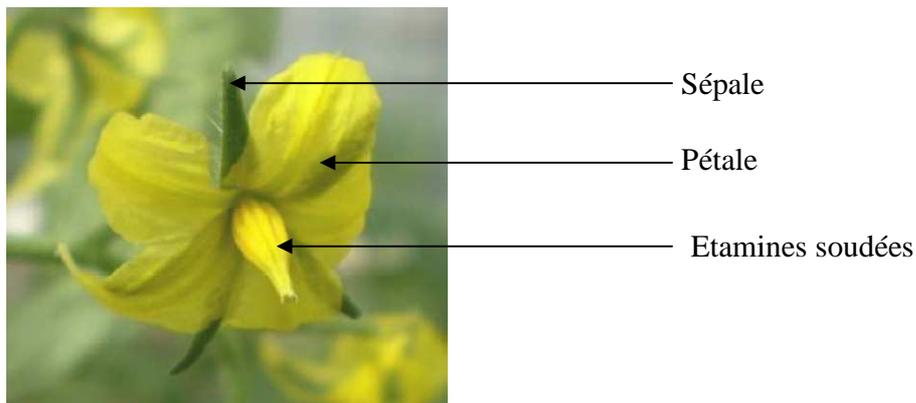


Figure 3. Différentes parties de la fleur de tomate (MASSOT, 2010)

Selon WELTY et *al.* (2007), le pédoncule des fruits présente une zone d'abscission, de sorte que le fruit mûr se détache en conservant une partie du pédoncule ainsi que du calice. Des variétés sélectionnées pour la culture de tomate d'industrie ne présentent pas ce caractère et permettent la récolte du fruit nu. Elles possèdent un gène récessif provenant d'une espèce de tomate sauvage (*Solanum chesmanii*).

La graine du fruit est petite (250 à 350 graines par gramme) et velue ; sa germination est épigée. Après le stade cotylédonaire, la plante produit 7 à 14 feuilles composées avant de fleurir (VALIMUNZIGHA, 2005).

I-5- Valeur nutritionnelle de fruit de tomate

La tomate est majoritairement composé d'eau et possède peu de lipides et protides, ce qui en fait un aliment peu calorique, 15 à 20 calories pour 100g. La matière sèche du fruit est principalement composée de sucres, à 50% de la matière sèche (BLANC, 1986). Le saccharose importé des feuilles, est hydrolysé dans les fruits en glucose et fructose. Le jeune fruit peut également stocker des sucres sous forme d'amidon qui sera dégradé au cours de la maturation.

Dans le fruit mûr de tomate, l'acide citrique est l'acide le plus présent, suivi de l'acide malique (GRASSELLY et *al.*, 2000). La tomate possède également de nombreuses vitamines : A, B1, E et C, ainsi que des fibres, des acides aminés essentiels, des sels minéraux (potassium, chlore, magnésium, phosphore) et des oligoéléments (fer, zinc, cuivre, cobalt, bore, nickel, iode) (Tableau 2). L'intérêt nutritionnel de la tomate réside également dans le fait que ce fruit contient de nombreux métabolites secondaires et des antioxydants.

I-6-Production de la tomate

I-6-1-Dans le monde

Selon GRASSELLY et *al.* (2000) ,90 millions de tonnes de tomate sont produites chaque année dans le monde pour l'industrie et pour le frais. La tomate représente 1/6 de la production mondiale de légume et près de la moitié de cette production provient de l'Asie (44 % de la production totale).

Pour l'année 2012, la production mondiale de tomate est de plus de 161 millions de tonnes, avec 1005003 tonnes en Chine (en tête de la production mondiale), suivie par celle de l'Inde. Pour la production Africaine, elle est présentée par l'Egypte avec plus 8 625 219 tonnes (tableau 3).

Tableau 2. Valeur nutritionnelle moyenne pour 100 g de tomate (COTTE, 2000).

Comportement de la tomate crue, valeur nutritionnelle pour 100 g.		
Eau		94 g
Valeur calorique		15 Kcal
Fibres		1,2 g
Elément énergétique	Protides	0,68 g
	glucides	2,8 g
	Lipides	0,1 g
Vitamines	Vitamine B1	0,06 mg
	Vitamine B2	0,04 mg
	Vitamine B6	0,0081 mg
	Vitamine C	26 mg
	Vitamine E	0,38 mg
Minéraux	Fer	0,4 mg
	Calcium	13 mg
	Magnésium	10 mg
	Phosphore	28 mg
	Potassium	204 mg
	Sodium	5,00 mg
	Fer	0,51
	Soufre	11,00 mg
	Zinc	0,07 mg
	Manganèse	0,1 mg

Tableau 3. Les dix premiers pays producteurs de tomate en 2012 (FAO, 2014).

Année 2012	Superficie cultivée (ha)	Production (T)	Rendement (T/ha).	(%)
Monde	4 803 680,17	161 793 834,18	33,68	100
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

I-6-2-En Afrique : Pour le continent africain, plus de la moitié de la tomate est produite en Egypte (soit 5,9 millions de tonnes). En ajoutant les productions marocaines (1 million de tonnes), Algérienne (0,7 millions de tonnes), et Tunisienne (0,6 millions de tonnes), le pourtour méditerranéen apparait comme la principale zone de production du continent (GRASSELLY., 2000).

I-6-3-En Algérie : D'après GRASSELLY et *al.* (2000), La production de la tomate en Algérie est en troisième position de la production Africaine après l'Égypte et Maroc. Les dernières statistiques montrent une augmentation de la superficie de la production de la tomate industrielle, due à la demande élevée en ce fruit. La production de la tomate a augmenté de 475392tonnes en 2000 à 852387 Tonnes en 2012(une augmentation de 38%) (MADR., 2014).

I-6-3-1-Zones de production de la tomate en Algérie

Les principales régions productrices de la tomate industrielle sont

La zone Est : représentée par les wilayas d'Annaba, Taraf, Skikda, Jijel et Guelma. Plus de 90 % de la production nationale

La zone Centre : elle regroupe les wilayas de Boumerdès, Tipaza, Blida, Aïn defla et Chlef.

La zone Ouest : y compris les wilayas de Relizane, Mostaganem, Sidi-Bel-Abbès et Aïn temouchent.

La zone Sud : est représentée par la wilaya d'Adrar et Biskra (ITCMI, 2014).

I-6-3-2-Les contraintes de la production de la Tomate Industrielle en Algérie

En Algérie, les rendements sont faibles, cela est dû à de nombreuses contraintes. Selon BACI (1993), les contraintes sont résumées dans le tableau 4

Tableau 4. Les contraintes de la production de la tomate industrielle en Algérie (BACI, 1993).

Contraintes techniques	Contraintes économiques	Contraintes organisationnelles
*L'insuffisance des travaux de préparation du sol ; * Le non-respect des dates de repiquage ; *Manque de vulgarisation et d'équipement ; *Manque d'eau pour l'irrigation (mauvaise gestion).	*Un manque des subventions pour cette filière ; les taxes pénalisent le produit fini (le produit algérien le plus cher au monde) ; *Charge la main d'œuvre est élevée (la culture est entièrement manuelle).	*Mauvaise qualité de la semence *Absence de planning de livraison ; *Problème d'emballages en caisses plastiques.

I-7-Ravageurs et maladies de la tomate

I-7-1-Ravageurs

I-7-1-1- Les nématodes (*Meloïdogyne incognita*)

Les nématodes phytoparasites sont des vers rond de taille variant de 0,25 à plus de 1 mm, certains atteignent 4 mm (COYNE et al., 2010). Ils provoquent des galles au niveau des racines

(des tumeurs cancéreuses). Les plantes atteintes restent petites et sont sensibles aux maladies fongiques et bactériennes transmises par le sol (NAIKA et *al.*, 2005).

I-7-1-2-Les insectes

Les insectes piqueurs et suceurs, tels que les aleurodes, les thrips et les pucerons, ne provoquent des dommages mécaniques que lorsqu'ils surviennent en grand nombre, mais les virus qu'ils peuvent transmettre provoquent des dommages bien plus importants (WAGENINGEN, 2005).

a- Les papillons et les noctuelles (*Lepidoptera*)

Les papillons et les noctuelles sont des ravageurs courants de tomate. Des œufs verts ou bruns sont déposés sur les jeunes feuilles, les fleurs et les fruits. Les larves qui sortent des œufs se nourrissent des feuilles, des fleurs, des fruits et même des racines (WAGENINGEN, 2005).

a- Les pucerons (*Aphidae*)

Les espèces de pucerons rencontrées sur la tomate sont polyphages car elles attaquent de nombreuses autres cultures et adventices. Les pucerons peuvent attaquer les plantes très tôt, ils les affaiblissent et peuvent provoquer la déformation des feuilles.

Sur tomate, les virus transmis par les pucerons, tel que celui de la mosaïque du concombre (CMV), sont transmis selon le mode non persistant (BELIARD, 2002).

La protection biologique intégrée par des lâchers de prédateurs tels que d'*Aphidoletes aphidimyza*, *Aphidius sp.*, *Apelinus abdominalis* (PERRON, 1999).

b- Les thrips (*Thripidae*)

Les thrips sont des ravageurs qui se rencontrent sur tomate déposent leurs œufs sur les feuilles. Les larves de thrips et les adultes sucent la sève des feuilles, ce qui engendre des taches argentées sur la surface des feuilles. Ils y posent aussi leurs excréments sur les feuilles (tache noire). Quelques espèces sont des vecteurs de la maladie bronzée de la tomate (NAIKA et *al.*, 2005).

c- Les cicadelles (*Cicadellidae ;Empoascafabae*)

La cicadelle est la plus commune des ravageurs de tomate et de la pomme de terre. Lorsqu'on la dérange, elle avance latéralement. Elle dépose des œufs verts sous forme de banane sur la face inférieure des feuilles (WAGENINGEN, 2005). On peut lutter contre les cicadelles par un mélange roténone + pyrèthre (Biophytoz) ou pyrèthre seul (PERRON, 1999).

I-7-1-3-Les acariens (*Tetranychus urticae*, *T. turkestanii*, *T. cinnabarinus*)

Chez la tomate les acariens se rencontrent sur les feuilles surtout la face inférieure des feuilles, sur les inflorescences et les jeunes fruits de la tomate, Les acariens s'observent à l'œil nu ou au microscope (jaune, rouge ou orange). L'apparence de feuilles et de fruits brillants et recroquevillés de couleur bronze est indicative de la présence d'acarien de tomate (JAMES *et al.*, 2010).

Selon PERRON (1999) pour lutter contre les acariens :

- Utiliser du soufre en poudrage ou mouillage directement sur la plante ;
- Bassiner, en particulier en période de canicule : augmenter l'hygrométrie de l'air par des brumisations courtes et répétées. Ne pas agir trop tôt pour limiter les risques de botrytis sur fruits.
- La protection biologique intégrée par des insectes auxiliaires ; *Stethorus sp* et *Oligota sp*.

I-7-2-Contraintes biotiques**I-7-2-1-Maladies bactériennes****I-7-2-1-1- La moucheture bactérienne**

Chez la tomate, la moucheture bactérienne est causée par *Pseudomonas syringae*(DYE *et al.*, 1980). Elle est répandue dans les zones de production de tomate.

Sur les feuilles, la moucheture se manifeste par des petites taches graisseuses, sombres, prenant rapidement une teinte brune à noire. Ces lésions sont circulaires ou légèrement angulaires d'un diamètre de 2 à 3 mm et présentent un halo jaune plus ou moins large et marqué (BLANCARD, 2009).

I-7-2-1-2-Feu bactérien (*Xanthomonas axonopodis*)

Cette bactérie est plus répandue dans les pays tropicaux et subtropicaux. Le pathogène est propagé par le biais de graines, des insectes, des gouttes de pluie, des restes des plantes infectées et de mauvaises herbes appartenant à la famille des solanacées. Les pluies torrentielles et une humidité élevée favorisent le développement de la maladie (WAGENINGEN, 2005).

I-7-2-1-3-Le chancre bactérien

Le chancre bactérien est causé par le *Clavibacter michiganense*

Michiganense (DAVIS *et al.*, 1984), est une maladie vasculaire qui se traduit par un flétrissement et chlorose des organes aériens (BLANCARD, 2009). Elle est importante et répandue dans le monde, causant des pertes économiques graves de la tomate (GLEASON *et al.*, 1993; GARTEMANN *et al.*, 2003). La maladie est propagée par le biais des graines et de la terre. Les bactéries peuvent survivre sur des résidus de plantes (WAGENINGEN, 2005).

I-7-2-2-Les maladies fongiques

I-7-2-2-1-Alternariose (*Alternariasolani*)

L'alternariose se manifeste par des taches brunâtres sur les feuilles, elle se développe à la base de la tige, souvent près du sol. Ces taches apparaissent sur les fruits puis le plant flétrit et meurt, pour lutter contre l'alternariose il faut éliminer les plants trop atteints et alterner les traitements au cuivre, au manèbe et au mancozèbe (POLESE, 2007).

I-7-2-2-2-Mildiou (*Phytophthora infestans*)

Le mildiou apparaît sur les feuilles des plants de tomate quelques jours après une période de temps humide (>90%) ou pluvieux. Le mildiou peut s'attaquer à tous les organes aériens de la plante. Il se manifeste par des taches nécrotiques, irrégulières, d'extension rapide, entourées d'une marge livide. Sur les tiges on voit des plages brunes pouvant les ceinturer. Les fruits mildiousés sont bruns marbrés, irrégulièrement bosselés en surface (BLANCARD *et al.*, 1997 ; APA, 2005).

Selon BLANCARD *et al.* (1997) pour diminuer la propagation de mildiou il faut :

- Eviter les excès d'azote et d'eau ;
- Eliminer les plants malades, effeuillage régulier des plants, et faire des traitements chimiques préventifs ;
- Alterner les produits pour éviter l'accoutumance

I-7-2-2-3-La fusariose (*Oxysporum lycopersici*)

La fusariose cause le flétrissement, le jaunissement et l'enroulement des feuilles à leurs bords en commençant par la base de la plante et se propage vers le haut. Une coupe au niveau de la tige ou des racines fait apparaître une tache brune (WAGENINGEN, 2005).

Pour lutter contre la fusariose :

- Désinfection du sol ;
- Utilisation des variétés résistantes ;
- Rotation des cultures ;
- Utilisation des fumigants (BLANCARD *et al.*, 1997).

I-7-2-2-4-Verticilliose

La verticilliose est causée par *Verticillium alboatrum* et *Verticillium dahliae*. Cette maladie se manifeste par l'apparition des plages mates et molles puis jaunes et nécrotiques au niveau des feuilles inférieures et progresse vers la partie supérieure de la plante (MESSIAEN et MESSIAEN-PAGOTTO, 2009). Contrairement à la fusariose, les symptômes de la Verticilliose se manifestent sur l'ensemble de la surface des feuilles et des branches (RUOCCO *et al.*, 2010).

I-7-2-2-5- Oïdium ou le mal blanc(*Leveillu lataurica*)

Chez la tomate l'oïdium est observé sur la face supérieure des feuilles des plages jaunes apparaissent et finissent par se nécroser au centre, avec un discret feutrage blanc à la face inférieure (MESSIAEN *et al.*, 1991) .

Les hyphes se trouvent entièrement à l'intérieur de la plante. La plante est infectée par le biais des stomates et de la surface des feuilles. Cette maladie se propage rapidement dans les conditions arides (WAGENINGEN, 2005).

I-7-2-2-6-Anthraxose (*Colletotrichum coccodes*)

La maladie apparait dans les conditions humides sous forme de taches gris brunes. Des spores apparaissant de couleur saumon (rose). La transmission se fait par l'intermédiaire des parties de plantes infectées (notamment les fruits). C'est la raison pour laquelle il est très important d'adopter des pratiques d'hygiène agricole (WAGENINGEN, 2005).

1-7-2-2-7-Pourriture grise

La pourriture grise est causée par *Botrytis cinerea* pendant les périodes humides. Les symptômes sont observés sur les fleurs, fruits, tiges, feuilles et se traduisent généralement par un pourrissement des tissus infectés, suivi par l'apparition d'un feutrage gris dû à une production importante de spores. *Botrytis cinerea* peut entraîner des pertes de rendements importantes en affaiblissant les plantes et en les détruisant (WILLIAMSON *et al.*, 2007).

1-7-2-2-8-Septoriose

La septoriose est causé par *Septoria lycopersici*. La maladie se manifeste sous forme de petites taches à contours angulaires, pâles au centre, bordé d'une ligne brune. De petits points noirs présentés par des pycnides se trouvent à leur surface. Les feuilles atteintes s'enroulent, puis se dessèchent et tombent ce qui amène à une végétation fortement réduite (BOVEY, 1972).

I-7-3-Contraintes abiotiques

Les symptômes décrites ci-dessous ne sont pas causées par des insectes ou autre ravageurs, mais ils sont généralement provoqués par des carences au niveau en éléments nutritifs et ou par des conditions climatiques défavorables (WAGENINGEN, 2005).

I-7-3-1-Fendillement des fruits

Les fruits de tomate se fendillent suite aux grandes fluctuations des teneurs en humidité du sol ou au niveau de la température et la perturbation des rythmes de croissance, ce qui diminue la qualité du fruit. Le degré de sensibilité par rapport à ces fluctuations dépend du cultivar. Aussi, les petites fentes facilitent la pénétration des ravageurs et des maladies.

Il y a deux méthodes pour prévenir le fendillement des fruits : couvrir le sol d'une couche de paillis, et arroser légèrement mais plus souvent ; ou alors cueillir les fruits juste avant le mûrissement et les faire mûrir à l'intérieur, dans un endroit sec (WAGENINGEN, 2005).

I-7-3-2-Brûlure par le soleil

Des indentations brunes ou grises apparaissent sur le fruit. La partie du fruit la plus exposée au soleil pourrit en premier. On peut éviter ceci en offrant plus d'ombre pendant le murissage des fruits en plantant des arbres ou par installation d'une culture intercalaire judicieuse. Les brûlures de soleil sont plus fréquentes chez les tomates non tuteurées (WAGENINGEN, 2005).

1-7-3-3- Nécrose apicale

La nécrose apicale se manifeste à la partie inférieure du fruit par de nombreuses petites nécroses brun- claire, d'aspect bosselé qui confluent très rapidement pour donner une plage nécrotique beige. Cette lésion se recouvre de moisissure saprophytes (*cladosporium herbarum* et parfois *fusarium*) (MESSIAEN et al., 1991). Cette maladie physiologique est causée par la carence en calcium (MAPM, 2007).

Quelques symptômes observés sur le fruit de la tomate

Fente de fruit (photographie originale, Septembre 2014).



Pourriture apicale de fruit (photographie originale, Septembre 2014).



Entrée de *Tuta absoluta* (à gauche) ; dégâts de *Tuta absoluta* (à droite) ;
(photographie originale, Septembre 2014)

Figure 4. Les maladies rencontrées sur tomate en plein champ.

II-I- Fertilisation potassique

Introduction

Les plantes prélèvent les éléments minéraux du sol pour produire les composés organiques. Il est établi que plusieurs éléments sont nécessaires pour le fonctionnement normal de la plante. Les éléments nutritifs doivent être présents sous une forme assimilable pour que les végétaux puissent les absorber (MAPM, 2007).

II-I-1- Fumiers organiques

Le fumier de ferme est très utilisé en agriculture. Les plus courants sont les fumiers de cheval, de vache et de porc. Le fumier de cheval présente une teneur en éléments nutritifs la plus équilibrée. Le fumier de vache contient relativement peu de phosphate. Le fumier de porc est généralement riche en sels minéraux mais contient relativement peu de potassium. Le fumier de chèvre et de mouton constitue un bon fumier organique (WAGENINGEN, 2005).

II-I-2-Fertilisants minéraux

Les fertilisants chimiques (à l'exception du calcium) n'améliorent pas la structure du sol mais enrichissent le sol en éléments nutritifs (WAGENINGEN, 2005).

II-I-3-Rôles des différents éléments minéraux nécessaires à la plante

II-I-3-1-Macroéléments (anion ou cation).

a- L'Azote (N)

L'azote est un élément majeur indispensable à la croissance des végétaux, il est prélevé dans le sol sous forme soit nitrique (NO_3^-) ou ammoniacal (NO_4^+). Plusieurs rôles lui sont attribués comme le développement de la plante et la croissance végétale (feuilles, tiges et formation des graines) d'où sa contribution à l'amélioration du rendement (FAO, 2003).

COUTANCEAU (1962), note que l'excès d'azote se traduit en général par une forte végétation, le développement des feuilles est large et de couleur foncée. La floraison est faible et la production de fruits de mauvaise qualité les rend sensible aux parasites. Il résulte que des pucerons sont attirés sur les jeunes pousses bien vertes. En revanche la carence provoque une végétation languissante; feuillage vert clair ou jaunâtre (chlorose) ; plante de taille peu développée (FERTIALE, 2011).

II-I-3-2- Macroéléments absorbés sous forme de cation

a- Le potassium K^+

HELLER(1969), note que Le potassium est un élément majeur essentiel à la croissance et au développement des plantes. Il est disponible sous forme de cation monovalent K^+ .

Selon WILLIAM (2003), dans la pratique agricole, le potassium est habituellement apporté sous forme de potasse (carbonate de potassium k_2CO_3).

La carence en potassium perturbe la synthèse des protéines, les entre-nœuds se raccourcissent considérablement. Cette déficience peut entraîner la diminution de la dominance apicale et les plantes carencées développent de nombreux rameaux axillaires. En plus, elle provoque l'accumulation des nitrates et surtout de l'ammoniac qui devient toxique, et provoque des nécroses qui débutent au niveau des feuilles âgées (BINET et PRUNET, 1967).

KHELIL (1989), signale qu'il est facile de diagnostiquer l'excès de potassium par une analyse foliaire, ce dernier provoque également une augmentation du calibre des fruits.

b- Le sodium Na^+

Le sodium est chimiquement proche du potassium mais ne peut pas le remplacer. Il pénètre mal dans la cellule qui a tendance à le refouler, il sert d'ion d'accompagnement des anions (dans solutions nutritives), il favorise la croissance de la plante (GUET et *al.*, 2011).

c- Le calcium Ca^{++}

Le calcium est apporté sous forme de $CaSO_4$ ou $CaCO_3$. Il s'accumule dans les organes âgés, assez peu dans les organes jeunes, il est peu mobile, c'est un constituant de la lamelle moyenne. Il joue un rôle antitoxique vis-à-vis de diverses substances extracellulaire comme l'acide oxalique, acide tartrique, acide citrique. Les symptômes visuels de carence sur les feuilles sont des gaufrages et des déchirements spontanés du limbe. Sur fruit, une mauvaise nutrition calcique est la cause de maladies physiologiques comme la nécrose apicale de la tomate (ELALAOUI, 2007).

d- Le magnésium Mg^{++}

Le magnésium est absorbé sous forme divalent Mg^{2+} . Dans la plante il exerce plusieurs fonctions importantes. C'est dans la partie porphyrine de la molécule de chlorophylle qu'il est de loin le plus abondant (WILLIAM, 2003). Selon AUDIGIE et ZONZAIN(2009), le

magnésium représente 1 % de poids sec des feuilles. Sa répartition est parallèle à celle du potassium mais en quantité plus faible (PETER *et al.*, 2007).

Le magnésium est également nécessaire à la stabilisation de la structure du ribosome, de plus il constitue un activateur de nombreuses enzymes importantes. Il est important dans les réactions enzymatiques (WILLIAM, 2003).

II-I-3-3-Macroéléments sous forme d'anion

a- Le phosphore

Le phosphore est disponible dans la solution du sol sous la forme d'un triacide (acide phosphorique H_3PO_4) (WILLIAM, 2003). Le phosphore assure 3 fonctions au niveau cellulaire :

- Fonction plastique : Il entre dans la constitution des acides nucléiques du noyau et des phospholipides des membranes en favorisant la multiplication cellulaire (BINET et PRUNET, 1967 ; HELLER, 1984 ; KHELIL, 1989).
- Fonction énergétique : Le phosphore confère un haut pouvoir énergétique à certaines molécules par la formation des liaisons riches en énergie (adénosine-triphosphate ou ATP).(LAFON *et al.*, 1996 ; SOLTNER, 2003).
- Fonction métabolique : Il confère à certaines molécules une réactivité qu'elles ne peuvent avoir en son absence, par exemple le transporteur d' H^+ : NADP lors du cycle de KREBS et du cycle de CALVIN (MATRIN PREVEL *et al.*, 1984).

Le phosphore est nécessaire au développement racinaire, et représente l'élément essentiel pour la floraison, la nouaison, la précocité, le grossissement des fruits et la maturation des graines (HELLER, 1977).

La carence en cet élément provoque :

- Un débourrement tardif suivi du dessèchement des bourgeons, il provoque également un ralentissement du développement des rameaux et des racines
- Les feuilles deviennent plus petites avec coloration terne, puis vert pâle, prenant ensuite une teinte rouille ou pourpre, avec une chute prématurée.

- Fruits petits, bosselés, très colorés, tendres, peu savoureux et acidulés (COUTANCEAU, 1962).

b- Le soufre

Le soufre existe sous différentes formes, comprenant des sulfures de fer et du soufre alimentaire. Cependant, les plantes l'absorbent sous forme d'anion (SO_4^-) (WILLIAM, 2003).

Le soufre est un stabilisateur des structures protéiques, il est présent dans les acides aminés soufrés (LEPOIVRE, 2003), comme la cystéine et la méthionine; 70 % du soufre se trouve dans les chloroplastes. Le soufre est présent dans certaines vitamines comme la thiamine et la biotine. En plus, c'est un élément de transfert d'énergie (l'adénosine phosphosulfate APS) (RAKOTONDRADONA, 2009).

II-I-3-4-Oligoéléments

a- Le fer

Le fer est indispensable à la synthèse de la chlorophylle, c'est le constituant essentiel du système enzymatique d'oxydoréduction (PETER et *al.*, 2007). Son absorption à l'état Fe^{2+} ou Fe^{3+} est contrôlée par voie métabolique qui est fortement influencée par d'autres cations compétiteurs ou antagonistes (Mn^{2+} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Zn^{2+}) (LEPOIVRE, 2003).

b- Cuivre, Molybdène, Manganèse, Zinc

***Le cuivre** entre dans la composition de différents enzymes responsables de certains processus métaboliques dans la plante. Il favorise la synthèse des hydrates de carbone et des protéines et évite une dégradation précoce de la chlorophylle (BOVEY, 1972). La carence en cuivre provoque une chlorose de la pointe des feuilles. Les jeunes feuilles peuvent se tordre (FERTIALE, 2011).

***Le molybdène** est nécessaire pour le métabolisme de l'azote. On le retrouve dans le nitrate réductase et dans les nodosités des légumineuses. La carence en cet élément entraîne une croissance lente (FERTIALE, 2011).

***Le manganèse** est un activateur de nombreuses réactions enzymatiques, sa carence se manifeste par des taches noires caractéristique sur les feuilles (FERTIALE, 2011).

***Le zinc** est absorbé sous forme de cation bivalent Zn^{2+} . C'est un activateur de nombreuses enzymes. Les plantes carencées en zinc sont caractérisées par des entre nœuds raccourcis et des petites feuilles. Le rôle du Zinc dans le métabolisme auxinique demeure obscur, mais on a

observé que sans des plantes carencées en Zinc, la concentration en auxine diminuait avant l'apparition de symptômes visibles (MARSCHNER, 1986).

c- Le bore et le chlore

***Le bore** ; Les plantes ont un très faible besoin en bore; néanmoins, la carence en cet élément est très répandue et se traduit par de nombreux désordres métaboliques notamment, la mort des méristèmes apicaux des tiges et des racines, un allongement de l'interphase entre deux mitoses successives, une perturbation de la synthèse et de la distribution des substances de croissance (LEPOIVRE, 2003).

***Le chlore** est nécessaire à la photosynthèse à dose très faible, il favorise le transfert des électrons de l'eau à la chlorophylle (LEPOIVRE, 2003).

II-I-4- Le potassium dans le sol

Dans le sol, le potassium se trouve sous quatre formes (figure 4) :

II-I-4-1- Le potassium non échangeable : est lié aux minéraux silicatés (de type mica et feldspath), aux argiles proches des micas (argiles de type illite). Cette forme constitue une réserve utilisable à long terme ; le potassium est libéré progressivement par l'altération des minéraux, sous l'effet de l'activité biologique des sols au niveau des racines, de leurs sécrétions et de l'action du climat...) (MHIRI, 2002).

II-I-4-2- Le potassium à l'intérieur des réseaux cristallins : ce potassium entre dans la constitution des minéraux primaires (roche mère) : il est très lentement libéré au cours des processus d'altération. Il est libéré durant la phase de croissance du végétal à partir de la phase solide du sol (CHAFAI, 2007).

II-I-4-3- Le potassium adsorbé : Il existe un équilibre entre le potassium de la solution du sol et celui qui est adsorbé sur le complexe d'échange cationique, les deux états constituent un taux utilisable pour l'alimentation de la plante : c'est le potassium échangeable ou assimilable (CHAFAI, 2007).

II-I-4-4- Le potassium renfermé dans la matière organique : les plantes, après avoir relevé et absorbé le potassium, excrètent celui-ci, contenu dans leurs sucs, par leurs racines et par leurs feuilles. Après la mort de la plante, la décomposition des résidus végétaux libèrent encore des cations K^+ (CHAFAI, 2007).

Bien que présent dans le sol sous plusieurs formes, le potassium n'est assimilé par les végétaux que sous la forme K^+ . La proportion de K^+ échangeable est finalement infime (1 à 2 % du potassium total), tant dans la solution du sol que sur le complexe argilo-humique, par rapport aux autres formes naturellement présentes dans le sol : plus de 99 % de cette forme K^+ est adsorbée sur le complexe, et une quantité minime se trouve en solution (SOLTNER, 2003).

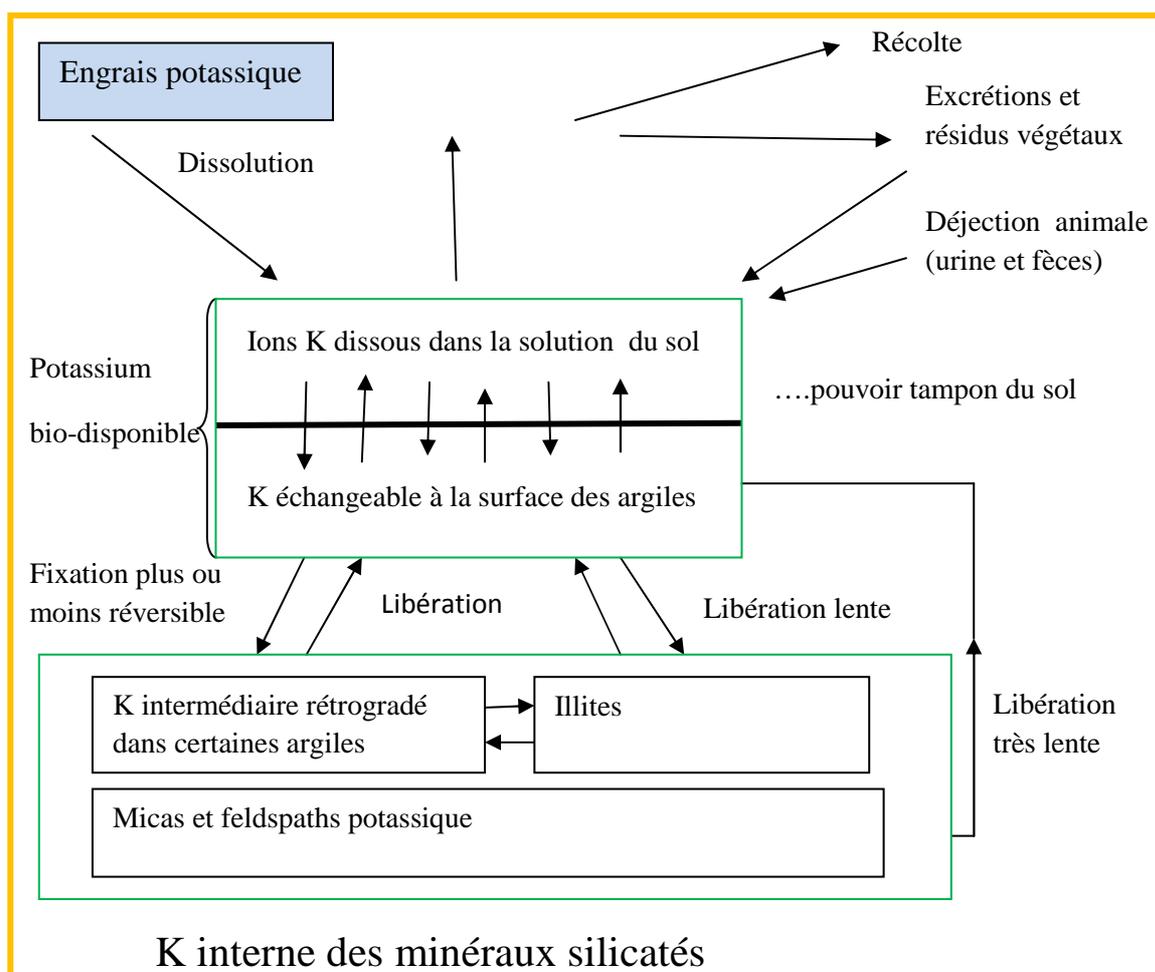


Figure 5. Le potassium dans le sol (MOREL, 1996).

II-I-5-Transfert du potassium dans le sol

Les transferts du potassium dans le sol sont illustrés dans la figure 6. Ces transferts montrent pour une large part des propriétés d'échanges entre le complexe adsorbant du sol et de liquide, mais aussi du processus de rétention (MOREL, 1996).

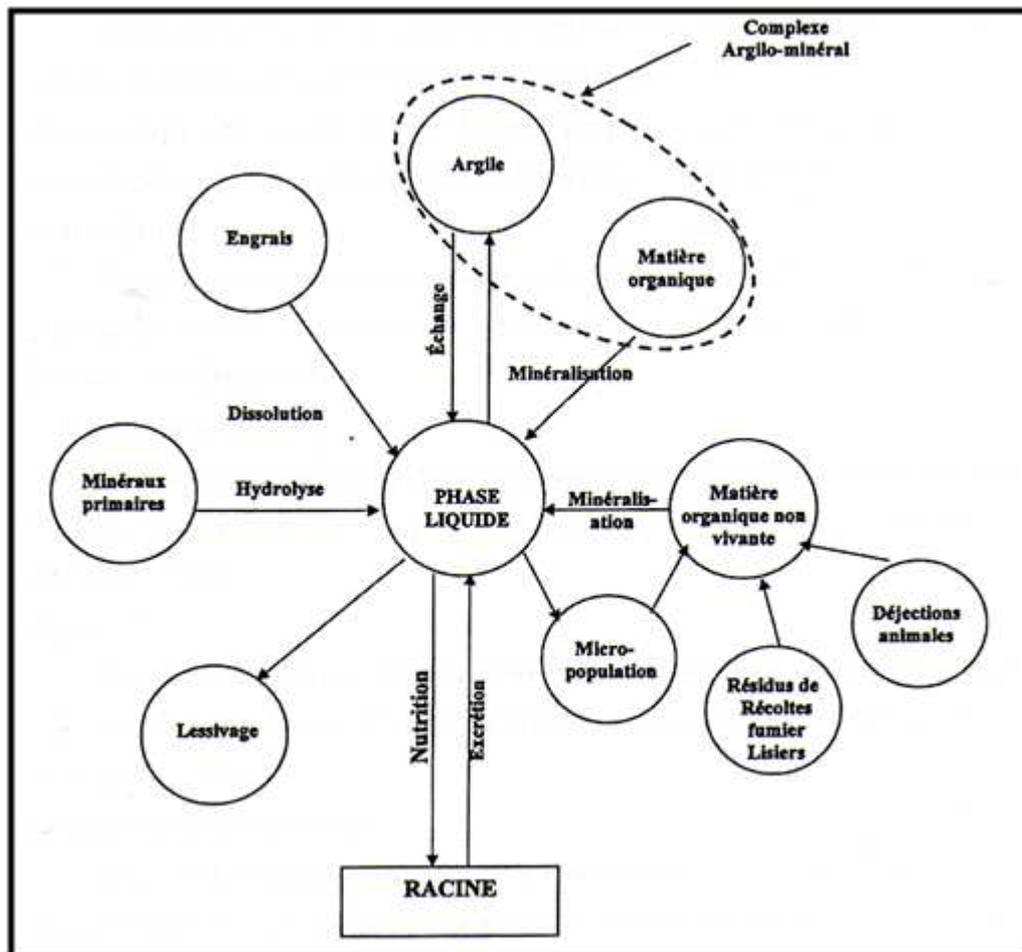


Figure 6. Transferts du potassium dans le sol (MOREL, 1996).

II-I-6-Le rôle de potassium dans la plante

-Le potassium intervient dans l'équilibre acido-basique des cellules et régularise les échanges intracellulaires, on peut citer les principaux rôles :

- Il réduit la transpiration des plantes (augmente la résistance à la sécheresse).
- Il active la photosynthèse et favorise la formation des glucides dans les feuilles.
- Il participe à la formation des protéines, et favorise leur migration vers les organes de réserve (tubercules et fruits).

- il contribue à renforcer les parois cellulaires, et offre aux plantes une meilleure résistance à la verse et à contre l'agression de diverses maladies (UNIFA, 2005).

-Il pourrait, selon certains auteurs, faciliter l'accumulation d'amidon dans le fruit. (GRASSELLY *et al.*, 2000).

II-I-7-Pertes en potassium du sol

II-I-7-1-lessivage du potassium

*La texture du sol : les pertes annuelles en potassium par lessivage pour 1 ha de couche arable sont très importantes dans les sols sableux (tableau 7) (MOREL, 1996, CONTIGNIES, 1996).

*La forme du potassium : le sulfate de potassium (K_2SO_4) et le phosphore de potassium (KH_2PO_4) sont moins sujets au lessivage que Kcl et KNO_3 (HALLADJ, 2006)

Tableau 5. Les pertes annuelles de potassium par lessivage.

Les pertes en Kg	Le sol
0 à 10	Argileux
10 à 20	Limoneux
20 à 30	Sableux

II-I-7-2-Perte par érosion

Les pertes par érosions peuvent s'ajouter dans les sols en pente aux pertes par lessivage (MOREL, 1996).

II-I-8-Exigences en potassium

Le choix de la dose et du fractionnement de la fertilisation potassique doit tenir compte de quelques données agronomiques de base et du climat :

- **la texture du sol** : sur un sol filtrant, les risques de lessivage seront beaucoup plus importants et obligeront souvent à fractionner les apports de potassium pour limiter les pertes et optimiser ces dernières (MOREL, 1996).

- **la pluviométrie** (la présence d'un système d'irrigation) : les prélèvements nutritionnels et le transport des minéraux se font dans un milieu aqueux. Tous les éléments sont faiblement

absorbés par un manque d'eau. Le potassium, dont l'assimilation est dite passive (c'est à dire très liée au niveau et à la régularité du flux hydrique dans le végétal) est particulièrement pénalisé en sol sec. A l'inverse, en situation de pluviométrie élevée, cet élément plus mobile peut se trouver entraîné en profondeur limitant l'efficacité de son apport (ANONYME_a, 2012).

II-I-9-Interaction entre les éléments minéraux

Il est inutile d'augmenter la dose d'un élément donné si la croissance est limitée par l'insuffisance ou l'excès d'un autre élément. L'interaction peut être positive ou négative:

II-I-9-1- Synergie

Il s'agit d'un effet d'un ion A qui est amplifié par la présence de l'ion B. Le chlore et les nitrates facilitent la pénétration du potassium et du calcium. L'absorption des ions phosphoriques est meilleure en présence de Mg^{2+} (ANONYME_b, 2010).

II-I-9-2-Antagonisme

Selon GRASSELLY et *al.* (2000), l'antagonisme se produit lorsque la teneur en un élément est excessive. Elle aura donc pour effet de limiter l'absorption des autres éléments.

L'antagonisme existe entre le calcium et le potassium ; Phosphore et Mg ; Fer et Mn ; Mg et Ca. Cet antagonisme peut être dû à une compétition au niveau d'un transporteur, c'est le cas de K^+ / Rb^+ , Cl^- / Br^- .

Quel que soit leur origine, la synergie et l'antagonisme nécessitent un certain équilibre entre les différents composants des solutions nutritives (SOLTNER, 2003).

a-Interaction Potassium-Magnésium

Entre le potassium et le magnésium, on peut avoir un antagonisme, lorsque l'un des deux est apporté en excès par rapport à l'autre (LAUMONNIER, 1979).

b-Interaction Potassium –Calcium

Selon PREDESCU (1976), certains éléments exercent un effet antagoniste sur d'autres éléments en empêchant leur absorption par les racines et leur assimilation par la plante. Des fortes concentrations en calcium ont un effet déterminant sur l'assimilation du potassium. BERTSCHINGER et *al.*, (2003) indiquent que des excès en potassium peuvent entraîner une mauvaise absorption du calcium, surtout après nouaison.

c- Interaction Potassium- Manganèse, Bore

GAUTIER (2001), signale que l'excès de potasse provoque le blocage du manganèse et du bore.

II-I-9-2-1-Mécanismes d'antagonisme

a- Antagonisme par concurrence ionique : lorsque la concentration de la solution du sol en potassium est élevée, cela induit une augmentation d'absorption de cet élément par la racine au détriment du magnésium et du calcium. De même, un excès de disponibilité en potassium accentue les phénomènes chlorotiques en sols sensibles en limitant la disponibilité du fer et du manganèse (ANONYME_b, 2012).

b- Appauvrissement du complexe par déplacement d'ions : les ions K^+ en excès prennent la place des ions Ca^{2+} et Mg^{2+} sur le complexe argilo-humique. Ces derniers sont alors exposés au lessivage : c'est l'action décalcifiante et anti-magnésienne des engrais potassiques ; Il faut de plus noter le phénomène d'absorption sélective des ions par les racines : les végétaux semblent préférer les ions K^+ aux ions Ca^{2+} (ANONYME_b, 2012).

II-I-10-Potassium et le lycopène

Il n'y a aucun effet de la date de récolte sur la concentration du lycopène du fruit, par contre il y a une interaction significative du taux de potassium et du type de variété sur son accumulation. 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.

II-I-11-Potassium et santé humaine

-Le potassium maintient le degré d'hydratation des tissus et exerce une influence importante sur l'équilibre osmotique des liquides

-Il favorise l'élimination des toxines et rend les cellules sensibles à différents stimuli chimiques et physiques

-le potassium est utilisé pour maintenir la balance électrolyte dans le corps et peut aider à empêcher la déminéralisation des os par l'empêchement de la perte du calcium par les urines et peut baisser l'hypertension (MERABET ET BELMALLAT, 2008)

II-II- Le lycopène

II-II-1-Historique

Le lycopène a été isolé pour la première fois par HARTSEN en 1873 à partir des fraises de l'espèce *Tamus communis L.* comme un pigment rouge cristallin. En 1875, MILLARDET a obtenu une mixture brute de 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.*, 2001). En effet les grands fabricants de produits à base de tomate ont orchestré une vaste campagne de sensibilisation visant à faire connaître les propriétés du lycopène (FOOD et DRUG, 2005).

II-II-2-Définition

AGARWAL et RAO (1998), notent que le lycopène se trouve principalement dans la peau et le péricarpe de la tomate. C'est un pigment appartenant à la classe des terpènes caroténoïdiens (BUNKER et *al.*, 2007), et à la famille de pigments végétaux connus comme les caroténoïdes. Les caroténoïdes produisent des couleurs allant de la couleur jaune de squash, à la couleur orange des citrouilles, et rouge des tomates. Les caroténoïdes contribuent également à la fabrication de certains arômes alimentaires de la plante (BUSTAMANTE et SANCHEZ, 2007).

Sa structure chimique particulière lui permet d'absorber toutes les longueurs d'onde de la lumière, excepté le rouge, qui lui confère sa couleur rouge intense caractéristique. Le lycopène n'est pas synthétisé chez l'homme et les animaux, il doit donc être apporté dans l'alimentation (KIM et *al.*, 2011).

II-II-3-Structure chimique du lycopène

Plus de 600 substances caroténoïdes ont été reconnues (VERONIQUE et LAVOIE, 2001). Le lycopène est un caroténoïde hydrocarbure qui se compose uniquement d'hydrogène et de carbone (FURR et CLARK, 1997). C'est une molécule de formule $C_{40}H_{56}$ (figure 2), non saturé à chaîne ouverte qui exerce une action antioxydante en cédant ses électrons afin de neutraliser les radicaux libres avant même qu'ils atteignent leurs cibles. Son PM = 536.88, sa température d'ébullition est de l'ordre de 175°C. Il est insoluble dans l'eau, soluble dans

l'éthanol, benzène, chloroforme, huiles et graisses. Caractérisé par une structure acyclique symétrique contenant onze doubles liaisons conjuguées et deux non conjuguées qui confèrent à la molécule sa couleur rouge (BUNKER *et al.*, 2007).

La cyclisation de ses extrémités par une enzyme spécifique, la Chromoplast-specific lycopène beta-cyclase, aboutit à la formation du bêta-carotène (AGARWAL *et* RAO, 2000). Dans la tomate fraîche, le lycopène se présente sous la configuration trans, plus stable que la configuration cis (SIES *et* STAHL, 1995).

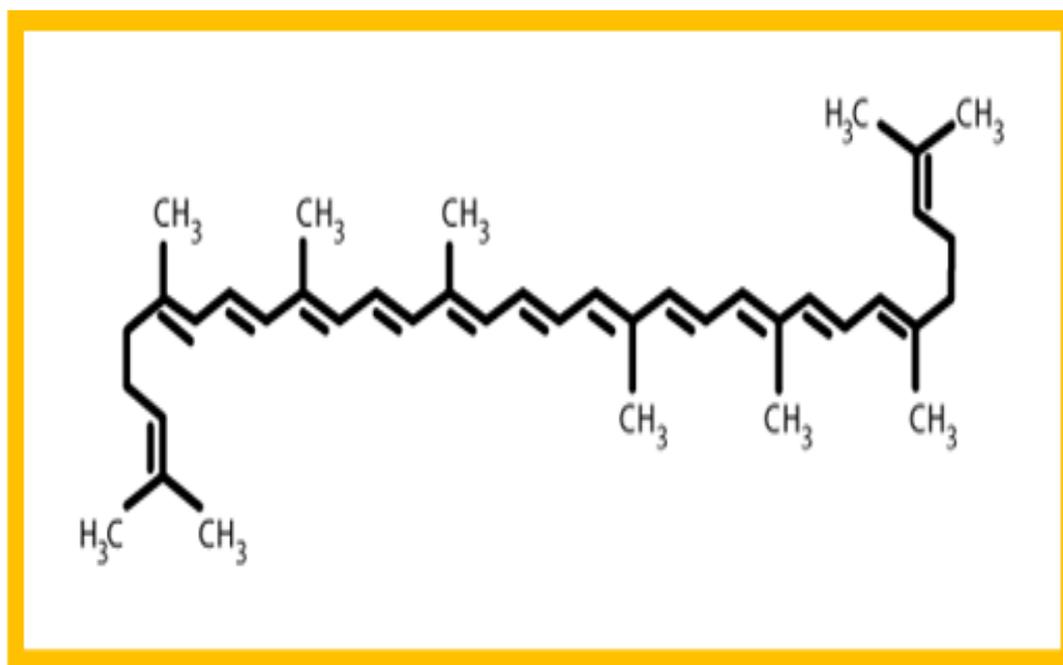


Figure 7. Structure moléculaire du lycopène (STAHL *et al.*, 2000).

II-II-4-Sources alimentaires du lycopène

Aux États-Unis, plus de 80% de l'apport en lycopène alimentaire provient de produits à base de tomates comme le ketchup, le jus de tomate, sauce à spaghetti et sauce pizza (CLINTON, 1998). La quantité de lycopène présent dans les aliments transformés est souvent beaucoup plus élevée que dans les aliments frais, étant donné que le traitement implique la concentration par perte d'eau. Le ketchup contient de 9,9 à 13,44 mg de lycopène / 100 g, tandis que les tomates fraîches contiennent partout de 0,88 à 7,74 mg de lycopène / 100 g de poids humide (RAO *et al.*, 1998, NGUYEN *et* SCHWARTZ, 1998).

Quelques autres aliments de consommation courante contiennent également du lycopène (les fraises, la pastèque...). Les procédés thermiques, tels la cuisson et le blanchiment représentent les principales causes de perte et de changement de la configuration du lycopène (VERONIQUE et LAVOIE, 2001)

II-II-5-Localisation du lycopène

Le lycopène est présent dans le corps humain à 50% sous sa forme cis (STAHL et SIES, 1992). Les organes humains stockent le lycopène à différentes intervalles. Le lycopène se trouve en plus grandes quantité dans le foie, les testicules, les glandes surrénales et les tissus adipeux. On le trouve en faibles concentrations dans le rein, l'ovaire, les poumons et les prostates (KUN et WATSON, 2006).

II-II-6-Propriétés

Le lycopène est un antioxydant particulièrement efficace, capable de gêner l'action des radicaux libres. Le lycopène préserve la jeunesse de la peau en la protégeant contre les radicaux libres et contribue à protéger les cellules du derme de l'oxydation. Ses propriétés anti oxydantes sont responsables de ses effets bénéfiques sur la santé. Les travaux de recherche montrent que le lycopène serait impliqué dans la lutte contre les maladies cardiovasculaires (AGARWAL et RAO, 1998).

II-II-7-Différentes action du lycopène

II-II-7-1-Action anti-athérogène du Lycopène

AGARWAL et RAO (1998) rappellent que les lipides sont particulièrement sensibles aux agressions des radicaux libres. C'est le phénomène de "lipoperoxydation". Les lipoprotéines qui circulent dans le sang n'y échappent pas et deviennent alors particulièrement athérogènes, les cellules deviennent incapables d'évacuer le cholestérol par les voies normales, ce qui favorise l'accumulation incontrôlée de cholestérol dans la paroi des artères (athérosclérose).

Parmi les antioxydants qui circulent dans le sang, les caroténoïdes sont particulièrement importants pour protéger les LDL (Low density lipoproteins) contre l'oxydation. Diverses études épidémiologiques ont par ailleurs montré qu'une concentration élevée de Lycopène dans le sang est associée à un plus faible risque d'accident cardiaque (AGARWAL et *al.*, 1998).

II-II-7-2-Action anti-cancérogène du lycopène

Une étude sur six ans, menée par le Professeur Edward GIOVANUCCI (1999), réalisée à partir de 72 travaux de recherches à examiné les régimes alimentaires de plus de 48000 hommes. Des 46 fruits et légumes évalués, seuls les produits à base de tomate ont démontré une relation mesurable pour diminuer le risque de cancer de la prostate, du pancréas, du poumon et du colorectal. Avec une consommation accrue de produits à base de tomate, les niveaux sanguins de lycopène ont augmenté et le risque de cancer de la prostate a diminué, cette étude a apporté la preuve que le lycopène réduit de 21 à 34% le risque d'avoir un cancer de cette nature chez les hommes consommant au moins 10 fois par semaine des plats contenant de la tomate. Aussi la transformation de tomate et les produits à base de tomate par la cuisson a permis d'accroître la biodisponibilité du lycopène et diminuait le risque de cancer de l'appareil digestif (FRIEDMAN, 2002).

II-II-7-3-Action du lycopène sur le système immunitaire et le matériel génétique

Les rapports scientifiques sont unanimes que les caroténoïdes ne sont pas seulement essentiels à la nutrition humaine, mais ils augmentent les défenses immunitaires de l'organisme, empêchant la mutagenèse et réduisant les dommages infligés au matériel génétique (BILTON ,1999).

RISO et ses collaborateurs de l'université de Milan en Italie, sont arrivés à la conclusion que la consommation de dérivés de tomate pourrait diminuer les dommages causés à l'ADN Lymphocytaire dus à son oxydation (REHMAN et *al.*, 1999).

II-II-7-4-Action du lycopène dans les autres tissus

Des études menées aux États-Unis sur des patients atteints d'une pathologie dégénérative de la rétine des yeux ont montré l'effet protecteur préventif du lycopène vis-à-vis de ces pathologies (KAVANAUGH, 2007)

Une étude en cours en Inde, réalisée par le Dr MOHANTY, démontre une relation entre le lycopène et une augmentation de la fertilité masculine. Les résultats préliminaires de cette étude indiquent une augmentation générale de la fertilité masculine. Sur 50 patients, 18 couples (36%) signalent un test de grossesse positif à neuf mois, une augmentation de 70% de

la concentration des spermatozoïdes, 60% de la concentration fonctionnelle des spermatozoïdes, 46% de la motilité des spermatozoïdes (TOMATO-NEWS, 2001).

Toutefois, la complémentation avec des comprimés contenant le principe actif de fruits et légumes frais a été fortement déconseillée par des chercheurs du Centre international de Recherche sur le Cancer (CIRC) de l'Organisation mondiale de la Santé (OMS) qui ont formulé une mise en garde contre l'utilisation de ces compléments alimentaires dans le cadre de la prévention contre le cancer. Ils déconseillent notamment la promotion des comprimés de caroténoïdes. La consommation de fruits et légumes frais reste, la première ligne de défense contre la maladie (OMS, 1998).

I-1-But de l'essai

L'objectif de l'essai porte sur l'effet de cinq doses de fertilisation potassique sur les paramètres technologiques chez une variété de tomate industrielle « Riogrande » cultivée en plein champ.

I-2-Conditions expérimentales

I-2-1-Situation géographique

L'essai est réalisé en plein champ au sein de la station expérimentale, à l'Institut Technique des Cultures Maraichères et Industrielles (I.T.C.M.I) de l'Isser ville (36° à 43° N- 3° à 39° E). Cette dernière est située sur la route de Chabat El Aneur - Draa El Mizane, à la sortie du réseau urbain de la commune des Issers, wilaya de Boumerdès, à 1,5 km de l'axe routier Alger-Tizi-Ouzou. La superficie de la station est de 26,70 ha dont 4,80 ha représentent la surface agricole utile (SAU), les bâtiments occupent 1,90 ha, dont l'altitude est de 450 m. La parcelle d'essai est située au sud de la station, délimitée par des champs agricoles de tous les côtés (Figure 8).



Figure 8. Carte géographique des limites administratives de l'Isser ville (Google Maps, 2014).

2-2-Données climatiques

Le climat d'une station est mesuré selon le différent élément du climat

2-2-1-Température

La température est le paramètre le plus important. Elle exerce une action écologique sur les êtres vivants (DREUX, 1980). La température optimale pour la plupart des variétés se situe entre 21 et 24 °C. Les plantes peuvent surmonter un certain intervalle de température, mais en dessous de 10 °C et au-dessus de 38 °C. La tomate réagit aux variations de température qui ont lieu pendant le cycle de croissance (SHANKARA *et al.*, 2005).

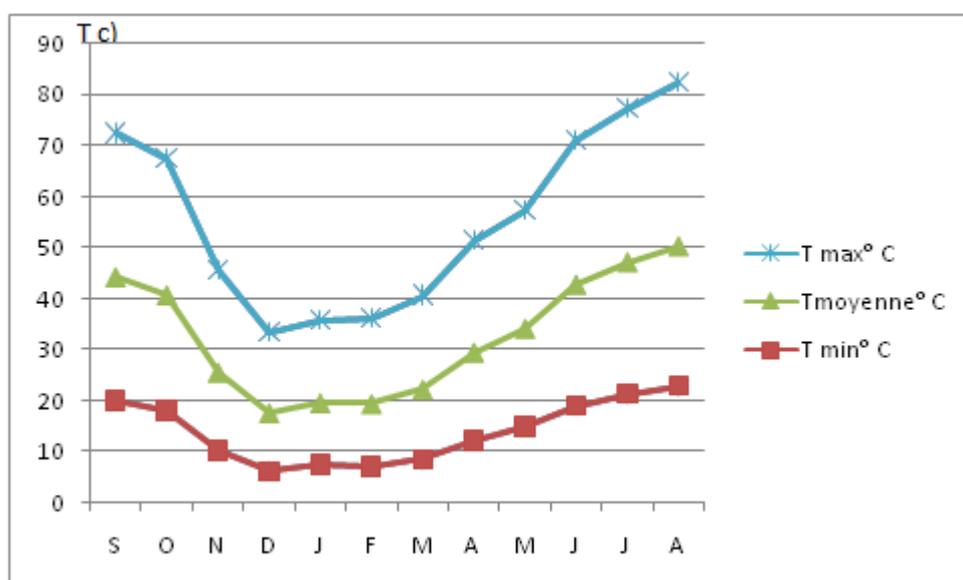


Figure 9. Variation des Températures maximales minimales et moyennes mensuelles au cours de la campagne agricole 2013 -2014.

La température moyenne mensuelle la plus basse est de 11,18, elle enregistrée durant le mois de décembre 2014, alors que le mois le plus chaud est celui de août avec 27,42 (figure 9).

2-2-2- Humidité de l'air

Humidité relative est un facteur écologique important (DAJOZ, 2006). Durant la période végétative l'humidité doit être maintenue entre 70 et 80%, et aussi il est souhaitable d'avoir une humidité entre 60 et 70% au moment de la floraison, afin de faciliter la dispersion du pollen (CHAUX et FOURY, 1994).

2-2-3- Pluviométrie

L'eau est un élément indispensable à la vie de végétale. Elle assure le transport des éléments nutritifs et représente la plus grande proportion (80%) du poids frais des végétaux. Son importance est primordiale dans les phénomènes de croissance, du développement et de mise à fruit des plantes.

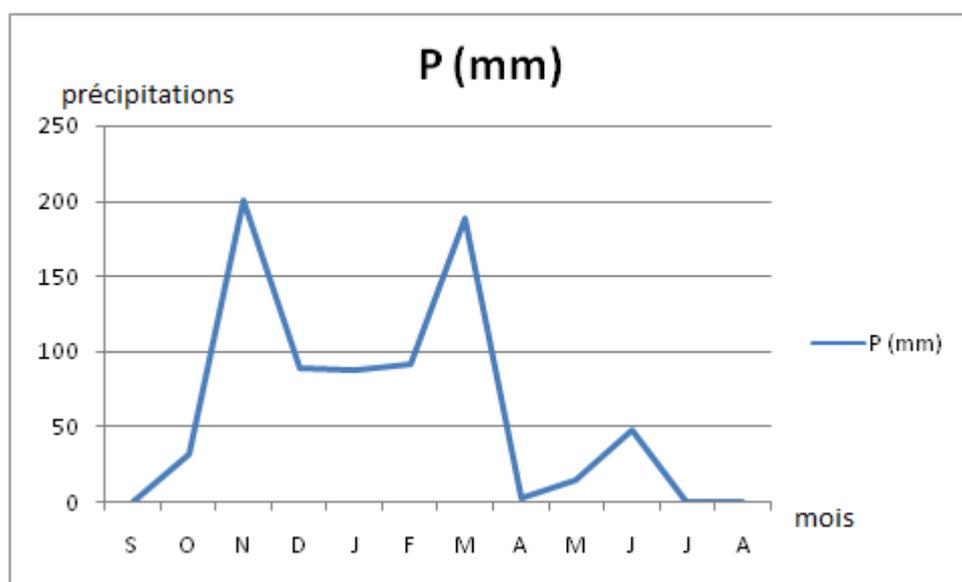


Figure 10. Les précipitations moyennes mensuelles au cours de la campagne agricole 2013-2014

Le mois le plus pluvieux est le mois de novembre avec 201 mm. Pendant la période d'étude les précipitations ne sont pas importantes, seulement 3 mm pendant le mois d'avril et 14 mm au mois de mai. Absence des pluies au moment de la récolte « juillet et aout » (figure 10).

I-3-Matériel et méthodes

I-3-1-Matériel utilisé

I-3-1-1-Matériel végétal

L'étude est portée sur une variété de tomate industrielle « Riogrande ». Les principales caractéristiques de cette variété sont résumées dans le tableau 6.

Tableau 6. Caractéristiques de la variété Riogrande (I.T.C.M.I, 2014).

➤ Caractéristiques	➤ Riogrande
• Origine	• France
• Nature génétique	• Fixée
• Type de croissance	• Déterminée
• Précocité	• Tardive (180 jours)
• Récolte	• Echelonnée
• Productivité	• 400à500 QX /ha
• Destination	• Double fin
• Forme de fruit	• Légèrement allongée
• Nature de la peau	• Lisse
• Port	• Dressée
• Poids moyen	• 80 à 100 gramme
• Ph de jus de fruit	• 4,4
• Brix	• 5,5 à 7,5



Figure 11. Fruits de tomate, variété « Riogrande »(Photographie originale, Aout2014).

I-3-1-2-La fumure minérale

a- La fumure azotée

Pendant la période d'essai, l'apport d'azote sous forme d'urée à 45 % d'N est fractionné en deux apports. L'apport global est de 120 kg/ha d'N. Ce dernier est fractionné en deux, le premier est effectué le 09 juin 2014 correspondant au stade jeune plant et le deuxième est réalisé, le 10 juillet 2014 correspondant au stade floraison (un mois après la plantation) pour créer un effet synergique avec le potassium (I.T.C.M.I, 2014)

b- La fumure potassique

Au cours de notre essai, le potassium est apporté sous forme de sulfate de potassium (K_2SO_4) à 50 % de K_2O au stade floraison à la date du 7 juillet 2014. A cet effet cinq doses sont apportées :

K_0 : la dose témoin, sans apport extérieur (0 U de K_2O) ;

K_1 : la deuxième dose, 100kg/ha de K_2O correspondant à 200kg de K_2SO_4 /ha ;

K_2 : la troisième dose, 300 kg/ha de K_2O correspondant à 600kg de K_2SO_4 /ha ;

K_3 : la quatrième dose, 500 kg/ha de K_2O correspondant à 1000kg de K_2SO_4 /ha ;

K_4 :la cinquième dose, 700kg/ha de K_2O correspondant à 1400kg de K_2SO_4 /ha.

C- La fumure phosphatée

La fertilisation phosphatée n'a pas été réalisée, puisque le sol est riche en cet élément.

I-3-2-Méthodes d'études

I-3-2-1-Analyse du sol

Sur la parcelle d'essai, nous avons effectué des prélèvements d'échantillons du sol à la date du 02 Mai 2013, sur une profondeur de 30 cm à l'aide d'une tarière. Cinq échantillons sont pris sur la diagonale de la parcelle expérimentale.

L'analyse physico-chimique du sol est réalisée au niveau du laboratoire des sciences du sol de l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique (ENASA) d'El Harrach (Alger). Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau 7.

Tableau 7. Résultats d'analyse physico-chimique du sol.

Caractéristiques physico-chimiques	Résultats	Observations
Argile (%)	40,33	Sol argileux-limoneux
Limon F (%)	25,14	
Limon G (%)	14,25	
Sable F (%)	10,75	
Sable G (%)	9,53	
Matière organique (%)	1,34	Sol pauvre en matière organique
Azote N (%)	0,020	Sol très pauvre en azote
Potassium K ⁺	0,53 meq/100g	0,5 < K < 1 sol riche
Phosphore P (ppm)	184,89 ppm	30 < p < 56 sol très riche
C.E	0,379 ds /m	Sol moyen a élevé
C.E.C (meq/100g)	26,55 meq/100g	C.E.C > 25 très élevée
PH	7,89	pH > 7,7 sol alcalin
Ca CO ₃ total (%)	1,75	Sol peu calcaire

Les résultats d'analyse physico-chimique du sol montrent que le sol d'essai est de type argileux-limoneux (40,33 % d'argile et 25,14 % de limon) avec un pH alcalin.

D'un point de vue nutritionnel, le sol est très pauvre en azote, moyennement pauvre en matière organique, riche en potassium et riche en phosphore.

I-3-2-2-Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental auquel nous avons opté est en bloc aléatoire complet (A B et C) à un facteur qui est la fertilisation potassique (figure 12).

L'échantillonnage aléatoire consiste à extraire un sous-ensemble d'individus par un tirage au hasard (ABRAMOWITZ et STEGUN, 1972).

Le facteur étudié est l'engrais potassique à différentes doses: K0, K1, K2, K3, K4.

Les caractéristiques du dispositif sont résumées comme suit:

Longueur de l'essai : 23,2 m.

Largeur de l'essai : 4 m.

Surface de l'essai : 92,8 m².

Nombre de blocs : 3.

Distances entre les blocs : 0,5 m.

Largeur de bloc : 1m.

Nombre de parcelles élémentaires : 15.

Distance entre parcelles élémentaires : 0,8m.

Distance entre plants : 0,4m.

Nombre de plants par bloc : 50 plants.

Densité de plantation : 25000 plants/ha.

I-4-Les paramètres étudiés

Les paramètres technologiques nous informent sur la qualité nutritionnelle de la tomate et l'aptitude des fruits à la transformation et à leur conservation.

Au cours de notre travail, les fruits récoltés sont analysés au niveau du laboratoire commun de la faculté des sciences biologiques et sciences agronomiques de l'UMMTO, et au laboratoire d'analyse des produits agro-alimentaires, cosmétique et hygiène corporelle (LABO-IDRES) à Bejaia

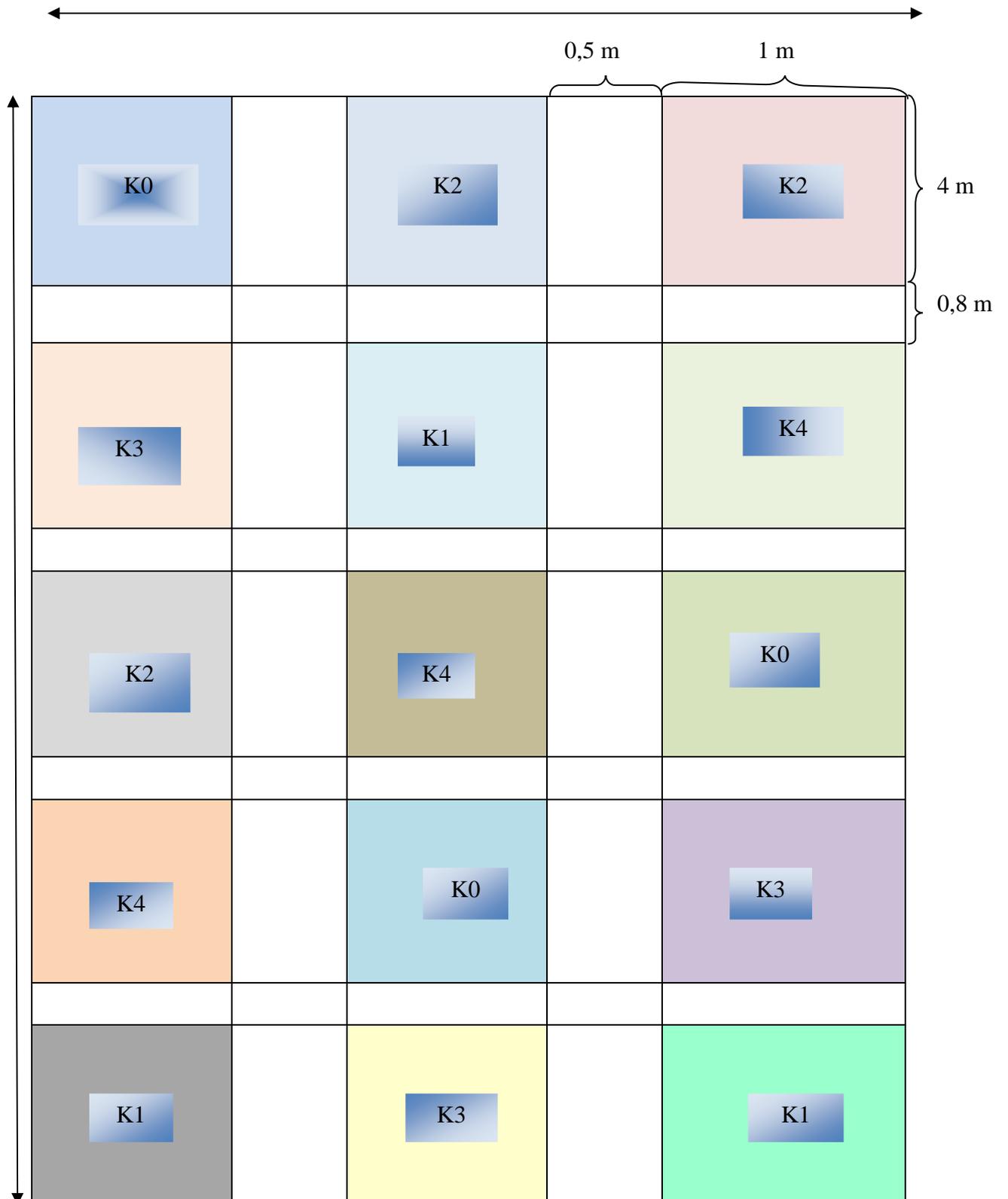


Figure 12. Schéma du dispositif expérimental

I-4-1-Détermination de la teneur en eau

La teneur en eau est déterminée en mettant 1 g d'échantillon dans l'étuve réglée à 103 °C durant 24 heures.

Mode opératoire

- Les coupelles vides sont séchées à l'étuve pendant 15 mn à une température de 105°C.
- Tarer les coupelles après refroidissement dans un dessiccateur.
- Peser dans chaque coupelle 1 g d'échantillons et les placer dans l'étuve réglée à 105°C.
- Retirer les coupelles de l'étuve, les placer dans le dessiccateur et après refroidissement on les pèse.

La teneur en eau par rapport à la masse humide est calculée par la formule suivante :

$$W (\%) = (m_i - m_f) \times 100$$

Où :

W_{mh} : masse, en gramme, poids frais humide

m_i : masse, en gramme, initiale

m_f : masse, en gramme, finale (après dessiccation).

I-4-2-Détermination de la teneur en matière sèche du fruit (%)

La matière sèche totale du fruit est l'ensemble de toutes les substances qui dans des conditions physiques déterminées, ne se volatilisent pas. Ces conditions doivent être fixées de telle manière que, les substances composant cet extrait subissent le minimum d'altération.

Matière sèche =100 - le pourcentage de la teneur en eau

I-4-3- PH du jus de tomate

Le potentiel hydrogène est une expression globale de l'acidité d'un produit (JORA, 1998). C'est une mesure de la concentration des ions hydrogène (H⁺) dans le jus de tomate.

La concentration des ions hydrogène détermine le caractère acide, neutre ou alcalin (basique) du jus de tomate. Le pH se mesure sur une échelle logarithmique variant de 1 à 14. Ainsi, une solution est neutre lorsque le pH est égal à 7, acide lorsque le pH est inférieur à 7, et alcaline (basique) lorsque le pH est supérieur à 7.

Mode opératoire

- Prélever 5 g d'échantillon de jus de tomate;
- Ajouter 50 ml de l'eau distillée puis agiter pendant 15 mn ;
- Introduire l'électrode du pH mètre dans le bécher, puis lire la mesure en plongeant l'électrode dans la solution de KCl.

I-4-4-Acidité titrable du jus de tomate (%)

Selon BOARD (1987), il s'agit de quantifier la teneur totale en acides organiques naturels. Le dosage étant effectué par titration avec une base forte (NaOH 0,1N) jusqu'au virage avec un indicateur coloré (phénophtaléine à 2 %).

Préparation des solutions

Solution de phénophtaléine à 2%

La solution est préparée à partir de 2g de phénophtaléine dans 100ml d'eau distillée.

Solution de soude

Pour la solution de soude, nous avons mis 2.22g de NaOH (0,1N) dans 500 ml d'eau distillée.

Mode opératoire

- couper la tomate puis éliminer les pépins, puis la râper ;
- Peser 25g d'échantillon ;
- Placer l'échantillon dans une fiole conique, ajouter ensuite 50 ml d'eau distillée, préalablement bouillie, refroidie, puis bien mélangé. Chauffer le contenu au bain marie pendant 30 min ; refroidir puis transvaser le contenu de la fiole dans une fiole conique jaugée de 250 ml et compléter jusqu'au trait de jauge avec de l'eau distillée récemment bouillie, refroidie, puis filtrer ;
- Prélever à la pipette 25 ml du filtrat, le verser dans un Becher, puis ajouter deux à trois gouttes de la solution de phénolphtaléine tout en agitant ;

- La titration est faite au moyen d'une burette contenant la solution d'hydroxyde de sodium (0,1N) jusqu'à l'obtention d'une couleur rose persistante, noter ensuite le volume de la solution de soude versée.

Remarque

- L'eau doit être légèrement bouillie pour éliminer le dioxyde de carbone dissous qui pourrait fausser le résultat.
- Le rôle de l'eau : permet d'extraire les acides contenus dans la tomate.

Expression des résultats

$$\text{Acidité titrable(\%)} = \frac{V_{\text{NaOH}}}{V_0} \times 100 \times C$$

$V_{\text{NaOH(ml)}}$: Volume titré de NaOH ;

V_0 : 25 ml d'échantillon ;

C : coefficient de l'acide citrique 0,07.

I-4-5-Détermination de l'extrait sec ou degré brix

Chez la tomate, les sucres représentent environ 48% de la matière sèche totale. Ils sont essentiellement constitués de fructose et de glucose à part égale et d'une quantité très faible de saccharose (DAVIES et HOBSON 1981).

Le Brix est le principal paramètre technologique dans les concentrés de tomate. Il représente le degré de concentration du jus de tomate. Ce paramètre fait l'objet d'une réglementation très stricte (JORA, 1998). Le Brix est défini comme étant la concentration en saccharose d'une solution aqueuse ayant le même indice de réfraction que le produit analysé. Cette concentration mesurée à 20°C par l'indice de réfraction est ensuite exprimée par le pourcentage en masse, ou en degré Brix

Mode opératoire

- Mettre une goutte de jus de la tomate sur le prisme,
- Diriger le refractomètre vers une source lumineuse,
- Lire le résultat sur le refractomètre,

-Relever le prisme mobile et nettoyer soigneusement les deux faces apparentes du prisme au moyen du papier hygiénique.

Remarque

1°Brix est égale 1% de matière sèche soluble.

I-4-6-La teneur en vitamine C (g/100 ml)

L'acide ascorbique fond à 192°C, il est très soluble dans l'eau. Son oxydation est accélérée quand le pH augmente (FRENOT et VIERLING, 2002).

Le dosage de la vitamine C se fait par la méthode iodométrique (BARKATOVET, 1979).

Mode opératoire

Mettre 50ml de filtrat dans un Becher, ajouter 3ml de H₂SO₄ (0,1 N) et quelques gouttes d'empois d'amidon à 0,5% comme indicateur coloré. Puis titrer avec une solution d'iode (0,05 N) jusqu'à l'apparition d'une coloration vert persistante.

Expression des résultats

$$V_C \text{ (g/100 ml)} = V_i \times 4,4$$

V_i: Volume d'iode (ml).

I-4-7-Dosage du lycopène et du β-carotène dans la tomate (g/100ml)

Le dosage du lycopène est un paramètre de qualité chez la tomate. La détermination du taux de lycopène se fait à l'aide d'un spectrophotomètre à 503nm et β carotène à 451 nm (GROLIER *et al.*, 2000).

La méthode d'analyse utilisée est celle de SADLER *et al.*, 1990, dont le principe est le suivant :

-Peser 10g d'échantillon broyés puis ajouter 50ml d'acétone après agitation pendant 15 minutes, on verse le mélange dans une ampoule à décanter ayant des entonnoirs avec la laine de verre pour filtrer. On met 30ml d'acétone pour rinçage et en fin 50ml d'éther du pétrole.

- Pour faciliter la séparation des deux phases et pour rinçage, on rajoute 30ml d'eau distillée en deux fois.

-Après une agitation, on retourne les ampoules pour faire le dégazage. Ensuite on obtient deux phases, la phase aqueuse est jetée et la phase organique est récupérée dans des fioles de 50ml.

-les fioles contenant la phase organique sont mises dans le congélateur pendant 24 heures.

-La lecture est réalisée au moyen du spectrophotomètre UV-visible sur deux longueurs d'ondes 451 et 503nm.

Expression des résultats :

$$Cl \text{ (g/100ml)} = 3,956 \times DO \text{ 503} - 0,806 \times DO \text{ 451.}$$

$$Cc \text{ (g/100ml)} = 6,624 \times DO \text{ 451} - 3,091 \times DO \text{ 503.}$$

Où **Cl** : concentration en lycopène **Cc** : concentration en B-carotène.

I-4-8-Dosage des sucres totaux (g/ 100g)

Le dosage des sucres est réalisé par la technique de DUBOIS et *al.*, 1965.

- Préparation de la solution liqueur de Fehling

A- Solution Fehling A (solution bleu)

Mélanger dans 1 litre d'eau distillée 40g de CuSO₄ et 2ml de H₂SO₄ pur.

B-Solution Fehling B (solution non coloré)

Mélanger dans 1 litre d'eau distillée 200g de Tartrate de Na et K avec 150g de NaOH solide.

- * Prendre 50ml de solution préparée ;
- * Ajouter 5ml de Hcl concentré ;
- * Porter au bain marie à 70°C pendant 5 min puis neutraliser avec NaOH (10N) en présence de deux gouttes de phénolphtaléine à 2% ;
- * Jauger à 100ml avec de l'eau distillée ;
- * Le filtrat obtenu est introduit dans une burette ;

- * Ajouter deux gouttes de bleu de méthylène avant la titration. La fin de la titration est traduite par un virage de la couleur bleu vers la couleur marron brique avec formation d'un précipité d'oxyde cuivreux.
- * Arrêter la titration puis noter le volume du filtrat.

Expression des résultats (g/ 100 g)

$$\text{Sucre totaux} = \frac{240 \times 10}{v (v_2 - 0,05)}$$

V : Volume de l'échantillon analysé

V₂ : Volume de filtrat sur la burette.

I-4-9-Dosage des éléments minéraux

I-4-9-1-Phosphore (mg/100g)

-Préparer une solution de filtrat diluée en deux fois (la première à 2% et la deuxième à 1%);

-Prendre 100 ml de la solution diluée (1 %) la mettre dans un flacon de 500 ml ;

-Préparer un témoin (l'eau distillée à la place de l'échantillon) ;

-Ajouter 4 ml de réactif molybdique + 1 ml SnCl₂ pour les deux expériences ; Après l'apparition d'une couleur bleu, faire la lecture à 880 nm ;

- Le calcul se fait par rapport à une courbe d'étalonnage ;

-Le résultat est multiplié par l'inverse des deux dilutions et il est exprimé en mg/100g

PO₄³⁻

-On converti en phosphore par la règle de trois

X —————> meq PO₄³⁻

Y —————> meq P

X et Y : les valeurs des deux échantillons sur la courbe d'étalonnage.

I-4-9-2-Potassium (mg /100g)

- dilution du filtrat en deux fois (dilution à 2 %, et une dilution à 10 %) ;
 - Faire une lecture à l'aide d'un photomètre à flamme ;
 - après l'obtention des résultats, on multiplie par l'inverse des deux dilutions ;
- Le résultat finale est exprimé en mg/l et converti ensuite mg/100g.

I-4-9-3-Calcium (mg/ 100 g)

- Echantillonner 10g de filtrat, puis ajuster jusqu'à 100ml ;
- Ajouter 2ml de NaOH 2N ; ensuite mettre une pincée de Murexide (indicateur coloré) ;
- Titrer avec EDTA 0.02N jusqu'à l'apparition d'une couleur violet ;
- Lire le résultat sur la burette.

Expression des résultats :

$$\text{Ca}^{2+} \text{ (mg/100g)} = \text{Reb} * \text{N} * 100 / \text{PE} * \text{meq Ca}^{2+}$$

Reb : résultat sur la burette.

PE : prise d'essai.

I-5- Etude statistique

L'interprétation 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 l'analyse révèle des différences significatives, une comparaison multiple de moyennes est effectuée à l'aide du test de NEWMANKEULS qui nous permettra de faire un classement au seuil de 5%.

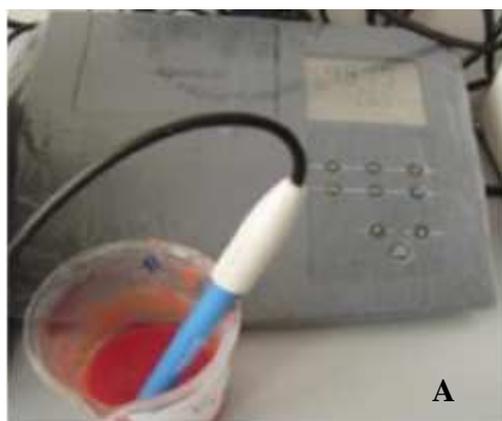
Matériel utilisé au laboratoire

Figure 13. Matériel utilisé au laboratoire (A- PH mètre, B- spectrophotomètre à UV, C- refractomètre, D-Ampoule à décanter, E- Dessiccateur, F- Etuve).

IV-1-Teneur en eau (%)

Le tableau 8 et la figure 13, montrent que la valeur maximale de la teneur en eau de tomate, variété « Riogrande » est obtenue avec la dose K4 (95,067 %), et la valeur minimale est obtenue avec la dose K2 (93,9 %).

Tableau 8. La teneur en eau (%) du jus de la tomate industrielle, variété « Riogrande ».

Doses	K0	K1	K2	K3	K4
Moyenne	94,967	94,467	93,9	94,756	95,067
± écart type	± 0,866	± 0,866	± 0,866	± 0,881	± 0,866

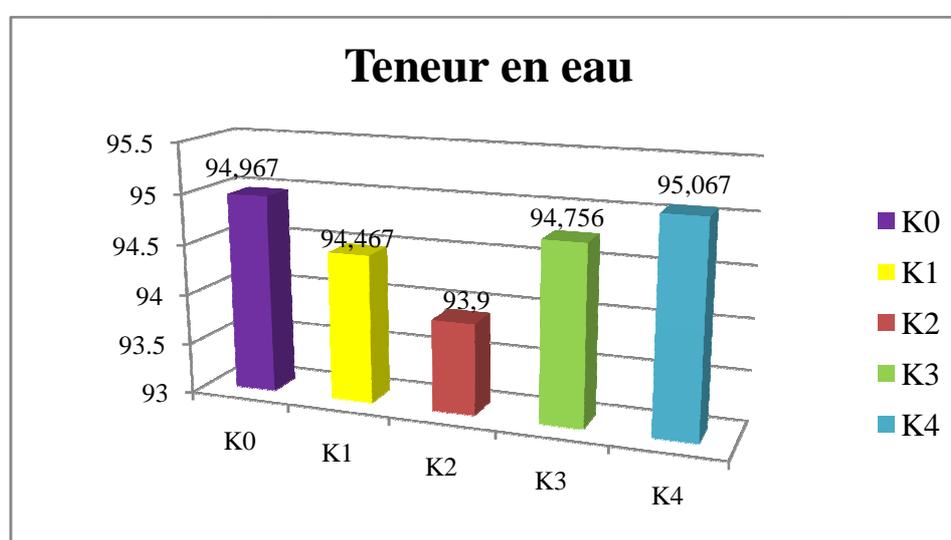


Figure 14. Effet du potassium sur la teneur en eau du jus de tomate, variété « Riogrande ».

Les résultats d'analyse de la variance (tableau 9) ne montrent aucune différence significative pour les facteurs dose en potassium et date de récolte. Mais il apparaît une différence très hautement significative pour l'interaction entre ces deux facteurs.

Le test de NEWMAN-KEULS au seuil 5 % (tableau 10) pour l'interaction des facteurs dose en potassium et la date de récolte, fait apparaître deux groupes homogènes, en groupe A, la dose K4 et récolte R1 (96). DAVIES et HOBSON (1981), signalent que la tomate mure est composée d'environ 95 % d'eau. Nos résultats sont plus ou moins proches de ce pourcentage.

Tableau 9. Résultats d'analyse de la variance pour la teneur en eau de tomate, variété « Riogrande ».

	S.C.E	DDL	C.M.	Test F	Pro	E.T.	C.V.
Var. Totale	80,056	44	1,819				
Var. Facteur 1	7,914	4	1,979	1,965	0,12448		
Var. Facteur 2	2,187	2	1,093	1,086	0,35161		
Var. Inter f1*2	39,748	8	4,969	4,935	0,00061		
Var. Résiduelle	30,207	30	1,007			1,003	1,06%

Tableau 10. Résultats d'analyse de test de NEWMAN-KEULS au seuil 5 % pour l'interaction entre les facteurs dose en potassium et date de récolte.

Interactions	Moyenne	Groupes homogènes	
K4 R1	96	A	
K2 R3	95,7	A	
K4 R2	95,6	A	
K3 R1	95,467	A	
K0 R1	95,4	A	
K0 R3	95,4	A	
K3 R2	95,4	A	
K1 R1	95,1	A	
K1 R2	94,7	A	B
K0 R2	94,1	A	B
K4 R3	93,6	A	B
K2 R2	93,6	A	B
K1 R3	93,6	A	B
K3 R3	93,4	A	B
K2 R1	92,4		B

IV-2-Teneur en matière sèche du fruit de tomate (%)

La tomate mûre représente un taux de 5 à 7 % de la matière sèche (GRASSELLY et al., 2000 ; MARTIN et MOHAND, 2010).

Le tableau 11 et la figure 14, montrent que la plus grande valeur est obtenue avec la dose K2 (6,1 %), et la plus faible valeur est obtenue avec la dose K3 (4,9 %). Nos résultats rejoignent ceux de GRASSELLY *et al.* (2000), sauf la dose K3 qui est légèrement moins de 5 % qui peut être dû aux erreurs de manipulation. Par ailleurs MNAYER (2004) signale que le taux de la matière sèche des tubercules de la pomme de terre varie entre 19 et 20 %, quelque soit le niveau de la fertilisation potassique.

Tableau 11. Effet de potassium sur la teneur en matière sèche de jus de tomate.

Doses	K0	K1	K2	K3	K4
Moyenne	5,033	5,422	6,1	4,9	5,267
± écart type	± 0,866	± 0,764	± 0,866	± 0,866	± 0,866

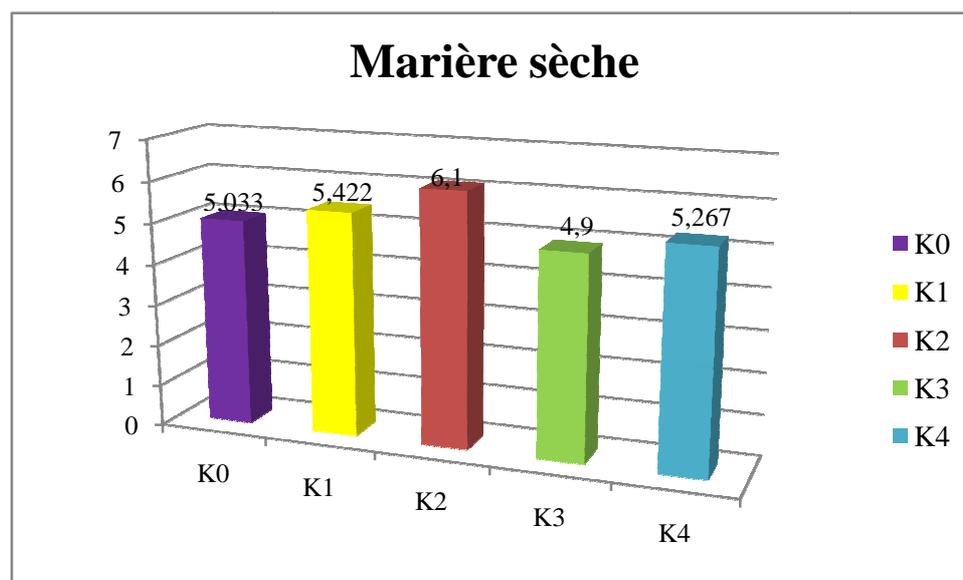


Figure 15. Effet du potassium sur la teneur en matière sèche du jus de tomate, variété « Riogrande ».

Les résultats d'analyse de la variance (tableau 12), ne montrent aucune différence significative des facteurs dose en potassium et date de récolte sur la teneur en matière sèche du jus de tomate, cela est probablement dû aux effets du climat, notamment la température, déficit saturation de l'air sur les flux entre les différents organes, ainsi les variations des apports en eau (LAUMONNIER, 1979).

Cependant l'interaction entre les deux facteurs date de récolte et dose en potassium montre une différence significative. Nos résultats sont contraires à ceux de KACEL et KACIMI (2013) qui ont trouvé un effet significatif du potassium sur ce paramètre.

Par ailleurs chez la pomme de terre, PANIQUE *et al.* (1997), ont signalé qu'il n'ya aucun effet de la fertilisation potassique sur la teneur en matière sèche.

Tableau 12. Résultats d'analyse de la variance pour la variable matière sèche.

	S.C.E	DDL	C.M.	Test F	Pro	E.T.	C.V.
Var. Totale	72,731	44	1,653				
Var. facteur 1	7,896	4	1,974	2,066	0,10938		
Var. Facteur 2	1,934	2	0,967	1,012	0,37733		
Var. Inter f1*2	34,235	8	4,279	4,478	0,00121		
Var. Résiduelle	28,667	30	0,956			0,978	1,82%

Le test de NEWMAN KEULS au seuil 5 % (tableau 13) fait apparaître deux groupes homogènes pour l'interaction des facteurs dose en potassium et date de récolte, ainsi, l'interaction K2 et la récolte R1 se trouvera en groupe A.

Tableau 13. Résultats d'analyse de test de NEWMAN-KEULS à 5 % de l'interaction entre les facteurs dose en potassium et date de récolte.

Interactions	Moyennes	Groupes homogènes	
K2 R1	7,6	A	
K4 R3	6,4	A	B
K2 R2	6,4	A	B
K1 R3	6,4	A	B
K0 R2	5,9	A	B
K3 R3	5,6	A	B
K4 R2	5,4	A	B
K1 R2	5,3	A	B
K0 R3	4,6		B
K0 R1	4,6		B
K3 R2	4,6		B
K1 R1	4,567		B
K3 R1	4,5		B
K2 R3	4,3		B
K4 R1	4		B

IV-3- pH du jus de tomate

Le pH relativement faible des purées de tomate est un avantage d'un point de vue de la stabilité lors de la conservation (GIDDY, 1982 in ZANE, 2012).

Le tableau 14 et la figure 15 montrent que la valeur maximale du pH du jus de la tomate est obtenue avec la dose K1 (3,438) et la valeur minimale est obtenue avec la dose K2 (3,157). Nos résultats confirment ceux de JORA (1998) où le pH des conserves alimentaires d'origine végétale est inférieur à 4,5.

Tableau 14. PH du jus de tomate, variété « Riogrande ».

Doses	K0	K1	K2	K3	K4
Moyenne	3,267	3,438	3,157	3,383	3,357
± écart type	± 0,017	± 0,125	± 0,017	± 0,017	± 0,017

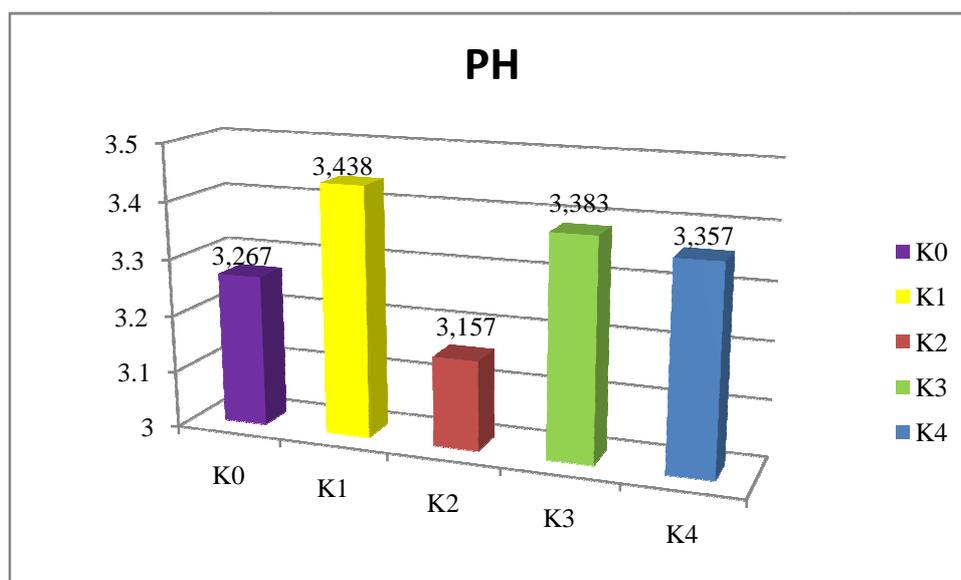


Figure 16. Effet du potassium sur le pH du jus de tomate, variété « Riogrande ».

Les résultats d'analyse de la variance du pH du jus de tomate (tableau 15) montrent une différence très hautement significative des facteurs dose en potassium et date de récolte ainsi l'interaction des deux facteurs, la dose K1 semble être la dose qui fait enregistrer la valeur du pH la plus élevée. Nos résultats rejoignent ceux de BELEMLAT et MERABET (2007); BOUMENDJEL et *al.* (2012); JAVARIA et *al.* (2012); KACEL et KACIMI (2013); MEZOUER et MOKDAD(2009), contrairement à ceux obtenues par AMICHI et

OUERDI (2005) ; TOUABI (2004), qui ont trouvé un effet non significatif de potassium sur le pH.

Selon LESTER *et al.* (2005), l'augmentation des niveaux de potassium dans le sol, fait diminuer le taux de pH dans le jus de tomate.

Tableau 15. Résultats d'analyse de la variance du pH de jus de tomate, variété « Riogrande ».

	S.C.E	DDL	C.M.	Test F	Pro	E.T.	C.V.
Var. Totale	1,72	44	0,039				
Var. Facteur 1	0,439	4	0,11	24,435	0		
Var. Facteur 2	0,844	2	0,422	94,041	0		
Var. Inter F1*2	0,303	8	0,038	8,432	0,00001		
Var. Résiduelle	0,135	30	0,004			0,067	2,02%

Le test de NEWMAN-KEULS montre 4 groupes homogènes pour le facteur dose en potassium (tableau 16), avec en groupe A, la dose K1(3,438). La dose K2 semble enregistrer la valeur de pH la plus faible. Or c'est que nous cherchons pour la conservation à long terme du concentré de tomate.

En ce qui concerne le facteur date de récolte (tableau 17), le test de NEWMAN-KEULS fait apparaître 3 groupes homogènes, avec en groupe A la récolte R3 (3,481). La récolte R1 semble la meilleur qui donne le pH le plus faible avec une température de 40,1.

L'interaction entre les deux facteurs (annexe 1) montre 10 groupes homogènes avec en groupe A, la récolte R3 et la dose K1 (3,713).

Tableau 16. Résultats du test de NEWMAN-KEULS pour le facteur dose en potassium.

Doses	Moyennes	Groupes homogènes			
K1	3,438	A			
K3	3,383	A	B		
K4	3,357		B		
K0	3,267			C	
K2	3,157				D

Tableau 17. Résultats de test de NEWMAN-KEULS pour le facteur date de récolte

Récoltes	Moyennes	Groupes homogènes		
R3	3,481	A		
R2	3,334		B	
R1	3,146			C

IV-4-L'acidité titrable

L'acidité du jus de tomate intervient dans la conservation du concentré de tomate et dans la qualité gustative du fruit. Cet acidité est exprimée en acide citrique le plus dominant dans le jus de tomate.

Selon VERXHIVKER et GALKINA (1993), le taux de l'acticité titrable de la tomate est de l'ordre de 0,8 %. Celle destinée à la transformation est de 0,4 % (FAGBOHOUN et KIKI., 1999).

Le tableau 18 et la figure 16 montrent que la valeur maximale de l'acidité est enregistrée par la dose K0 (0,356 %), et la valeur minimale est enregistrée par la dose K4 (0,214 %). Nos résultats sont inférieurs de ceux de JAVARIA et *al.* (2012) ou l'acidité titrable de la tomate entre 0,35 % à 0,82%, sauf la dose K0.

Selon une étude faite par SAMPAIO et FONTES (2000), le meilleur taux de l'acidité titrable de la tomate est de 0,26 %.

Tableau 18. Acidité titrable(%) de jus de tomate, variété « Riogrande ».

Dose	K0	K1	K2	K3	K4
Moyenne	0,356	0,25	0,263	0,288	0,214
±	±	±	±	±	±
écart type	0,049	0,017	0,015	0,09	0,04

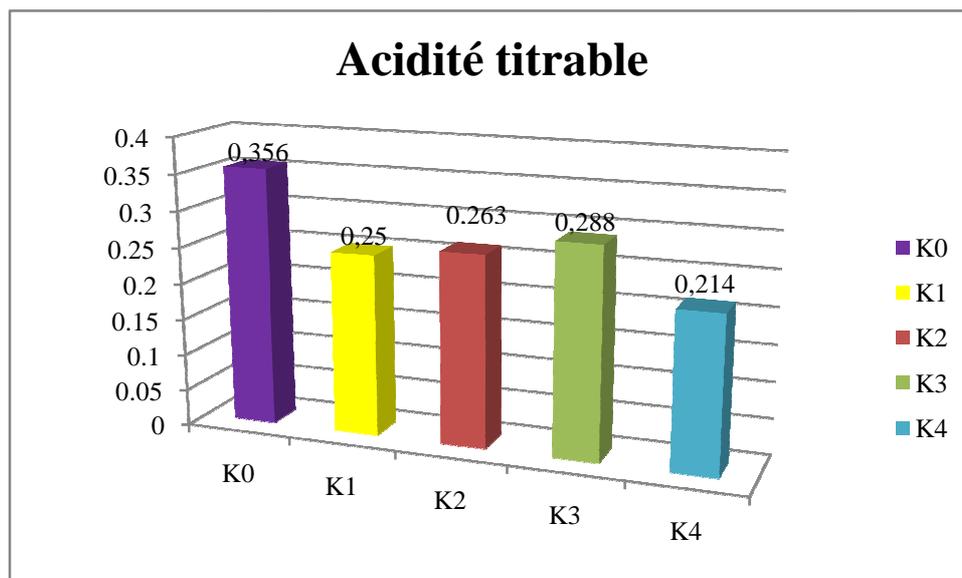


Figure 17. Effet du potassium sur l'acidité titrable du jus de tomate, variété « Riogrande ».

Les résultats d'analyses de la variance (tableau 19) montrent une différence significative de facteur dose en potassium et l'interaction des deux facteurs (dose en potassium et date de récolte) sur l'acidité titrable. Nos résultats rejoignent ceux obtenus par AMICHI et OUERDI (2004) ; HALLADJ (2006) ; WUZHONG (2002) ; MEZOUAR et MAKDAD (2009) ; KACEL et KACIMI (2013). Par contre ABDOUSSALAM et TOUZARI (2006) ; BELMELLAT et MERABET (2007) ; BOUMENDJEL et *al.* (2012), KESSI et LARBI CHERIF (2008) ont trouvé un effet non significatif de facteur dose en potassium sur l'acidité titrable.

Selon DAVIES et WINSOR (1967), un sol riche en phosphore diminue l'acidité titrable de la tomate. Notre sol est très riche en phosphore (184,89 ppm) ; ce qui peut être la cause d'une acidité faible.

Cependant WUZHONG (2002), trouve que le potassium augmente la teneur en acidité titrable.

Tableau 19. Résultats d'analyse de la variance de l'Acidité titrable du jus de tomate.

	S.C.E	DDL	C.M.	Test F	Pro	E.T.	C.V.
Var. Totale	0,365	44	0,008				
Var.Facteur 1	0,1	4	0,025	7,418	0,00031		
Var. Facteur 2	0,013	2	0,007	2,009	0,14991		
Var. Inter F1*2	0,151	8	0,019	5,614	0,00023		
Var. Résiduelle	0,101	30	0,003			0,058	2,11%

Le test de NEWMAN-KEULS au seuil 5 % (Tableau 20) fait apparaître pour le facteur dose en potassium deux groupes homogènes, avec en groupe A la dose K0 (0,356 %).

Pour l'interaction des deux facteurs, dose en potassium et date de récolte, le test de NEWMAN-KEULS (annexe 2) fait apparaître deux groupes homogènes, en groupe A l'interaction dose K0 et la récolte R2 (0,52 %), et en groupe B l'interaction dose K2 et la récolte R3 (0,32 %). La récolte R2 semble être la meilleure pour l'acidité titrable avec une température de 29,3° C. la température peut être influencé sur l'acidité titrable.

Tableau 20. Résultats du test de NEWMAN-KEULS pour le facteur dose en potassium de l'acidité titrable.

Doses	Moyennes	Groupes homogènes	
K0	0,356	A	
K3	0,288		B
K2	0,263		B
K1	0,25		B
K4	0,214		B

IV-5- Indice réfractométrique du jus de tomate (degré Brix)

L'indice réfractométrique du jus de tomate détermine le pourcentage des sucres solubles contenu dans le jus de tomate.

Le tableau 21 et la figure 17 montrent que la valeur maximale du degré brix est de 5,111 avec la dose K3, et la valeur minimale est obtenue avec la dose K4 (4,667).

Selon une étude faite par STÄUBLI (2003), entre 1999 et 2002, des variations dans l'année du degré Brix moyen allant généralement de 4,5 à 5,2 entre le début de juin et la fin de septembre. Nos récoltes et nos analyses au laboratoire sont faites entre août et septembre. Nos résultats rejoignent ceux de STÄUBLI (2003).

Tableau 21. Indice réfractométrique du jus de tomate, variété « Riogrande ».

Doses	K0	K1	K2	K3	K4
Moyenne	5	5	5	5,111	4,667
±	±	±	±	±	±
l'écart type	0,5	0,408	0,408	0,5	0,5

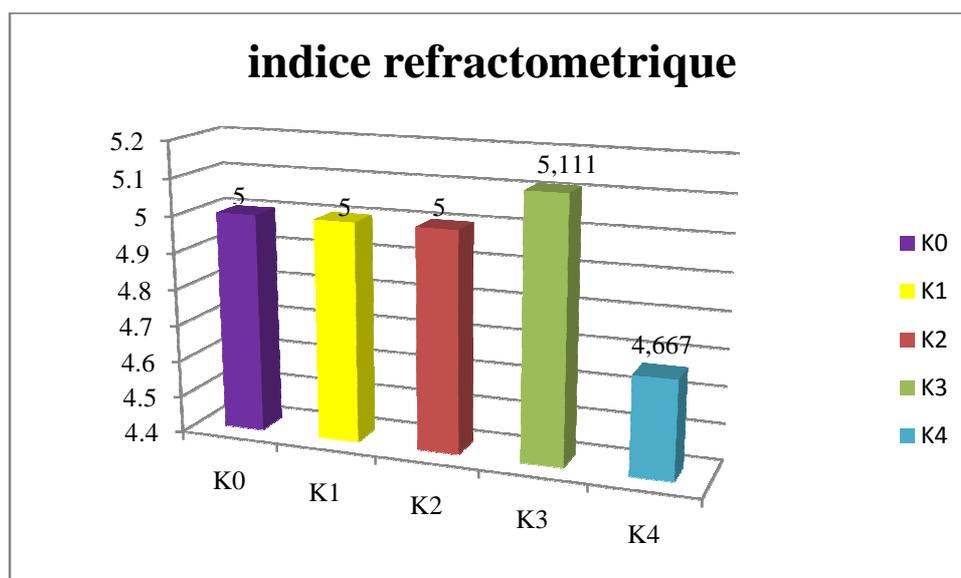


Figure 18. Effet du potassium sur l'indice réfractométrique du jus de tomate (brix).

Les résultats d'analyse de la variance (tableau 22) ne montrent aucune différence significative des facteurs dose en potassium, date de récolte et de leur interaction. Nos résultats rejoignent ceux d'ABDOUSSALAM et TOUZARI (2006) ; BELMELLAT et JAVARIA *et al.* (2012) ; MERABET (2007). Contraire à ceux obtenus par BELAIDI et KASDI(2014) ; BOUMENDJEL *et al.* (2012) ; GHEZRAOUI et NEDJAR (2012) ; KACEL et KACIMI (2013) qui ont trouvé un effet significatif de potassium sur l'indice réfractométrique. Aussi les travaux de DAVIES et WINSOR (1967) ; GHEBBI (1998) sur la tomate, signalent l'importance du potassium sur l'augmentation de l'indice réfractométrique.

Tableau 22. Résultats d'analyse de la variance de l'indice réfractométrique du jus de tomate, variété « Riogrande ».

	S.C.E	DDL	C.M.	Test F	Pro	E.T.	C.V.
Var. Totale	15,911	44	0,362				
Var. Facteur 1	1,022	4	0,256	0,885	0,48658		
Var. Facteur 2	1,644	2	0,822	2,846	0,07232		
Var. Inter f1*2	4,578	8	0,572	1,981	0,08363		
Var. Résiduelle	8,667	30	0,289			0,537	1,08%

IV-6- La vitamine C (g/ 100 ml)

Le tableau 23 et la figure 18, montrent que la valeur maximale de la vitamine C est observée avec les doses K2 et K4 (26,107 g/ 100 ml) et la valeur minimale est obtenue avec la dose K1 (25,08g/100 ml). Selon ÖKTÜREN ASRI et SÖNMEZ (2010), la teneur en vitamine C varie entre 23 et 27 g/100 ml.

Tableau 23. Vitamine C du jus de tomate (g/ 100ml)

Doses	K0	K1	K2	K3	K4
Moyenne	25,667	25,08	26,107	25,52	26,107
± écart type	± 0,866	± 0,866	± 0,866	± 0,866	± 0,866

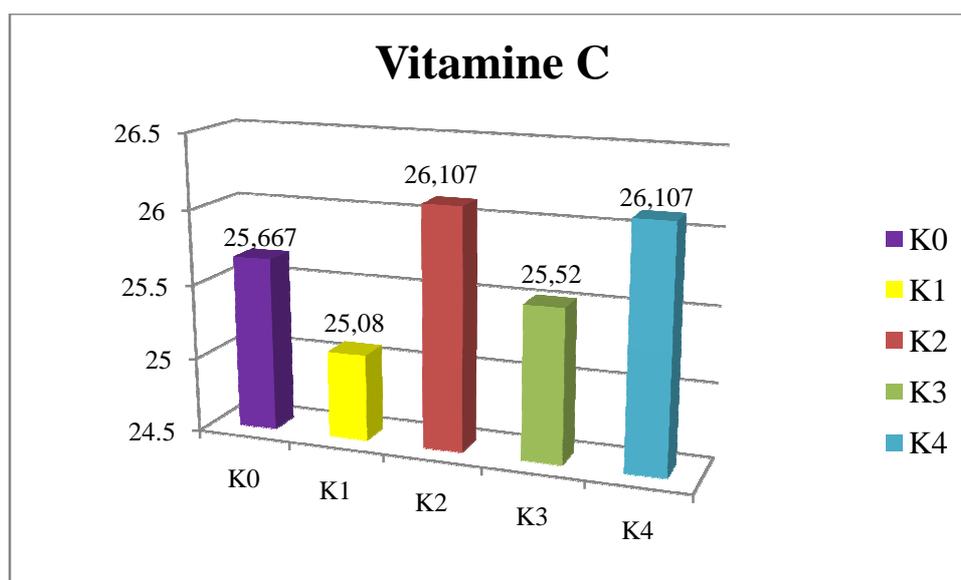


Figure 19. Effet du potassium sur la teneur en vitamine C dans le jus de tomate.

Les résultats d'analyse de la variance (tableau 24) montrent une différence très hautement significative pour les facteurs dose en potassium, date de récolte et l'interaction des deux facteurs sur la teneur en vitamine C. Nos résultats sont en accord avec ceux obtenus par ABDOUSSALAM et TOUZARI (2006); BELAIDI et KASDI (2014); HALLADJ (2006); JAVARIA et al. (2012); KACEL et KACIMI (2013); KHERBACHE et ZIANE (2014).

Par ailleurs, BOSE et *al.* (2006), ont remarqué que la teneur en vitamine C augmente avec l'augmentation des doses potassiques sur la culture de tomate. Par contre AMICHI et OUERDI (2004) ; BOUMENDJEL et *al.* (2012), ont trouvé un effet négatif du potassium sur ce paramètre.

La vitamine C ou l'acide ascorbique, est un dérivé de la famille des hydrates de carbone. La teneur en vitamine C de la tomate dépend de rayonnement lumineux (la lumière reçue par le fruit en maturation accroît la teneur en acide ascorbique (GRANGES et *al.*, 2008).

Tableau 24. Résultats d'analyse de la variance de la vitamine C du jus de tomate.

	S.C.E	DDL	C.M.	Test F	Pro	E.T.	C.V.
Var. Totale	734,859	44	16,701				
Var. Facteur 1	6,738	4	1,684	1,684	0		
Var. Facteur 2	46,232	2	23,116	23,116	0		
Var. Inter F1*2	651,889	8	81,486	81,486	0		
Var. Résiduelle 1	30	30	1			1	3,89%

Le test de NEWMAN –KEULS (tableau 25) pour le facteur dose en potassium fait apparaître deux groupes homogènes, en groupe A la dose K2 (26,107), et en groupe B la dose K0 (25,667).

Pour le facteur date de récolte, le test de NEWMAN-KEULS (tableau 26) fait apparaître trois groupes homogènes, en groupe A la récolte R2(26,84) ; en groupe B la récolte R1(25,872) et en groupe C la récolte R3(24,376).

Pour l'interaction, le test de NEWMAN-KEULS fait apparaître sept groupes homogènes (annexe 3). Avec en groupe A interaction dose K4 et la récolte R3 avec une moyenne de 33,88.

Tableau 25. Résultats de test de NEWMANN-KEULS pour le facteur dose en potassium.

Doses	Moyennes	Groupes homogènes	
K2	26,107	A	
K4	26,107	A	
K0	25,667		B
K3	25,52		B
K1	25,08		B

Tableau 26. Résultat de test de NEWMAN-KEULS de facteur date de récolte pour la variable vitamine C.

Récoltes	Moyennes	Groupes homogènes		
R2	26,84	A		
R1	25,872		B	
R3	24,376			C

IV-7-Dosage du lycopène et du B-carotène

1-Teneur en lycopène (g / 100 ml)

Le tableau 27 et la figure 19, montrent que la meilleure valeur est obtenue avec la dose K2 (5,538 g/100 ml), et la faible valeur est obtenue avec le dose K1 (3,407g/100 ml).

Tableau 27. Teneur en lycopène dans la tomate (g/100ml).

DOSES	K0	K1	K2	K3	K4
Moyenne	5,016	3,407	5,538	4,093	5,038
± écart type	± 0,109	± 0,63	± 0,081	± 0,132	± 0,337

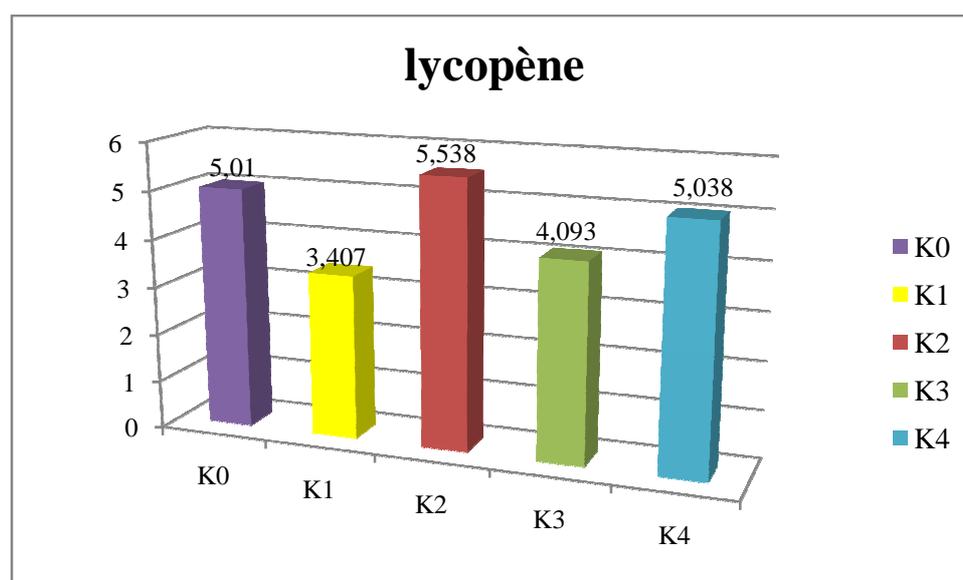


Figure 20. Effet du potassium sur la teneur en lycopène dans le jus de tomate

Les résultats d'analyse de la variance (tableau 28) montrent une différence très hautement significative pour les facteurs dose en potassium, date de récolte et leur interaction sur ce paramètre. Dans notre cas, la dose K4 et la récolte R1 semble être la plus appropriée pour augmenter la teneur en lycopène dans le jus de tomate. Nos résultats rejoignent ceux obtenus par GHEZRAOUI et NADJAR (2012) ; KACEL et KACIMI (2013) ; MEZOUER et MOKDAD (2009) qui ont trouvé une différence très hautement significative. Aussi, TRUDEL et OZBUN (1971), ont trouvé que le potassium affecte positivement la teneur en lycopène dans le fruit de tomate.

Nos résultats contredisent les conclusions de PAULO *et al.* (2000) ; CARALAMPIDES (2012) ; JAVARIA *et al.* (2012), qui ont trouvé que le taux de potassium n'a aucun effet sur teneur en lycopène chez la tomate. Toutefois, d'autres signalent que augmentations du taux de potassium diminue le taux de lycopène dans le fruit de la tomate (TABER *et al.*, 2008).

Selon (TABER *et al.*, 2007), la date de récolte n'a aucun effet sur l'augmentation de la concentration en lycopène dans le fruit de tomate.

Tableau 28. Résultats d'analyse de la variance du lycopène de jus de tomate, variété « Riogrande ».

	S.C.E	DDL	C.M.	Test F	Pro	E.T.	C.V.
Var. Totale	40,407	44	0,918				
Var. Facteur 1	26,311	4	6,578	160,355	0		
Var. Facteur 2	5,783	2	2,891	70,486	0		
Var. Inter F1*2	7,083	8	0,885	21,583	0		
Var. Résiduelle	1,231	30	0,041			0,203	4,39%

Le test de NEWMAN-KEULS au seuil 5 % (tableau 29) fait apparaître quatre groupes homogènes pour le facteur dose en potassium, avec en groupe A la dose K2(5,538).

Pour le facteur récolte, le test de NEWMAN-KEULS (tableau 30) fait apparaître deux groupes homogènes. Avec en groupe A la récolte R2(4,902) et la récolte R3 (4,84) et en groupe B la récolte R1 avec 4,113. Les températures pendant les récoltes 2 et 3 sont 29,3 et 29,9 ° C successivement. Alors que la synthèse de lycopène est inhibée lors de température supérieure à 30 °C (GRASSELLY *et al.*, 2000).

Le test de NEWMAN-KEULS (annexe 4) fait apparaître 5 groupes homogènes pour l'interaction des deux facteurs. En groupe A l'interaction dose récolte K4R1(5,738).

Tableau 29. Test de NEWMAN-KEULS pour le facteur dose en potassium de la teneur en lycopène.

Les doses	Moyennes	Groupes homogènes			
K2	5,538	A			
K4	5,038		B		
K0	5,016		B		
K3	4,093			C	
K1	3,407				D

Tableau 30. Test de NEWMAN-KEULS pour le facteur date de récolte de la teneur en lycopène.

Récoltes	Moyennes	Groupes homogènes	
R2	4,902	A	
R3	4,84	A	
R1	4,113		B

2-Teneur en β -carotène (g/100 ml)

La dose K0 donne la meilleur valeur de β carotène avec 4,52 g / 100 ml, et la valeur minimale est obtenue avec la dose K1 avec 3,155 g / 100 ml (tableau 30, figure 20).

Tableau 31. Teneur en β -carotène dans le jus de la tomate (g/ 100 ml).

Dose	K0	K1	K2	K3	K4
Moyenne	4,520	3,155	4,476	3,498	4,342
\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm
écart type	0,217	0,07	0,087	0,114	0,108

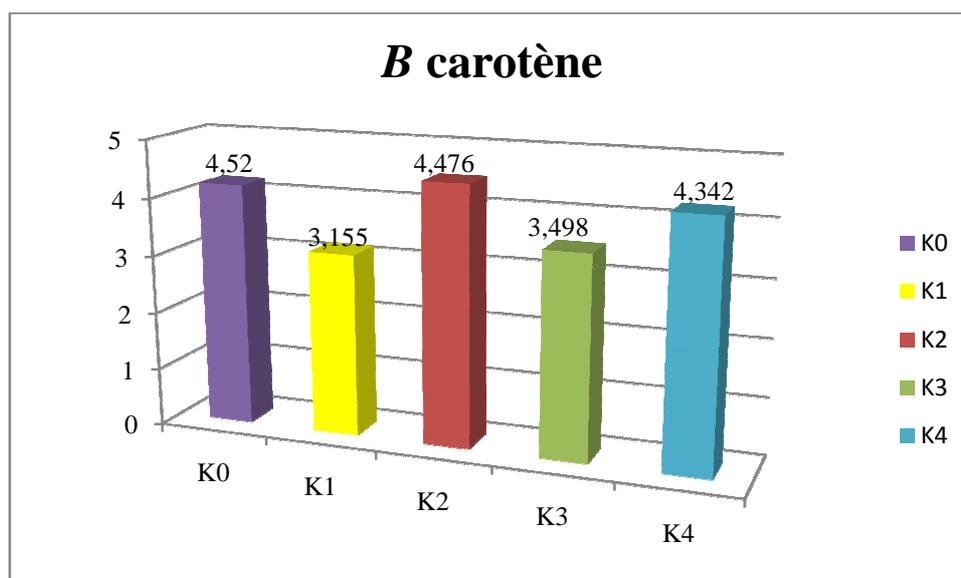


Figure 21. Effet du potassium sur la teneur en β -carotène dans le jus de tomate.

Les résultats d'analyse de la variance (tableau 32) montrent une différence très hautement significative pour les facteurs étudiés (dose en potassium et date de récolte) et leur interaction sur ce paramètre. A cet effet, c'est la dose K2 qui semble être la meilleure par rapport aux autres doses. Nos résultats rejoignent ceux de BELAIDI et KASDI (2014) ; GHEZRAOUI et NEDJAR (2012) ; KACEL et KACIMI (2013) ; KHERBACHE et ZIANE (2014) ; MEZOUE et MOKDAD (2009). Aussi TABER et *al.* (2008), signalent que la fertilisation potassique affecte la biosynthèse des caroténoïdes.

Tableau 32. Résultats d'analyse de la variance du paramètre β -carotène de jus de tomate.

	S.C.E	DDL	C.M.	Test F	Pro	E.T.	C.V.
VAR. Totale	31,417	44	0,714				
VAR. Facteur 1	11,31	4	2,827	125,741	0		
VAR. Facteur 2	6,344	2	3,172	141,068	0		
VAR. Inter F1*2	13,089	8	1,636	72,764	0		
VAR. Résiduelle	0,675	30	0,022			0,15	3,83%

Le test de Newman-Keuls (tableau 33) fait apparaître quatre groupes homogènes pour le facteur dose en potassium, avec en groupe A la dose K2 (4,476).

Pour le facteur date de récolte, le test de NEWMAN-KEULS (tableau 34) fait apparaître trois groupes homogènes, avec en groupe A la récolte R2(4,309).

Pour l'interaction entre les facteurs dose en potassium et date de récolte, Le test de NEWMAN-KEULS (annexe 5) fait apparaitre huit groupes homogènes Avec en groupe A l'interaction dose récolte K4R1 avec une moyenne de 5,432.

Tableau 33. Résultats de test de NEWMAN-KEULS pour le facteur dose en potassium sur la teneur en β carotène.

Doses	Moyennes	Groupes homogènes			
K2	4,476	A			
K4	4,242		B		
K0	4,206		B		
K3	3,498			C	
K1	3,155				D

Tableau 34. Résultats d'analyse de test de NEWMAN-KEULS à 5 % de facteur récolte pour la teneur en β carotène.

Récoltes	Moyennes	Groupes homogènes		
R2	4,309	A		
R3	4,028		B	
R1	3,41			C

IV-8- Dosage des sucres totaux (g/100g)

Le tableau 35 et la figure 21 montrent que la plus grande valeur est obtenue avec la dose K2 (3,01g/ 100 g), et la faible valeur est obtenue avec la dose K3 (1,58g/100g).

Tableau 35. Sucres totaux du jus de tomate, variété « Riogrande ».

Doses	K0	K1	K2	K3	K4
Moyenne	1,59	2,3	3,01	1,58	2,11
\pm	\pm	\pm	\pm	\pm	\pm
écart type	0,781	1,044	0,781	0,781	1,298

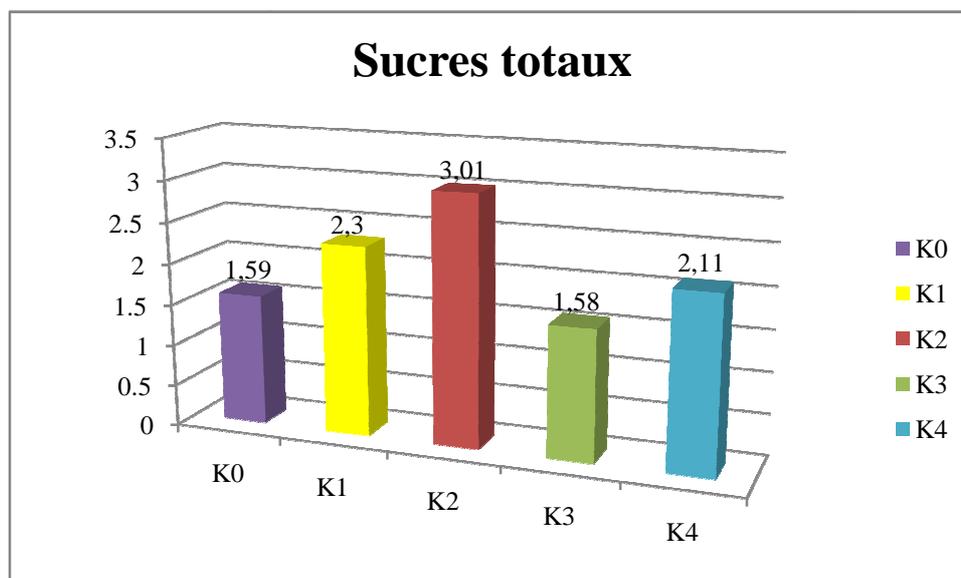


Figure 22. Effet du potassium sur la teneur en sucres totaux de la tomate.

Les résultats d'analyse de la variance (tableau 36) ne montrent aucune différence significative pour les facteurs dose en potassium et date de récolte. Nos résultats rejoignent ceux de BELAIDI et KASDI (2014) ; BELMELLAT et MRABET (2007) ; KASSI et LARBI CHERIF(2008). Contrairement à ceux obtenues par GHEZRAOUI et NEDJAR (2012), qui ont trouvé une différence très hautement significative.

Tableau 36. Résultats d'analyse de la variance des sucres totaux de la tomate.

	S.C.E	DDL	C.M.	Test F	Pro	E.T.	C.V.
Var. Totale	7,424	9	0,825				
Var. Facteur 1	2,794	4	0,698	0,607	0,68042		
Var. Facteur 2	0,027	1	0,027	0,023	0,87999		
Var. Résiduelle	4,603	4	1,151			1,073	5,06%

IV-9-Les éléments minéraux

IV-9-1-Teneur en phosphore dans le fruit de tomate (mg/100g)

Au cours de notre essai, la plus grande valeur est obtenue avec la dose K2 (15,9mg/ 100g), et la faible valeur est obtenue avec la dose K3 (12,4 mg/ 100g), (tableau 37 et figure 22).

Selon GRASSELLY *et al.* (2000), la teneur en phosphore est comprise entre 20 et 27mg/ 100g. Nos résultats sont plus faibles que ceux de GRASSELLY. Cela est peut-être dû au fait que l'apport du potassium a réduit l'absorption du phosphore par effet antagonisme (POUSSET, 2002), aussi c'est peut-être dû comme l'a bien signalé qu'un sol argileux dégradé diminue l'absorption de phosphore.

Tableau 37. Teneur en phosphore du fruit de tomate (mg/100g).

Doses	K0	K1	K2	K3	K4
Moyenne	15,8	15,85	15,9	12,4	13,65
±	±	±	±	±	±
écart type	0,481	2,277	0,481	0,481	0,834

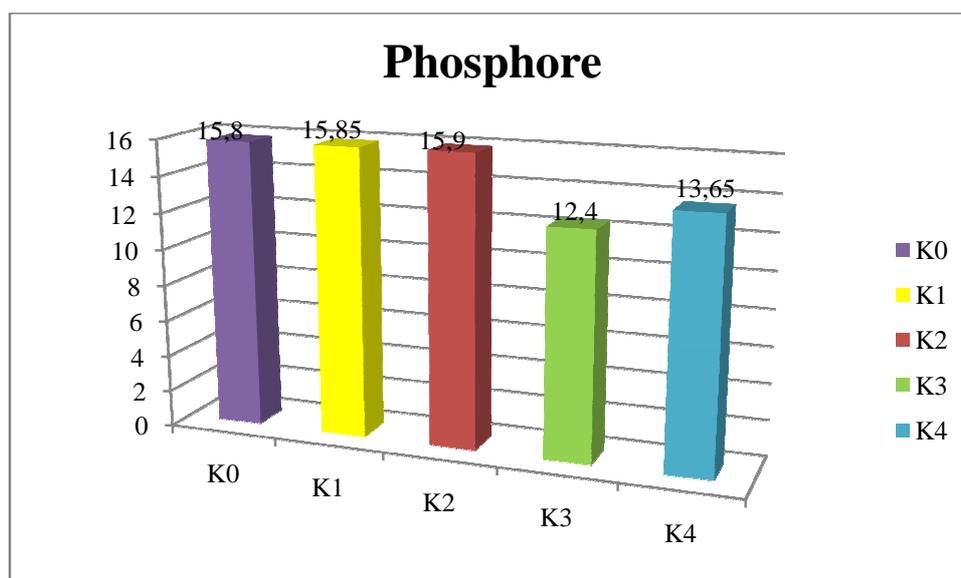


Figure 23. Effet du potassium sur la teneur phosphore de fruit de tomate.

Les résultats d'analyse de la variance (tableau 38) ne montrent aucune différence significative pour les facteurs dose en potassium et date de récolte. Nos résultats rejoignent ceux de BAMOUH *et al.* (2010), par contre BELAIDI et KASDI (2014), KHERRBACHE et ZIANI (2014), ont trouvé un effet significatif du potassium sur la teneur en phosphore du jus de tomate. L'absence de différence est probablement due à l'absorption sélective du potassium par la plante vu de l'enrichissement du sol en potassium.

Tableau 38. Résultats d'analyse de la variance de la teneur en phosphore (mg/ 100 g) du jus de tomate.

	S.C.E	DDL	C.M.	Test F	Pro	E.T.	C.V.
Var. Totale	27,556	9	3,062				
Var. Facteur 1	20,726	4	5,182	3,153	0,14622		
Var. Facteur 2	0,256	1	0,256	0,156	0,71104		
Var. Résiduelle	6,574	4	1,644			1,282	8,71%

IV-9-2-Teneur en potassium dans le fruit de tomate (mg/100g)

Au cours de notre essai, la plus grande valeur est obtenue avec la dose K0 (214,5 mg /100g), et la plus faible valeur est obtenue avec la dose K2 (181 mg /100 g), tableau 39 et la figure 23.

GRASSELLY *et al.* (2000), trouvent en générale que la teneur en potassium du fruit de tomate est comprise entre 202 et 300 mg / 100g. Nos résultats sont inférieurs à ceux de GRASSELLY *et al.*(2000), sauf pour la dose K0. Par ailleurs chez la pomme de terre la teneur en potassium augmente avec l'augmentation des doses potassiques (MNAYER, 2004).

Tableau 39. Teneur en potassium du fruit de tomate, variété « Riogrande ».

Doses	K0	K1	K2	K3	K4
Moyenne	214,5	198,5	181	179,5	192,5
± écart type	± 1,838	± 23,617	± 2,546	± 1,838	± 17,395

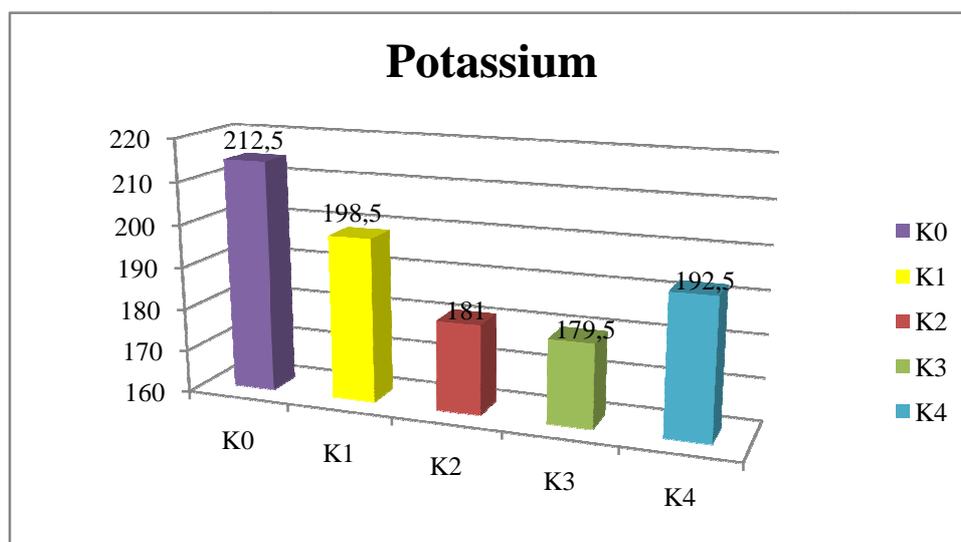


Figure 24. Effet du potassium sur la teneur en potassium de fruit de tomate.

Les résultats d'analyse de la variance (tableau 40) ne montrent aucune différence significative pour les facteurs dose en potassium et la date de récolte. Nos résultats sont différents de BELAIDI et KASDI (2014) ; CHERBOUB et BELKACIMI (2007) ; KACEL et KACIMI(2013) ; KHERBACHE et ZIANI(2014) qui ont trouvé une différence significative de potassium sur la teneur en potassium.

L'absence de différence significative de potassium sur la teneur en potassium peut être due au manque d'eau lors d'irrigation ayant empêchée la diffusion du potassium.

Tableau 40. Résultats d'analyse de la variance de potassium du jus de tomate.

	S.C.E	DDL	C.M.	Test F	Pro	E.T.	C.V.
Var. Totale	2517,6	9	279,733				
Var. Facteur 1	1637,6	4	409,4	1,875	0,27823		
Var. Facteur 2	6,4	1	6,4	0,029	0,8662		
Var. Résiduelle	873,6	4	218,4			14,778	7,65%

IV-I-9-3- Teneur en calcium dans le jus de tomate (mg/100g)

Selon SOLTNER(2003),le calcium est l'un des constituants de la paroi cellulaire, il assure la résistance des tissus, favorise la croissance, la formation et la maturation des fruits et des graines.

Le tableau 41et la figure 24montrent que la valeur maximale en calcium est obtenue avec la dose de K1 (10,02), la valeur minimale est obtenue avec la dose K3 (5,01).

Selon GRASSELLY et *al.* (2000), la teneur en calcium de jus de tomate est comprise entre 3 et 11. Nos résultats rejoignent ceux de GRASSELLY et *al.* (2000).

Tableau 41. Teneur en calcium de jus de tomate, variété « Riogrande ».

Doses	K0	K1	K2	K3	K4
Moyenne	9,41	10,02	9,145	5,01	7,825
±	±	±	±	±	±
écart type	0,303	1,663	0,397	0,303	1,455

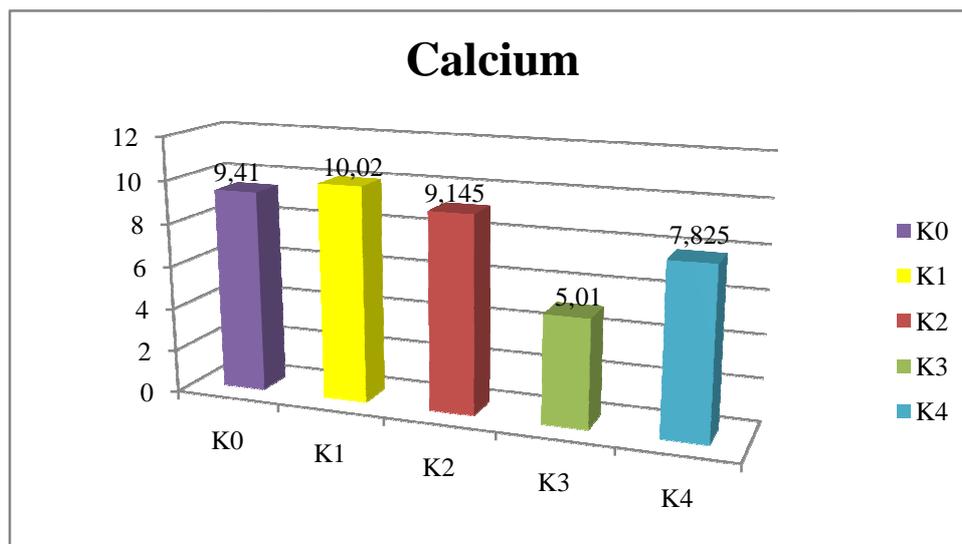


Figure 25. Effet du potassium sur la teneur en calcium de fruit de tomate.

Les résultats d'analyse de la variance (tableau 43) ne montrent aucune différence significative pour les facteurs dose en potassium et date de récolte. Nos résultats rejoignent ceux de BOUMENDJEL *et al.* (2012). Par contre ils sont contraires de ceux de BELAIDI et KASDI (2014); KACEL et KACIMI (2013); KHERBACHE et ZIANI (2014) qui ont trouvés un effet significatif de facteur dose en potassium sur la teneur en calcium du jus de tomate.

Tableau 42. Résultats de l'analyse de la variance de la teneur en calcium de fruit de tomate.

	S.C.E	DDL	C.M.	Test F	Pro	E.T.	C.V.
Var. Totale	37,948	9	4,216				
Var. Facteur 1	31,905	4	7,976	6,107	0,05569		
Var. Facteur 2	0,818	1	0,818	0,626	0,47648		
Var. Résiduelle	5,225	4	1,306			1,143	13,80%

Conclusion

Conclusion

Au terme de notre essais, ayant porté sur l'effet de la fertilisation potassique sur les paramètres technologiques chez une variété de tomate industrielle cultivée en plein champ.

De nombreux paramètres sont mesurés à savoir :

- La teneur en eau
- La teneur en matière sèche,
- Le pH,
- L'acidité titrable,
- L'indice de réfraction,
- La vitamine C,
- Les antioxydants le lycopène et *B* carotène,
- Les sucres totaux ainsi que les éléments minéraux.

De l'ensemble des résultats obtenus, il y'a lieu de signaler que :

La teneur en eau, en matière sèche, indice réfractométrique, la teneur en sucres totaux, en phosphore, en potassium et en calcium ne révèlent aucune différence significative ; cela peut être dû aux effets du climat sur ces paramètres telle que la température.

Pour le pH, c'est la dose K2 (300 U de K_2O / ha) qui révèle le meilleur résultat pour la conservation au cours de la première récolte avec une température de 40,1°C.

Cependant, la dose K0 (0 U de K_2O / ha) a donné le meilleur résultat pour l'acidité titrable au cours de la troisième récolte avec une température de 29,9° C.

Pour la teneur en vitamine C, la meilleure valeur est enregistrée avec le traitement K4 (700 U de K_2O /ha). C'est lors de la deuxième récolte qu'elle a été obtenue avec une température de 29,3° C.

Par ailleurs, les meilleures valeurs en lycopène et β -carotène sont obtenues avec le traitement K2 (300 U de K_2O /ha) lors de la deuxième récolte en relation avec une température qui est de 29.9 C°.

Les résultats obtenus permettent d'orienter les travaux de recherches ultérieurs selon l'objectif que nous nous fixons, afin d'améliorer la qualité nutritionnelle de la tomate. Compte tenu de la richesse du sol en argile, il est important d'en tenir compte par rapport aux résultats obtenus ou le potassium a probablement été fixé entre les feuillets des argiles ayant limité son utilisation efficace par la plante.

Il se serait donc intéressant de reprendre ces travaux sur différentes textures de sol afin d'attribuer les meilleurs résultats notamment les paramètres organoleptiques de la tomate.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

A

ABDOUSSALAM I. et TOUZARI H., 2006. Effet de trois doses de fertilisation potassique sur les paramètres agronomiques et technologiques chez deux variétés de tomate industrielle. Mémoire d'ingénieur à l'UMMTO.93p.

ABRAMOWITZ M. et STEGUN I.A.,1972. Handbook of mathematical functions in *Dover Publications, New York*, 1972, n° 3, 927-964.

AGARWAL S. et RAO A.V., 2000.Tomato lycopene and its role. *Human health and chronic disease*, 2000, n °6,739- 44.

AGARWAL S.et RAO A.V., 1998.Tomato lycopene and low density lipoprotein oxidation. *Humandietary intervention study*, 1998, n °10, 981–84.

AMICHI S. et OUERDI H., 2004. Effet de trois doses de la fertilisation potassique sur les paramètres agronomiques et technologiques chez deux variétés de tomate industrielle. Thèse d'ingénieur à l'UMMTO.86p.

ANONYME_a, 2012.<http://www.laboratoirelca.com>

ANONYME_b, 2012.Antagonisme entre le potassium et les éléments minéraux.

ANONYME_a,2010-<http://www.limagrain.com>

ANONYME_b,2010-<http://www.vignevin-sudouest.com>

APA., 2005.Agriculture, pêches et aquaculture de Canada. Fiche technique. Le mildiou de la pomme de terre et de la tomate dans le potager

ARGOUARCH J., LECOMTE V. et MORIN J M., 2008. Maraichage biologique.Ed. Educagri. 267p.

AUDIGIE C. et ZONZAIN F., 2009. Biochimie strusturale .Ed. Doin éditeurs.Wolters Kluwer, France.269 p.

B

BACI L., 1993. Les contraintes de développement de la tomate industrielle et de transformation. Journées d'études et de réflexion sur la tomate industrielle. 26 et 27 avril 1993.

BAGNOULS F. et GAUSSEN H., 1953. Saison sèche et indice xérothermique.Ed. Bull. soc. Nat. Toulouse.293p.

BARKATOVET J., 1979. Dosage de la vitamine C, polycopie manuelle conserverie Algérienne, Rouiba.

Références bibliographiques

- BELAIDI Z. et KASDI I., 2014.** L'effet de 9 doses de fertilisation potassique sur les paramètres agronomiques et technologiques de la tomate industrielle (*Lycopersicon esculentum* Mill).93p.
- BELATECHE, 2005.** La production de la tomate industrielle.*Potentiel de quelques pays méditerranéens*, juillet 2005,n ° 4,11-12-13.
- BELIARD I., 2002.** Maladies et ravageurs de la tomate. *FREDEC*, 2002, n° 51, 12-13.
- BELMELLAT W. et MERABET K., 2007.** Effet de trois doses de la fertilisation potassique sur les paramètres agronomiques et technologiques chez deux variétés de tomate industrielle. Thèse d'ingénieur. à l'UMM de Tizi-Ouzou. 73p.
- BENTON J., 1999.** Tomato plant culture.*The field, greenhouse, and home garden, CRC Press*, 1999, n° 49, 13.
- BERTSCHINGER L., CHRISTIAN G., RYSER J.P., HÄSELI A., NEUWEILER R., PFAMMATTER W., SCHMID A. et WEIBEL F., 2003.** Données de base pour la fumure en arboriculture fruitier, Fruits à pépins, fruits noyaux, kiwis, baies d'arbustes.Ed.Eidgenössische Forschungsanstalt, Postfach 185, CH-8820 Wädenswil. 48p.
- BILTON R. F., 1999.** Carotenoid composition and antioxidant potential.*Subfractions of human low-density lipoprotein of annals clinical* ,1999, n°5 -36.
- BINET P. et PRUNET J.P., 1967.** Biologie végétale, Physiologie végétale. Ed. Imprimerie de Montligeon, La Chapelle-Montligeon, ORNE. 439p.
- BLANC D., 1986.** The influence of cultural practices on the quality of production in protected cultivation with special references to tomato production. *Acta Horticulturae*, n°191, 85-98.
- BLANCARD D., LATERROT H., MARCHOUX G. et CANDRESSE T. 2009.** Les maladies de la tomate. Ed. Quae. 671p.
- BLANCARD., 1997.** Maladie de la tomate .Ed.Quae.Paris. 665p.
- 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 n°39*. 75 p.
- BOSE A., COLES C. L., GUNAVATHI A., JOHN H., MOSES P., RAGHUPATHY P., KIRUBAKARAN C.,BLACK R E.,BROOKS W A. et SANTOSHANN M., 2006.** Efficiency of zinc in the treatment of severe pneumonia in hospitalized children.*Am. J. Clin. Nutr*, n° 83, 1089-1096.
- BOUMENDJEL M., HOUHAMDI M., SAMAR M F., SABEG H., BOUTABBA A.etBOVEY R., BAGGIOLINI M. et BOLAY A., 2012.** La défense des plantes cultivées,n° 59, 9-10.

Références bibliographiques

BOVEY R., 1972. La défense des plantes cultivées traité pratique de phytopathologie et de zoologie agricole. 6^{ème} ed. Payot Lausanne. 372p.

BUNKER C., DONALD A., EVANS R., ROSA N., BOUMOSLEH J. et PATRICK A., 2007. A randomized trial of lycopene supplementation. *Tobago men with high prostate cancer risk Nutr Cancer*, 2007, n°2, 130-37.

BUSTAMANTE E. et SANCHEZ S., 2007. Microbial production of C-13 norisoprenoids and other aroma compounds via carotenoid cleavage. *Crit Rev Micro*, 2007, n°3, 211-30.

C

CARALAMPIDES L., 2012. Effect of Different Fertilization Levels on Yield and Lycopene Content of Field Tomatoes. Mémoire de master II. Department of Plant Science Macdonald Campus of McGill University Sainte-Anne-de-Bellevue, Québec, Canada. 90 p.

CHAFI A., 2007. Fertilisation minérale. Transfère de technologie en agriculture, août 2007, n°155, 1-2-3-4.

CHAUX C. et FOURY C., 1994. Production légumière. Tome III. Ed. Lavoisier. 563p.

CHERBOUB A. et BELKACIMI N., 2007. Etude de comportement de Cinq variétés de tomate hybrides F1. Dans la région de Biskra. Mémoire de fin d'étude, université M. Kheider Biskra. 93p.

CLINTON S., 1998. Lycopene: chemistry, biology, and implications for human health and disease. *Nutr Review*, 1998, n°2, 35-51.

CONTIGNIES X., 1996. Potasse et agriculture. Ed. Société commerciale de la potasse.

COTTE F., 2000. Etude de la valeur alimentaire des pulpes de tomates chez les ruminants. Thèse de doctorat à Université Claude Bernard de Lyon, France. 142p.

COUTANCEAU M., 1962. Arboriculture fruitière, technique et économie des cultures de rosacées fruitières ligneuses. 2^{ème} Edition, Editions J B Baillière et Fils. Paris. 575 P.

COYNE D. L., NICOL J. M. et CLAUDIUS-COLE B., 2010. Les nématodes des plantes: Un guide pratique des techniques de terrain et de laboratoire. Ed. CTA, Postbus - Pays-Bas. 82p.

CRONQUIST A., 1981. An integrated system of classification of following plants. Ed. The Edinburgh Building, Cambridge CB2 3RU, USA. 809p.

D

DAUNAY M.C. et LASTER R.N., 1989. The usefulness of taxonomy for *solanaceae* breeders, with special reference to *Solanum melongena* L. *Capsicum Newsletter*, n°7, 70-79.

Références bibliographiques

DAVIS M.J., GILLASPIE A.G., VIDAVER A.K. et HARRIS R.W.,1984.A newgenus containing some phytopathogeniccoryneform bacteria, including *Clavibacterxyli* subsp. *Xyli* sp. nov., subsp. nov.and*Clavibacterxyli* subsp. *International Journal of Systematic Bacteriology*, n ° 34, 107-117.

DAVIES J. et HOBSON G., 1981. The constituents of tomato fruit - the influence of environment nutrition and genotype.*CRCcriticalrev.food Sci. Nutrit*,n° 15,205-280.

DAVIES J. et WINSOR S.,1967. Effect of N P K Mg ane liming on the composition of tomato fruit, journal of the science of food and agriculture.

DIEZ. et NUEZ F.,2008. Tomato. Vegetables II. *Spriger*,n° 23, 249-323.

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*, n° 28, 350-356.

E

ELALAOUI A. C., 2007.Fiche technique sur la fertilisation minérale des cultures, les éléments minéraux secondaires et oligo-éléments. Ecole nationale d'agriculture de Meknès

F

FAGBOHOUN O. et KIKI D., 1999. Aperçu sur les principales variétés de tomate locales cultivées dans le sud de Benin. *Bulletin de la recherche agronomique du Benin*, n°24, 10-21.

FAO., 2014. Base de données statistiques de l'organisation de l'agriculture et de l'alimentation

FAO., 2003. Les engrais et leurs applications, Précis à l'usage des agents de vulgarisation agricole., Quatrième édition, Editions F.A.O., I.F.A. (Paris, France) et IMPHOS (Casablanca, Maroc). 84p.

FERTIALE.2011.Fertilisationd'Algerie,Novembre 2011, n° 22, 4.

FOOD and DRUG Administration., 2005. Qualified Health Claims: Letter of Partial Denial,tomatoes and Prostate, Ovarian, Gastric and Pancreatic Cancers (American Longevity Petition).

FRIEDMAN M.,2002. Tomato glycoalkaloids: rolethe plant and in the diet. *J Agric Food Chem*, 2002,n°21, 57-51-80.

FURR H. et CLARK R.,1997.Intestinal absorption and tissue distribution of carotenoids.*NutrBiochem*, 1997, n°7, 364-77.

G

GALLAIS A. et BANNEROT. H., 1992. Amélioration des espèces végétales cultivés objectif et critères de sélection. Ed. INRA, Paris. 765p.

Références bibliographiques

- GARTEMANN K. H., KIRCHNER O., ENGEMANN J., GRAFEN I., EICHENLAUB R. et BURGER A., 2003.** *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*: first steps in the understanding of virulence of a Gram-positive phytopathogenic bacterium. *Journal of Biotechnology*, n°106, 179-191.
- GAUTIER M., 2001.** La culture fruitière- les productions fruitières. 2^e Editions. Ed. Technique et Documentation Lavoisier, Paris., 665 P.
- GHEZRAOUI K. et NEDJAR N., 2012.** Effet de six doses de fertilisation potassique sur les paramètres agronomiques et technologiques chez une variété de la tomate industrielle (*Lycopersicon esculentum* Mill). Mémoire d'ingénieur à l'UMMTO. 118 p.
- GHEBBI K., 1998.** Effet de rationnement hydrique et de la fertilisation potassique sur le comportement de trois variétés de tomate industrielle. Thèse de magister INA El- Harach. 135p.
- GIDDY C., 1982.** Les produits à humidité intermédiaire, cas particuliers du problème de la conservation des produits à humidité intermédiaire in mise au point d'une technique d'extraction de sirops de dates, comparaison avec les sirops à haute teneur en fructose (hfcs) issus de l'amidonnerie, magister en biologie, biochimie et analyse des bioproduits. In Zane N., 2012. Effet de mode de culture sur la qualité organoleptique de la tomate maraichère. Mémoire d'ingénieur à l'UMMTO. 60 p.
- GIOVANNUCCI E., 1999.** Tomatoes, tomato-based products, lycopene, and cancer. *The epidemiological literature*, 1999, n°4, 3-17-31.
- GLEASON M.L., GITAITIS R.D. et RICKERT M.D., 1993.** Recent progress: understanding and controlling bacterial canker of tomato. *Eastern North America. Plant Dis.* n° 77, 1069-1076.
- GRANGES A., GILLIOZ M.J., AUGSBURGER J et NICILLIER F., 2008.** Variété de tomate à grappes cultivées hors sol à basse température : valeur agronomique, analytique et gustative. *Revue suisse Vitic*, N° 40, 223-229.
- GRASSELLY D., NAVEZ B. et LETARD M., 2000.** Tomate pour un produit de qualité. Ed. Centre technique interprofessionnel des fruits et légumes 22 rue Bergère -75009 Paris. 222p.
- GROLIER P., BARTHOLIN G., BROERS L., CARIS-VEYRAT C., DADOMO M., DI LUCCA G., DUMAS Y., MEDDENS F., SANDEI L. et SCHUCH W., 2000.** Les anti-oxydants de la tomate et leur biosynthèse. In: *Les anti-oxydants de la tomate et ses dérivés et leur bienfaits pour la santé. Le livre blanc de la tomate, Action concertée de la Commission Européenne*, n° 97, 3 p.

Références bibliographiques

GUET G., CHOTARD A. et RIMAN k., 2011.Mémento d'agriculture biologique.Ed.Agridision,France.414p.

H

HALLADJ F., 2006. Effet de trois doses de fertilisation potassique sur les paramètres agronomiques et technologiques chez une variété de tomate industrielle. Mémoire d'ingénieur à l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.

HELLER R., 1984. Physiologie Végétale,Nutrition.Ed. Imprimerie Durand.28600 Luisant, France. 244 p.

HELLER R., 1969.Physiologie végétale-nutrition-tomeII. Ed. Masson. 156p

HELLER R., 1977. Physiologie végétale- nutrition- tome I. Ed Masson. 150 p.

I

ITCMI.,2014.Institut technique des cultures maraichères et industrielles, fiches techniques valorisées des cultures maraichères et industrielles

J

JAMES B., ATCHA-AHOWE C., GODONOU I., BAIMEY H.,GOERGEN G.,SIKIROU R., Toko M., 2010.Gestion intégrée des nuisibles en production maraichère. Ed.Dar es-Salaam, Tanzanie.115p.

JAVARIA S., KHAN M.et BAKHSH I., 2012.Effect of potassium on chemical and sensory attributes of tomato fruit. The journal of animal & plant sciences, n ° 22, 1081-1085

JEBARI-BENNANI H., 1986.Etude morphologique et morphogénétique du développement de la tomate (*L.esculentum*. Mill) jusqu'à l'initiation de la première inflorescence : contrôle corrélatif et variabilité de l'expression organogène. Thèse de doctorat en science agronomique. Université de Genbloux. Belgique. 159p.

JORA., 1998. Spécifications microbiologiques de certaines denrées alimentaires. Journal officiel de la répubique Algérienne, août 1998, 7-25.

K

KACEL F. et KACIMI G., 2013. Effet de six doses de fertilisation potassique sur les paramètres agronomiques et technologiques chez une variété de tomate industrielle. Mémoire d'ingénieur à l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.87p.

KAVANAUGH C., TRUMBO P. et ELLWOOD K.,2007. The US Food and Drug Administration's evidence based. *Qualified health claims: tomatoes, lycopene and cancer*, 2007, n°14, 10-74-85.

Références bibliographiques

KASSI D. et LARBI CHERIF D., 2008. Effet de quatre doses de fertilisation potassique sur les paramètres agronomiques et technologiques chez une variété de tomate industrielle. Mémoire d'ingénieur à l'UMMTO. 89p.

KHELIL A., 1989. Nutrition Et Fertilisation Des Arbres Fruitiers et de la vigne. Office Des Publications Universitaires, Ben Aknoute, Alger. 67 P.

KHERBACHE N et ZIANE Z., 2014. Effet de cinq doses de la fertilisation potassique sur les paramètres agronomiques, technologiques et sur la teneur en éléments minéraux chez une variété de tomate industrielle (*Lycopersicon esculentum Mill*). Mémoire de Master II à l'UMMTO. 88p.

KIM J., PAIK J., KIM O., PARK H., LEE J., JANG Y. et LEE J.H., 2011. Effects of lycopene supplementation on oxidative stress and markers of endothelial function in *healthy men*. *Atherosclerosis*, 2011, n° 1, 189-195.

KUN G. et WATSON L., 2006. Colorectal cancer protective effects and the dietary micronutrients folate, methionine, vitamins B6, B12, C, E, selenium, and lycopène. *Nutr Cancer*. 2006, n°1, 11–21.

L

LAFON J.P., THARAUD PRAYER C. et LEVY G., 1996. Biologie des plantes cultivées, tome I, Organisation/Physiologie de la nutrition. 2^{ème} Edition, Editions Techniques et Documentations Lavoisier, Paris. 233 p.

LAMBERT R., 1996. Géographie du cycle de l'eau. Ed. 31000 Toulouse Paris. 441p.

LATTIGUI A., 1984. Effets des différents niveaux de fertilisation potassique sur la fructification de la tomate cultivée en hiver sous serre non chauffée. Thèse Magister. INAEL-Harrach.

LAUMONNIER R., 1979. Cultures légumières et maraichères. Ed. Baillière. Tome III. 273p.

LEPOIVRE P., 2003. Phytopathologie. Ed. De boeck Université rue des minimes 39, B1000 Bruxelles. 431p.

LESTER G. E., JIFONJ.L. and ROGERS G., 2005. Impact of Potassium Nutrition on Food Quality of Fruits and Vegetable. *J. Amer. Soc. Hort. Sci*, n°130, 649- 653.

M

MADR., 2014. Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural, Direction des statistiques maraichères. 3^{ème} ed. INRA, Paris. Maroc. Ed. AMP. 257p.

MAPM., 2007. Fertilisation minérale des cultures. *Transfert de technologie*, septembre 2007, n°156, 1.

Références bibliographiques

- MARSCHNER H., 1986.** Mineral nutrition of higher plants. London: Academic-press.
- MARTIN A. et MOHAND A., 2010.** Valorisation de résidus de transformation industrielle des tomates. Mémoire ingénieur agronome, science alimentaire, université Saad dahleb de Blida. 112p.
- MARTIN PRÉVEL P., GAGNARD J. et GAUTIER P., 1984.** L'Analyse Végétale dans le Contrôle de l'Alimentation des Plantes Tempérées et Tropicales. Ed. Technique et documentation, Lavoisier, Paris. 810p.
- MASSOT C., 2010.** Analyse des variations de la teneur en vitamine C dans le fruit de tomate et rôle de l'environnement lumineux. Thèse de doctorat l'Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse. 223p.
- MERABET K E. et BELMELLAT W., 2008.** Effet de trois doses potassique sur les paramètres agronomiques et technologiques chez deux variétés de tomate industrielle. Mémoire d'ingénieur, à l'UUMTO. 86p.
- MESSIAEN C. M. et MESSIAEN-PAGOTTO F., 2009.** Le potager familial méditerranéen. Ed. Quae RD 10 Versailles cedex, France. 190 p.
- MESSIAEN C. M., BLANCARD D., ROUXEL F. et LAFON R., 1991.** Les maladies des plantes maraîchères. Ed. Amazon France. 432 p.
- MEZOUER N, MOKDAD A., 2009.** Effet de cinq doses de fertilisation potassique sur les paramètres agronomiques et technologiques chez deux variétés de tomate industrielle (*Lycopersicon esculentum*). Mémoire d'ingénieur à UMMTO. 119p.
- MHIRI A., 2002.** Le potassium dans les sols de Tunisie, institut national agronomique de Tunisie
- MNAYER D., 2004.** Effets de la fertilisation potassique et du temps d'application sur la production et la qualité technologique des tubercules de pomme de terre (*Solanum tuberosum*). Mémoire de fin d'étude à INSTITUT NATIONAL AGRONOMIQUE PARIS-GRIGNON (INA P-G). 79 p.
- MOREL R., 1996.** Les sols cultivés. 2^{ème} édition. Ed. Lavoisier, Paris. 222p.
- N**
- NAIKA S., JEUDE J. V., GOFFAU M., HILMI M. et DAM V B ., 2005.** La culture de la tomate AD17F. Ed. Fondation Agromisaet CTA.
- NGUYEN M., FRANCIS D. et SCHWARTZ S., 2001.** Thermal isomerisation susceptibility of carotenoids. *Different tomato varieties J Sci Food Agric*, 2001, n°9, 910-17.
- NGUYEN M. et SCHWARTZ S., 1998.** Lycopene stability during food processing. *Proc Soc Exp Biol Med*, 1998, n°2, 101-5.

Références bibliographiques

O

ÖKTÜREN ASRI F. et SÖNMEZ S., 2010. Reflection of different applications of potassium and iron fertilization on tomato yield and fruit quality in soilless medium. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, July-October 2010, n°8, 3-4.

OLMSTEAD RG., BOHS L., MIGID H. A., SANTIAGO-VALENTIN E., GARCIA V. F. et COLLIER SM., 2008. A molecular phylogeny of the *solanaceae*. n°, 57, 1159-1181.

OMS : Organisation mondiale de la santé, 1998. Effets du lycopène et du β -carotène sur la physiologie du tissu adipeux

P

PANIQUE E., KELLING K.A., SCHULTE E.E., HEROD.E., STEVENSON W.R. and JAMES R.V., 1997. Potassium rate and source effects on potato yield, quality and disease interaction. *Am Potato*, 1997, n° 74, 379-398.

PARAN I. et KNAAP E., 2007. Genetic and molecular regulation of fruit and plant domestication traits. *Tomato and pepper. J. Exp. Bot.*, n° 58, 3841-3852.

PATERSON A. H. et DEVERNA J. W., 1990. Fine mapping of quantitative trait loci using selected overlapping recombinant chromosomes. An interspecies cross of tomato, n°124, 735-742.

PAULO C. R., SAMPAIO R. A. and FINGER F. L., 2000. Fruit size, Mineral composition and quality of trickle irrigated tomatoes as affected by potassium rates. *Pesq. agropec. bras.*, Brasilia, n° 35, 21-25.

PERRON J. Y., 1999. Production légumière. Ed. Synthèse Agricole. 575p.

PETER H., RAVENRAY F., EVERT., SUSAN E. et EICHHORN., 2007. Biologie végétale, 2^e édition. Ed. ISBN. 978p.

POLESE J. M., 2007. La culture des tomates- un catalogue de 72 variétés de la tomate. Ed. Artémis. 95 p.

POUSSET J., 2002. Engrais verts et fertilité des sols. Ed. AGRIDECISION. 303p.

PREDSCU G., 1976. Fertilisation rationnelle des engrais. L'université d'Alger. 103p.

R

RAEMAEEKERS R., 2001. Agriculture en Afrique tropicale. Direction Générale de la coopération internationale (D-2001/02/0218/1)

RAKOTONDRADONA R., 2009. Besoin nutritionnel des plantes. E.N.S. Université d'Antananarivo (Madagascar).

RAO A., WASEEM Z. et AGARWAL S., 1998. Lycopène content of tomatoes and tomato products and their contribution to dietary lycopène. *Food Res Intern*, 1998, n°10, 7-37-4.

Références bibliographiques

REEVES A.,1973.An observation on natural outcrossing in the tomato (*Lycopersicon esculentum*L.).*Northwest Arkansas. Arkansas Academy of Science Proceedings XXVII.*

REHMAN M.,ZHOU M. et WEINER A. L., 1999.A spontaneous inflammatory disease in ratstransgenic.*Immunological review*, 1999, n°5, 103.

RUOCCO M. L., MASSIMO G., OSCAR A., BERNARD B. and JURGEN K., 2010.Food quality safety.Ed. CNR, Italie, UE.104p.

S

SADLER G., DAVIS J. et DEZMAN D., 1990.Rapid extraction of lycopene and carotene from reconstituted tomato paste and pink grapefruit homogenates. *Journal of Food Science*, n°55, 1460-1461.

SAMPAIO R A et FONTES P., 2000. Tomato fruit chemical and quality as a fonction of potassium fertilization, n° 5,65-73.

SIES H., STAHL W., VITAMIN E. and VITAMIN C., 1995.B carotene and other carotenoids as antioxidants.*Am J Clin Nutr*, 1995, n°6, 15-21.

SOLTIS D E.,2011. Angiosperm phylogeny.*America journal of botany*,2011, n° 98, 704-730.

SOLTNER D., 2003. Les bases de la production végétale :le sol , le climat, la plante, tome I .18 eme édition .464p.

STAHL G., BIDOU L., HATIN I.,NAMY O., ROUSSET J. P.et FARABAUGH P., 2000. Carotenoids and Carotenoids plus Vit E Protect against ultraviolet light-induced erythema humain.*Am.J.Clin.Nutri*, 2000, n°71, 795-798.

STÄUBLI A., 2003.Mesure de la qualité organoleptique des tomates. *Revue suisse Vitic. Arboric. Hortic*, 2003, n° 35, 4.

STEPHANE M.,2013.25 variétés de la tomate testées au potager, 2013, n° 5, 3-4.

T

TABER H., PERKINS- VEAZIE P LI S., WHITE W. et RODERMEL S., 2007.Enhancement of Tomato Fruit Lycopene by Potassium.*Hortsciences*, n° 43, 934p.

TABER H., SHANSHAN L., WENDY W., RODERMEL S. et YANG X., 2008.Enhancement of Tomato Fruit Lycopene by Potassium.*Horticulture Science*, n°43, 159-165.

TANKSLEY S. et GANALD.,1992.High density molecular linkage maps of the tomato and potato genomes. *Genetics*, n°132, 1141-1160.

Références bibliographiques

TOMATO NEWS., 2001

TOUABI C., 2004. Effet de trois doses de fertilisation potassique sur les paramètres agronomiques et technologiques chez une variété de la tomate industrielle. Mémoire d'ingénieur d'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.

TOUFOUTI Z. H.,2013.Contribution à l'étude des maladies bactériennes de la tomate (*Lycopersiconesculentum Mill*) cultivée en serres dans l'Est Algérien. Thèse de magister à université de Constantine. 89 p.

TRUDEL, M.J. et OZBUN J.L., 1971. Influence of potassium on carotenoid content of tomato fruit. *Journal of American Society of Horticultural Science.* 96: 763-765.

U

UNIFA., 2005.Principaux éléments fertilisants.24p.

V

VALIMUNZIGHA C. K., 2005. Étude du comportement physiologique et agronomique de la tomate.Ed.Louvrain- la- neuve, Belgique. 189p.

VERONIQUE B P. et LAVOIE D., 2001.Lelycopène un antioxydant très important, *revueClinicien*, n° 3, 50-56p.

VERXHIVKER I.A. et GALKINA S.N., 1993. Technologie de transformation de tomate, guide technique.

W

WAGENINGEN., 2005. La culture de la tomate. Ed. Barbara van Dam.105p.

WELTY N., RADOVICH C., MEULIA T., AND VAN-DERKNAAP E., 2007.Inflorescence development fortwo tomato species.*Canadian Journal of Botany*, 2007, n° 85, 111-118.

WILLIAM G.,2003. Physiologie végétale. Ed.Americaine de Serge rambour. 495p.

WILLIAMSON B., TUDZYNSKI B., TUDZYNSKI P. et VAN KAN J., 2007. Botrytis cinerea:the cause of grey mould disease. *Molecular Plant Pathology*, n°8, 561-580.

WUZHONG N.,2002.Yield and Quality of Fruits of Solanaceous Crops as Affected by Potassium Fertilization.*BetterCrops International*, n° 16, 6-8.

Z

ZANE., 2012. Effet du mode de culture sur la qualité organoleptique et nutritionnelle chez la tomate maraichère. Mémoire d'ingénieur à L'UMMTO.60 p.