

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA  
RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Université « Mouloud Mammeri » de Tizi-Ouzou  
Faculté des Sciences Biologiques et Agronomiques  
Département des Sciences Biologiques



# Mémoire

De fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master en Biologie  
Spécialité : Génétique et Amélioration des Plantes

## Thème

*Effet de l'interaction  $N \times K$  sur les paramètres agronomiques et technologiques chez une variété de tomate industrielle (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Cultivée au plein champ.*

*Proposé et dirigé par :*

M<sup>me</sup> Si Smail Ghebbi K.

*Jury:*

Président: M<sup>me</sup> MEDJDOUB .

Examineurs: M<sup>r</sup> ALILI N.

M<sup>me</sup> TALEB K.

*Réalisé par :*

M<sup>elle</sup> SAAD SAMIA

Professeur à l'UMMTO

Maître assistant chargé de cours à l'UMMTO

Maître de conférence B à l'UMMTO

Promotion : 2014/2015

## **Remerciements :**

*Je tiens à exprimer à ma promotrice M<sup>me</sup>SI.SMAIL GHEBBI.K maitre assistante à l'UMMTO mes sincères reconnaissances d'avoir accepté de m'encadrer, je la remercie d'avoir fait preuve de patience et pour la précieuse orientation qu'elle a su m'apporter.*

*Je remercie M<sup>me</sup>MEDJDOUB.F professeur à l'UMMTO d'avoir accepté de présider le jury.*

*Je remercie M<sup>me</sup> TALEB.K maitre de conférences à l'UMMTO d'avoir accepté de faire partie de jury de ce travail.*

*Mes sincères remerciements à M<sup>er</sup>ALLILI.N maitre assistant à l'UMMTO d'avoir accepté de faire partie de jury de ce travail, je lui exprime toute ma reconnaissance pour ces explications précieuses a propos de l'étude effectuée.*

*Je remercie également M<sup>elle</sup>ISSAOUN .D ingénieure de laboratoire à l'UMMTO pour toutes ces illustrations a propos de l'étude statistique effectuée dans le cadre de travail.*

*Je remercie tous les travailleurs à la station expérimentale de l'institut technique des cultures maraichères et industrielle des essers et particulièrement M<sup>me</sup>MOKRAB.L directrice de la station, pour leurs collaborations pendant toute la durée de mon stage.*

## **Dédicaces**

*Je dedie ce travail a*

*Mes très chers parents*

*Mes tendres soeurs: Amal, Lamia, Tassadit, Melissa.*

*Mes grands-pères et grandes-mères.*

*Mes oncles, tantes, cousins et cousines.*

*Tous mes ami(e)s.*

*A la mémoire de tous ceux que j'ai perdus et  
que je n'ai jamais oublié.*

*A tous ceux qui me sont chers*

## **Listes d'abréviations :**

**B:** *bloque*

**BAC:** *Bloque aléatoire complet.*

**C.M:** *Carré moyen.*

**C.V:** *Coefficient de variation.*

**DDL:** *Degré de liberté.*

**F.A.O:** *Food and agriculture organization.*

**CIRAD :** *centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement France*

**GRET :** *groupe de recherche et d'échanges technologique, ministère des affaires étrangères*

**H:** *Hauteur*

**I.N.R.A:** *Institut national des recherches agronomiques.*

**I.T.C.M.I:** *Institut technique des cultures maraichères et industrielles.*

**INA:** *Institut national d'Agronomie.*

**K:** *Dose de potasse.*

**K1x N1:** *Dose 1(0,110)*

**K2 x N2:** *Dose 2(125,220)*

**K3 x N3:** *Dose 3(250,440)*

**K4 x N4:** *Dose 4(500,440)*

**MADR :** *ministère de l'Agriculture et de Développement Rural.*

**N x K:** *Interaction azote-potasse*

**N:** *Dose d'azote.*

**Nbr:** *nombre*

**Plt:** *Plant*

**Prob:** *Probabilité*

## Listes de figures

Figure 1: Mode de croissance de la tomate .....	6
Figure 2: système racinaire de la tomate.....	7
Figure 3: Tige du plant de tomate.....	7
Figure 4: Feuilles de tomate .....	8
Figure 5: Fleurs de tomate .....	8
Figure 6: Fruit de tomate .....	9
Figure 7: Répartition des graines dans la tomate .....	9
Figure 8: Dynamique du potassium dans le sol.....	23
Figure 9: Différentes pertes en potassium dans le sol .....	24
Figure 10: La structure moléculaire du lycopène .....	29
Figure 11: Carte géographique et limites administratives de la région des Issers.....	42
Figure 12: Fruits de la variété Riogrande .....	44
Figure 13: Schéma du dispositif expérimental.....	48
Figure 14: Vue générale de la parcelle de l'essai.....	49
Figure 15: Pépinière sous tunnel (A) ; jeunes plants en pépinière (B) .....	49
Figure 16: Arrosage et aération de la pépinière (originale, Avril 2015).....	50
Figure 17: Espèces d'adventices dominantes dans la parcelle d'essai.....	52
Figure 18: Principales maladies et accidents physiologiques rencontrés au cours de l'essai, 2015.....	53
Figure 19: Effet de l'interaction $N \times K$ sur le nombre de tige par plant.....	62
Figure 20: Effet de l'interaction $N \times K$ sur le diamètre de tige.....	64
Figure 21 : Effet de l'interaction $N \times K$ sur la hauteur de la tige.....	65
Figure 22 : Effet de l'interaction $N \times K$ sur le nombre de fleur par plant.....	66
Figure 23 : Effet de l'interaction $N \times K$ sur le nombre de fleurs par bouquets.....	68
Figure 24 : Effet de l'interaction $N \times K$ sur le nombre de fleurs avortés.....	69
Figure 25 : Effet de l'interaction $N \times K$ sur le taux de nouaison (%).....	71
Figure 26 : Effet de l'interaction $N \times K$ sur le nombre de bouquets floraux par plant.....	72

<i>Figure 27 : Effet de l'interaction N×K sur le nombre de bouquets par tige.....</i>	<i>74</i>
<i>Figure 28: Effet de l'interaction N×K sur le nombre de fruits par plant.....</i>	<i>75</i>
<i>Figure 29: Effet de l'interaction N×K sur le poids total des fruits par plant.....</i>	<i>76</i>
<i>Figure 30 : Effet de l'interaction N×K sur le poids moyen d'un fruit par plant.....</i>	<i>78</i>
<i>Figure 31 : Effet de l'interaction N×K sur le rendement potentiel.....</i>	<i>79</i>
<i>Figure32: Effet de l'interaction N×K sur le rendement réel.....</i>	<i>81</i>
<i>Figure 33 : Effet de l'interaction N×K sur le calibre moyen des fruits.....</i>	<i>82</i>
<i>Figure34 : Effet de l'interaction N×K sur la teneur en eau de fruit de tomate.....</i>	<i>83</i>
<i>Figure35 : Effet de l'interaction N×K sur la teneur en matière sèche de fruit de tomate. ..</i>	<i>85</i>
<i>Figure 36: Effet de l'interaction N×K sur le pH du jeu de tomate. ....</i>	<i>86</i>
<i>Figure 37: Effet de l'interaction N×K sur l'acidité titrable de jus de tomate. ....</i>	<i>88</i>
<i>Figure 38: Effet de l'interaction N×K sur le dosage de lycopène.....</i>	<i>90</i>
<i>Figure 39 : Effet de l'interaction N×K sur le dosage de β carotène de fruit de tomate.....</i>	<i>91</i>
<i>Figure 40 : Effet de l'interaction N×K sur la teneur en vitamine C de fruit de tomate.....</i>	<i>93</i>
<i>Figure 41 : Effet de l'interaction N×K sur la teneur en sucre totaux de jeu de tomate.....</i>	<i>94</i>
<i>Figure 42 : Effet de l'interaction N×K sur la teneur en sucre réducteur de jeu de tomate..</i>	<i>95</i>
<i>Figure 43 : Effet de l'interaction N×K sur l'indice de brix.....</i>	<i>97</i>
<i>Figure 44: corrélations entre trois variables agronomiques.....</i>	<i>99</i>
<i>Figure 45: Corrélation entre pH, lycopène et acidité.....</i>	<i>100</i>

## **Listes de tableaux :**

<i>Tableau 1 : Exigences climatique de la tomate en fonction du stade de développement.....</i>	<i>13</i>
<i>Tableau 2: Exigences de la tomate en température du sol selon le stade de développement.....</i>	<i>14</i>
<i>Tableau 3 : Effets de l'excès hydrique sur la végétation et la production de la tomate.....</i>	<i>15</i>
<i>Tableau 4 : Exportation (en kg) des éléments fertilisants par tonne de fruit de tomate .....</i>	<i>15</i>
<i>Tableau 5 : Valeur nutritionnelle moyenne pour 100g de tomate .....</i>	<i>16</i>
<i>Tableau 6 : Les dix premiers pays producteurs de tomate en 2012 .....</i>	<i>18</i>
<i>Tableau 7 : Les contraintes de la production de la tomate industrielle en Algérie.....</i>	<i>19</i>
<i>Tableau 8 : Teneur en lycopène de la tomate et ses produits dérivés.....</i>	<i>31</i>
<i>Tableau 9 : Principaux herbicides utilisés contre les adventices de la tomate de plain champ.....</i>	<i>39</i>
<i>Tableau 10 : Principales maladies de la tomate et leurs traitements.....</i>	<i>40</i>
<i>Tableau 11 : Ravageurs et parasites de la tomate et traitements.....</i>	<i>41</i>
<i>Tableau 12: Températures Moyennes mensuelles pendant la campagne 2014-2015.....</i>	<i>43</i>
<i>Tableau13: Pluviométrie Mensuelle enregistrée pendant la campagne agricole 2014-2015.....</i>	<i>43</i>
<i>Tableau14: Caractéristiques de la variété Riogrande .....</i>	<i>44</i>
<i>Tableau 15: Résultats d'analyse physico-chimique du sol.....</i>	<i>46</i>
<i>Tableau 16. Conduite de la tomate en plein champ.....</i>	<i>51</i>
<i>Tableau 17: Traitements phytosanitaires effectués au cours de notre essai.....</i>	<i>53</i>
<i>Tableau 18 : Nombre de tige par plant.....</i>	<i>62</i>
<i>Tableau 19 : Résultats de l'analyse de la variance du nombre de tiges par plant.....</i>	<i>63</i>
<i>Tableau 20 : Test de NEWMAN-KEULS du nombre de tiges par plant.....</i>	<i>63</i>
<i>Tableau 21 : Diamètre de la tige principale.....</i>	<i>63</i>
<i>Tableau 22 : Résultat d'analyse de la variance de diamètre de la tige.....</i>	<i>64</i>
<i>Tableau 23 : Hauteur de la tige principal.....</i>	<i>65</i>

<i>Tableau 24 : résultats d'analyse de la variance de la hauteur de la tige principal.....</i>	<i>66</i>
<i>Tableau 25 : Nombre total de fleurs par plant.....</i>	<i>66</i>
<i>Tableau 26 : Résultat d'analyse de la variance du nombre de fleur par plant.....</i>	<i>67</i>
<i>Tableau27 : Teste de NEWMAN-KEULS du nombre de fleurs par plant.....</i>	<i>67</i>
<i>Tableau 28 : Nombre de fleur par bouquet.....</i>	<i>68</i>
<i>Tableau 29 : Résultat d'analyse de la variance du nombre de fleurs par bouquet.....</i>	<i>69</i>
<i>Tableau 30 : Nombre de fleur avorté.....</i>	<i>69</i>
<i>Tableau 31 : Résultat d'analyse de la variance du nombre de fleurs avortés.....</i>	<i>70</i>
<i>Tableau 32: Teste de NEWMAN-KEULS du nombre de fleurs avortés.....</i>	<i>70</i>
<i>Tableau 33 : Taux de nouaison.....</i>	<i>71</i>
<i>Tableau 34 : Résultat d'analyse de la variance du taux de nouaison.....</i>	<i>71</i>
<i>Tableau 35: Nombre de bouquet floraux.....</i>	<i>72</i>
<i>Tableau 36 : Résultat de l'analyse de la variance du nombre de bouquets floraux par plant.....</i>	<i>73</i>
<i>Tableau37: Teste de NEWMAN-KEULS du nombre de bouquets floraux par plant.....</i>	<i>73</i>
<i>Tableau 38 : Nombre de bouquets floraux par tige .....</i>	<i>73</i>
<i>Tableau 39 : Résultat de l'analyse de la variance du nombre de bouquets floraux par tige.....</i>	<i>74</i>
<i>Tableau 40: Nombre de fruits récoltés par plant.....</i>	<i>75</i>
<i>Tableau 41 : Résultat d'analyse de la variance du nombre de fruits par plant.....</i>	<i>75</i>
<i>Tableau42: Teste de NEWMAN-KEULS du nombre de fruits par plant.....</i>	<i>76</i>
<i>Tableau 43 : Poids total des fruits par plant.....</i>	<i>76</i>
<i>Tableau 44 : Résultats de l'analyse de la variance du poids total des fruits par plant .....</i>	<i>77</i>
<i>Tableau 45 : Teste de NEWMAN-KEULS du poids total des fruits par plant.....</i>	<i>77</i>
<i>Tableau 46 : Poids moyen d'un fruit.....</i>	<i>78</i>
<i>Tableau 47 : Résultats de l'analyse de la variance du poids moyen d'un fruit.....</i>	<i>78</i>
<i>Tableau 48 Teste de NEWMAN-KEULS du poids moyen d'un fruit.....</i>	<i>79</i>

<i>Tableau 49 : Rendement potentiel.....</i>	<i>79</i>
<i>Tableau 50 : Résultat de l'analyse de la variance du rendement potentiel.....</i>	<i>80</i>
<i>Tableau 51 : Teste de NEWMAN-KEULS du rendement potentiel.....</i>	<i>80</i>
<i>Tableau 52 : Rendements réel .....</i>	<i>81</i>
<i>Tableau 53: Résultat de l'analyse de la variance du rendement réel.....</i>	<i>81</i>
<i>Tableau 54: Calibre moyen des fruits (cm).....</i>	<i>82</i>
<i>Tableau 55 : Résultat de l'analyse de la variance du calibre moyen d'un fruit .....</i>	<i>83</i>
<i>Tableau 56 : Teneur en eau.....</i>	<i>83</i>
<i>Tableau 57 : Résultat de l'analyse de la variance de la teneur en eau.....</i>	<i>84</i>
<i>Tableau58: Teste de NEWMAN-KEULS de la teneur en eau.....</i>	<i>84</i>
<i>Tableau 59: Teneur en matière sèche de fruit de tomate.....</i>	<i>84</i>
<i>Tableau 60 : Résultat de l'analyse de la variance de la teneur en matière sèche de fruit de tomate. ...</i>	<i>85</i>
<i>Tableau61: Teste de NEWMAN-KEULS de la teneur en matière sèche.....</i>	<i>86</i>
<i>Tableau 62 : pH du jus de tomate.....</i>	<i>86</i>
<i>Tableau 63 : Résultat de la variance du pH du jus de tomate.....</i>	<i>87</i>
<i>Tableau 64 : Teste de NEWMAN-KEULS du pH du jus de tomate.....</i>	<i>87</i>
<i>Tableau 65 : Acidité titrable du jus de tomate.....</i>	<i>88</i>
<i>Tableau 66 : Résultat de la variance de l'acidité titrable de jus de tomate.....</i>	<i>88</i>
<i>Tableau 67 : Teste de NEWMAN-KEULS de l'acidité du jus de tomate.....</i>	<i>89</i>
<i>Tableau 68 : Dosage du lycopène dans la tomate.....</i>	<i>89</i>
<i>Tableau 69 : Résultat d'analyse de la variance de dosage de lycopène.....</i>	<i>90</i>
<i>Tableau70 : Teste de NEWMAN-KEULS du lycopène.....</i>	<i>91</i>
<i>Tableau 71 : Teneur en <math>\beta</math> Carotène .....</i>	<i>91</i>
<i>Tableau 72 : Résultat de l'analyse de la variance de dosage de <math>\beta</math> carotène.....</i>	<i>92</i>
<i>Tableau 73 : Teste de NEWMAN-KEULS de <math>\beta</math> carotène.....</i>	<i>92</i>

<i>Tableau 74: Vitamine C</i> .....	92
<i>Tableau 75 : Résultat de l'analyse de la variance de teneur en vitamine C</i> .....	93
<i>Tableau 76 : Sucre totaux</i> .....	94
<i>Tableau 77 : Résultat de l'analyse de la variance de la teneur en sucre totaux</i> .....	94
<i>Tableau 78 : Sucre réducteur</i> .....	95
<i>Tableau79: Résultat d'analyse de la variance de la teneur en sucre réducteur</i> .....	96
<i>Tableau80 : Teste de NEWMAN-KEULS de la teneur en sucre réducteur</i> .....	96
<i>Tableau 81 : Indice de brix</i> .....	96
<i>Tableau 82 : Résultat d'analyse de la variance de l'indice de brix de jus de tomate</i> .....	97
<i>Tableau83 : Teste de NEWMAN-KEULS de la teneur en sucre réducteur</i> .....	98

# Sommaire

## Introduction générale

### Première partie : Etude bibliographique

#### Chapitre I : Présentation de la plante

I-1-Origine et historique .....	3
I-2-Classification de la tomate .....	3
I-2-1-Classification botanique.....	3
I-2-2-Classification génétique.....	4
I-2-3-Classification variétale selon le mode de croissance .....	5
I-2-3-1-Les variétés a port indéterminé .....	5
I-2-3-2- Les variétés a port déterminé.....	5
I-3-Description botanique de la tomate.....	6
I-3-1-Système racinaire.....	6
I-3-2- Tige.....	7
I-3-3- Feuille.....	7
I-3-4- Fleurs .....	8
I-3-5-Fruits.....	9
I-3-6-Graines .....	9
I-4-Cycle biologique de la tomate .....	10
I-4-1-Germination.....	10
I-4-2-Croissance.....	10
I-4-3-Floraison .....	10
I-4-4-Pollinisation des fleurs .....	10
I-4-5-Fécondation et nouaison .....	11
I-4-6-Maturation du fruit .....	11

I-5-Caractéristiques morphologiques de la tomate.....	11
I-5-1-L'appareil végétatif .....	11
I-5-2-L'appareil reproducteur .....	11
I-6-Exigences édapho-climatiques de la plante .....	11
I-6-1-Exigences climatiques.....	12
I-6-1-1-Température.....	12
I-6-1-2-Lumière .....	12
I-6-1-3-Humidité.....	12
I-6-2-Exigences édaphiques .....	13
I-6-2-1-Nature du sol.....	13
I-6-2-2-pH du sol .....	13
I-6-2-3-Température du sol .....	13
I-6-2-4-Aération du sol .....	14
I-6-3- Exigences nutritionnels de la tomate .....	14
I-6-3-1-Exigence hydrique .....	14
I-6-3-2-Exigence en éléments fertilisants.....	15
I-7- Importance de la tomate .....	16
I-7-1-Valeur nutritionnel des fruits de tomate .....	16
I-7-2-Importance médicinale de la tomate .....	17
I-8-Production de la tomate .....	17
I-8-1- Dans le monde.....	17
I-8-2- En Afrique .....	18
I-8-3-En Algérie.....	18
I-8-3-1-Zone de production de la tomate en Algérie .....	19
I-8-3-2-Contraintes de la production de la tomate industrielle en Algérie .....	19
<b>Chapitre II : Nutrition Azotée, Potassique et leur interaction chez la plante</b>	
II.1.Nutrition Azotée .....	20

II-1-1-Rôle de l'azote .....	20
II-1-2-Disponibilité et forme d'azote dans le sol.....	20
II-1-3-Importance de l'azote chez la tomate .....	21
II-2-Nutrition Potassique .....	21
II-2-2- Rôle du potassium.....	21
II-2-3-Disponibilité et forme de potassium dans le sol.....	22
II-2-4-Dynamique du potassium dans le sol .....	23
II-2-5- Transferts du potassium dans le sol.....	24
II-2-6-Pertes en potassium .....	24
II-2-7-Importance de potassium.....	25
II-2-7-1-Sur la culture de la tomate.....	25
II-2-7-2-Sur le lycopène.....	25
II-3-Interaction entre les éléments fertilisant .....	25
II-3-1-Interaction azote- phosphore.....	25
II-3-2-Interaction azote- potassium.....	26
II-3-3-Interaction potassium-phosphore .....	26
II-4-Condition d'absorption des éléments fertilisants.....	26
II-5-Facteur d'absorption des éléments minéraux par la plante .....	27
<b>Chapitre III. Importance du lycopène</b>	
III-1- Historique du lycopène.....	28
III-2-Définition du lycopène .....	28
III-3-Structure du lycopène .....	28
III-4-Localisation du lycopène .....	29
III-4-1-Dans le fruit tomate .....	29
III-4-2-Dans le corps humain .....	29
III-5-Propriétés du lycopène.....	29
III-6-Sources alimentaires du lycopène .....	30

III-7-Différentes actions du lycopène .....	30
III-7-1-Action anti-athérogène du lycopène.....	30
III-7-2-Action anti-cancérogène du lycopène .....	31
III-7-3-Action du lycopène sur le système immunitaire et le matériel génétique .....	31
III-7-4-Action du lycopène dans les autres tissus .....	32
<b>Chapitre IV. Techniques de productions de la tomate en plein champ</b>	
IV-1- Place de la tomate dans la rotation et assolement.....	33
IV-2- Production de plants .....	33
IV-2-1-Semis direct.....	33
IV-2-2-Semis en pépinière.....	33
IV-2-2-1-Choix des graines.....	33
IV-2-2-2-Préparation de la pépinière .....	34
IV-2-3- Plantation.....	34
IV-3- Préparations du sol et plantation.....	34
IV-3-1- Préparation du sol.....	34
IV-3-2- Plantation.....	35
IV-3-2-1- Période de plantation .....	35
IV-3-2-2- Densité de plantation .....	35
IV-3-2-3- Technique de plantation.....	35
IV-4- Conduite de la culture .....	35
IV-4-1-Remplacement des manquants.....	36
IV-4-2-Irrigation .....	36
IV-4-3-Binage .....	36
IV-4-4-Tuteurage .....	36
IV-4-5-Buttage .....	36
IV-5- Protection phytosanitaire.....	36
IV-5-1-Adventices, maladies et ravageurs de la tomate en plein champ .....	36
IV-5-1-1-Adventices .....	36

IV-5-1-2-Lutte contre les adventices .....	38
IV-5-2-Principales maladies de la tomate .....	39
IV-5-3-Principaux ravageurs de la tomate .....	41
IV-6- Récolte de la tomate .....	41

## **Deuxième partie : Matériels et méthodes**

I-1-But de l'essai.....	42
I-2-Conditions expérimentales.....	42
I-2-1-Situation géographique de la région .....	42
I-2-2-Données climatique de la région d'étude .....	42
I-2-2-1-Températures .....	43
I-2-2-2-Pluviométrie.....	43
I-3-Matériels utilisés.....	44
I-3-1-Matériel végétal .....	44
I-3-2-La fumure minérale .....	45
I-3-2-1-La fumure azotée.....	45
I-3-2-2-La fumure potassique .....	45
I-3-2-3-La fumure phosphatée .....	45
I-4-Méthodes d'études.....	45
I-4-1-Nature du sol.....	45
I-4-2-Dispositif expérimental.....	47
I-5-Conduite et suivis de la culture.....	49
I-5-1-Production de plant.....	49
I-5-1-1-le semis.....	49
I-5-2-Entretien de la pépinière.....	50
I-5-3-Plantation.....	50
I-5-4-Entretien de la culture .....	52
I-5-5-1-Adventice.....	52
I-5-4-2-Maladies et traitement phytosanitaires.....	52
I-6- Paramètres étudiés.....	54

I-6-1-Paramètre quantitatifs.....	54
I-6-1-1-Paramètre de croissance.....	54
I-6-1-2-Paramètre de production.....	54
I-6-2-Paramètres qualitatifs (technologique) .....	55
I-6-2-1-Détermination de la teneur en eau.....	55
I-6-2-2-Détermination de la teneur en matière sèche du fruit (%) .....	56
I-6-2-4- pH du jus de tomate.....	56
I-6-2-4-Acidité titrable du jus de tomate(%) .....	56
I-6-2-5-Détermination de l'extrait sec ou degré brix.....	57
I-6-2-6-La teneur en vitamine C (g/100 ml).....	58
I-6-2-7-Dosage du lycopène et du $\beta$ -carotène dans la tomate.....	58
I-6-2-8-Dosage des sucres réducteurs.....	59
I-6-2-9-Dosage des sucres totaux.....	60
I-7- Etude statistique.....	61
<b>Troisième partie : Analyse et discussion</b>	
I- Les paramètres agronomiques.....	62
I-1-le nombre de tige par plant.....	62
I-2-Diamètre de la tige principale .....	63
I-3-Hauteur de la tige principale .....	65
I-4-Nombre de fleurs par plant.....	66
I-5-Nombre de fleurs par bouquet .....	68
I-6-Nombre de fleurs avorté .....	69
I-7-Taux de nouaison .....	70
I-8-Nombre de bouquets floraux par plant.....	72
I-9-Nombre de bouquets floraux par tige .....	73
I-10-Nombre de fruits récoltés par plant.....	74
I-11-Poids total des fruits par plant .....	76
I-12-Poids moyen d'un fruit .....	77

I-13-Rendement potentiel.....	79
I-14- Rendements réel qx/ha.....	80
I-15 –Calibre moyen des fruits .....	82
II- Paramètre technologique.....	83
II-1- Teneur en eau.....	83
II-2- la teneur en matière sèche de fruit de tomate.....	84
II-3-pH du jus de tomate.....	86
II-4-Acidité titrable du jus de tomate.....	87
II-5-Dosage du lycopène dans la tomate.....	89
II-6-la teneur en $\beta$ Carotène .....	91
II-7-Vitamine c .....	92
II-8-Sucre totaux .....	93
II-9-Sucre réducteur .....	95
II-10- indice de brix .....	96
III-Etude de quelques corrélations.....	98
VI-Discussion générale.....	101
Conclusion générale.....	103

# Introduction

# Introduction

---

La tomate *Lycopersicon esculentum* Mill. Appartenant à la famille des solanacées est une plante herbacée annuelle des Andes et d'Amérique, très cultivée pour son fruit consommé à l'état frais ou transformé (CHAUX et FOURY, 1994).

Dans le monde, la tomate occupe la deuxième place après la pomme de terre, que ce soit dans la production ou la consommation (TRICHPOULOU et LAGIO, 1997). LEMOINES (1999) rapporte qu'il en existe plus de 700 variétés.

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

En Algérie, la tomate se pratique à travers tout le territoire national, elle progresse de plus en plus avec le développement des techniques agricoles. En 2013, la production s'élevait à environ 433,40 qx/ha (MADR, 2014). Malgré les dispositions prises et les techniques utilisées, le rendement reste toujours faible et assez éloigné de ceux enregistrés dans d'autres pays du bassin méditerranéen (la Turquie, l'Égypte et l'Italie), où les rendements moyens varient entre 3783 qx /ha et 5587 qx/ha (FAO, 2014).

La tomate est d'une grande richesse organoleptique. C'est l'un des premiers apports en vitamine C dans notre organisme. Comme pour tout fruit et légume son faible contenu calorique et ses micronutriments participent à une alimentation équilibrée, qui prévient l'obésité et les maladies cardiovasculaires.

Plusieurs recherches sont menées dans la valorisation qualitative de la tomate à savoir l'amélioration et la sélection variétale ; 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 oublier l'effet de la fertilisation dans l'accumulation du lycopène et de la vitamine C.

De nombreuses expérimentations sont menées sur la fertilisation minérale, notamment celle de la fertilisation potassique. On en conclut qu'il n'est pas possible de ne pas tenir compte des interactions existantes entre les éléments minéraux lors de la fertilisation. Comme l'a signalé Loué (1979), dans ses travaux sur de nombreuses spéculations tels que la pomme de terre, le blé et la tomate. Ces interactions peuvent concerner tous les paramètres de productions.

L'interaction azote potassium est la plus importante des interactions entre éléments minéraux chez la plante, notamment chez la tomate. La prise en considération de cette interaction se révèle indispensable pour mieux mesurer les possibilités de réponses à la fumure potassique (LOUE, 1979).

C'est dans ce contexte que s'inscrit notre travail, qui consiste en l'étude de l'effet de l'interaction azote x potassium sur les paramètres agronomiques et technologiques chez une variété de tomate industrielle (*lycopersicon esculentum* Mill.) cultivée en plein champ.

Notre travail s'articule autour de deux grandes parties : Une partie bibliographique qui est composée de quatre chapitres :

- Le premier chapitre présente des connaissances générales sur la plante,

# Introduction

---

- Le deuxième chapitre présente des généralités sur l'alimentation azotée et potassique de la plante.
- Le troisième chapitre présente l'importance du lycopène,
- Le quatrième chapitre présente les techniques de production de la tomate en plein champ.

La deuxième partie concerne la partie expérimentale qui comprend deux chapitres :

- Le premier chapitre est relatif aux matériels et méthodes utilisés lors de notre essai.
- Le deuxième chapitre consiste en la présentation et l'interprétation des résultats obtenus.

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

# Partie I

# Chapitre I

## I-1- Origine et Historique

La tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) est originaire des Andes d'Amérique du Sud, dans une zone allant du sud de la Colombie au nord du Chili et de la cote Pacifique, aux contreforts des Andes (Equateur, Pérou). Elle fut domestiquée au Mexique, puis introduite en Europe au XVIème siècle par les Espagnols avant même la pomme de terre et le tabac (SHANKARA, 2005).

Le genre *Lycopersicon* comprend neuf espèces, dont une seule ; *Lycopersicon esculentum* sous sa forme sauvage cérasiforme qui pourrait être directement à l'origine des autres variétés, a émigré vers le Sud de l'Amérique du Nord (CHAUX et FOURY, 1994).

Au départ, les européens l'exploitèrent pour un usage purement ornemental et évitèrent sa consommation, à cause des liens de parenté botanique très étroits avec certaines espèces végétales connues comme plantes vénéneuses en l'occurrence, *Hyocinus niger*, *Lycopersicon atropa* (KOLEV, 1976). En effet, elle a été longtemps considérée comme une plante toxique, au même titre que sa cousine « la mortelle Belladone ». Ce n'est que vers les années 1920-1930 qu'elle commença à être largement commercialisée (MENARD, 2009).

En Algérie, ce sont les cultivateurs du Sud de l'Espagne (Tomateros), qui l'ont introduite en raison des conditions climatiques qui sont propices pour sa culture. Quant à sa consommation, elle a commencée dans la région d'Oran en 1905 puis, elle s'étendit vers le centre, notamment au littoral algérois (LATIGUI, 1984).

## I-2-Classification de la tomate

### I-2-1-Classification botanique

Les botanistes modifièrent à plusieurs reprises le nom du genre et d'espèce attribués à la tomate. Elle a été classée par Linné en 1753, comme *Solanum lycopersicon*, d'autre botanistes lui ont attribué différents noms : *Solanum lycopersicon*, *Solanum esculentum*, *Lycopersicon licopersicum* ; c'est finalement *Lycopersicon esculentum* attribué par Philip Miller en 1754, qui a été retenu (MUNROE et SMALL, 1997).

Le nom du genre « *Lycopersicon* » est gréco-latin, il signifie « pêche de loup » et la partie « *esculentum* » complétant le nom de l'espèce vient du latin et qui signifie « comestible ». Cette comestibilité ne concerne ni le feuillage, ni les jeunes fruits verts car ils contiennent des alcaloïdes toxiques (tomatine et solanine). Ces derniers disparaissent des fruits au cours du mûrissement (BLANCARD et al., 2009). CRONQUIST (1981) ; GAUSSEN et al.(1982), proposèrent la classification suivante de la tomate qui est largement suivie :

---

<b>Règne :</b> .....	Végétal.
<b>Embranchement :</b> .....	Phanerogames
<b>Sous embranchement :</b> .....	Angiospermes
<b>Classe :</b> .....	Dicotylédones
<b>Sous classe :</b> .....	Gamopétales
<b>Ordre :</b> .....	Solanales
<b>Famille :</b> .....	Solanalacées
<b>Genre :</b> .....	Lycopersicon
<b>Espèce :</b> .....	<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.

### **I-2-2-Classification génétique**

La tomate cultivée, est une espèce diploïde à  $2n=24$  chromosomes, chez laquelle il existe de très nombreux mutants monogéniques, dont certains sont très importants pour la sélection. Sa carte chromosomique compte actuellement 235 gènes localisés avec précision (GALLAIS et BANNEROT, 1992).

La structure de la fleur de tomate assure une cleistogamie (autogamie stricte), mais elle peut se comporter comme une plante allogame. On peut avoir jusqu'à 47% de fécondation croisée dans la nature (PUBLISHERS, 2004). Ces deux types de fécondation divisent la tomate en deux variétés qui sont :

#### **I-2-2-1-Variétés fixées**

Il existe plus de cinq cents variétés fixées (conservant les qualités parentales). Leurs fruits sont plus ou moins réguliers, sensibles aux maladies, mais donnent en général des fruits d'excellente qualité gustative (POLESE, 2007).

#### **I-2-2-2-Variétés hybrides**

Les variétés hybrides sont plus nombreuses. Elles sont relativement récentes, puisqu'elles n'existent que depuis 1960 (POLESE, 2007).

### I-2-3-Classification variétales selon le mode de croissance

Les variétés de tomates peuvent être classées selon leurs caractères morphologiques et botaniques. Elles sont très nombreuses. A cet effet, ces dernières peuvent être classées selon leur croissance qui peut être de type indéterminé ou de type déterminé (POLESE, 2007).

#### I-2-3-1- Les variétés à port indéterminé (Figure A)

Les variétés à port indéterminé sont les plus nombreuses, elles continuent de pousser et de produire des bouquets de fleurs tant que les conditions d'environnement sont convenables. Comme leur développement est exubérant, leur tige doit être attachée à un tuteur sous peine de s'affaisser au sol. Il est également nécessaire de les tailler et de les ébourgeonner régulièrement. Elles ont une production plus étalée et sont plus productives en général que les tomates à port déterminé. Parmi ce type de croissance, il existe:

- ❖ **les variétés fixées** : il existe plus de 500 variétés dont les caractéristiques génotypiques et phénotypiques sont transmises aux générations descendantes. Elles sont sensibles aux maladies, mais donnent des fruits d'excellente qualité gustative (POLESE, 2007). Les variétés les plus utilisées en Algérie sont la Marmande et la Saint Pierre (SNOUSSI, 2010).

- ❖ **Les variétés hybrides** : sont plus d'un millier. Elles sont relativement récentes puisqu'elles n'existent que depuis les années 1960, elle présente un effet hétérosis qui lui permet de réunir plusieurs caractères d'intérêt agronomique (bonne précocité, bonne résistance aux maladies et aux attaques parasitaires et de hauts rendements).

Ces hybrides ne peuvent être multipliés vu qu'ils perdent leur vigueur hybride à la descendance (POLESE, 2007).

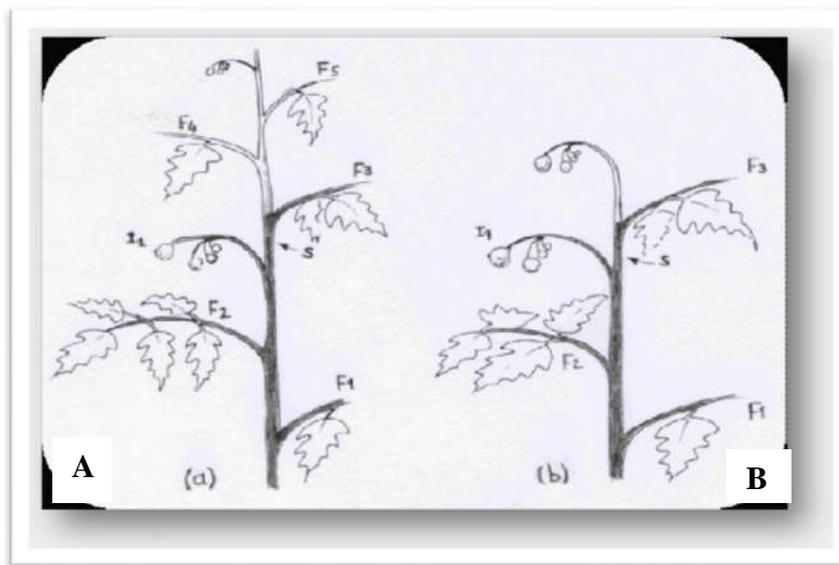
En Algérie les variétés hybrides les plus cultivées sont : ACTANA, AGORA, BOND, NEDJMA, TAFNA, TAVIRA, TOUFAN, TYERNO et ZAHRA (SNOUSSI, 2010).

#### I-2-3-2- Les variétés à port déterminé (figure B)

Ce sont des variétés naines. Leur croissance s'arrête une fois la plante a produit un nombre déterminé de bouquets de fleurs (en général trois à quatre). C'est dans ce type de

tomate que l'on trouve, le plus souvent, les variétés industrielles de conserverie, cultivées en plein champ. Pour ce type de croissance également, on retrouve des variétés fixées et des variétés hybrides (POLESE, 2007). Les plus cultivées des variétés hybrides en Algérie sont : FAROUNA, JOKER, LUXOR, SUPER RED, TOMALAND, TOP 48, SUZANA, ZIGANA ZERALDA (SNOUSSI, 2010).

Les variétés fixées sont : RIOGRANDE et AICHA.



**Figure 1: Mode de croissance de la tomate (ATHERTO et HARRIS, 1986).**

(F1 à F5 : Feuille 1 à 5. I1 : Inflorescence 1. S : Sympode)

### I-3- Description botanique de la tomate

La tomate est une plante herbacée annuelle, appartenant au groupe des légumes-fruits (BABA AISSA, 1999). Différentes parties composent le plant de tomate :

#### I-3-1- Le système racinaire

Le plant de tomate présente une forte racine pivotante qui pousse jusqu'à une profondeur de 50cm et plus. La racine principale produit une haute densité de racines latérales ou adventives (SHANKARA, 2005).



**Figure 2: système racinaire de la tomate (originelle, Septembre, 2015).**

### **I-3-2- La tige**

Le port du plant chez la tomate peut être érigé ou prostré. La tige est pleine, pousse jusqu'à une longueur de 2 à 4 m, fortement poilue et glandulaire, se ramifie souvent pour donner un arbuste.



La tige

**Figure 3: Tige du plant de tomate (originelle, Juillet, 2015).**

### **I-3-3- Les feuilles**

Chez la tomate, les feuilles sont disposées en spirale, de 15 à 50 cm de long et 10 à 30 cm de large. Selon les variétés certaines sont découpées et composées. Mais, la plupart comprennent un certains nombres de paires de folioles (souvent trois) et une autre, terminale.

Les feuilles sont vertes, poilues et ont une odeur forte. Au point d'insertion entre la feuille et la tige on trouve un bourgeon qui donne souvent naissance à une nouvelle ramification.



**Figure 4: Feuilles de tomate (originelle, 2015).**

### I-3-4-La fleur

La fleur de la tomate est hermaphrodite. Le pistil est entouré d'un cône de 5 à 7 étamines. Les pétales sont soudés en forme d'étoile à cinq pointes, de couleur jaune vif. Elles sont réunies en cyme et s'épanouissent de fin Mai à Septembre. Selon REY et COSTES (1965), la tomate est une plante autogame et c'est la structure de la fleur qui facilite l'autogamie, cette dernière est de type pentamère dont la formule florale est la suivante :

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



Les fleurs

**Figure 5 : Fleurs de tomate (originelle, 2015).**

### I-3-5-Le fruit

Le fruit de tomate est une Baie charnue, de forme globulaire ou aplatie avec un diamètre moyen de 2 à 7 cm. Lorsqu'il n'est pas encore mûr, le fruit est vert et poilu, en revanche, la couleur des fruits mûrs varie du jaune au rouge en passant par l'orange. Le fruit à de multiples formes il peut se présenter soit, rond et régulier ou côtelés.



Figure 6 : Fruit de tomate (originelle, Aout, 2015).

### I-3-6- Les graines

Les graines de tomate sont réniformes, nombreuses, poilues, de couleur beige, de 3 à 5 mm de longueur et de 2 à 4 mm de large. L'embryon est enroulé dans l'albumen. Le poids de mille graines est en moyenne de 3 g (SHANKARA, 2005).

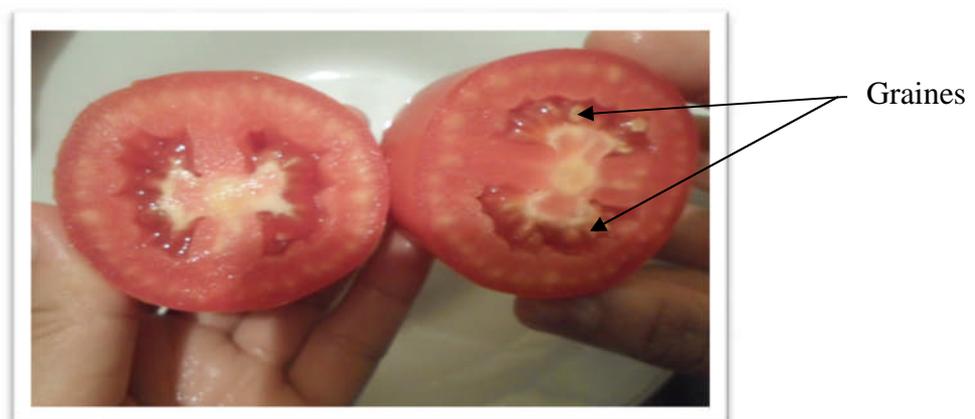


Figure 7 : Répartition des graines dans la tomate (originelle, Septembre 2015).

## I-4-Cycle biologique de la tomate

La tomate est une plante herbacée, annuelle, autogame, diploïde à  $2n=24$  chromosomes son cycle de développement, 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 production des fleurs et 7 à 9 semaines de la floraison à la fructification). Le cycle comprend six phases qui sont les suivantes :

### I-4-1-Germination

C'est le passage de la graine de la vie ralentie à la vie active. Elle s'effectue à une température de 25°C avec une bonne humidité du sol et une bonne aération. La durée entre la germination et la levée est de 12 jours (REY et COSTES, 1965). La graine de tomate ne présente pas de dormance et leur germination est de type épigé (PHILOUZE, 1999).

### I-4-2- Croissance

Selon LAUMONNIER (1979), la croissance du plant de tomate se déroule en deux phases et dans deux milieux différents :

- **En pépinière** : De la levée jusqu'au stade 6 feuilles, on remarque l'apparition des racines non fonctionnelles et des pré-feuilles.
- **En plein champ** : Après l'apparition des feuilles à photosynthèse intense et des racines fonctionnelles, les plantes continuent leur croissance, la tige s'épaissit et le nombre de feuilles augmente.

### I-4-3- Floraison

La floraison correspond à l'épanouissement des fleurs. C'est l'apparition et le développement des ébauches florales. Ces ébauches se transforment en boutons floraux puis en fleurs. Elle débute 7 à 6 semaines après le semis, dans les conditions favorables, en particulier lorsque la température est comprise entre 13 à 17°C la nuit, et de 23°C le jour, cela garanti une floraison abondante et des fleurs fertiles (REY et COSTES, 1965).

### I-4-4- Pollinisation des fleurs

Lors de la fécondation, le pollen est libéré à la maturation des étamines et se dépose sur le stigmate de la fleur pour féconder l'ovule. Durant cette phase, la température nocturne

doit être supérieure à 13°C pour une bonne fertilité du pollen, et une humidité élevée pour éviter le dessèchement des stigmates.

### **I-4-5-Fécondation et nouaison**

Selon REY et COSTES (1965), le temps écoulé entre la pollinisation et la fécondation à température normale est de 2 à 3 jours. L'ovaire grossit et le fruit atteint sa maturité entre 9 à 53 jours après pollinisation.

Une bonne nouaison se produit à une température nocturne comprise entre 13°C et 15°C alors que les nuits chaudes (22°C) sont défavorables à la nouaison.

### **I-4-6- Maturation du fruit**

La maturation des fruits est caractérisée par le changement de la couleur vert au rouge. La lumière intense permet la synthèse active de la matière organique qui est transportée rapidement vers les fruits en croissance, pour cela il faut une température de 18°C la nuit et 27°C le jour (REY et COSTES, 1965).

## **I-5- Caractéristiques morphologiques de tomate**

### **I-5-1- L'appareil végétatif**

Le système racinaire de la tomate est puissant (CHAUX et FOURY, 1994), il 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 monopodial, formé par une succession d'entre nœuds séparés par des nœuds (JEBARI-BENNANI, 1986).

### **I-5-2-L'appareil reproducteur**

Les fleurs de la tomate 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).

## **I-6- Exigences édapho-climatiques de la tomate**

La tomate a des exigences particulières: sensible au froid, craint le gel, les vents chauds et très exigeants en températures (POLESE, 2007).

## **I-6-1-Exigences climatiques**

### **I-6-1-1-Température**

La tomate demande un climat relativement frais et sec pour fournir une récolte abondante et de qualité. Les températures optimales pour la plupart des variétés se situent entre 21 et 24°C. Les plantes peuvent surmonter un certain intervalle de températures, mais en dessous de 10°C et au dessus de 38°C les tissus végétaux sont endommagés. L'équilibre et l'écart entre température diurne et nocturne, semblent nécessaire pour obtenir une bonne croissance et une bonne nouaison des fleurs (SHANKARA, 2005).

### **I-5-1- 2-Lumière**

La tomate n'est pas sensible au photopériodisme, mais exigeante en énergie lumineuse. La longueur de l'obscurité est essentielle pour le contrôle de la croissance et le développement de la plante. Un faible rayonnement lumineux réduit le nombre de fleurs par bouquet et affecte la fécondation (CIRAD et GRET, 2002). En outre, l'intensité de la lumière affecte la couleur des feuilles, la mise à fruits et la couleur des fruits.

### **I-5-1-3- Humidité**

La plante est très sensible à l'hygrométrie, elle ne tolère pas les sols engorgés. Une hygrométrie relativement ambiante de 60% à 65% soit la meilleure pour la fécondation. En effet, lorsque l'humidité est trop élevée, le pollen est difficilement libéré. Par ailleurs, le développement des maladies cryptogamiques est fortement lié aux fortes humidités accompagnées de la chaleur (LAUMONNIER, 1979).

**Tableau 1 : Exigences climatique de la tomate en fonction du stade de développement (LAUMONNIER, 1979).**

paramètre Stades	Température de l'air (C°)		Humidité de L'air (%)	Lumière (lux)
	Jour	Nuit		
<b>Germination</b>	26	20	75	-
<b>Croissance</b>	20-26	15-17	75	12 000
<b>Floraison</b>	20-25	13-17	65-70	Maximale
<b>Développement du fruit</b>	21-23	14-16	60-70	50 000(16h)

## **I-6-2-Exigences édaphiques**

### **I-6-2-1-Nature du sol**

La tomate n'est pas exigeante en sol. Elle se cultive dans presque tout type de sols, depuis les terrains d'alluvions jusqu'aux terres argileuses les plus lourdes. La teneur d'argile pouvant varier de 10 à 40%. Tout en évitant les sols trop battants, mal structurés en profondeurs et asphyxiants. Les sols légers perméables, meubles, profonds et riches en humus conviendraient le plus pour une culture de tomate (CHAUX, 1994 et LAUMONNIER, 1979).

### **I-6-2-2-pH du sol**

La tomate est une espèce très tolérante au pH. Elle peut supporter un pH variant de 4,5 à 8,2. Le meilleur équilibre nutritionnel est assuré à pH variant de 6,0 à 7,0 (CHAUX et FOURY, 1994).

### **I-6-2-3-Température du sol**

La température du sol est le premier facteur qui a une action sur la vitesse de la germination et le pourcentage de la levée. Elle varie entre 16 °C à 20 °C (REY et COSTES, 1965).

Selon CHAUX et FOURY (1994), les températures au-dessous de 12°C provoquent un épaissement des racines et une faible végétation.

**Tableau 2 : Exigences de la tomate en température du sol selon le stade de développement (LAUMONNIER, 1979).**

Stade	Germination	Croissance	Floraison	Développement du fruit
Température du sol (°C)	25	15-20	15-20	18-20

#### **I-6-2-4-Aération du sol**

L'aération du sol est indispensable pour la croissance et la floraison des plants. Plus elle est bonne, plus la croissance de la plante est maximale et plus la formation des boutons floraux augmente (REY et COSTES, 1965).

### **I-6-3-Exigence nutritionnelle de la tomate**

#### **I-6-3-1- Exigence hydrique**

La tomate paraît être l'une des cultures les plus exigeantes en eau. L'évolution des besoins en eau de la tomate est fonction de l'environnement de la plante, mais aussi des stades de développement de celle-ci (BENTVELSEN, 1980). Les stades les plus critiques sont la floraison, fructification et le grossissement des fruits (CHIBANE, 2009).

Le stress hydrique à n'importe quel stade de croissance réduira le rendement et la qualité du fruit (EZZAHIRI et *al.*, 2004); Cependant son excès causera l'asphyxie racinaire.

Le tableau3, montre les symptômes d'un déficit et d'un excès en eau sur la végétation et la production chez la tomate.

**Tableau 3 : Effets de l'excès hydrique sur la végétation et la production de la tomate (LEFEBRE, 1974 ; in GHEBBI, 1998).**

<b>Différentes états du sol</b>	<b>Effet sur la végétation</b>	<b>Effet sur la production</b>
<b>Excès d'eau (asphyxie temporaire)</b>	Flétrissement par beau temps. Jaunissement des feuilles	Réduction du rendement
<b>Léger excès d'eau</b>	Jaunissement des jeunes feuilles	Réduction du rendement
<b>Manque d'eau temporaire</b>	La plante fane	Réduction du rendement Réduction du calibre
<b>Manque d'eau temporaire avec une forte demande climatique</b>	La plante fane	Nécrose apicale

### **I-6-3-2- Exigences en éléments fertilisants**

La tomate est classée parmi les espèces les plus exigeantes en éléments minéraux. Les quantités et les besoins en ces éléments varient d'une région à l'autre en fonction de la richesse du sol, du mode de culture et des conditions hydriques. Pour la production d'une tonne de tomate les quantités en élément exportés sont représentées dans le tableau 4.

**Tableau 4 : Exportation (en kg) des éléments fertilisants par tonne de fruit de tomate (RERON, 2006).**

	<b>N</b>	<b>P2O5</b>	<b>K2O</b>	<b>CaO</b>	<b>MgO</b>
<b>Exportation en éléments minéraux (Kg /t de fruits)</b>	4 à 5	1 à 1,5	5 à 8	3 à 5	0,8 à 1,2

**I-7-Importance de la tomate****I-7-1-Valeur nutritionnel des fruits de tomate**

Le fruit de tomate est riche en eau (93% à 95%), très pauvre en calories (19 K calories/100g), soit 63 K joules. Elle est riche en carotène et en lycopène, elle fournit des quantités appréciables de vitamines C, ainsi que la provitamine A et de nombreuses vitamines du groupe B. Ces minéraux sont abondants (notamment en potassium, magnésium et phosphore (tableau 5). MENARD (2009) ajoute, que ces principales qualités font de la tomate un élément très apprécié dans les régimes.

**Tableau 5 : Valeur nutritionnelle moyenne pour 100g de tomate (FAVIER et al. , 2003).**

<b>Composition de la tomate crue valeur nutritionnelle pour 100g</b>		
Eau	93,80 g	
Valeur calorique	19,00 Kcal	
Eléments énergétiques	Protides	0,80 g
	Glucides	3,50 g
	Lipides	0,30 g
Vitamines	Provitamine A	0,00 mg
	Vitamine B1	0,06 mg
	Vitamine B2	0,05 mg
	Vitamine B6	0,00 mg
	Vitamine C	18,00 mg
	Vitamine PP	0,60 mg
Minéraux	Fer	0,40 mg
	Calcium	9,00 mg
	Magnésium	11,00 mg
	Phosphore	24,00 mg
	Potassium	226,00 mg
	Sodium	5,00 g
	Soufre	11,00 mg
	Zinc	0,24 mg
	chllore	40,00 mg
Fibres	1,20 g	
Cellulose	0,60 g	

Les teneurs maximales en vitamine C (18 mg/100g de MF) se trouvent dans les tomates de plein champ et en pleine saison. Elles sont d'un apport appréciable, puisque le besoin quotidien en vitamine C chez l'adulte est de 80 mg (ANONYME<sub>1</sub>, 2010).

La tomate est également riche en lycopène, ce qui lui donne sa couleur rouge, cet antioxydant diminuerait le risque de maladies cardiaques et certaines formes de cancer, dont celui de la prostate (ANONYME, 2010).

### **I-7-2-Importance médicinale de la tomate**

Le rôle médicinal de la tomate est connu depuis bien longtemps chez les Incas en Amérique du sud, où ils utilisaient la feuille fraîche du plant de tomate comme antibiotique (ANONYME, 2010). La consommation de la tomate joue plusieurs rôles :

- Une antifatigue en accélérant la formation du sucre dans le sang ;
- diminue l'hypertension grâce à son haut taux en potassium ;
- Excellente pour la santé du foie, car elle contient des traces d'éléments antitoxiques appelées chlorite et sulfure ;
- Grâce à sa saveur acidulée la tomate stimule les sécrétions digestives ;
- La tomate contribuerait à la prévention des maladies cardiovasculaires, l'artériosclérose et la cécité ;
- La tomate joue un rôle de prévention du cancer grâce à sa teneur en pigments caroténoïdes antioxydants, notamment sa forte concentration en lycopène (3,5 mg/125g de tomate).

### **I-8-Production de la tomate**

#### **I-8-1-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 la tomate est de plus de 161 millions de tonnes, avec 1005003 tonnes en Chine (premier pays producteur mondial), suivie par l'Inde. Pour la production Africaine, elle est présentée par l'Egypte avec plus 8 625 219 tonnes (tableau 6).

**Tableau 6 : 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-8-2-En Afrique

Pour le continent africain, plus de la moitié de la tomate est produite en Égypte (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 apparaît comme la principale zone de production du continent (GRASSELLY, 2000).

### I-8-3-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 le 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 475392 tonnes en 2000 à 852387 Tonnes en 2012 (une augmentation de 38%) (MADR., 2014).

### I-8-3-1-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, Ain defla et Chlef.
- **La zone Ouest** : y compris les wilayas de Relizane, Mostaganem, Sidi-Bel-Abbès et Ain temouchent.
- **La zone Sud** : est représentée par la wilaya d'Adrar et Biskra (ITCMI, 2014).

### I-8-3-2-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 7.

**Tableau 7 : Les contraintes de la production de la tomate industrielle en Algérie**

Contraintes techniques	Contrainte 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.

# Chapitre II

# Chapitre II: Nutrition Azotée, Potassique et leur interaction chez la plante

---

## II-1- Nutrition Azotée de la plante

### II-1-1- Rôle de l'azote

L'azote est un élément majeur dont la plante a besoin pour accomplir son cycle. Aussi, il joue un rôle primordial dans le métabolisme des plants, à savoir la multiplication des cellules et celle des chloroplastes, ce qui explique la couleur vert foncé après l'apport d'azote. L'azote intervient dans la synthèse des glucides et la constitution des réserves azotées (SIMON *et al.*, 1989). Il est donc le constituant principal des protéines, composant essentiel de la matière vivante. Il s'agit donc d'un facteur de croissance, de rendement, mais aussi de qualité (SOLNER, 1994). Sous sa forme nitrate, c'est un élément très soluble, peu retenu par le sol. Apporté en trop grande quantité, l'excédent est lessivé (dissous, puis emporté par l'eau circulant dans le sol) et donc perdu pour la plante. L'azote doit donc être apporté, autant que possible, selon les besoins de la plante, afin d'éviter le lessivage vers la nappe phréatique.

Par contre, un excès d'azote peut entraîner un retard de maturité et une plus grande sensibilité aux maladies cryptogamiques (SOLNER, 1994).

### II-1-2- Disponibilité et forme de l'azote dans le sol

Dans le sol, l'azote provient de trois sources principales (atmosphère, matière organiques et engrais). Il peut exister sous trois formes principales, représentant trois stades de décomposition biologique de la matière organique :

- **L'azote organique** : c'est la réserve d'azote du sol. Il n'est pas directement utilisable pour la plante. La plus grande partie se trouve sous forme d'humus stable dosant 5% d'azote.
- **L'azote ammoniacal** : C'est une forme transitoire, qui est retenue par le complexe absorbant, résultant de l'ammonisation. Les ions  $\text{NH}_4^+$  sont, soit retenus par les charges négatives du complexe argilo-humique, soit entre les feuillets des argiles gonflantes (fixées). Cette forme ne dure pas pour longtemps dans le sol, car les ions  $\text{NH}_4^+$  se transforment rapidement en ions nitrate  $\text{NO}_3^-$  par les bactéries nitrificatrices.
- **L'azote nitrique** : c'est la principale forme absorbée par les racines. Bien que celle-ci puissent absorber les ions  $\text{NH}_4^+$ . Cependant les anions  $\text{NO}_3^-$  ne sont pas retenus par le

## Chapitre II: Nutrition Azotée, Potassique et leur interaction chez la plante

---

complexe argilo-humique, c'est la raison pour laquelle, ils sont sujets au lessivage et à la retransformation en azote organique par les bactéries réorganisatrices (SOLTNER, 2003).

### II-1-3-Importance de l'azote chez la tomate

Selon RYNAL (1999), l'azote a un effet important sur la croissance et la qualité de la tomate. Il rentre dans l'élaboration de la matière fraîche (50% de l'azote disponible est prélevé pendant la période de la nouaison à la récolte, phase correspondant à une importante production de la matière fraîche).

Un déficit en azote se solde par une moindre production de la biomasse et une chute plus ou moins importante du rendement.

L'excès en azote induit en général trop de vigueur aux plants. En conditions climatiques difficiles, les plantes présente une sensibilité accrue aux attaques parasitaires telles que le botrytis la morelle noire et les bactérioses. Aussi, un déséquilibre est observé entre la partie végétative et la charge en fruits, ce qui peut se traduire par des baisses de rendements et des défauts qualitatifs sur les fruits (défauts de coloration, nécrose apicale...).

Selon REY et COSTES (1965), un apport d'azote augmente la surface foliaire, le poids frais des feuilles et le rendement en tomates. Il ajoute qu'un excès fait diminuer le poids des racines et provoque la pourriture des extrémités des fleurs. Par contre réduit la croissance des tiges et des racines et fait diminuer la floraison et par là le rendement en fruit.

### II-2-Nutrition potassique

Le potassium est un élément majeur essentiel à la croissance et au développement des plants, sa teneur dans les tissus végétaux est élevée et représente 2 à 8 % de la matière sèche (HELLER, 1969). Selon MOREL (1996), les organes végétatifs de la plante présentent des taux en potassium plus élevés que ceux qui assurent sa pérennité.

Contrairement à d'autres éléments tels que l'azote, le phosphore et le soufre, le potassium n'apparaît pas dans la structure des composés organiques de la plante.

#### II-2-1-Rôles du potassium

## Chapitre II: Nutrition Azotée, Potassique et leur interaction chez la plante

---

Le potassium est l'élément le plus abondant dans la plante, ses fonctions sont diverses :

- Il intervient de façon primordiale dans l'équilibre acido-basique de cellules ;
- Active de nombreux enzymes ;
- Régularise les échange intercellulaires ;
- Favorise la croissance cellulaire ;
- Accroît la photosynthèse;
- Favorise la formation des glucides ;
- Prépare l'élaboration des lipides ;
- Intervient dans la synthèse des protéines ;
- Economise l'eau ;
- Augmente la résistance au froid, à la verse et aux maladies ;
- Le potassium permet aux autres éléments fertilisants de faire le plein effet.

### II-2-2-Disponibilité et forme du potassium dans le sol

D'après SOLNER (2003) et MOREL (1996), le potassium se trouve dans le sol sous quatre formes:

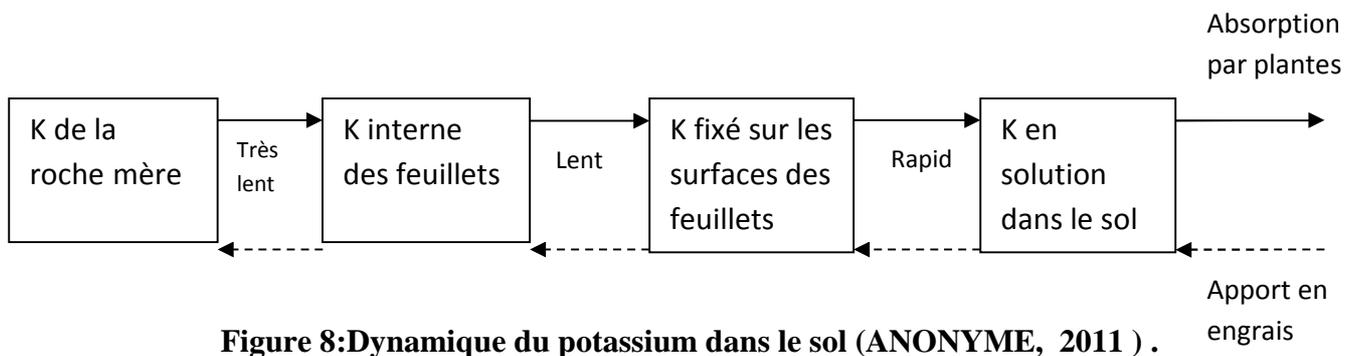
- **Dans la solution du sol :** Cette forme est la principale source de l'approvisionnement des plantes, mais elle ne représente que quelque Kg/ha.
- **Potassium échangeable:** Le potassium échangeable représente généralement 1 à 10% du potassium total du sol. Il est adsorbé à la surface des particules d'argiles et d'humus sous forme de cation  $K^+$ , qui seront libérés au fur et à mesure de l'appauvrissement de la solution du sol, pour rétablir l'équilibre entre cette dernière et le complexe absorbant.
- **Potassium rétrogradé (fixé) ou non échangeable :** c'est le potassium interne ; les ions  $K^+$  peuvent pénétrer à l'intérieur des feuillets d'argile. Il se trouve à l'intérieur des réseaux cristallins des argiles, et n'intervient que difficilement dans l'alimentation de la plante.

## Chapitre II: Nutrition Azotée, Potassique et leur interaction chez la plante

- **Potassium de la roche mère :** Cette forme représente 90 à 98% du potassium total. Elle n'est utilisable qu'à long terme, c'est une réserve libérée progressivement après altération des minéraux sous l'effet de l'activité biologique.

### II-2-3-Dynamique du potassium dans le sol

Dans le sol, la dynamique du potassium est régie par l'ensemble des processus qui commandent son passage d'un compartiment à un autre (dissolution, fixation, libération), et son transfert d'un horizon à un autre par l'absorption racinaire. Le bilan de l'ensemble de ces processus détermine le statut du potassium dans un sol (MHIRI, 2002). La figure 9, illustre cette dynamique :



**Figure 8: Dynamique du potassium dans le sol (ANONYME, 2011) .**

## Chapitre II: Nutrition Azotée, Potassique et leur interaction chez la plante

### II-2-4- Les transferts du potassium dans le sol

Les transferts du potassium dans le sol sont illustrés par la figure 10, ou il apparaît que la phase liquide est le milieu de transit des éléments.

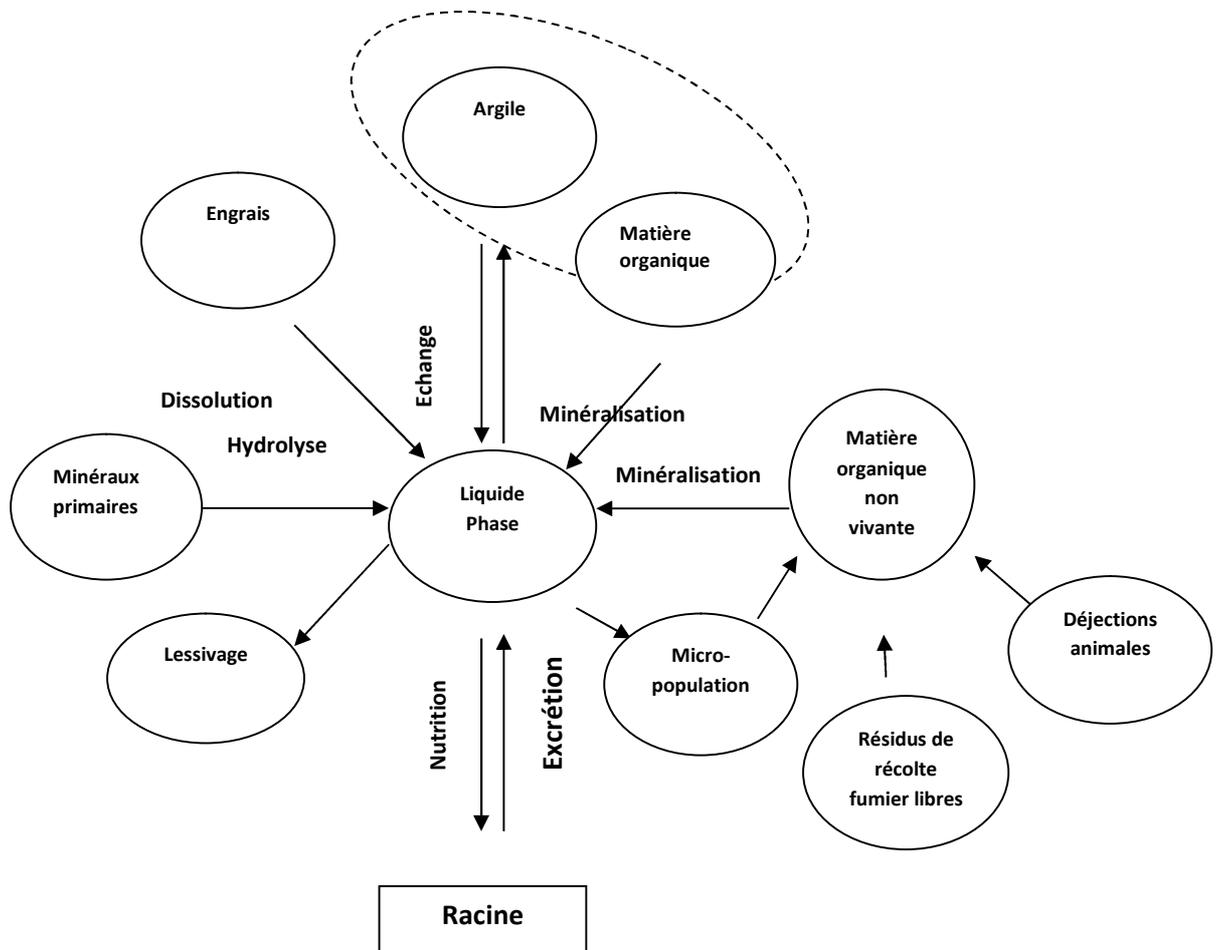


Figure 9: Différentes pertes en potassium dans le sol (MOREL, 1996).

### II-2-5-Pertes en potassium

- **Les pertes par lessivage :** Les pertes par lessivage du potassium sont généralement assez faibles bien que variables selon le type de sol puisqu'on estime que les pertes en générale sont de 0 à 70 kg/ha/an (CHAUX et FOURY, 1994).

## Chapitre II: Nutrition Azotée, Potassique et leur interaction chez la plante

---

- **Les pertes par érosion :** Les pertes par érosion concernent surtout les sols en pente (MOREL, 1996).

### II-2-6-Importance du potassium

#### II-2-6-1-Sur la culture de la tomate

Le potassium augmente l'acidité, la teneur en sucres et la couleur du jus de tomate, ce qui en améliore leur saveur. Il augmente le nombre de fruits par plant et leur précocité.

Une carence en potassium, donne des plantes ligneuses avec une croissance ralentie. Les feuilles prennent une couleur vert bleuté, qui pâlit sur le pourtour du limbe et entre les nervures. Les feuilles finissent par s'enrouler, symptôme qui progresse des feuilles inférieures vers les feuilles supérieures. Quelques feuilles développent des taches jaunes et oranges. Les fruits ne mûrissent pas uniformément, leur teneur en acides et en sucres diminue (REY et COSTES, 1965).

L'excès du potassium absorbé par la plante est qualifié de consommation de luxe. Il n'a pas d'effets néfastes sur la culture (MOREL, 1996).

#### II-2-6-2-Sur le lycopène

Une déficience en potassium peut réduire la concentration en lycopène, mais aussi, une application de potassium supérieure à 800 kg/ha perturbe l'uniformité de la couleur du fruit (GROLIER, 2000 in SHE et *al.*, 2002).

Selon TABER et *al.*, (2008), il n'y a aucun effet de la date de la récolte sur la concentration en lycopène du fruit, par contre il y a une interaction significative du taux de potassium et du type de variété sur son accumulation.

C'est un résultat intéressant qui indique 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-3-Interaction entre les éléments fertilisants

#### II-3-1-Interaction Azote- phosphore

L'Azote sous sa forme ammoniacale favorise l'absorption du phosphore (HELLER, 1981). L'alimentation ammoniacale permet une absorption accrue de l'acide phosphorique (REY et COSTES, 1965)

## Chapitre II: Nutrition Azotée, Potassique et leur interaction chez la plante

---

### II-3-2-Interaction Azote – potassium

Selon REY et COSTES (1965), l'azote doit être toujours équilibré avec le potassium puisque ce dernier gouverne son action. De même, GAUCHER (1968 in KHAZEM et KHELLOL, 2001), définit l'action du potassium sur l'azote dans l'augmentation de son assimilation par la plante et son métabolisme dans la formation des protéines. Aussi HELLER (1981), signale que l'azote sous la forme nitrique  $\text{NO}_3^-$ , favorise l'assimilabilité du potassium.

### II-3-3-Interaction Potassium-phosphore

D'après GERVY (1970), les éléments phosphores et potassium sont synergiques l'un pour l'autre.

Des travaux sur les graminées fourragères, montrent que l'apport du mélange chlorure de potassium et du phosphore donne un coefficient d'efficacité supérieur aux apports séparés.

### II-4-Condition d'absorption des éléments fertilisants

Selon HELLER (1981), pour une richesse donnée du sol, l'alimentation minérale des plantes demeure sensible à de nombreux facteurs. Elle dépend étroitement des conditions du milieu suivantes :

- **Humidité** : Selon leur vitesse de mobilité dans le sol, les éléments minéraux N, P et K ont besoin d'une certaine humidité pour diffuser vers la rhizosphère et être absorbés par les racines des plantes.
- **Température** : La température racinaire du milieu joue un rôle important sur la vitesse de l'absorption des éléments minéraux.
- **Oxygène** : une bonne aération est nécessaire pour une bonne nutrition minérale par les racines des plantes.
- **Lumière** : L'augmentation de l'éclairement en durée et en intensité provoque l'activation de la photosynthèse ce qui induit une forte demande et donc une absorption importante des éléments nutritifs.

## Chapitre II: Nutrition Azotée, Potassique et leur interaction chez la plante

---

- **Nature du sol :** Les sols argileux fixent les éléments minéraux  $K^+$  et  $NH_4^+$  les rendant parfois, non disponibles pour les plantes.
- **pH :** le pH de la solution du sol influence la solubilité des éléments minéraux et leur absorption par les racines.

### II-5-Facteurs d'absorption des éléments minéraux par la plante

L'alimentation minérale des plantes dépend des facteurs à caractères physiques et biologiques :

- l'ampleur et la rapidité de désorption des ions fixés sur les sites d'échanges.
- La rapidité du transfert des ions vers les surfaces racinaires.
- La concentration des ions à la surface des racines, et l'importance du développement racinaire.
- Du matériel végétal considéré, tels que le taux de croissance, densité et distribution du système racinaire (MOREL, 1999).
- Les interactions entre les éléments ; la présence de  $Mg^{2+}$  dans le sol favorise l'assimilation de  $NO_3^-$  mais bloque celle de  $K^+$  (HELLER, 1981).

# Chapitre III

## Introduction

La tomate est une source majeure en caroténoïdes, ce sont les principaux composés antioxydants importants pour l'homme. Le plus abondant est le lycopène (VANIER, 2009). Ce dernier est un pigment naturel, Synthétisé par beaucoup de plantes et de microorganismes. Toutefois, il n'est pas synthétisé par les animaux ni par les humains (RAO, 2006).

### III-1-Historique du lycopène

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 du lycopène à partir de la tomate, et c'est en 1913 que DUGGAR lui donna son nom observant que cette molécule avait un spectre d'absorption différent du carotène des carottes (NGUYEN et *al.*, 1999).

En raison de sa structure chimique (Figure 11), le lycopène est l'anti-radical libre le plus efficace, particulièrement contre les espèces radicalaires oxygénées (STAHL, 2000).

### III-2- Définition du lycopène

Le lycopène est un tétra terpène (Hydrocarbure) de la famille des caroténoïdes, plus précisément des carotènes (bêta carotène). C'est un pigment liposoluble rouge que l'on trouve surtout dans la tomate et dans la pastèque, mais également dans d'autres fruits rouges (ELODIE, 2009).

### III-3-Structure de lycopène

C'est une molécule de formule  $C_{40}H_{56}$ , non saturé à chaîne ouverte qui exerce son action en cédant ses électrons afin de neutraliser les radicaux libres avant même qu'ils n'atteignent leurs cibles (figure 11). 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. C'est un pigment appartenant à la classe des terpènes caroténoïdiens, caractérisé par une structure acyclique symétrique contenant onze doubles liaisons conjuguées et deux non conjuguées qui confèrent à la molécule sa couleur rouge (STAHL et *al.*, 2000).

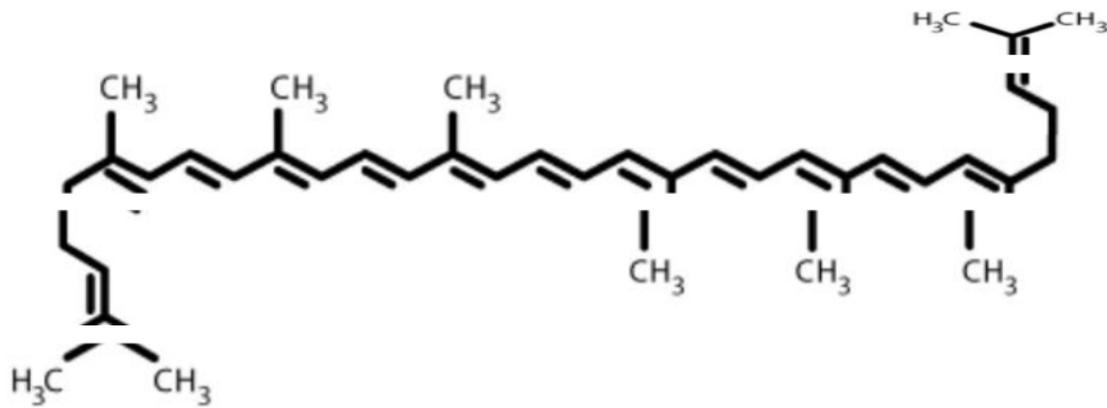


Figure 10: La structure moléculaire du lycopène (STAHL et *al.* , 2000)

### III-4-Localisation du lycopène

#### III-4-1-Dans la tomate

Le lycopène se trouve principalement dans la peau et le péricarpe du fruit. La cyclisation de ses extrémités par une enzyme spécifique, la Chromoplast-specific lycopène beta-cyclase, aboutit à la formation du bêta-carotène (Tomato Gene Index).

Dans la tomate, le lycopène se trouve sous sa forme *all-trans*, qui est sa configuration la plus thermostable dans la nature (AGARWAL et *al.*, 2000), (STAHL et *al.*, 1992).

#### III-4-2-Dans le corps humain

Le lycopène est présent dans le corps humain à 50% sous sa forme *cis* (STAHL et SIES, 1992). Les organes humains stockent le lycopène dans différents organes, il se trouve en plus grande quantité dans le foie, les testicules, les glandes surrénales et les tissus adipeux. Par contre, il est peu concentré dans le rein, l'ovaire, les poumons et les prostates (KUN et WATSON, 2006).

### III-5-Propriété du lycopène

Le lycopène est un antioxydant particulièrement efficace, capable de contrer l'action des radicaux libres. Il 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 antioxydantes 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 dégénératives et cardiovasculaires (AGARWAL et RAO, 1998).

### **III-6-Sources alimentaires du lycopène**

Aux États-Unis, plus de 80% de l'apport en lycopène alimentaire provient de produits à base de tomates (CLINTON, 1998). Le (tableau 8) résume la teneur en lycopène de la tomate et ses produits dérivés.

### **III-7-Différentes action du lycopène**

#### **III-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 du 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.

**Tableau 8 : Teneur en lycopène de la tomate et ses produits dérivés. (VANIER, 2009).**

Aliments	Portion	Teneur en lycopène (mg)
Pâte de tomate en conserve	1/2 tasse (125ml/139g)	39,8
Purée de tomate en conserve	1/2 tasse (125ml/132g)	28,5
Purée de tomate en conserve	1/2 tasse (125ml/129g)	19,6
Soupe aux tomates en conserve, Condensée	1/2 tasse (125ml/133g)	14.5
Tomates séchées au soleil	1/2 tasse (125ml/29g)	11.6
Jus de tomate	1/2 tasse (125ml/128g)	11,6
Tomate en conserve	1/2 tasse (125ml/127g)	3,4
Tomate crue	1 (123g)	3,2
Ketchup	1 c à table (15ml/15g)	2,6

### III-7-2-Action anti-cancérigène du lycopène

Selon GIOVANUCCI (1995), le lycopène réduit de 21 à 34% le risque de cancer de la prostate et du pancréas chez l'homme qui consomme au moins 10 fois par semaine des plats contenant de la tomate. Il indique que le lycopène est utilisé dans le traitement du cancer de la prostate.

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

Des études ont montré que les caroténoïdes augmentent la défense immunitaire de l'organisme. Ils empêchent la mutagenèse et réduisent les dommages causés 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).

**III-7-4-Action du lycopène dans les autres tissus**

Des études menées aux États-Unis sur des patients atteints de certaines pathologies dégénératives 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, a montré 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).

# Chapitre IV

## **IV-1 Place de la tomate dans la rotation et assolement**

Selon LAUMONNIER (1979), pour éviter toute multiplication et l'extension des maladies, la tomate ne doit pas revenir sur elle-même qu'après 3 à 4 ans. Cependant, elle peut venir en tête d'assolement, dans les sols recevant du fumier, mais dans les sols pauvres en humus, il est préférable de la cultiver après une luzerne (ANONYME, 2005).

Selon CHAUX et FOURY (1994), le blé et les graminées fourragères sont d'excellents précédents culturaux pour la tomate.

## **IV-2-Production de plants**

Les plants de tomate cultivés en plein champ sont généralement issus du semis direct, ou d'un semis en pépinière. Pour cela, on distingue :

### **IV-2-1- Le semis direct**

Le semis direct exige la mécanisation intégrale de la culture. Il est réalisé par un semoir de précision, qui permet la distribution de 0.5Kg/ha de graines nues ou 0.3 à 0.4Kg/ha de graines enrobées. La distribution se fait en poquet de 3 à 4 graines distant de 15 à 40 cm. Soit une densité de semis de 80.000 à 100.000 plants/ha, au delà il ya risque de chute des rendements (CHAUX et FOURY, 1994).Toutefois, dans le semis direct, le désherbage chimique est difficile à maitriser, aussi il nécessite l'éclaircissage augmentant ainsi le coût de la production. Ajoutant à cela, les fortes exigences thermiques de la levée. Ce sont là les contraintes souvent rencontrées sur terrain qui imposent le semis en pépinière pour une meilleure réussite et plus rentable.

### **IV-2-2-Semis en pépinière**

#### **IV-2-2-1-Choix des graines**

Selon LAUMONNIER(1979) ; CHAUX et FOURY(1994), pour une production de plants de qualité, il faut commencer par le choix de bonnes semences soigneusement sélectionnées et désinfectées.

### **IV-2-2-2-Préparation de la pépinière**

Le lit de semis présente les dimensions habituelles de 60 et 120 cm de large, 100cm sur la longueur et avoir une hauteur de 20 à 25 cm. il faudra semer entre 150 et 200 g de graines sur 250 m<sup>2</sup> de lit de semis pour emblaver 1ha de terre.

Sur la longueur du lit de semis, dessinez des lignes espacées de 10 à 15 cm. Semez les graines à petits intervalles le long de ces lignes. Recouvrez les graines de sable fin et de paille. Arrosez les lits de semis deux fois par jour afin d'assurer une germination convenable. Après la germination, il faudra enlever la paille.

### **IV-2-3- Plantation**

La transplantation des plantules sur le terrain a lieu entre 3 et 6 semaines après levée des graines. Une semaine avant le repiquage, il faudra sevrer les plantules en réduisant l'arrosage, mais 12 à 14 heures avant de les enlever du lit de semis il faudra les arroser copieusement pour éviter les dommages excessifs aux racines lorsqu'on les déterre. Les plantules de 15 à 25 cm de haut qui ont entre 3 et 5 feuilles réelles sont les plus appropriées pour le repiquage. Ce travail doit être effectué dans l'après-midi ou pendant un jour nuageux afin de réduire le choc de transplantation.

## **IV-3- Préparations du sol et plantation**

### **IV-3-1- Préparation du sol**

Dans les régions où l'eau est un facteur limitant, le labour est important puisqu'il améliore la conservation de l'eau. Un labourage effectué après la récolte de la culture précédente améliore la structure du sol ainsi que sa capacité de rétention en eau. Cela permet également de réduire les risques de contamination par des ravageurs et des maladies liés au sol car l'exposition de la terre au soleil ardent peut éliminer ces derniers.

Il faut effectuer un labourage en profondeur pour casser la couche dure du sous-sol qui est imperméable (la semelle de labour), pour éliminer les mauvaises herbes et pour ameublir le sol. Cette pratique bénéficie également à la croissance des racines. Il est souvent nécessaire de herser à deux reprises pour bien niveler le terrain, casser les mottes et éliminer les résidus de culture de la campagne précédente.

### IV-3-2- Plantation

La mise en pleine terre des plants est réalisée selon les conditions du milieu, il convient donc de bien connaître le climat de la région et la nature du sol (LAUMONNIER, 1997).

#### IV-3-2-1- Période de plantation

La transplantation a lieu au début de printemps, en période sèche de façon à éviter les maladies cryptogamiques. Ceci impose l'irrigation pendant la Végétation de la tomate.

La meilleure saison de plantation est la période de mois de Mars à Mai.

#### IV-3-2-2- Densité de plantation

La densité de plantation est variable selon les régions de culture et des variétés utilisées. On adopte généralement des distances variant de 30 à 50 cm entre chaque pied sur le billon. Les compacités moyennes varient de :

- 20.000 pieds/ha pour un écartement de 1 m entre les billons et 50 cm sur les billons.
- 37.500 pieds/ha pour un écartement de 80 cm entre les billons et 33 cm sur les billons.

#### IV-3-2-3- Technique de plantation

Il existe deux types de plantation : manuelle et mécanique.

- ❖ **La plantation manuelle** : s'effectue à l'aide d'un plantoir, le plant est mis en terre de 6 à 10cm de profondeur.
- ❖ **La plantation mécanique** : est réalisée à l'aide d'une repiqueuse qui assure une bonne homogénéité traduisant de ce fait un faible taux de manquants.

### IV-4- Conduite de la culture

Selon LAKROUF (1993), après plantation, l'entretien de la culture se fait par remplacement des manquants, des irrigations régulières, des binages, buttages et désherbages au cours du cycle de la plante.

### **IV-4-1-Remplacement des manquants**

Cette opération s'effectue 8 à 12 jours après la plantation, afin de maintenir la densité homogène.

### **IV-4-2-Irrigation**

L'irrigation peut se faire par le système goutte à goutte, en aspersion ou à la raie. Cependant, la plus pratiquée en plein champ est l'irrigation à la raie malgré ses inconvénients.

La tomate est assez sensible à l'excès et au déficit hydrique, ce dernier peut anéantir la production, de même un excès peut provoquer une asphyxie racinaire. Les irrigations doivent être pratiquées en début de la végétation, puis les apports augmentent à la floraison, nouaison, et au grossissement du fruit. Sachant cependant qu'un stress hydrique au stade floraison provoque une coulure des fleurs et une mauvaise nouaison (CHIBANE, 1999).

### **IV-4-3-Binage**

Il est préférable de l'effectuer, le premier mois, après plantation, correspondant à la croissance lente des plants. Ceci permet de lutter contre les mauvaises herbes et d'assurer une bonne aération du sol.

### **IV-4-4-Tuteurage**

Etant donné le type buissonnant de la tige, les variétés de tomates industrielles ne sont pas palissées, mais étalées sur une plate bande de terre pouvant aller jusqu'à 1m.

### **IV-4-5-Buttage**

Cette opération consiste à ramener de la terre autour du collet. On effectue en général un ou plusieurs passages, avant le début de la croissance rapide des plants, pour favoriser l'émission des racines et éviter leur asphyxie.

## **IV-5-Protection phytosanitaire**

### **IV-5-1-Adventices, maladies et ravageurs de la tomate de plein champ**

#### **IV-5-1-1-Adventices**

Au stade jeune, les adventices, concurrencent les plants de tomate durant la floraison et grossissement des fruits, diminuant fortement les rendements. Développées, elles favorisent

les maladies, gênent la récolte et grainent au préjudice des cultures suivantes. On peut citer les plus redoutables souvent rencontrées :

- ❖ **La cuscute (*cuscuta compstis*)** : est une plante parasite dépourvue de chlorophylle. La graine germe au sol, s'enroule autour de la tige à laquelle elle se fixe par des suçoirs. Ceux-ci sucent la sève de la plante hôte, qui dépérit par la suite.
- ❖ **L'orobanche (*phelipea ramosa*)** : est une plante parasite dépourvue de chlorophylle. Qui vit au dépend des racines de la plante hôte. Elle envoie dans la plante parasitée un suçoir et se transforme en une masse, qui lorsqu'elle a atteint une taille suffisante (2 à 3 cm de diamètre) émet une tige florifères de couleur blanches ou violet.
- ❖ **Le chiendent (*cynodon dactylon*)** : de la famille des Peaceaes. c'est une plante pérenne présentant un rhizome coriace, et de longs stolons (15 à 25cm) dorés et violacés, pouvant s'enraciner au niveau des nœuds en formant parfois un tapis dense. Les feuilles ayant des limbes dont la taille varie de 30 à 40cm de long et d'environ 10 mm de large ( DESVALS et DALY, 1998).
- ❖ **La morelle noir (*solanum nigrum*)** : Elle appartient à famille des Solonaceaes, c'est une plante pérenne, courte au port dressé (30 à 100 cm de haut), aux tiges à rainures sur lesquelles apparaissent des protubérances formant de nombreuses ramifications. Les feuille sont ovales, alternes, souples, de 2 à 14 cm de long et de 1 à 8 cm de large, avec des marges ondulées au bout d'un pétiole fin de 1 à 4 cm de long. Les fleurs comprennent 5 pétales blanches, sont teintées de violet avec un anneau central de 5 étamines jaunes clairs, groupées par six au bout d'un court pédoncule situé au niveau de la jonction des feuilles et de la tige. Les fruits ronds, vert, tournant au noir à maturité, contiennent de nombreuses petites graines aplaties et rondes (DESVALS et DALY, 1998).
- ❖ **Le pourpier ( *Portulaca oleracea*)** : est une plante annuelle, rameuse, s'étalant sur 10-30 cm. Ses tiges sont couchées ou dressées le plus souvent rougeâtres. Ses feuilles et tiges sont charnues. Les feuilles ovales solitaires groupées sont sessiles à la base.

Le fruit est une capsule (pyxide) ovoïde, s'ouvrant circulairement en travers contenant de nombreuses graines noires et luisantes.

Le pourpier est un bio-indicateur caractéristique des sols :

- manquant d'air, le plus souvent à cause du compactage
- carencés en calcium
- à faible pouvoir de fixation (eau et éléments fertilisants) donc très secs en été.

#### **IV-5-1-2-Lutte contre les adventices**

Etant donné les difficultés pour maîtriser le désherbage chimique, surtout en plein champ, il est nécessaire de prendre certaines mesures préventives, pour réduire les risques de dus à leurs envahissement. Pour cela, il y' a lieu :

- D'éviter les parcelles de cuscute, ainsi que les précédents favorables à la morelle (Tomate, Mais, Sorgho).
- De faire en sorte que les dernières façons culturales doivent viser à réduire le plus adventices possible.
- Le programme herbicide sera établi en fonction du stade végétatif. Les principaux herbicides utilisés sont : Metribuzine, Glyphosphate, Pendimentaline, Florochloridone (Tableau 9) (CHAUX ET FOURY, 1994).

**Tableau 9 : Principaux herbicides utilisés contre les adventices de la tomate de plein champ (CHAUX et FOURY, 1994).**

Adventices	Herbicide	Stade de l'intervention	Dose
Dicotylédones annuelles	Metribuzine Pendimethline Fluorochloridone	Préplantation	525g/ha de M.a. 1.320g/ha de M.a 500g/ha de M.a
	Metribuzine	Au cours de la culture	350g/ha de M.a
Graminées annuelles	Alloxydine-Sosium Sethoxydine Dichlorofoq-Methyl	Au cours de la culture	2.150g/ha de M.a. 384g/ha de M.a. 1.080 g/ha de M.a
Graminées vivaces	Fluazifop-Buthyl  Quizalofop-Ethyl	Au cours de culture	250g/ha de M.a pour le 1 <sup>er</sup> traitement puis 150 g/ha de M.a 200 g/ha de M.a., puis 150g/ha
Cuscute (parasite)	Chlorthal	Apparition des filaments orange	6.000g/ha de M.a.dans 1.000l d'eau, sur les zones attaquées

#### IV-5-2-Principales maladies de la tomate

La tomate est très sensible aux nombreux agents pathogènes, alors la protection phytosanitaire s'avère nécessaire (tableau 10).

**Tableau 10 : Principales maladies de la tomate et leurs traitements (BLANCARD, 1997).**

Maladies	Symptome et dégats	Moyens de lutte
<p>Altérioriose</p> <p><i>Alternaria solani</i> ou <i>Alternaria tomani</i></p>	<p>Tache brunes ou noire avec cercles concentriques sur fruits et feuilles</p>	<p>-Produit à base de cuivre</p> <p>-désinfecter les semences ; éliminer les déchets de récolte ; éviter les excès de l'humidité (irrigation localisée, ne pas mouiller le feuillage) et aérer.</p>
<p>Mildiou</p> <p><i>Phytophthora infestans</i></p>	<p>Plages huileuse sur la feuille, livide brunissement de quelques nervures</p>	<p>-Eviter excès d'azote et d'eau, bonne aération des tunnels.</p> <p>-Elimination des plante malade, effeuillage régulier, -traitements chimique préventif, alterner les produits pour éviter l'accoutumance.</p>
<p>Pied noir de la tige</p> <p><i>Diymilla lycopersica</i></p>	<p>Chancre noir bien délimité sur collet, parsemée d'une multitude de points noirs.</p>	<p>-Pulvérisation à la base de la tige.</p>
<p>Fusariose</p> <p><i>Fusarum oxysporum</i></p>	<p>Jaunissement et dessèchement du feuillage. Brunissement des vaisseaux</p>	<p>-désinfection des terreaux par la vapeur.</p>
<p>Verticilliose</p> <p><i>Verticillum dahliae</i></p>	<p>Jaunissement et dessèchement du feuillage</p>	<p>-Désinfection du sol ; utiliser des variétés résistantes</p> <p>-large alternance des cultures</p> <p>-Vapeur fumigants</p>

### IV-5-3-Principaux ravageurs de la tomate

Les noctuelles des fruits, les pucerons, les acariens et les nématodes sont les plus redoutables en culture de plein champ (CHAUX et FOURY, 1994) (Tableau 11).

**Tableau 11 : Ravageurs, parasites de la tomate et traitements (BLANCARD, 1991).**

Désignation des maladies	Traitement et mesures à adaptées	Produits et doses à utilisées
<b>Nématodes</b> : présence de plusieurs nodosités (galles).	Désignation du sol, utilisation de variétés résistantes.	-Dazomet : 500 à 600 Kg/hl – Dichloropropane (DD) : 1801h/l -Mocap : 100 g/ha.
<b>Pucerons</b> : enroulement et crispation des jeunes folioles, présence des pucerons sur les feuilles.	Pulvérisation	-Decis : 200 à 300 ml/ha -Methomyle : 120 g/hl, 700 g/ha -Karaté : 0,51/ha -Phosphore: 175ml/hl, 11/ha
<b>CMV</b> : virus de mosaïque du concombre. <b>TMV</b> : virus de mosaïque de Tabac.	Lutte soignée contre les pucerons, ne pas cultiver des tomates aux abords des cultures de concombre et du tabac.	Pas de traitement efficace, arracher et brûler les plants atteints

### IV-6- Récolte

Selon les variétés, la récolte de la tomate industrielle se fait à partir du mois de Juin jusqu'au mois de Septembre, C'est en fonction de leur destination que le programme de récolte est lancé. La récolte peut être mécanique ou manuelle, cette dernière est la plus répandue en Algérie, elle est échelonnée et demande beaucoup de mains d'œuvres.

- La récolte mécanique ce fait en un seul passage, à maturité groupée : lorsque 80 à 85 % des fruits sont murs.
- La récolte manuelle et échelonnée, s'effectue à maturité complète des fruits, sur trois ou quatre cueillettes. Les fruits incomplètement murs ne devraient pas être cueillis pour la transformation.

# Partie III

# Matériel et méthode

### I-1-But de l'essai

Notre essai porte sur l'effet de l'interaction azote et potassium sur les paramètres agronomique et technologiques chez une variété de tomate industrielle « Riogrande » cultivée en plein champ.

### I-2-Conditions expérimentales

#### I-2-1-Situation géographique

L'essai s'est déroulé à la station expérimentale de l'Institut Technique des Cultures Maraîchères et Industrielles (I.T.C.M.I) des l'Issers ville, 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. Elle d'une superficie totale de 26,70 ha dont 24,80 ha représentent la surface agricole utile (SAU), et les bâtiments occupent 1,90 ha, dont l'altitude est de 67m d'altitude. La parcelle d'essai est située au sud de la station, délimitée par des champs agricoles de tous les côtés (Figure 11).



Figure 11: Carte géographique et limites administratives de la région des Issers

#### I-2-2-Données climatique de la région

La région des Issers est située dans la zone semi-aride, dont le climat est généralement caractérisé par un hiver doux et humide et un été chaud et sec.

### I-2-2-1-Températures

Le tableau12, fait apparaitre que durant la campagne agricole 2014/2015, les températures maximales sont enregistrées durant les mois d’Aout et Juillet, qui sont respectivement de 28.82°C et 28.47°C. Quand aux températures minimales, elles sont enregistrées pour les mois de Janvier et de Février et qui sont respectivement 10.72°C et 11.27°C.

**Tableau 12: Températures Moyennes mensuelles pendant la campagne agricole 2015/2016**

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	O
Tmax (°C)	30.60	26.82	23.32	17.02	15.13	14.39	17.97	21.05	25.03	29.03	35.97	34.77
T min (°C)	19.47	19.89	17.12	11.23	6.32	8.16	8.74	12.33	15.29	18.47	20.97	22.87
Tmoy. (°C)	25.03	23.35	20.22	14.12	10.72	11.27	13.35	16.91	20.16	23.75	28.47	28.82

(Source : I.T.C.M.I, 2015)

### I-2-2-2-Pluviométrie

Durant la campagne agricole 2014/2015, il y’ a une irrégularité des précipitations ayant compromis la production de la tomate (tableau 13).

**Tableau13: Pluviométrie Mensuelle enregistrée pendant la campagne agricole 2014//2015**

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	O
P (mm)	14	20	43,2	267,8	121	163,6	128	3	19	0	1	1

(Source : I.T.C.M.I, 2015)

Le tableau14, montre que la pluviométrie totale de la campagne agricole 2014/2015 a enregistré une somme de précipitations de 781.6mm. A cet effet, le mois le plus pluvieux est le mois de décembre avec une quantité de 267.8mm. Durant le cycle de la culture (du mois d’Avril jusqu’au début du mois d’Aout), nous avons enregistré une somme de précipitation de 24 mm.

### I-3-Matériels utilisés

#### I-3-1-Matériel végétal

Au cours de notre essai, l'étude est menée en plein champ sur une variété de tomate industrielle « Riogrande ». Les principales caractéristiques de cette variété sont résumées dans le tableau 14.

**Tableau14: Caractéristiques de la variété Riogrande (I.T.C.M.I, 2015).**

➤ Caractéristiques	➤ Riogrande
• Origine	• France
• Nature génétique	• Fixée
• Type de croissance	• Déterminée
• Précocité	• Tardive (180 jours)
• Récolte	• Echelonnée
• Productivité	• 400 à 500 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 12: Fruits de la variété Riogrande (originelle, 2015)**

### **I-3-2-La fumure minérale**

#### **I-3-2-1-La fumure azotée**

Pendant la période d'essai, nous avons effectué un apport d'azote sous forme d'urée à 46% d'N. Ce dernier est fractionné en deux apports. Le premier apport est effectué le 28 mai 2015 (15 jours après la plantation) correspond au stade jeune plant et le deuxième est réalisé, le 15 juin 2015 (un mois après la plantation) correspond au stade début floraison pour créer un effet synergique avec le potassium. A cet effet, nous avons apporté quatre doses d'urée qui sont les suivantes:

N1 : La première dose, 119.56 Kg/ha pour chaque fraction, correspondant à 110 U de N

N2 : La deuxième dose, 239.13 Kg/ha pour chaque fraction, correspondant à 220 U de N

N3 : La troisième dose, 478.24 Kg/ha pour chaque fraction, correspondant à 440 U de N

N4 : La quatrième dose, 478.24 Kg/ha pour chaque fraction, correspondant à 440 U de N

#### **I-3-2-2-La fumure potassique**

Pendant la période d'essai, le potassium est apporté sous forme de sulfate de potassium ( $K_2O_4$ ) à 50% de  $K_2O$  au stade floraison (le 25 juin 2015). A cet effet, quatre doses de sulfate de potassium sont apportées :

K1 : La dose témoin, sans apport extérieur (0U de  $K_2O$ ) ;

K2 : La deuxième dose, 250 Kg/ha correspondant à 125 U  $K_2O$  ;

K3 : La troisième dose, 500 Kg/ha correspondant à 250 U  $K_2O$  ;

K4 : La quatrième dose, 1000 Kg/ha correspondant à 500 U  $K_2O$  ;

#### **I-3-2-3-La fumure phosphatée**

La fertilisation phosphatée n'a pas été réalisée à cause de la richesse du sol en cet élément.

### **I-4-Méthodes d'études**

#### **I-4-1-Nature du sol**

L'analyse du sol est réalisée par **Ghezraoui et Nedjar (2011)**, au niveau du laboratoire des sciences des sols à l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique (ENASA) d'El Harrach (Alger). Les résultats physico chimiques montrent que le sol ayant fait objet de notre

## Matériel et méthodes

essai est de texture argilo-limoneux, dont les caractéristiques sont résumées dans le tableau 15.

**Tableau 15: Résultats d'analyse physico-chimique du sol.**

Caractéristiques physico-chimiques	Résultats	Interprétation
Argiles (%)	57	Sol argilo-limoneux
Limon fin (%)	20	
Limon grossier(%)	8.02	
Sable grossier(%)	9,53	
Sable F (%)	3,89	
Matière organique(%)	1,32	0,5-1,5 sol moyennement pauvre
Azote (%)	0.0058	0.5-0.1sol très pauvre
Ca Co <sub>3</sub> actif	15.56	15-30 calcaires
P(Ppm)	53.85	30<P<56 sol riche
K <sub>+</sub> (meq)	1,32	0.5<k<1 sol riche
K <sub>+</sub> /Na <sub>+</sub>	0.0058	K <sub>+</sub> /Na <sub>+</sub> (100g) :0,17>0.026meq/100g sol en Equilibre
pH	15.56	pH >7,7 sol alcalin
CE (conductivité électrique)	0.64	0.5à1 très élevée
CEC (meq /100g)	26,1	CEC> 25 très élevée

Sur la base du tableau 15, on peut conclure que :

- le sol de la parcelle de l'essai est de type argilo-limoneux, avec un pH alcalin.
- un taux de calcaire total de 15,56 % entre 15 et 30% donc le sol est de type argilo-limono-calcaire.
- la réserve du sol en éléments majeurs : le sol est très pauvre en azote, riche en phosphore et en potassium.
- Une conductivité électrique (CE) très élevée.
- Une capacité d'échange cationique(CEC) très élevée.

### **I-4-2-Dispositif expérimental**

Le dispositif expérimental (figure15) auquel nous avons opté est en bloc aléatoire complet, à cinq blocs à un facteur qui est la fertilisation azotée et potassique.

La figure 16, montre une vue générale de la parcelle d'essai.

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

Le facteur étudié est l'interaction azotée potassique à différentes doses: N1xK1, N2xK2, N3xK3, N4xK4.

Les caractéristiques du dispositif sont:

Longueur de l'essai : 20m

Largeur de l'essai : 10m

Surface de l'essai : 200m<sup>2</sup>.

Nombre de blocs : 5

Distances entre les blocs : 0,8m.

Largeur de bloc : 10m.

Longueur de bloc : 4m.

Nombre de parcelles élémentaires : 20.

Nombre de plant par parcelle élémentaire : 20

Distance entre parcelles élémentaires : 0,8m.

Distance entres plants : 0,4m.

Nombre de plants par bloc : 80plants.

Densité de plantation : 25000 plants/ha.

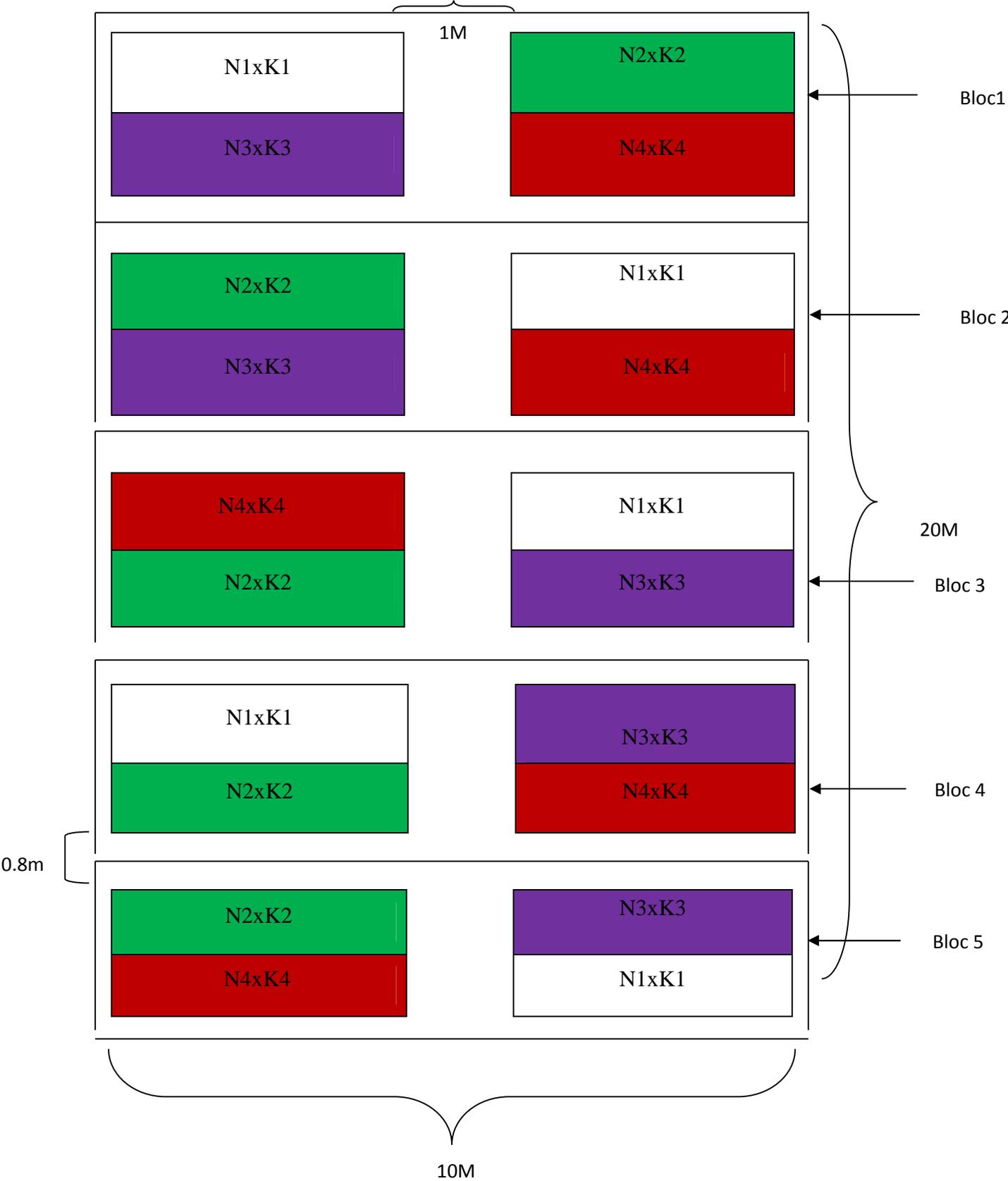


Figure 13: Schéma du dispositif expérimental



**Figure 14: Vue générale de la parcelle de l'essai**

### **I-5-Conduite et suivis de la culture**

#### **I-5-1-Production de plants**

##### **I-5-1-1-le semis**

Le semis est réalisé en pépinière le 07/04/2015, sur une planche de 10m de long et 1m de large. Sous tunnel plastique La pépinière est préparée au début du mois de Mars. Le substrat de culture est composé de 1/3 de terre fine et 2/3 de fumier de bovin de 7 à 10 cm d'épaisseur. Les lignes de semis sont espacées de 10 cm. La densité de semis est de 100 à 150 graines /ligne.



**Figure 15: Pépinière sous tunnel (A) ; jeunes plants en pépinière (B) (originelle, Avril 2015).**

### I-5-2-Entretien de la pépinière

❖ **Avant la levée des plants (figure16) :**

- Un arrosage est réalisé tous les deux jours
- Ouverture du tunnel plastique tous les jours pour assurer l'aération des plantes



**Figure 16: Arrosage et aération de la pépinière (originelle, Avril 2015).**

❖ **Après la levée :**

- Des éclaircissements et des désherbages manuels sont réalisés, dans le but d'éliminer les mauvaises herbes.
- La fréquence des arrosages est la même que celle avant la levée, jusqu'à la dernière semaine avant la plantation, ou on arrête complètement les arrosages, pour permettre aux plants une bonne acclimatation aux conditions de terrain.

### I-5-3-Plantation

Le précédent cultural étant un blé. La plantation est réalisée le 05 Mai 2015 avec des plants ayant atteint le stade 4 à 5 feuilles.

L'itinéraire technique de la tomate est résumé dans le tableau 16.

**Tableau 16. Conduite de la tomate en plein champ.**

Opérations	Moyens	Périodes	But
<b>1-Travaux du sol</b> -Déchaumage -Labour 20-30 cm -Discage croisé -Reprise de labour	Déchaumeuse Charrue à socs Charrue à disque	Mars 2015	-Aération du sol et augmentation de la capacité de rétention en eau du sol. -Détruire les mauvaises herbes. -Emiettement du sol. -Enfouissement de la fumure.
<b>2-La pépinière</b> -Préparation des couches -Semis -Arrosage -Eclaircissage -Désherbage	Manuel    Manuel  Manuel	07/04/2015	-Préparer le lit de semis.   -Obtention des plants sains et vigoureux.
<b>3-En plein champ</b> -Transplantation -remplacement des manquants -1er apport en azote -1er Binage et désherbage -Apport en potassium -2ème apport en azote  -Irrigation -2eme binage et désherbage  -Récolte	Manuel Manuel  Manuel  Manuel (localisé) Manuel  Goutte à goutte Manuel  Manuelle	14/05/2015 20/05/2015 28/05/2015 14/06/2015 25/06/2015 15/06/2015  20/07/2015  18/08/2015 03/0/2015 13/09/2015	-Ameublir et aérer le sol au pied des plants.   -Meilleure assimilation des éléments minéraux  -Créer une synergie entre les éléments (N, K).  Echelonnée

(Source : I.T.C.M.I ,2014).

#### I-5-4-Entretien de la culture

##### I-5-5-1-Principales mauvaises herbes rencontrées au cours du cycle de la tomate

Nous avons observé cinq espèces d'adventices dominantes lors de notre essai (figure 19).

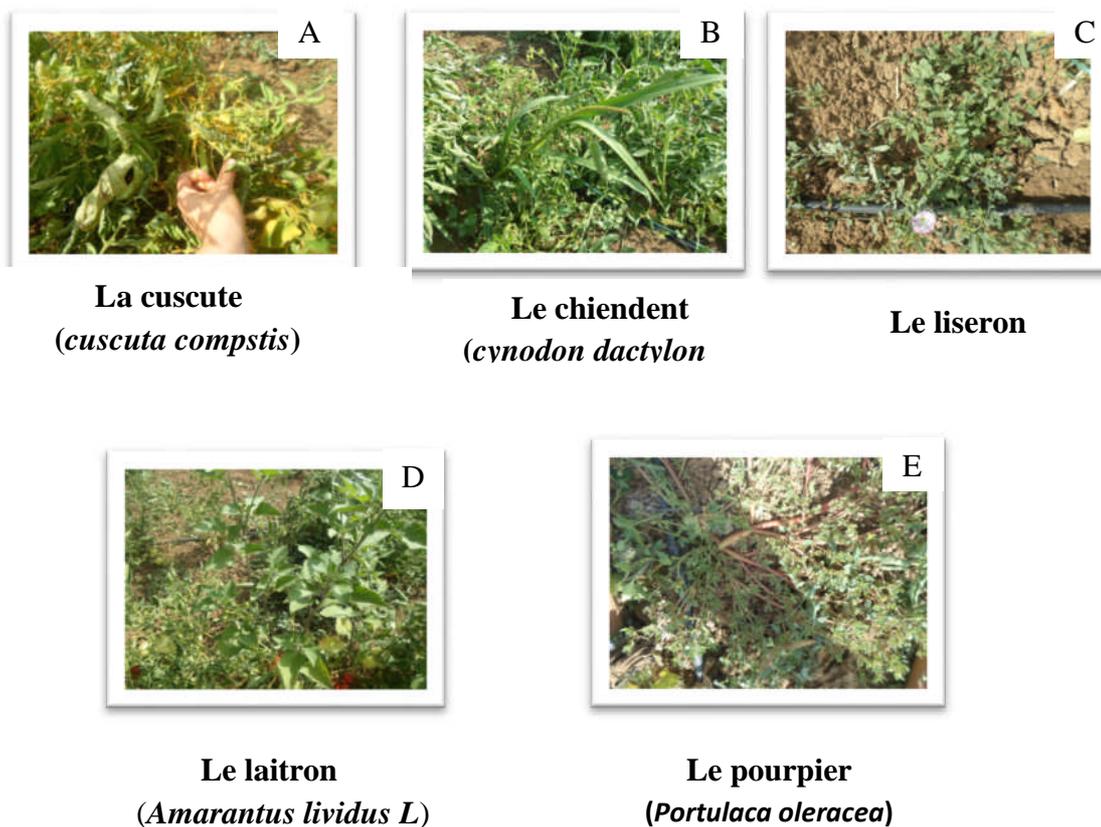


Figure 17: Espèces d'adventices dominantes dans la parcelle d'essai

##### I-5-4-2-Principales maladies rencontrées et traitements phytosanitaires

Au cours de notre essai, nous avons rencontré plusieurs maladies et pour lesquelles nous avons effectué divers traitements phytosanitaires qui sont indiqués dans le tableau 17.

**Tableau 17: Traitements phytosanitaires effectués au cours de notre essai (ITCMI, 2015).**

	Traitement	Dose	Nature du traitement
11/06/2015	vapconic	70ml/ha	Fongicide
21/06/2015	Oberan	60ml/ha	Insecticide et acaricide
23/07/2015	judauca	250ml/ha	Les noctuelles
28/07/2015	judauca	250ml/ha	Les noctuelles

**Quelques accidents physiologiques et maladies que nous avons rencontrés pendant notre période d'essai (figure19)**



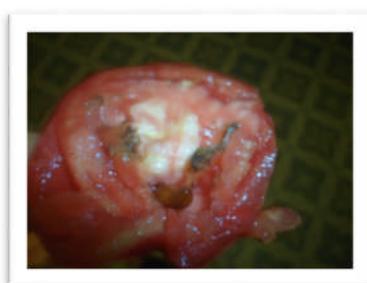
**Coup de soleil**



**Pourriture**



**Virose**



**Dégât de la mineuse  
*Tuta absoluta***



**Nécrose apicale**



**Maturation précoce au stade noisette dû au stress hydrique**

**Figure 18: Principales maladies et accidents physiologiques rencontrés au cours de l'essai, 2015.**

### I-6- Paramètres étudiés

Au cours de notre essai, quatre plants sont pris au hasard, puis sont étiquetés dans chaque parcelle élémentaire, sur lesquels des mesures biométriques des paramètres quantitatifs et qualitatifs sont effectués.

#### I-6-1-Paramètre quantitatifs

Les mesures biométriques sont réalisées depuis la plantation jusqu'à la récolte.

##### I-6-1-1-Paramètre de croissance

- Le nombre de tiges par plant est déterminé par comptage
- Le diamètre de la tige principale est mesuré à l'aide d'un pied à coulisse au niveau du collet, il est exprimé en cm.
- La hauteur de la tige principale est mesurée du collet au sommet de la plante à l'aide d'un mètre ruban, il est exprimé en cm.

##### I-6-1-2-Paramètre de production

Ils sont déterminés soit par comptage ou par pesée :

- Le nombre de bouquets par plante est déterminé par comptage.
- Le nombre de bouquet par tige est déterminé par le nombre de bouquets par plante sur le nombre de tiges par plante.
- Le nombre de fleurs total par plante est déterminé par comptage.
- Le nombre de fleurs par bouquet est déterminé par le nombre total de fleurs par plante sur le nombre total de bouquet par plante.
- Le nombre de fleurs avortées est déterminé par le nombre total de fleurs moins le nombre de fruits par plante.
- Le poids total des fruits par plant est déterminé par pesée à l'aide d'une balance de précision (g).
- Poids moyen du fruit par plante est déterminé par le poids total des fruits récoltés par plant sur le nombre de fruits par plant.
- Le taux de nouaison : c'est le rapport entre le nombre de fruits par plant sur le nombre de fleurs par plante. Exprimé en %.
- Le rendement réel : c'est le poids total des fruits récoltés par parcelle élémentaire sur la superficie cultivée, exprimé en qx/ha.

- Le Rendement potentiel : c'est le poids moyen d'un fruit par plante, que multiplie le nombre de fruits par plante, que multiplie la densité de plantation. Exprimé qx/ha.

**Rp= nombre moyen d'un fruit par plant\* poids moyen d'un fruit par plant\* la densité de plantation.**

### I-6-2-Paramètres technologiques

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 des sciences agronomiques de l'UMMTO.

#### I-6-2-1-Détermination de la teneur en eau

La teneur en eau est déterminée en mettant 1 g d'échantillon dans l'étuve réglée à 105°C pendant 3 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 :

$$W (\%) = (m_i - m_f) \times 100 \quad \text{Où :}$$

**W<sub>mh</sub>**: masse, en gramme, poids frais humide

**m<sub>i</sub>** : masse, en gramme, initiale

**m<sub>f</sub>** : masse, en gramme, finale (après dessiccation).

### **I-6-2-2-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-6-2-4- 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<sup>+</sup>) 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-6-2-4-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 %).

#### ▪ **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

## Matériel et méthodes

---

de 250 ml puis 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-6-2-5-Détermination de l'extrait sec ou du 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-6-2-6-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 est réalisé par la méthode iodométrique (BARKATOVET, 1979).

### ▪ Mode opératoire

Mettre 50ml de filtrat dans un Becher, ajouter 3ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>(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<sub>i</sub> : Volume d'iode (ml).

### I-6-2-7-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-6-2-8-Dosage des sucres réducteurs**

Le dosage des sucres est réalisé par la méthode de BERTRAN (1968). Pour l'obtention du filtrat, on introduit 20ml de l'échantillon tomate dans une fiole jaugée de 100ml, ajouter 5 ml d'acétate de plomb, ajuster avec de l'eau distillée.

-Mettre dans un bécher 5 ml de la solution de fehling A et 5 ml de fehling B ajuster jusqu'à 100ml avec de l'eau distillée.

- Chauffer le mélange jusqu'à ébullition, ensuite verser 2 gouttes de bleu de méthylène dans la solution fehling, et titrer avec le filtrat qui va s'écouler à partir d'une burette, la fin de la titration va se traduire par un virage de couleur vers la couleur bleu vert.

-Arrêter la titration et noter le volume du filtrat déversé (v1)

La qualité de sucres réducteurs dans la prise d'essai est donnée par la formule suivante :

$$S_R = \frac{240}{V \times (V_2 - 0.05)} \times 10$$

$S_R$  : quantité des sucres réducteurs (g/l)

V : volume de la prise d'essai (ml)

$V_1$  : volume du filtrat déversé pour le titrage

### **I-6-2-9-Dosage des sucres totaux (g/ 100g)**

Le dosage des sucres est réalisé par la méthode de BERTRAN (1968).

#### **▪ Mode opératoire**

D'une part

-Prendre 50ml de filtrat de tomate dans un becher.

-Ajouter 5ml de Hcl concentré.

-Porter au bain marie à 70°C pendant 5 min puis neutraliser avec NaOH à (10N) en présence de deux gouttes de phénolphtaléine à 1% jusqu'à l'obtention d'une couleur rose persistante.

D'autre part

-Prendre 5 ml de solution fehling A et 5 ml de solution fehling B.

-Ajuster jusqu'à 100ml avec l'eau du robinet et mettre à l'ébullition (la solution obtenue est d'une couleur bleu)

-Titrer par le mélange rose jusqu'à la disparition de la couleur bleu.

-Ajouter 2 gouttes de bleu de méthylène et continuer la titration jusqu'au remplacement de la couleur bleu par une couleur marron cuivré, à ce moment arrêter la titration et noter le volume du filtrat versé.

#### **▪ Expression des résultats (g/ 100 g)**

La teneur des sucres totaux est déterminée par la formule suivante :

$$\text{Sucre totaux} = 500/v (v_2 - 0.05) \times 10$$

V : Volume de l'échantillon analysé

V<sub>2</sub> : Volume de filtrat titré (ml).

### I-7- 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%.

# Resultat et discussion

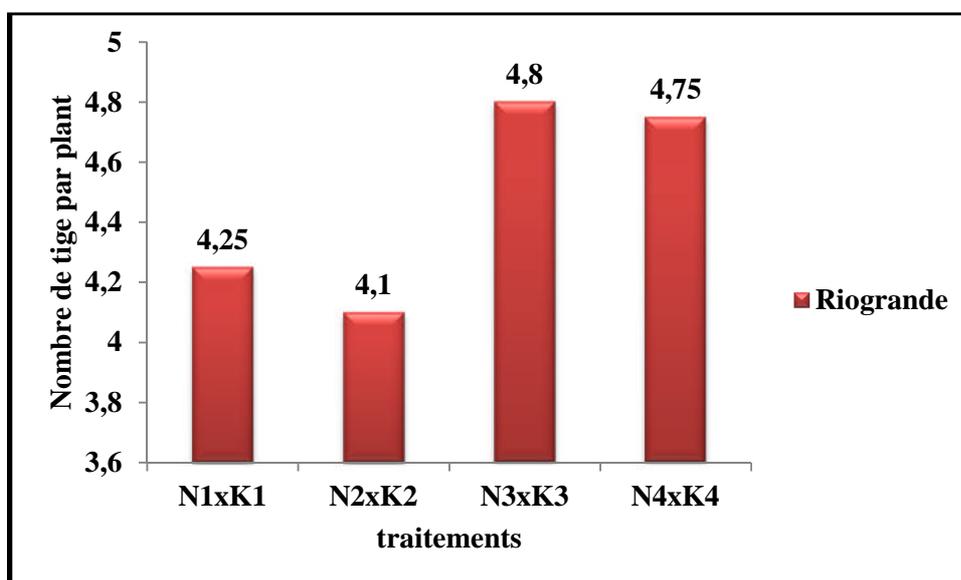
## I- Les paramètres agronomiques

### I-1-le nombre de tige par plant

Le plus grand nombre de tige par plant est obtenu avec le traitement **N3xK3 (4.8)** et la plus faible valeur est obtenue avec le traitement **N2xK2 (4.1)**. La **figure 19** illustre ces variations.

**Tableau 18 : Nombre de tige par plant**

Traitements	<b>N1xK1</b>	<b>N2xK2</b>	<b>N3xK3</b>	<b>N4xK4</b>
<b>Riogrande</b>	4.25 ± 0.752	4.1 ± 0.707	4.8 ± 0.585	4.75 ± 0.769



**Figure 19: Effet de l'interaction N×K sur le nombre de tige par plant**

Les résultats de l'analyse de la variance (tableau 19), montrent une différence significative du facteur dose et une différence très hautement significative du facteur bloc en particulier le bloc 3 classé en groupe A sur le nombre total de tige par plant, il semble que la fertilisation N×K est bien perçue par la plante et que l'azote a favorisé l'assimilabilité du potassium, nos résultats rejoignent ceux obtenus par KHODJA (2006), contrairement au résultat obtenu par MEZOUAR et MOKDAD (2009); NEDJAR et GHEZRAOUI(2012); KHERBACHE et ZIANE (2014). Cela est probablement dû à l'apport unique du potassium.

Tableau 19 : Résultats de l'analyse de la variance du nombre de tiges par plant

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
<b>VAR.TOTALE</b>	<b>59,95</b>	<b>79</b>	<b>0,759</b>				
<b>VAR.FACTEUR 1</b>	<b>7,45</b>	<b>3</b>	<b>2,483</b>	<b>3,921</b>	<b>0,01269</b>		
<b>VAR.FACTEUR 2</b>	<b>11,2</b>	<b>4</b>	<b>2,8</b>	<b>4,421</b>	<b>0,00349</b>		
<b>VAR.INTER F1*2</b>	<b>3,3</b>	<b>12</b>	<b>0,275</b>	<b>0,434</b>	<b>0,94298</b>		
<b>VAR.RESIDUELLE 1</b>	<b>38</b>	<b>60</b>	<b>0,633</b>			<b>0,796</b>	<b>17,78%</b>

Le test de NEWMAN-KEULS a fait ressortir deux groupe homogènes A et B respectivement avec les traitements **N3xK3 (4.8)** et **N2xK2 (4.1)**. Pour le facteur bloc c'est le bloc qui est classé en groupe homogène A (Annexe .tableau1).

L'interaction N3xK3 (440 U de N, 250U de K<sub>2</sub>O) semble la plus intéressante dans l'expression du nombre de tige

Tableau20 : Teste de NEWMAN-KEULS du nombre de tiges par plant.

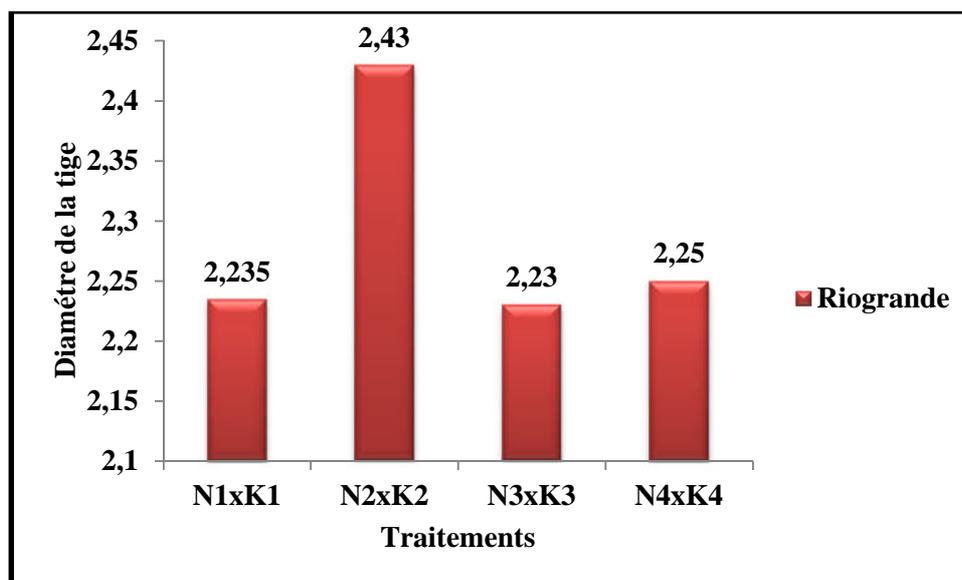
F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
3.0	D3	4,8	A	
4.0	D4	4,75	A	
1.0	D1	4,25	A	B
2.0	D2	4,1		B

## I-2-Diamètre de la tige principale (cm)

Le diamètre final de la tige principale nous renseigne sur la vigueur de la plante. Le **tableau 21**, montre que le plus grand diamètre est obtenu avec le traitement **N2xK2 (2.43cm)** et le plus faible est obtenu avec les traitements **N1xK1** et **N3xK3 (2.23cm)**, la **figure 20** illustre ses variations.

Tableau 21 : Diamètre de la tige principale

Traitements	<b>N1xK1</b>	<b>N2xD2</b>	<b>N3xK3</b>	<b>N4xK4</b>
<b>Riogrande</b>	2.235 ± 0.483	2.43 ± 0.439	2.23 ± 0.505	2.25 ± 0.64



**Figure 20: Effet de l'interaction N×K sur le diamètre de tige**

Les résultats d'analyse de la variance (**tableau22**) ne montrent aucune différence significative du facteur dose. Par contre ya une différence significative du facteur bloc sur le diamètre de la tige. Contrairement aux résultats obtenus par TOUABI (2004) qui a travaillé avec les doses (0U, 500U, 800U de  $K_2O$ ) ; KACEL et KACIMI(2013) (0U, 200U, 300U, 400U, 500U, 600U de  $K_2O$ ) qui ont montré un effet positif du potassium sur le diamètre de la tige, cette différence de résultats est probablement due à la période de l'apport de la fertilisation potassique dans leurs cas, qui est apportée au stade de jeunes plantules comparée aux nôtres apportées au stade floraison. Par ailleurs, SAITO et *al.*, (1965), signalent dans leurs travaux, l'importance du potassium sur l'évolution du diamètre de la tige, lorsqu'il est apporté au stade jeune plante.

**Tableau 22 : Résultat d'analyse de la variance de diamètre de la tige**

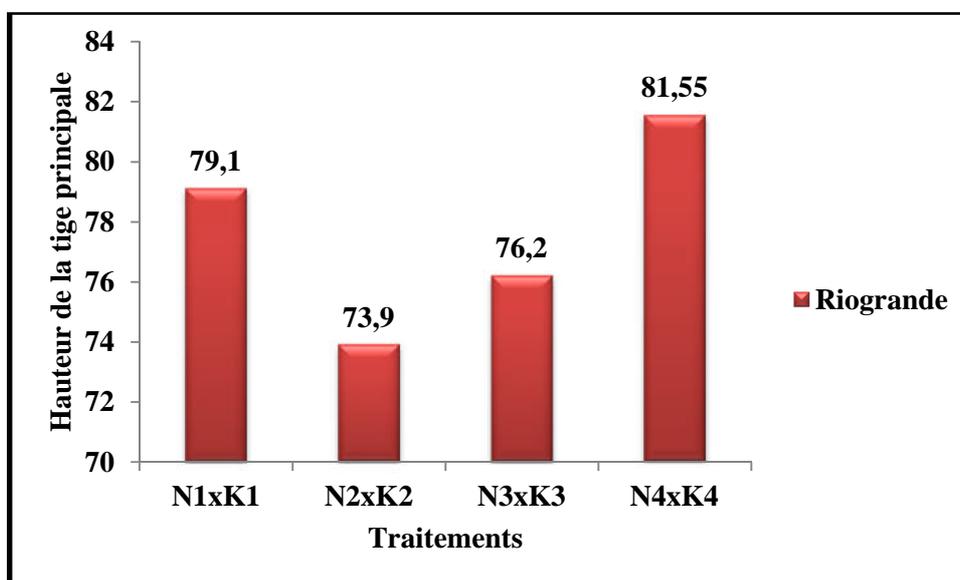
	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
<b>VAR.TOTALE</b>	<b>30,155</b>	<b>79</b>	<b>0,382</b>				
<b>VAR.FACTEUR 1</b>	<b>0,555</b>	<b>3</b>	<b>0,185</b>	<b>0,536</b>	<b>0,66318</b>		
<b>VAR.FACTEUR 2</b>	<b>3,617</b>	<b>4</b>	<b>0,904</b>	<b>2,619</b>	<b>0,04323</b>		
<b>VAR.INTER F1*2</b>	<b>5,27</b>	<b>12</b>	<b>0,439</b>	<b>1,272</b>	<b>0,25831</b>		
<b>VAR.RESIDUELLE 1</b>	<b>20,713</b>	<b>60</b>	<b>0,345</b>			<b>0,588</b>	<b>25,70%</b>

### I-3-Hauteur de la tige principale (cm)

Le tableau 23 montre que la valeur maximale de la hauteur de la tige est obtenue avec le traitement **N4xK4 (81.55)**, et la valeur minimale est obtenue avec le traitement **N2xK2 (73.9)**. La **figure 21** illustre ces variations.

**Tableau 23: Hauteur de la tige principal**

Traitements	N1xK1	N2xK2	N3xK3	N4xK4
Riogrande	79.1± 15.477	73.9 ± 9.441	76.2± 8.561	81.55 ± 7.913



**Figure 21 : Effet de l'interaction N×K sur la hauteur de la tige**

Les résultats de l'analyse de la variance (**Tableau 24**) ne montrent aucune différence significative du facteur dose mais on enregistre une différence significative du facteur bloc sur ce paramètre. L'absence de différences significative du facteur dose est probablement dû à la période d'apport de la fertilisation au stade floraison ayant probablement limité son absorption par la plante. Nos résultats rejoignent ceux obtenus par NEDJAR et GHHEZAOUI (2012), contrairement à ceux obtenus par SAITO et *al.*, (1965), qui signalent dans leur travaux l'importance du potassium sur l'évolution de la hauteur de la tige lorsqu'il est apporté au stade plus jeune de la plante .

Tableau 24: résultats d'analyse de la variance de la hauteur de la tige principal

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	12609,19	79	159,61				
VAR.FACTEUR 1	669,439	3	223,146	1,517	0,21812		
VAR.FACTEUR 2	1557,502	4	389,376	2,647	0,04157		
VAR.INTER F1*2	1554,999	12	129,583	0,881	0,57092		
VAR.RESIDUELLE 1	8827,25	60	147,121			12,129	15,61%

#### I-4-Nombre de fleurs par plant

Le tableau 25 montre que le nombre de fleurs le plus élevé est obtenu avec le traitement N3xK3 (237.15) et le nombre le plus faible est obtenu avec le traitement N2xK2 (160.35), la figure 22 illustre ces variations.

Tableau 25 : Nombre total de fleurs par plant

Traitements	N1xK1	N2xK2	N3xK3	N4xK4
Riogrande	170.15 ± 62.937	160.35 ± 48.766	237.15 ± 61.33	213.65 ± 73.335

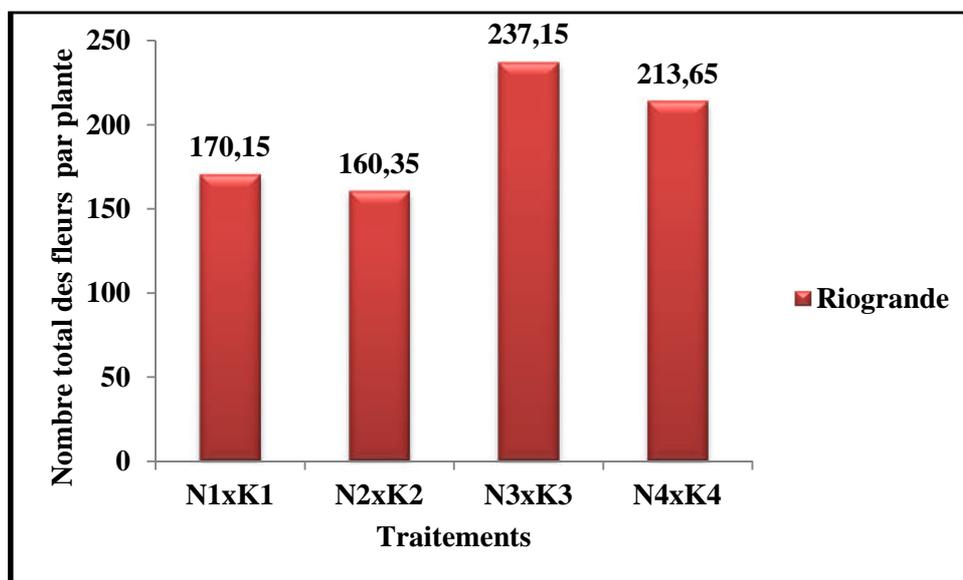


Figure 22 : Effet de l'interaction N×K sur le nombre de fleur par plant

Les résultats d'analyse de la variance (Tableau 26) montrent que la fertilisation N×K a influencé de façon hautement significative le nombre de fleurs par plant. Et le facteur bloc a

montré une différence très hautement significative sur ce paramètre. Nos résultats rejoignent ceux obtenus par TOUBI(2004) et ABDOUSSALAM et TOUZARI (2005) ayant apporté les doses (0 U, 400U, 700U de K<sub>2</sub>O). Par contre, KHERBACHE et ZIANE (2014) ; NEDJAR et GHHEZAOUI (2012), ayant apporté des dose plus grande que les notre ont trouvé aucune différence significative pour le facteur potassium, cela peut être expliqué par la fertilisation combinée N et K dans notre essai qui a montré l'action efficace de l'azote sur le potassium. Cela confirme l'effet synergique de l'absorption des deux éléments (REY et COSTES).

**Tableau 26 : Résultat d'analyse de la variance du nombre de fleur par plant**

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
<b>VAR.TOTALE</b>	<b>621703,6</b>	<b>79</b>	<b>7869,666</b>				
<b>VAR.FACTEUR 1</b>	<b>78843,38</b>	<b>3</b>	<b>26281,13</b>	<b>5,362</b>	<b>0,00257</b>		
<b>VAR.FACTEUR 2</b>	<b>196138,9</b>	<b>4</b>	<b>49034,73</b>	<b>10,004</b>	<b>0</b>		
<b>VAR.INTER F1*2</b>	<b>52628,25</b>	<b>12</b>	<b>4385,688</b>	<b>0,895</b>	<b>0,55752</b>		
<b>VAR.RESIDUELLE 1</b>	<b>294093</b>	<b>60</b>	<b>4901,55</b>			<b>70,011</b>	<b>35,84%</b>

Le test de NEWMAN-KEULS, montre trois groupes homogènes, en groupe A le traitement N3xK3 (237.15), en groupe B le traitement N4xK4 (213.65), et en groupe C le traitement N2xK2(160,35). Pour le bloc c'est le B3 qui est en groupe homogène A (Annexe. Tableau 4).

Pour le nombre de fleurs par plant c'est la combinaison N3xK3 qui semble la plus intéressent.

**Tableau27 : Teste de NEWMAN-KEULS du nombre de fleurs par plant.**

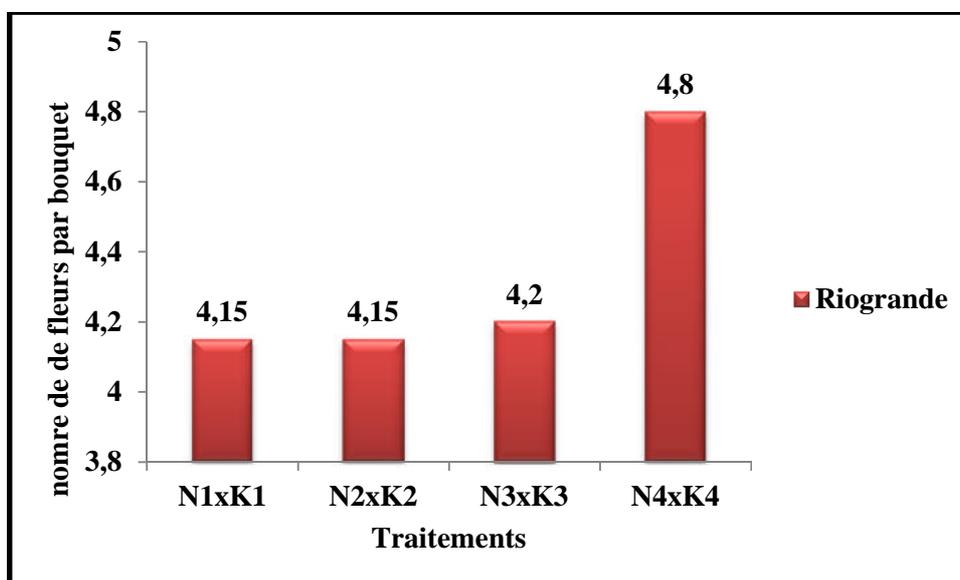
F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
3.0	D3	237,15	A		
4.0	D4	213,65	A	B	
1.0	D1	170,15		B	C
2.0	D2	160,35			C

### I-5-Nombre de fleurs par bouquet

Le **tableau 28** montre que nombre maximal de fleur par bouquet est obtenu avec le traitement **N4xK4 (4.8)** est le nombre minimal est obtenu avec les traitements **N1xK1** et **N2xK2 (4.15)**, la **figure 23** illustre ces variations.

**Tableau 28 : Nombre de fleur par bouquet**

Traitements	N1xK1	N2xK2	N3xK3	N4xK4
Riogrande	4.15 ± 1.552	4.15 ± 1.553	4.2±1.039	4.8± 1.857



**Figure 23 : Effet de l'interaction N×K sur le nombre de fleurs par bouquets**

Les résultats d'analyse de la variance (**tableau 29**) ne montrent aucune différence significative du facteur dose et une différence très hautement significative du facteur bloc sur ce paramètre. Cela peut être expliqué par le manque d'eau au cours du cycle et les températures élevées ayant compromis l'expression de ce paramètre. Nos résultat rejoignent ceux obtenus par KHERBACHE et ZIANE (2014) ; NEDJAR et GHEZRAOUI (2012) ; AID et ADGHAR (2009), contrairement a ceux obtenus par MEZOUAR et MOKDAD (2009) qui ont trouvé un effet positif du potassium sur le nombre de fleurs par bouquet.

Tableau 29 : Résultat d'analyse de la variance du nombre de fleurs par bouquet

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	247,55	79	3,134				
VAR.FACTEUR 1	6,05	3	2,017	0,684	0,56907		
VAR.FACTEUR 2	48,925	4	12,231	4,146	0,00507		
VAR.INTER F1*2	15,575	12	1,298	0,44	0,9402		
VAR.RESIDUELLE 1	177	60	2,95			1,718	39,71%

### I-6-Nombre de fleurs avortées

Le tableau 30 montre que le nombre maximale de fleurs avortées est obtenu avec le traitement N3xK3 (165.85) et le nombre minimal est obtenu avec le traitement N2xK2 (108.45), la figure 24 illustre ces variations.

Tableau 30 : Nombre de fleur avorté

Traitements	N1xK1	N2xK2	N3xK3	N4xK4
Riogrande	118.35± 65.656	108.45 ± 45.014	165.85±71.104	157.95± 79.938

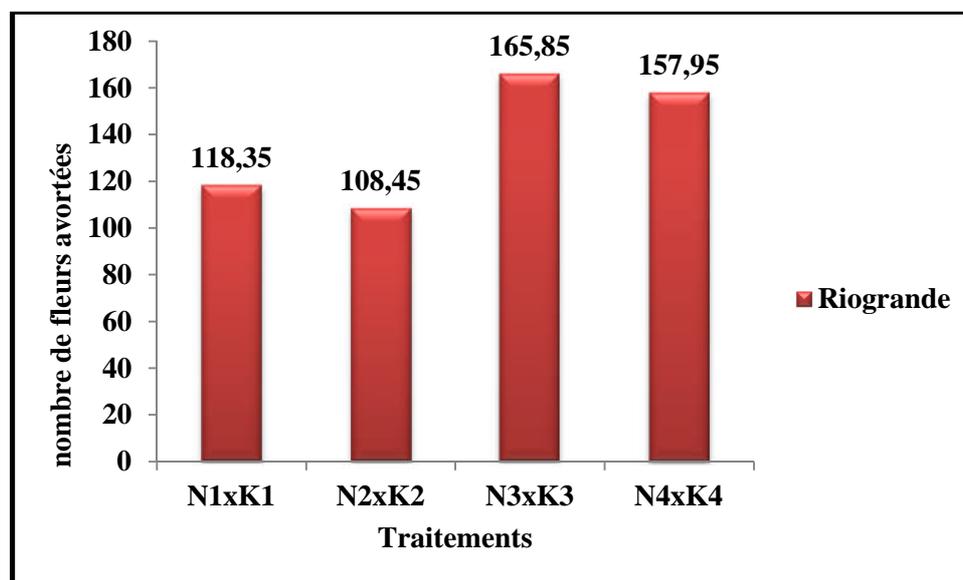


Figure 24 : Effet de l'interaction N×K sur le nombre de fleurs avortés

Les résultats de l'analyse de la variance (tableau 31) on révélé un effet significatif de la fertilisation N×K et un effet très hautement significatif de bloc sur le nombre de fleurs

avortées. Cela peut être expliqué par le manque d'eau ainsi que les fortes températures enregistrées durant la formation des fleurs. Nos résultats rejoignent ceux de NEDJAR et GHEZRAOUI (2012) ; KHERBACHE et ZIANE (2014).

**Tableau 31 : Résultat d'analyse de la variance du nombre de fleurs avortés**

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
<b>VAR.TOTALE</b>	<b>623848,2</b>	<b>79</b>	<b>7896,813</b>				
<b>VAR.FACTEUR 1</b>	<b>48649,19</b>	<b>3</b>	<b>16216,4</b>	<b>2,88</b>	<b>0,04263</b>		
<b>VAR.FACTEUR 2</b>	<b>188173,6</b>	<b>4</b>	<b>47043,39</b>	<b>8,354</b>	<b>0,00003</b>		
<b>VAR.INTER F1*2</b>	<b>49151,44</b>	<b>12</b>	<b>4095,953</b>	<b>0,727</b>	<b>0,71999</b>		
<b>VAR.RESIDUELLE 1</b>	<b>337874</b>	<b>60</b>	<b>5631,233</b>			<b>75,042</b>	<b>54,52%</b>

Le test de NEWMAN-KEULS classe la dose N3xK3 (165.85) .Pour le facteur bloc il classe le B3 en groupe homogène A.et classe aussi le bloc 3 en groupe homogène A (Annexe. Tableau 7).

**Tableau 32: Teste de NEWMAN-KEULS du nombre de fleurs avortés.**

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES
3.0	D3	165,85	A
4.0	D4	157,95	A
1.0	D1	118,35	A
2.0	D2	108,45	A

### I-7-Taux de nouaison (%)

Le **tableau 33** montre que le taux de nouaison le plus élevé est obtenu avec le traitement **N2xK2 (38.932%)** et le plus faible est obtenu avec le traitement **N4xK4 (29.676%)**, la **figure 25** illustre ces variations.

Tableau 33 : Taux de nouaison

Traitements	N1xK1	N2xK2	N3xK3	N4xK4
Riogrande	37.261 ± 13.288	38.932 ± 16.717	34.362 ± 18.08	29.676 ± 14.22

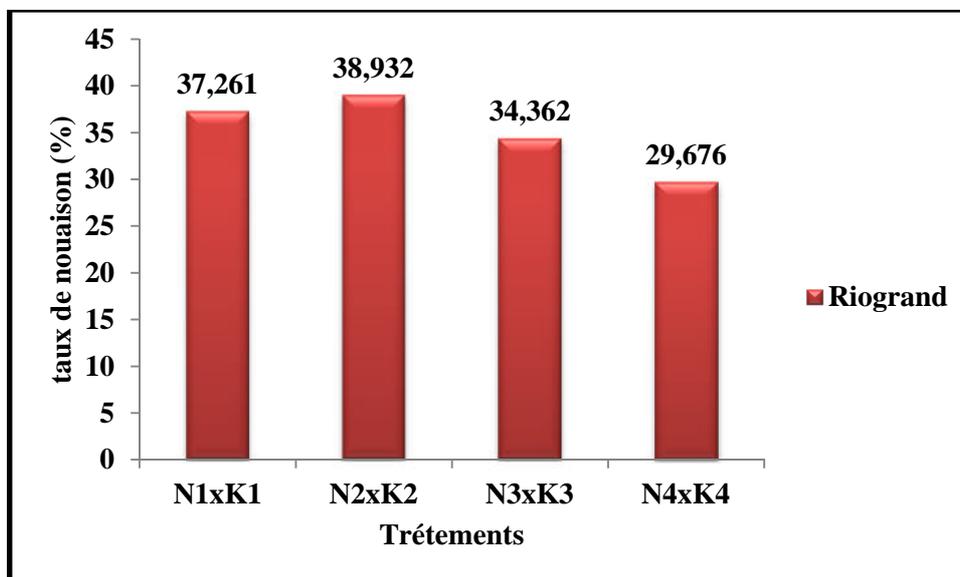


Figure 25 : Effet de l'interaction N×K sur le taux de nouaison (%)

Les résultats d'analyse de la variance (Tableau 34) ne montrent aucune différence significative du facteur dose et un effet très hautement significative du facteur bloc sur ce paramètre. L'absence d'effet significatif est probablement due aux taux d'argile qui se trouve élevé dans notre sol (57%), au bien aux conditions climatiques, notamment la température élevée durant l'essai ayant empêché la bonne nouaison des fleurs. Nos résultats rejoignent ceux de NEDJAR et GHEZRAOUI (2012) ; KHERBACHE et ZIANE (2014); contrairement à ceux obtenus par KHODJA (2006).

Tableau 34 : Résultat d'analyse de la variance du taux de nouaison

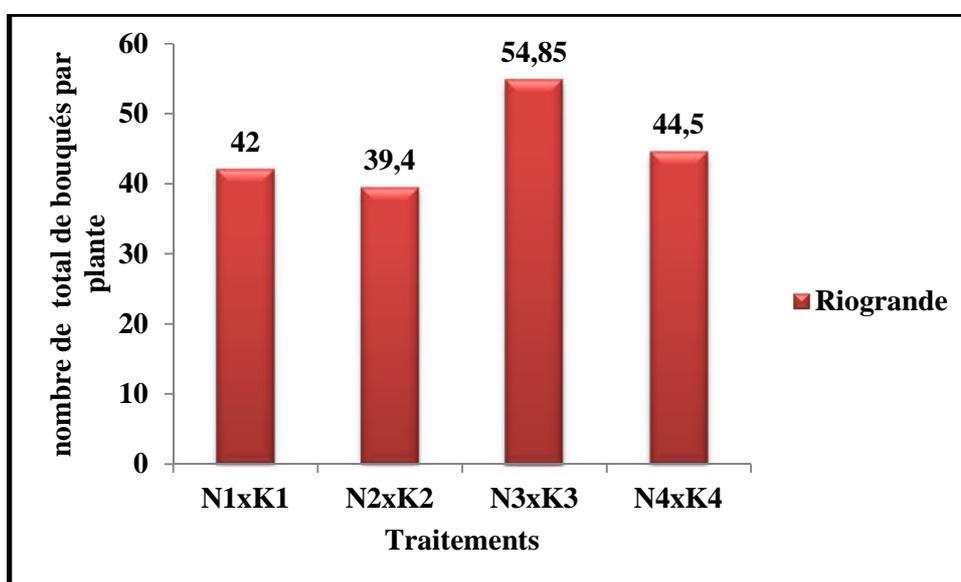
	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	29276,7	79	370,591				
VAR.FACTEUR 1	986,289	3	328,763	1,054	0,37633		
VAR.FACTEUR 2	7114,67	4	1778,667	5,702	0,00064		
VAR.INTER F1*2	2458,93	12	204,911	0,657	0,78539		
VAR.RESIDUELLE 1	18716,81	60	311,947			17,662	50,38%

### I-8-Nombre de bouquets floraux par plant

Le **tableau 35** montre que le nombre de bouquets floraux par plante le plus grand est obtenu avec le traitement **N3xK3 (54.85)** et le plus petit nombre est obtenu avec le traitement **N2xK2 (39.4)**, la **figure 26** illustre ces variations.

**Tableau 35: Nombre de bouquet floraux**

Traitements	N1xK1	N2xK2	N3xK3	N4xK4
<b>Riogrande</b>	42 ± 12.568	39.4 ± 9.764	54.85 ± 7.726	44.5 ± 8.002



**Figure 26 : Effet de l'interaction N×K sur le nombre de bouquets floraux par plant**

Les résultats de l'analyse de la variance (**Tableau 36**) révèlent des différences très hautement significatives du facteur dose et du facteur bloc sur ce paramètre en particulier le bloc 3 classé en groupe A cela est due à sa localisation qui semble favorable car ce bloc est bien ressuyé par rapport aux autres. Nos résultats rejoignent ceux obtenus par KHODJA (2006), contrairement à ceux obtenus par NEDJAR et GHEZRAOUI (2012) ; KHERBACHE et ZIANE (2014). Cela peut être expliqué par la synergie entre A x K par l'apport d'un engrais composé, dans leur cas due à l'apport simple du potassium.

Tableau 36 : Résultat de l'analyse de la variance du nombre de bouquets floraux par plant

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
<b>VAR.TOTALE</b>	<b>15466,19</b>	<b>79</b>	<b>195,775</b>				
<b>VAR.FACTEUR 1</b>	<b>2749,838</b>	<b>3</b>	<b>916,613</b>	<b>7,678</b>	<b>0,00024</b>		
<b>VAR.FACTEUR 2</b>	<b>3963,876</b>	<b>4</b>	<b>990,969</b>	<b>8,3</b>	<b>0,00003</b>		
<b>VAR.INTER F1*2</b>	<b>1589,225</b>	<b>12</b>	<b>132,435</b>	<b>1,109</b>	<b>0,36975</b>		
<b>VAR.RESIDUELLE 1</b>	<b>7163,25</b>	<b>60</b>	<b>119,388</b>			<b>10,926</b>	<b>24,18%</b>

Le test de NEWMAN- KEULS fait apparaitre deux groupes homogène pour le facteur dose, en groupe A la dose N3xK3 (54.85), et en groupe B les doses N4xK4, N1xK1, N2xK2 respectivement (44.5), (42), (39.4). Pour le facteur bloc il a classé le B 3 et le B 2 en groupe homogène A (Annexe. Tableau 9).

Tableau37: Teste de NEWMAN-KEULS du nombre de bouquets floraux par plant.

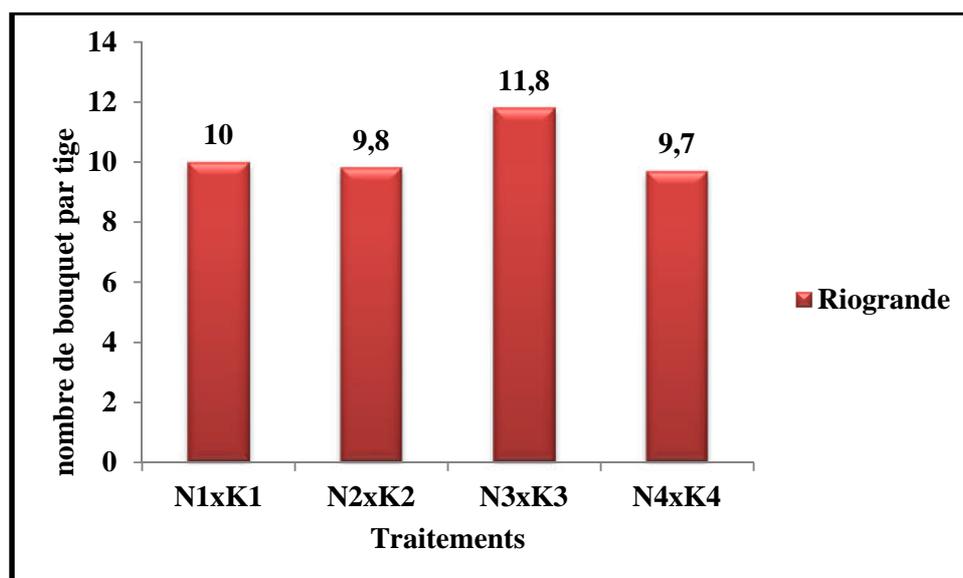
F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES
<b>3.0</b>	<b>D3</b>	<b>54,85</b>	<b>A</b>
<b>4.0</b>	<b>D4</b>	<b>44,5</b>	<b>B</b>
<b>1.0</b>	<b>D1</b>	<b>42</b>	<b>B</b>
<b>2.0</b>	<b>D2</b>	<b>39,4</b>	<b>B</b>

### I-9-Nombre de bouquets floraux par tige

Au cours de notre essai, le plus grand nombre de bouquets par tige est obtenu avec le traitement **N4xK4 (9.7)** et le plus petit nombre est obtenu avec le traitement **N3xK3 (3.92)**. La **figure 27** illustre ces variations.

Tableau 38 : Nombre de bouquets floraux par tige

Traitements	N1xK1	N2xK2	N3xK3	N4xK4
<b>Riogrande</b>	10± 3.091	9.8 ± 2.529	11.8 ±2.466	9.7 ± 2.311



**Figure 27 : Effet de l'interaction N×K sur le nombre de bouquets par tige**

Les résultats de l'analyse de la variance (**Tableau 39**) ne montrent aucune différence significative pour le facteur dose et des différences très hautement significative du facteur bloc sur ce paramètre. Nos résultats rejoignent ceux obtenus par ABDOUSSALAM et TOUZARI (2005) ; contrairement au résultat trouvé par KHODJA (2006), qui ont trouvé un effet positif de fertilisation sur le nombre de bouquet par tige.

**Tableau 39: Résultat de l'analyse de la variance du nombre de bouquets floraux par tige**

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	881,55	79	11,159				
VAR.FACTEUR 1	58,95	3	19,65	2,267	0,08852		
VAR.FACTEUR 2	200,3	4	50,075	5,778	0,00058		
VAR.INTER F1*2	102,3	12	8,525	0,984	0,47495		
VAR.RESIDUELLE 1	520	60	8,667			2,944	28,51%

### I-10-Nombre de fruits récoltés par plant

Au cours de notre essai, Le plus grand nombre total de fruits récoltés par plant est obtenu avec le traitement **N3xK3 (71.3)**, et la plus faible valeur est obtenue avec le traitement **N4xK4 (46.063)**, la **figure 28** illustre ces variations.

Tableau 40: Nombre de fruits récoltés par plant

Traitements	N1xK1	N2xK2	N3xK3	N4xK4
Riogrande	51.8±12.435	51.9 ± 11.81	71.3±24.857	46.063± 16.949

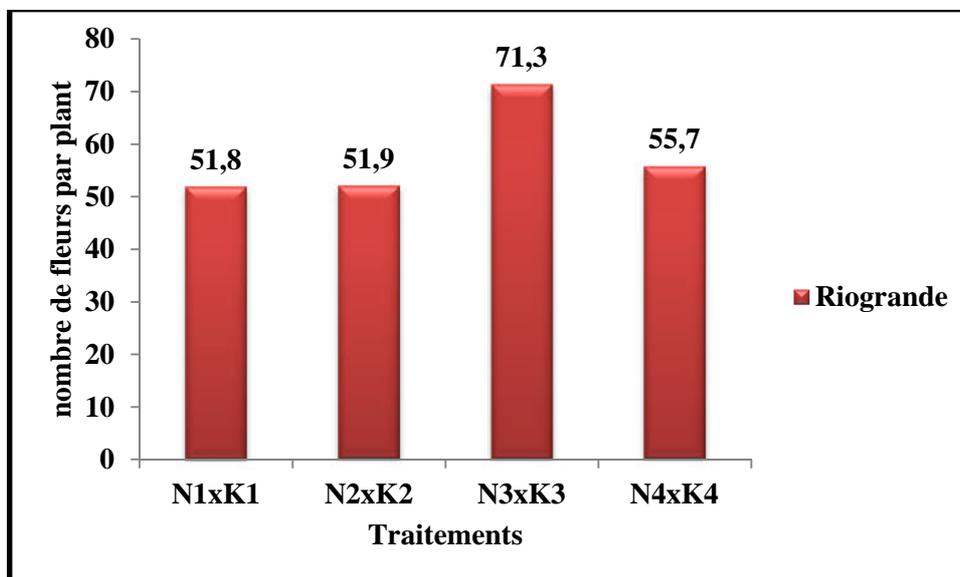


Figure 28: Effet de l'interaction N×K sur le nombre de fruits par plant

Les résultats d'analyse de la variance (Tableau 41) montrent une différence hautement significative du traitement et très hautement significative du facteur bloc sur ce paramètre. Nos résultats confirment ceux obtenus par KHODJA (2006), contrairement aux résultats obtenus par NEDJAR et GHEZRAOUI (2012) ; KHERBACHE et ZIANE (2014), qui ont trouvé que le facteur traitement n'a aucun effet sur ce paramètre.

Tableau 41 : Résultat d'analyse de la variance du nombre de fruits par plant.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
<b>VAR.TOTALE</b>	<b>44607,55</b>	<b>79</b>	<b>564,653</b>				
<b>VAR.FACTEUR 1</b>	<b>5148,152</b>	<b>3</b>	<b>1716,051</b>	<b>4,519</b>	<b>0,00647</b>		
<b>VAR.FACTEUR 2</b>	<b>7796,301</b>	<b>4</b>	<b>1949,075</b>	<b>5,132</b>	<b>0,00135</b>		
<b>VAR.INTER F1*2</b>	<b>8877,598</b>	<b>12</b>	<b>739,8</b>	<b>1,948</b>	<b>0,04589</b>		
<b>VAR.RESIDUELLE 1</b>	<b>22785,5</b>	<b>60</b>	<b>379,758</b>			<b>19,487</b>	<b>33,79%</b>

Le test de NEWMAN- KEULS fait apparaitre deux groupes homogène pour le facteur dose, la dose N3xK3 (71.3) classé en groupe A, et en groupe B les dose N4xK4, N2xK2, N1xK1 respectivement (55.7), (51.9), (51.8), et pour le facteur bloc, il a classé le bloc 2 en groupe homogène A

**Tableau42: Teste de NEWMAN-KEULS du nombre de fruits par plant.**

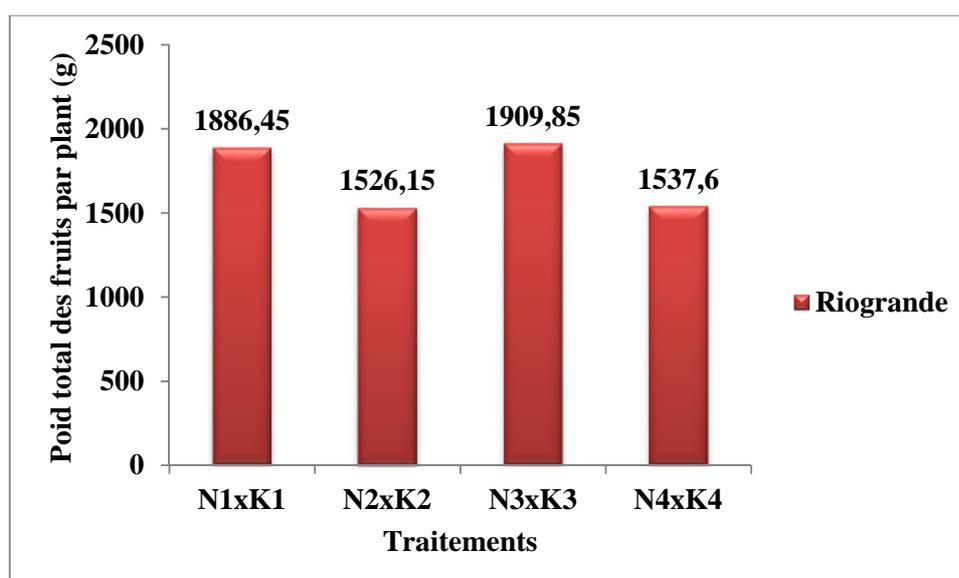
F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
3.0	D3	71,3	A	
4.0	D4	55,7	B	
2.0	D2	51,9	B	
1.0	D1	51,8	B	

### I-11-Poids total des fruits par plant (g)

Au cours de notre essai, la plus grande valeur du poids total des fruits est obtenue avec le traitement **N3xK3 (1909.15g)**, et la plus faible valeur est obtenue avec le traitement **N2xK2 (1526.15g)**, (Tableau 43), la figure 29 illustre ces variations.

**Tableau 43 : Poids total des fruits par plant**

Traitements	N1xK1	N2xK2	N3xK3	N4xK4
<b>Riogrande</b>	1886.45±283.589	1526.15±328.712	1909.85±603.014	1537.6± 458.221



**Figure 29 : Effet de l'interaction N×K sur le poids total des fruits par plant**

Les résultats d'analyse de la variance (**Tableau 44**) montrent une différence hautement significative du traitement et très hautement significative du facteur bloc sur le poids total des fruits par plant. Contrairement aux résultats obtenus par KHODJA (2006) ; NEDJAR et GHEZRAOUI (2012) ; KHERBACHE et ZIANE (2014), qui ont trouvé que le facteur traitement n'a aucun effet sur ce paramètre.

**Tableau 44 : Résultats de l'analyse de la variance du poids total des fruits par plant**

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
<b>VAR.TOTALE</b>	<b>41936140</b>	<b>79</b>	<b>530837,3</b>				
<b>VAR.FACTEUR 1</b>	<b>2689944</b>	<b>3</b>	<b>896648</b>	<b>3,716</b>	<b>0,01606</b>		
<b>VAR.FACTEUR 2</b>	<b>10222640</b>	<b>4</b>	<b>2555661</b>	<b>10,59</b>	<b>0</b>		
<b>VAR.INTER F1*2</b>	<b>14544280</b>	<b>12</b>	<b>1212024</b>	<b>5,022</b>	<b>0,00001</b>		
<b>VAR.RESIDUELLE 1</b>	<b>14479270</b>	<b>60</b>	<b>241321,2</b>			<b>491,245</b>	<b>28,64%</b>

Le test de NEWMAN- KEULS classe en groupe homogène A, la dose N3xK3 (1909.85g) pour le facteur dose, et le bloc 1 pour le facteur bloc (annexe1.Tableau11).

**Tableau 45 : Teste de NEWMAN-KEULS du poids total des fruits par plant.**

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES
<b>3.0</b>	<b>D3</b>	<b>1909,85</b>	<b>A</b>
<b>1.0</b>	<b>D1</b>	<b>1886,45</b>	<b>A</b>
<b>4.0</b>	<b>D4</b>	<b>1537,6</b>	<b>A</b>
<b>2.0</b>	<b>D2</b>	<b>1526,15</b>	<b>A</b>

### I-12-Poids moyen d'un fruit (g)

Au cours de notre essai, la plus grande valeur du poids moyen d'un fruit est obtenue avec le traitement N1xK1 (**38.65 g**), et la plus faible valeur est obtenue avec le traitement N4xK4 (**26.6 g**), (**Tableau 46**), la **figure 30** illustre ces variations.

Tableau 46 : Poids moyen d'un fruit

Traitements	N1xK1	N2xK2	N3xK3	N4xK4
Riogrande	38.65±9.684	31.1±7.623	29±9.217	26.6± 9.577

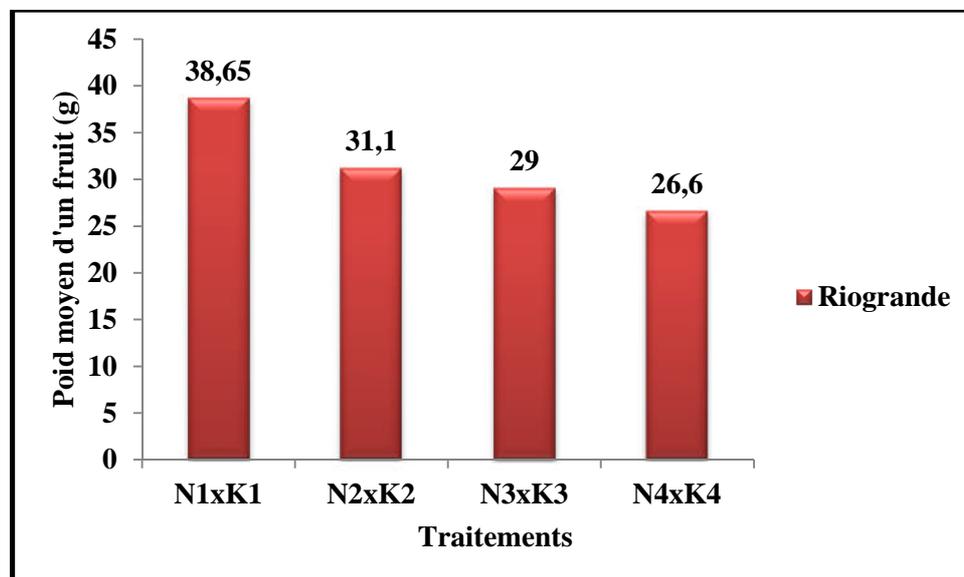


Figure 30 : Effet de l'interaction N×K sur le poids moyen d'un fruit par plant

Les résultats d'analyse de la variance (Tableau 47) montrent une différence hautement significative du traitement et du bloc sur le poids moyen d'un fruit par plant. Ces résultats confirment ceux de ZEHLER et FORSTER(1972), qui ont signalé dans leurs travaux que les applications élevées en potassium exercent un effet plus grand sur le nombre de fruit, de sorte que le poids par fruit doit obligatoirement être plus faible. Contrairement aux résultats obtenu par KHODJA (2006) ; NEDJAR et GHEZRAOUI (2012) ; KHERBACHE et ZIANE (2014), qui ont trouvé que le facteur traitement n'a aucun effet sur ce paramètre.

Tableau 47 : Résultats de l'analyse de la variance du poids moyen d'un fruit

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	11907,89	79	150,733				
VAR.FACTEUR 1	1628,737	3	542,912	5,218	0,003		
VAR.FACTEUR 2	1679,075	4	419,769	4,035	0,0059		
VAR.INTER F1*2	2357,825	12	196,485	1,889	0,05392		
VAR.RESIDUELLE 1	6242,25	60	104,038			10,2	32,55%

Le test de NEWMAN- KEULS fait apparaître deux groupes homogène, en groupe A le traitement N1xK1 (38.65), et en groupe B les traitements N2xK2, N3xK3, N4xK4 correspondant respectivement à 31.1 ; 29 ; 26.6. Et pour le facteur bloc il classe le B1 en groupe homogène A.

**Tableau 48** Teste de NEWMAN-KEULS du poids moyen d'un fruit.

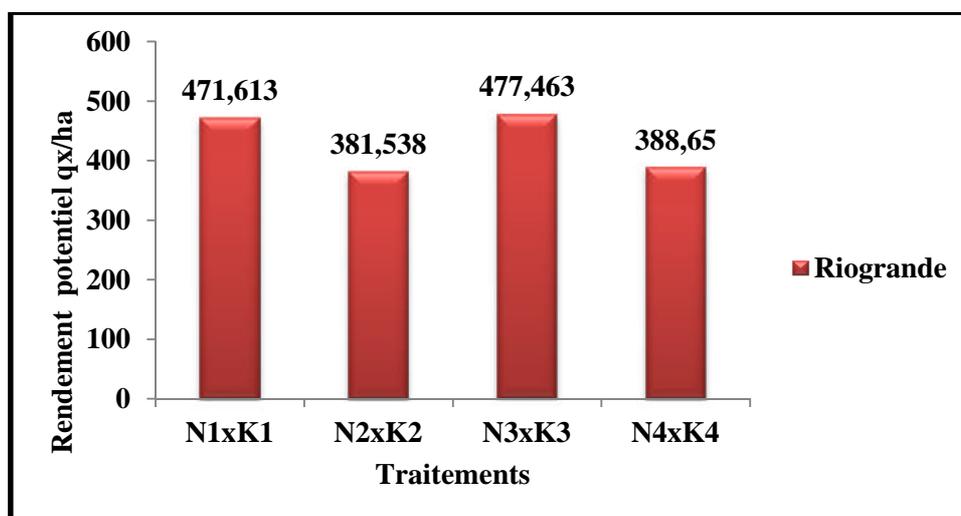
F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
1.0	D1	38,65	A	
2.0	D2	31,1		B
3.0	D3	29		B
4.0	D4	26,6		B

### I-13-Rendement potentiel

Au cours de notre essai, la plus grande valeur du rendement potentiel est enregistrée avec le traitement N3xK3 (477.463 qx/ha) et la plus faible valeur est obtenue avec le traitement N1xK1 (471.613 qx/ha), (Tableau 49), la figure 31 montre ces variations.

**Tableau 49 : Rendement potentiel**

Traitements	N1xK1	N2xK2	N3xK3	N4xK4
Riogrande	471.613±70.897	381.538±82.178	477.463±150.753	388.65± 112.786



**Figure 31 : Effet de l'interaction N×K sur le rendement potentiel.**

Les résultats d'analyse de la variance (**Tableau 50**) montrent une différence hautement significative du facteur dose, et une différence très hautement significative du facteur bloc sur ce paramètre. Nos résultats rejoignent ceux obtenus par KACEL et KACIMI (2013), Contrairement aux résultats obtenus par NEDJAR et GHEZRAOUI (2012); KHERBACHE et ZIANE (2014), qui ont trouvé que le facteur traitement n'a aucun effet sur ce paramètre.

**Tableau 50 : Résultat de l'analyse de la variance du rendement potentiel**

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
<b>VAR.TOTALE</b>	<b>2557727</b>	<b>79</b>	<b>32376,29</b>				
<b>VAR.FACTEUR 1</b>	<b>160852</b>	<b>3</b>	<b>53617,33</b>	<b>3,585</b>	<b>0,01867</b>		
<b>VAR.FACTEUR 2</b>	<b>617147</b>	<b>4</b>	<b>154286,8</b>	<b>10,317</b>	<b>0</b>		
<b>VAR.INTER F1*2</b>	<b>882415,5</b>	<b>12</b>	<b>73534,63</b>	<b>4,917</b>	<b>0,00002</b>		
<b>VAR.RESIDUELLE 1</b>	<b>897312,8</b>	<b>60</b>	<b>14955,21</b>			<b>122,292</b>	<b>28,45%</b>

Le test de NEWMAN- KEULS fait apparaître un seul groupe homogène, le groupe A avec les traitements N3xK3 (477,463g), N1xK1 (471.613), N4xK4 (388.65), N2xK2 (381.538). Pour le facteur bloc il classe le b1 en groupe homogène A.

**Tableau 51 : Teste de NEWMAN-KEULS du rendement potentiel**

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES
<b>3.0</b>	<b>D3</b>	<b>477,463</b>	<b>A</b>
<b>1.0</b>	<b>D1</b>	<b>471,613</b>	<b>A</b>
<b>4.0</b>	<b>D4</b>	<b>388,65</b>	<b>A</b>
<b>2.0</b>	<b>D2</b>	<b>381,538</b>	<b>A</b>

#### **I-14- Rendements réel qx/ha**

Au cours de notre essai, la plus grande valeur du rendement réel est obtenue avec les Traitements **N1xK1 (216,887 qx/ha)** et la plus faible valeur est obtenue avec le traitement **N3xK3 (117.789 qx/ha)**, (**Tableau 52**), la **figure 32** montre ces variations.

Tableau 52 : Rendements réel qx/ha

Traitements	N1xK1	N2xK2	N3xK3	N4xK4
<b>Riogrande</b>	216,887±180.171	128.286±62.71	117.789±84.912	126.237± 97.222

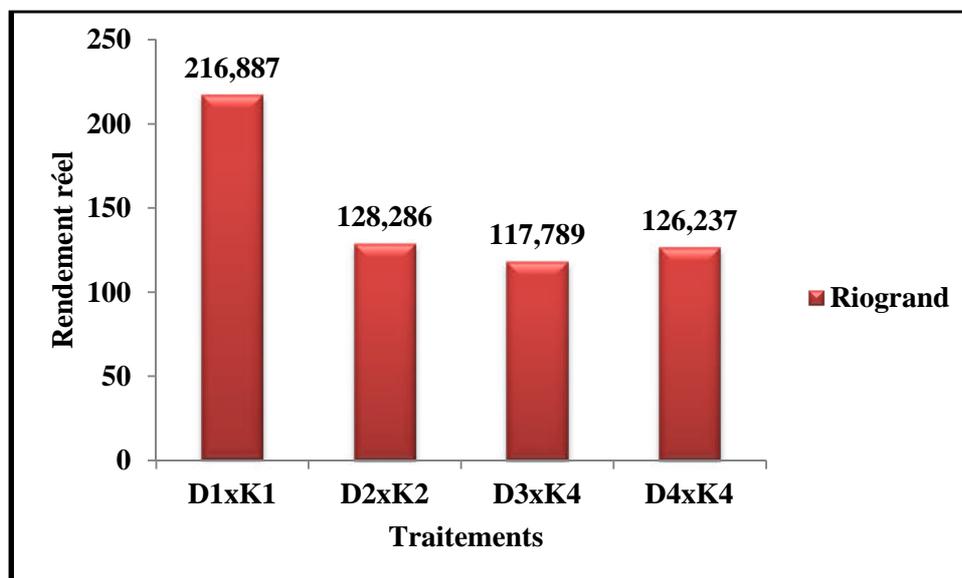


Figure32 : Effet de l'interaction N×K sur le rendement réel.

Les résultats de l'analyse de la variance (**Tableau 53**) ne montrent aucune différence significative du facteur étudié sur ce paramètre. Nos résultats rejoignent ceux obtenus par NEDJAR et GHEZRAOUI (2012) ; KHERBACHE et ZIANE (2014), contrairement aux résultats obtenus par KACEL et KACIMI (2013) qui ont trouvé dans leurs travaux des différences très hautement significatives.

Tableau 53 : Résultats de l'analyse de la variance du rendement réel

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
<b>VAR.TOTALE</b>	244815,9	19	12885,05				
<b>VAR.FACTEUR 1</b>	32591,97	3	10863,99	0,819	0,50447		
<b>VAR.RESIDUELLE 1</b>	212223,9	16	13263,99			115,169	78,19%

## I-15 – Calibre moyen des fruits (cm)

Le **tableau 54** montre que le calibre moyen le plus élevé est obtenu avec le traitement **N2xK2 (4.706 cm)**, et le calibre le plus faible est obtenu avec le traitement **N3xK3 (4.336cm)** la **figure33** illustre ces variations.

Tableau 54: Calibre moyen des fruits (cm)

Traitements	N1xK1	N2xK2	N3xK3	N4xK4
Riogrande	4.578±0.381	4.706±0.54	4.336±0.486	4.338± 0.604

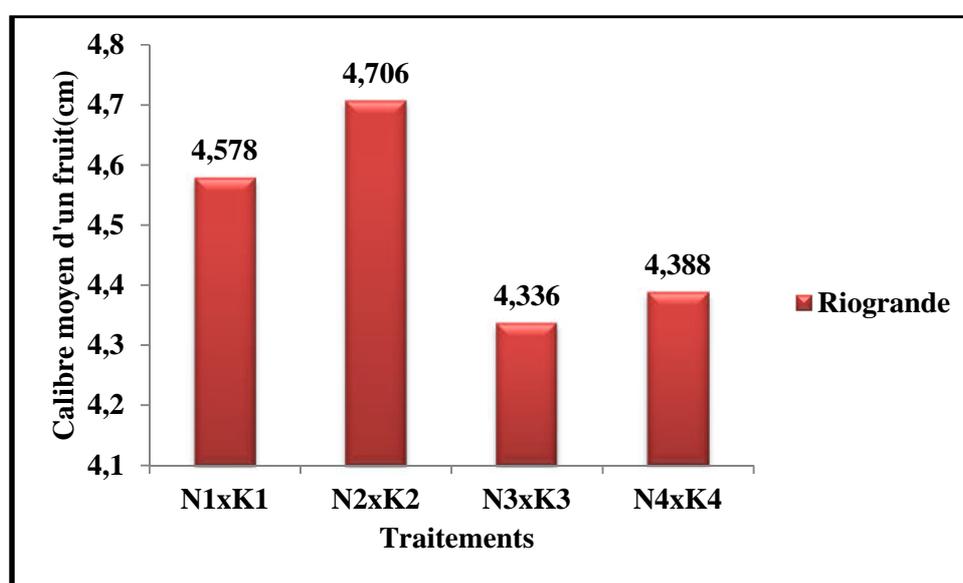


Figure 33 : Effet de l'interaction N×K sur le calibre moyen des fruits.

Les résultats de l'analyse de la variance (**Tableau 55**) ne montrent aucune différence significative du facteur dose. Par contre ils montrent une différence très hautement significative du facteur bloc. Cela est probablement dû aux températures élevées au cours de notre essai. Contrairement à ceux obtenus par NEDJAR et GHEZRAOUI (2012) ; KHERBACHE et ZIANE (2014), qui signalent des différences très hautement significatives pour le facteur traitement sur ce paramètre.

Tableau 55 : Résultat de l'analyse de la variance du calibre moyen d'un fruit (cm)

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
<b>VAR.TOTALE</b>	<b>45,58</b>	<b>79</b>	<b>0,577</b>				
<b>VAR.FACTEUR 1</b>	<b>1,759</b>	<b>3</b>	<b>0,586</b>	<b>1,784</b>	<b>0,15822</b>		
<b>VAR.FACTEUR 2</b>	<b>9,639</b>	<b>4</b>	<b>2,41</b>	<b>7,333</b>	<b>0,00009</b>		
<b>VAR.INTER F1*2</b>	<b>14,465</b>	<b>12</b>	<b>1,205</b>	<b>3,668</b>	<b>0,00039</b>		
<b>VAR.RESIDUELLE 1</b>	<b>19,717</b>	<b>60</b>	<b>0,329</b>			<b>0,573</b>	<b>12,73%</b>

## II- Paramètre technologique

### II-1- Teneur en eau

Le **tableau 56** montre que la valeur maximale de la teneur en eau est obtenue avec le traitement **N2xK2 (95.867)** et la valeur minimale est obtenue avec le traitement **N3xK3(93.867)** ; la **figure 34** illustre ces variations.

Tableau 56 : Teneur en eau

Traitements	N1xK1	N2xK2	N3xK3	N4xK4
<b>Riogrande</b>	95.833±0.737	95.867±0.252	93.867±0.289	94± 0.361

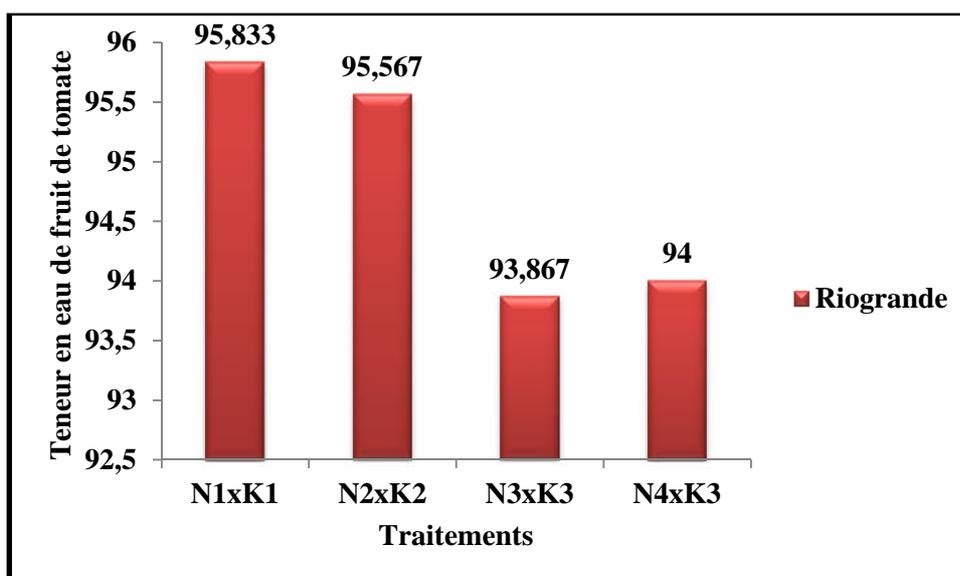


Figure34 : Effet de l'interaction N×K sur la teneur en eau de fruit de tomate.

Les résultats d'analyse de la variance (**Tableau 57**) montrent une différence très hautement significative du facteur dose sur la teneur en eau. Nos résultats sont plus ou moins proches des résultats obtenue par DAVIES et HOBSON (1981), qui signalent dans leur travaux que la tomate mûre est composée d'environ 95 % d'eau.

**Tableau 57 : Résultat de l'analyse de la variance de la teneur en eau**

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
<b>VAR.TOTALE</b>	<b>11,137</b>	<b>11</b>	<b>1,012</b>				
<b>VAR.FACTEUR 1</b>	<b>9,497</b>	<b>3</b>	<b>3,166</b>	<b>15,442</b>	<b>0,0013</b>		
<b>VAR.RESIDUELLE 1</b>	<b>1,64</b>	<b>8</b>	<b>0,205</b>			<b>0,453</b>	<b>0,48%</b>

Le test de NEWMAN- KEULS fait apparaitre deux groupes homogène, avec en groupe A les traitements N1xK1 (95.833) ; N2xK2 (95.567), et en groupe B les traitements N4xK4, N3xK3 correspondant respectivement à 94 % et 93.86%.

**Tableau58: Teste de NEWMAN-KEULS de la teneur en eau**

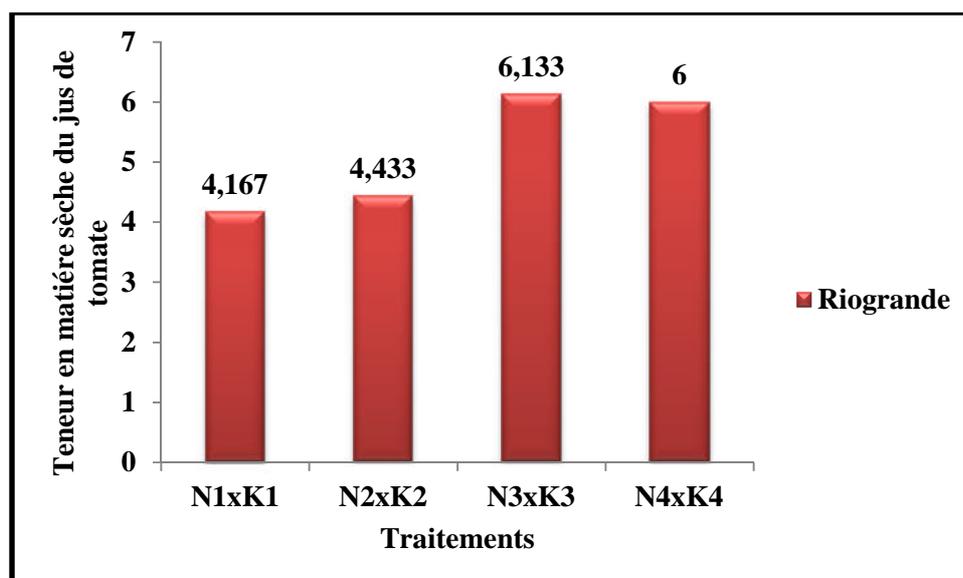
F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
<b>1.0</b>	<b>D1</b>	<b>95,833</b>	<b>A</b>	
<b>2.0</b>	<b>D2</b>	<b>95,567</b>	<b>A</b>	
<b>4.0</b>	<b>D4</b>	<b>94</b>		<b>B</b>
<b>3.0</b>	<b>D3</b>	<b>93,867</b>		<b>B</b>

## II-2- la teneur en matière sèche de fruit de tomate

Le **tableau 59** montre que la valeur maximale de la matière sèche de fruit de tomate est obtenue par le traitement **N3xK3 (6.433)** et la valeur minimale est obtenue par le traitement **N1xK1 (4.167)**, la **figure 35** illustre ces variations.

**Tableau 59 : Teneur en matière sèche de fruit de tomate**

Traitements	N1xK1	N2xK2	N3xK3	N4xK4
<b>Riogrande</b>	4.167±0.737	4.433±0.252	6.133±0.289	6± 0.361



**Figure35 : Effet de l'interaction N×K sur la teneur en matière sèche de fruit de tomate.**

Les résultats d'analyse de la variance (**Tableau 60**) montrent une différence très hautement significative du facteur dose sur ce paramètre. Nos résultats rejoignent ceux de KACEL et KACIMI (2013), il semble que le potassium a un effet positif sur la teneur de la matière sèche de fruit de tomate. Par ailleurs chez la pomme de terre, PANIQUE *et al.* (1997), ont signalé qu'il n'y a aucun effet de la fertilisation potassique sur la teneur en matière sèche.

**Tableau 60 : Résultat de l'analyse de la variance de la teneur en matière sèche de fruit de tomate**

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
<b>VAR.TOTALE</b>	<b>11,137</b>	<b>11</b>	<b>1,012</b>				
<b>VAR.FACTEUR 1</b>	<b>9,497</b>	<b>3</b>	<b>3,166</b>	<b>15,442</b>	<b>0,0013</b>		
<b>VAR.RESIDUELLE 1</b>	<b>1,64</b>	<b>8</b>	<b>0,205</b>			<b>0,453</b>	<b>8,74%</b>

Le test de NEWMAN- KEULS fait apparaître deux groupes homogène, avec en groupe A les traitements N3xK3 (6.133) ; N4xK4 (6), et en groupe B avec les traitements N2xK2(4.433) ; N3xK3 (4.167).

Tableau61: Teste de NEWMAN-KEULS de la teneur en matière sèche

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES	
3.0	D3	6,133	A	
4.0	D4	6	A	
2.0	D2	4,433		B
1.0	D1	4,167		B

### II-3-pH du jus de tomate

Le **tableau 62** montre que la valeur maximale du pH du jus de tomate est obtenue avec le traitement **N4xK4 (4.023)** et la valeur minimale est obtenue avec le traitement **N1xK1 (3.55)**, la **figure 36** illustre ces variations.

Tableau 62 : pH du jus de tomate

Traitement	D1	D2	D3	D4
Variété Riogrande	3,55±0,052	3,61±0,03	3,877±0,067	4,023±0,035

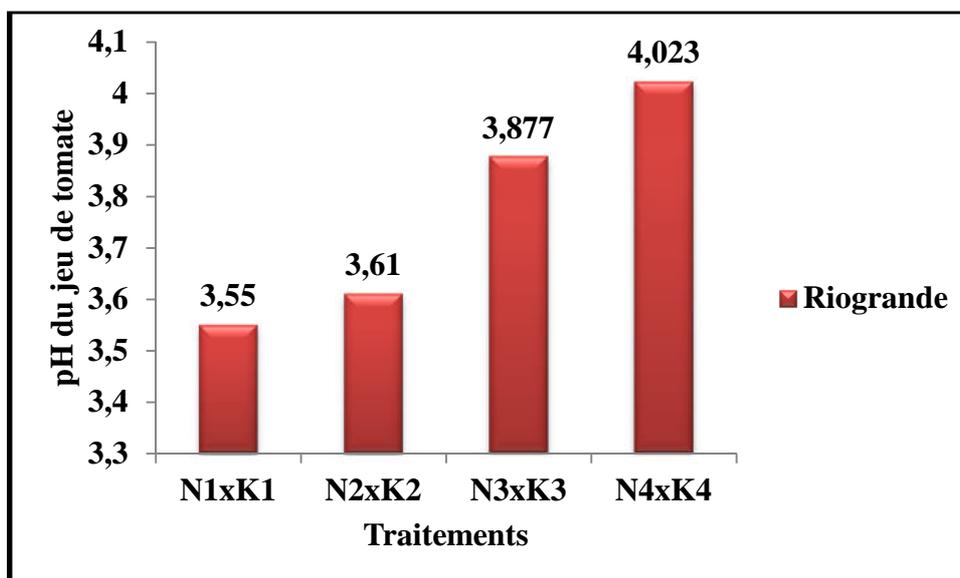


Figure 36 : Effet de l'interaction N×K sur le pH du jus de tomate.

Les résultats d'analyse de la variance (**Tableau 63**) montrent une différence très hautement significative du facteur dose sur le pH du jus de tomate. Les résultats obtenus sont

proche de la norme établie par MILADI (1970) qui est de 4.5. Nos résultats rejoignent ceux obtenus par DAVIES et OUARDI (1967) qui signalent dans leurs travaux que le pH varie selon la dose de potassium.

**Tableau 63 : Résultat de la variance du pH du jus de tomate**

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
<b>VAR.TOTALE</b>	<b>0,467</b>	<b>11</b>	<b>0,042</b>				
<b>VAR.FACTEUR 1</b>	<b>0,448</b>	<b>3</b>	<b>0,149</b>	<b>64,521</b>	<b>0,00002</b>		
<b>VAR.RESIDUELLE 1</b>	<b>0,019</b>	<b>8</b>	<b>0,002</b>			<b>0,048</b>	<b>1,28%</b>

Le test de NEWMAN- KEULS fait apparaître trois groupes homogènes, avec en groupe A avec le traitement N4xK4 (4.023), en groupe B le traitement N3xK3(3.877), et en groupe C les traitements N2xK2, N1xK1 correspondant respectivement aux valeurs : (3.61) ; (3.55).

**Tableau 64 : Teste de NEWMAN-KEULS du pH du jus de tomate**

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
<b>4.0</b>	<b>D4</b>	<b>4,023</b>	<b>A</b>		
<b>3.0</b>	<b>D3</b>	<b>3,877</b>		<b>B</b>	
<b>2.0</b>	<b>D2</b>	<b>3,61</b>			<b>C</b>
<b>1.0</b>	<b>D1</b>	<b>3,55</b>			<b>C</b>

#### II-4-Acidité titrable du jus de tomate(%)

Une bonne acidité du jus de tomate intervient dans la conservation du concentré de tomate sans oublier son rôle dans la qualité gustative du fruit. Sa teneur ne doit pas être inférieure à 0.35% (MILADI, 1970). Le **tableau 65** montre la plus grande valeur en acidité titrable est obtenue avec le traitement N1xK1(0.737) et la plus faible est obtenue avec le traitement N4xK4 (0.299). La **figure 37** illustre ces variations.

Tableau 65 : Acidité titrable du jus de tomate

Traitements	N1xK1	N2xK2	N3xK3	N4xK4
Variété Riogrande	0,737±0,065	0,579±0,032	0,383±0,081	0,299±0,032

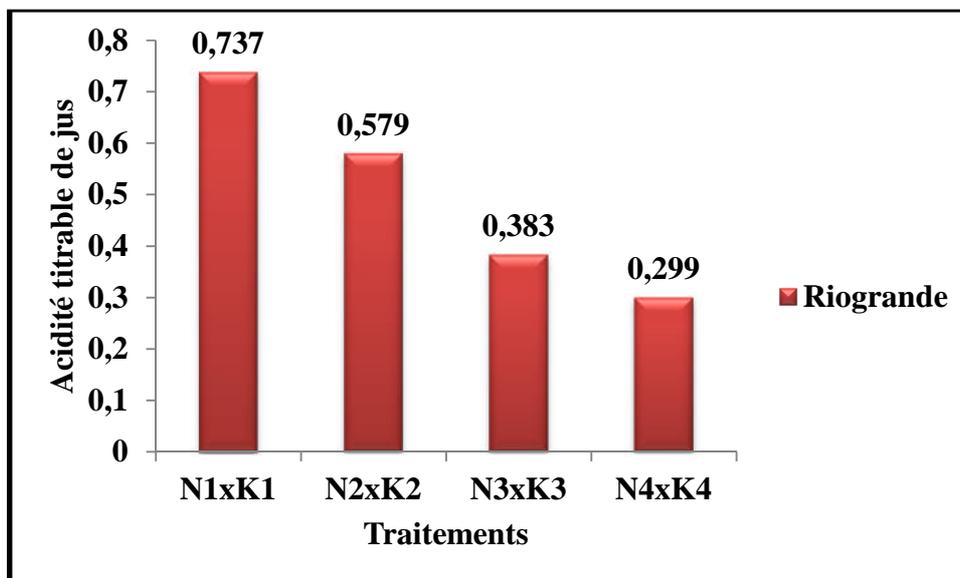


Figure 37: Effet de l'interaction N×K sur l'acidité titrable de jus de tomate.

Les résultats d'analyse de la variance (Tableau 66) montrent une différence très hautement significative du facteur dose sur l'acidité titrable du jus de tomate. Nos résultats rejoignent ceux obtenus par HALLADJ(2006) ; REY et COSTES (1965), qui ont montré un effet positif du potassium sur l'acidité titrable du jus de tomate. Contrairement aux résultats obtenus par NEDJAR et GHEZRAOUI (2012) ; KHERBACHE et ZIANE (2014).

Tableau 66 : Résultat de la variance de l'acidité titrable de jus de tomate

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	0,376	11	0,034				
VAR.FACTEUR 1	0,35	3	0,117	36,49	0,0001		
VAR.RESIDUELLE 1	0,026	8	0,003			0,057	11,33%

Le test de NEWMAN- KEULS fait apparaître trois groupes homogène, avec en groupe A le traitement N1xK1 (0.737), en groupe B le traitement N2xK2 (0.579), et en groupe C les traitements N3xK3, N4xK4 correspondant respectivement à 0.383 ; 0.299.

**Tableau 67 : Teste de NEWMAN-KEULS de l'acidité du jus de tomate**

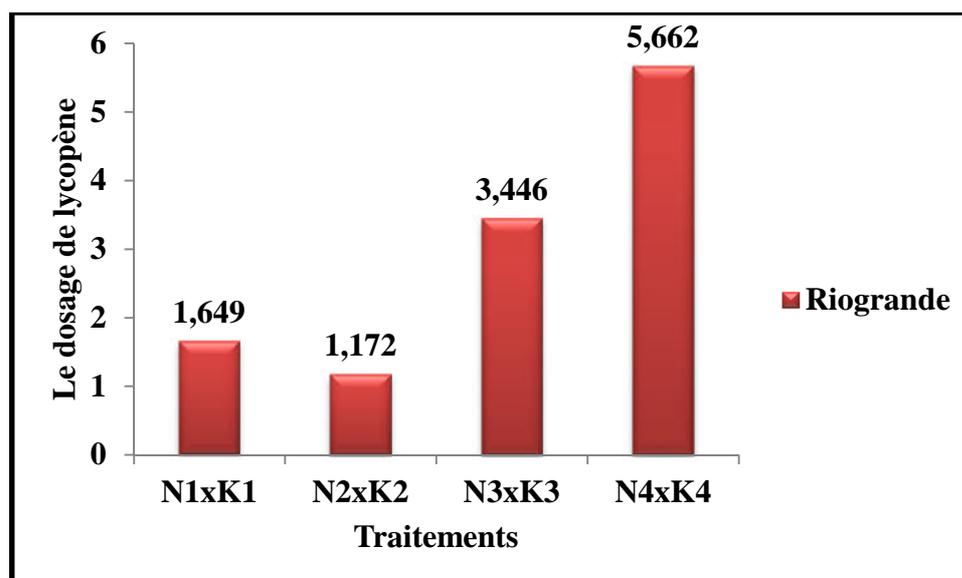
F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
1.0	D1	0,737	A		
2.0	D2	0,579		B	
3.0	D3	0,383			C
4.0	D4	0,299			C

## II-5-Dosage du lycopène dans le jus de tomate

Le **tableau 68** montre, que la plus grande valeur est obtenue avec le traitement N4xK4 (5.662) et la plus faible valeur est obtenue avec le traitement N2xN4 (1.172). La **figure 38** illustre ces variations.

**Tableau 68: Dosage du lycopène dans la tomate**

Traitements	N1xK1	N2xK2	N3xK2	N4xK4
Variété Riogrande	1,649±0,095	1,172±0,074	3,446±0,052	5,662±0,064



**Figure 38: Effet de l'interaction N×K sur le dosage de lycopène.**

Les résultats d'analyse de la variance (tableau 69) montrent une différence très hautement significative du facteur dose sur la teneur en lycopène. Nos résultats rejoignent ceux obtenus par NADJAR et GHEZRAOUI (2012) ; KACEL et KACIMI (2013). Aussi TRUDEL et OZBUN (1971), signalent l'effet positif du potassium sur l'accumulation du lycopène dans le fruit.

**Tableau 69 : Résultat d'analyse de la variance de dosage de lycopène**

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
<b>VAR.TOTALE</b>	<b>37,398</b>	<b>11</b>	<b>3,4</b>				
<b>VAR.FACTEUR 1</b>	<b>37,356</b>	<b>3</b>	<b>12,452</b>	<b>2352,167</b>	<b>0</b>		
<b>VAR.RESIDUELLE 1</b>	<b>0,042</b>	<b>8</b>	<b>0,005</b>			<b>0,073</b>	<b>2,44%</b>

Le test de NEWMAN- KEULS fait apparaître quatre groupes homogène avec en groupe A avec le traitement N4xK4 (5.662), en groupe B le traitement N3xK3(3.446), en groupe C le traitement N1xK1(1.649), et en groupe D le traitement N2xK2(1.172). *Teste de NEWMAN-KEULS du rendement potentiel*

Tableau70 : Teste de NEWMAN-KEULS du lycopène

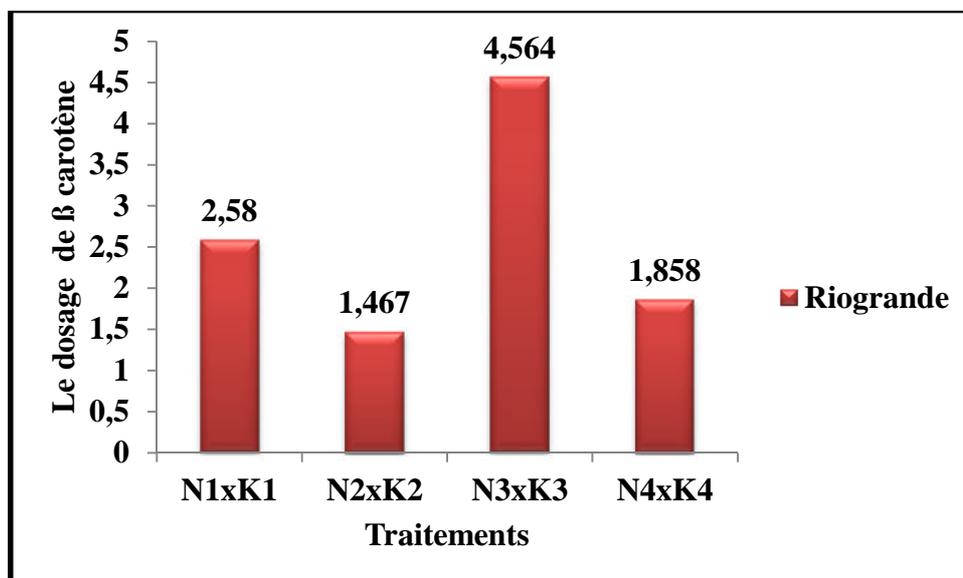
F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES			
4.0	D4	5,662	A			
3.0	D3	3,446		B		
1.0	D1	1,649			C	
2.0	D2	1,172				D

## II-6-la teneur en $\beta$ Carotène

Le **tableau 71** montre que la plus grande valeur de  $\beta$  carotène est obtenue avec le traitement N3xK3(4.564) et la plus faible valeur est obtenue avec le traitement N2xK2 (1.467). La **figure 39** illustre ces variations.

Tableau 71 : Teneur en  $\beta$  Carotène

Traitements	N1xK1	N2xK2	N3xK3	N4xK4
Riogrande	2.58 $\pm$ 0,035	1,467 $\pm$ 0,036	4,564 $\pm$ 0,059	1.858 $\pm$ 0,149

Figure 39 : Effet de l'interaction N×K sur le dosage de  $\beta$  carotène de fruit de tomate.

Les résultats d'analyse de la variance (**Tableau 72**) montrent une différence très hautement significative du facteur dose sur la teneur en  $\beta$  carotène du jus de tomate. Nos

résultats rejoignent ceux obtenus par NEDJAR et GHEZRAOUI (2012) ; KHERBACHE et ZIANE (2014). ou un effet positif du potassium sur la synthèse le  $\beta$  carotène est observé.

**Tableau 72 : Résultat de l'analyse de la variance de dosage de  $\beta$  carotène**

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
<b>VAR.TOTALE</b>	<b>17,129</b>	<b>11</b>	<b>1,557</b>				
<b>VAR.FACTEUR 1</b>	<b>17,072</b>	<b>3</b>	<b>5,691</b>	<b>808,012</b>	<b>0</b>		
<b>VAR.RESIDUELLE 1</b>	<b>0,056</b>	<b>8</b>	<b>0,007</b>			<b>0,084</b>	<b>3,21%</b>

Le test de NEWMAN- KEULS fait apparaître quatre groupes homogène, avec en groupe A le traitement N3xK3 (4.564), en groupe B le traitement N1xK1 (2.58), en groupe C le traitement N4xK4(1.858), et en groupe D le traitement N2xK2(1.467).

**Tableau 73 : Teste de NEWMAN-KEULS de  $\beta$  carotène**

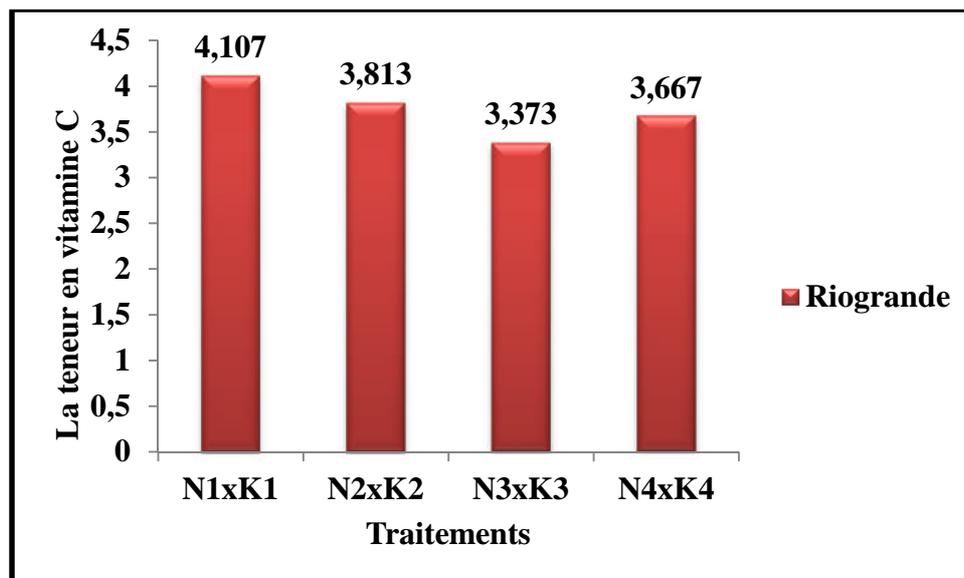
F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES			
<b>3.0</b>	<b>D3</b>	<b>4,564</b>	<b>A</b>			
<b>1.0</b>	<b>D1</b>	<b>2,58</b>		<b>B</b>		
<b>4.0</b>	<b>D4</b>	<b>1,858</b>			<b>C</b>	
<b>2.0</b>	<b>D2</b>	<b>1,467</b>				<b>D</b>

## II-7-Vitamine C

Le **tableau 74** montre que la valeur la plus élevée de la vitamine C est obtenue avec le traitement N1xK1 (4.107) et la plus faible valeur est obtenue avec le traitement N3xK3(3.373). La **figure 40** illustre ces variations.

**Tableau 74: Vitamine C**

Traitements	N1xK1	N2xK2	N3xK3	N4xK4
<b>Riogrande</b>	4.107 $\pm$ 0,254	3.813 $\pm$ 0,508	3.373 $\pm$ 0,672	3.667 $\pm$ 0,254



**Figure 40 : Effet de l'interaction N×K sur la teneur en vitamine C de fruit de tomate**

Les résultats d'analyse de la variance (**tableau 75**) ne montrent aucune différence significative du facteur dose sur la vitamine C. Cela probablement dû au manque d'eau. Nos résultats rejoignent ceux obtenus par AMICHI et OUERDI(2005), qui ont trouvé un effet négatif du potassium sur se paramètre. Contrairement aux résultats obtenu par NEDJAR et GHEZRAOUI (2012) ; KHERBACHE et ZIANE (2014). Qui ont montré un effet positif du potassium sur la teneur en vitamine C.

**Tableau 75 : Résultat de l'analyse de la variance de teneur en vitamine C**

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
<b>VAR.TOTALE</b>	<b>2,517</b>	<b>11</b>	<b>0,229</b>				
<b>VAR.FACTEUR 1</b>	<b>0,839</b>	<b>3</b>	<b>0,28</b>	<b>1,333</b>	<b>0,33027</b>		
<b>VAR.RESIDUELLE 1</b>	<b>1,678</b>	<b>8</b>	<b>0,21</b>			<b>0,458</b>	<b>12,25%</b>

## II-8-Sucre totaux

Le **tableau 76** montre que la plus grande valeur de la teneur en sucre totaux est obtenu avec le traitement N1xK1 (16.227) est la plus faible valeur est obtenue avec le traitement N4 xK4 (12.26). La **figure 41** illustre ses variations.

Tableau 76 : Sucre totaux

Traitements	N1xK1	N2xK2	N3xK3	N4xK4
<b>Riogrande</b>	16.227±2.53	13.654±0.245	14.671±2.162	12.26±0,215

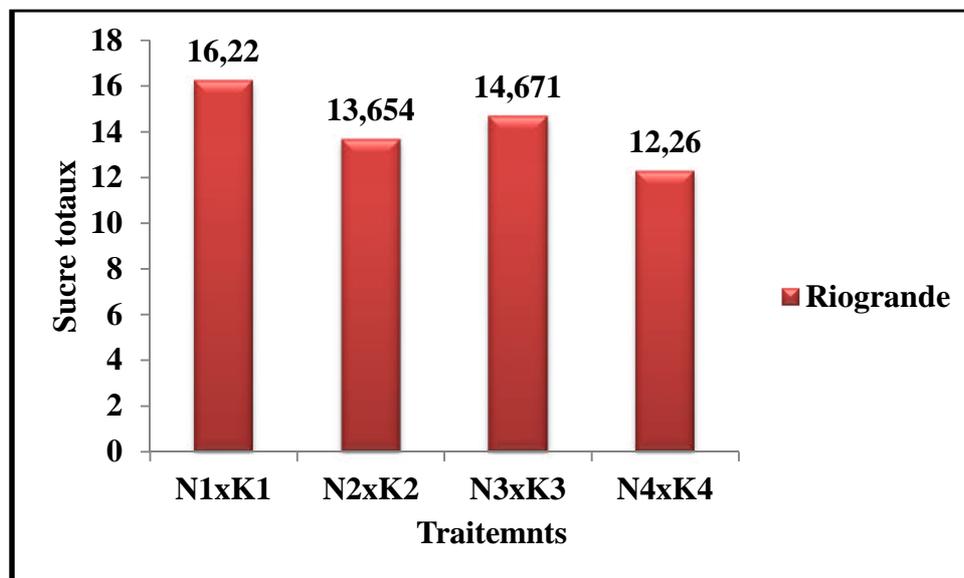


Figure 41 : Effet de l'interaction N×K sur la teneur en sucre totaux de jeu de tomate.

Les résultats d'analyse de la variance (**tableau 77**) ne montrent aucune différence significative du facteur dose sur la teneur en sucre totaux. Nos résultats rejoignent ceux obtenus par KHERBACHE et ZIANE (2014). Contrairement aux résultats obtenus par NEDJAR et GHEZRAOUI (2012) ; KACEL et KACIMI (2013), qui ont montré un effet positif du potassium sur la teneur en sucre totaux.

Tableau 77 : Résultat de l'analyse de la variance de la teneur en sucre totaux de jus de tomate

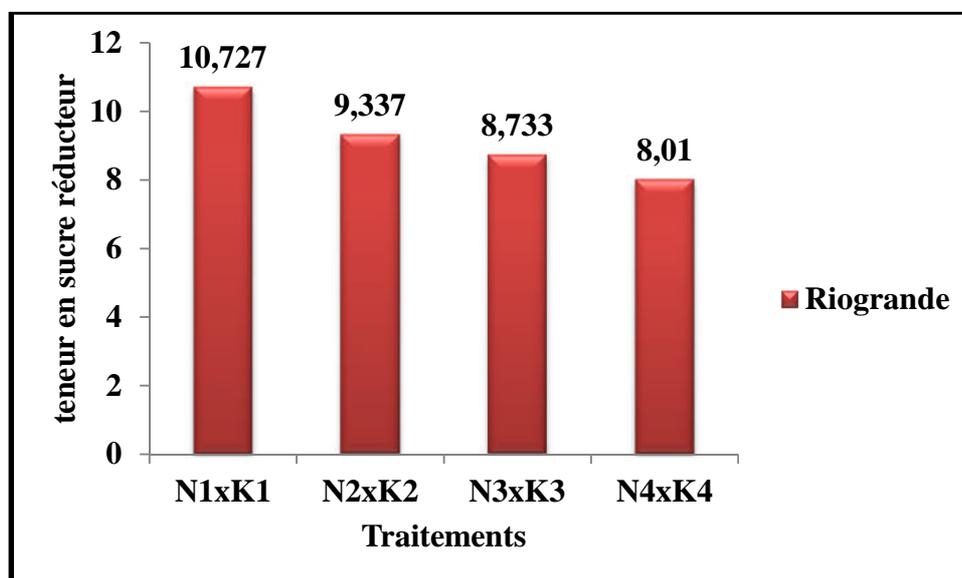
	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
<b>VAR.TOTALE</b>	<b>47,453</b>	<b>11</b>	<b>4,314</b>				
<b>VAR.FACTEUR 1</b>	<b>25,091</b>	<b>3</b>	<b>8,364</b>	<b>2,992</b>	<b>0,09532</b>		
<b>VAR.RESIDUELLE 1</b>	<b>22,363</b>	<b>8</b>	<b>2,795</b>			<b>1,672</b>	<b>11,77%</b>

## II-9-Sucre réducteur

Le **tableau 78** montre que la plus grande valeur de la teneur en sucre réducteur est obtenue avec le traitement N1xK1 (10.727) et la plus faible valeur est obtenue avec le traitement N4xK4 (8.01). La **figure 42** illustre ses variations.

**Tableau 78: Sucre réducteur**

Traitements	N1xK1	N2xK2	N3xK3	N4xK4
<b>Riogrande</b>	10.727±0.24	9.337±0.316	8.3373±0.122	8.01±0,171



**Figure 42 : Effet de l'interaction N×K sur la teneur en sucre réducteur de jeu de tomate.**

Les résultats d'analyse de la variance (**tableau 79**) montrent une différence très hautement significative du facteur dose sur la teneur en sucre réducteur. Nos résultats rejoignent ceux obtenus par NEDJAR et GHEZRAOUI (2012). Qui ont montré un effet positif du potassium sur la teneur en sucre réducteur.

**Tableau 79 : Résultat d'analyse de la variance de la teneur en sucre réducteur de jus de tomate**

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
<b>VAR.TOTALE</b>	<b>12,353</b>	<b>11</b>	<b>1,123</b>				
<b>VAR.FACTEUR 1</b>	<b>11,95</b>	<b>3</b>	<b>3,983</b>	<b>79,111</b>	<b>0,00001</b>		
<b>VAR.RESIDUELLE 1</b>	<b>0,403</b>	<b>8</b>	<b>0,05</b>			<b>0,224</b>	<b>2,44%</b>

Le test de NEWMAN- KEULS fait apparaître quatre groupes homogène, avec en groupe A le traitement N1xK1 (10.727), en groupe B avec le traitement N2xK2(9.337) et en groupe C le traitement N3xK3(8.733), et en groupe D le traitement N4xK4 (8.01).

**Tableau80 : Teste de NEWMAN-KEULS de la teneur en sucre réducteur**

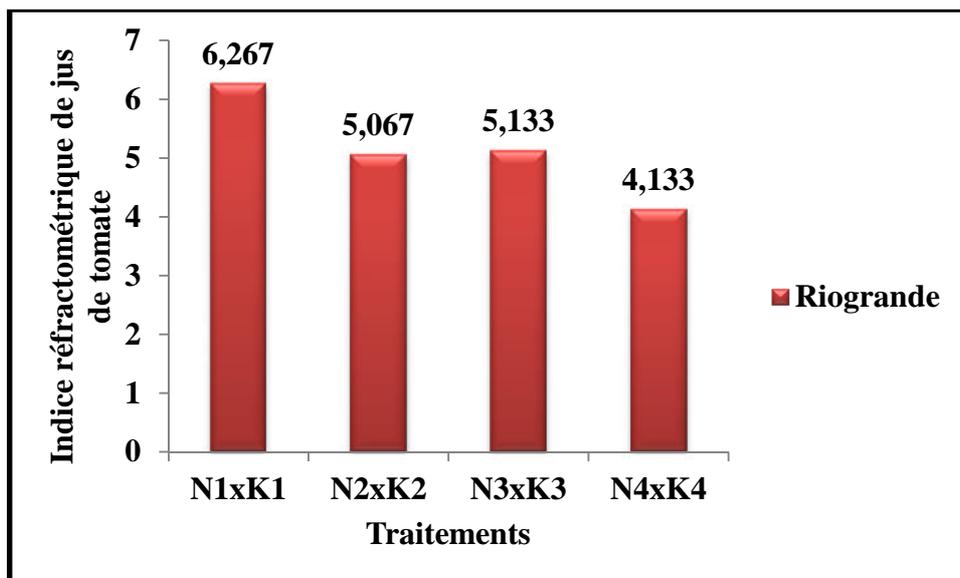
F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES			
<b>1.0</b>	<b>D1</b>	<b>10,727</b>	<b>A</b>			
<b>2.0</b>	<b>D2</b>	<b>9,337</b>		<b>B</b>		
<b>3.0</b>	<b>D3</b>	<b>8,733</b>			<b>C</b>	
<b>4.0</b>	<b>D4</b>	<b>8,01</b>				<b>D</b>

## II-10- indice de brix

Le **tableau 81** montre, que la plus grande valeur est obtenue avec le traitement N1xK1 (6.267) et la valeur la plus faible est obtenue avec le traitement N4xK4 (4.133). La **figure 42** illustre ces variations.

**Tableau 81 : Indice de brix**

Traitements	D1	D2	D3	D4
<b>Riogrande</b>	6.267±0.252	5.067±0.306	5.133±0.321	4.133±0.321



**Figure 43 : Effet de l'interaction N×K sur l'indice de brix.**

Les résultats d'analyse de la variance (**Tableau 82**) montrent une différence très hautement significative du facteur dose sur l'indice de brix. Nos résultats rejoignent ceux obtenus par NEDJAR et GHEZRAOUI (2012). Qui ont montré un effet positif du potassium sur l'indice réfractométrique.

**Tableau 82 : Résultat d'analyse de la variance de l'indice de brix de jus de tomate**

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
<b>VAR.TOTALE</b>	<b>7,59</b>	<b>11</b>	<b>0,69</b>				
<b>VAR.FACTEUR 1</b>	<b>6,863</b>	<b>3</b>	<b>2,288</b>	<b>25,187</b>	<b>0,00029</b>		
<b>VAR.RESIDUELLE 1</b>	<b>0,727</b>	<b>8</b>	<b>0,091</b>			<b>0,301</b>	<b>5,85%</b>

Le test de NEWMAN- KEULS fait apparaître trois groupes homogènes, le groupe A avec le traitement N1xK1 (6.267), le groupe B avec les traitements N2xK2(5.067), N3(5.133), et le groupe C avec le traitement, N4xK4 (4.133).

Tableau 83 : Teste de NEWMAN-KEULS de l'indice de brix

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
1.0	D1	6,267	A		
3.0	D3	5,133		B	
2.0	D2	5,067		B	
4.0	D4	4,133			C

### III-Etude de quelques corrélations : Matrice de corrélation

La matrice de corrélation nous permet d'établir des liaisons entre variables et d'observer l'intensité de la relation entre les variables deux à deux, positivement ou négativement liées entre elles.

Elle permet d'orienter les recherches futures sur divers objectifs aussi bien d'un point de vue nutritionnel et de la production. Nous retenons les principales corrélations suivantes :

➤ **Pour les paramètres agronomiques:**

On note les corrélations positives et fortement corrélées entre le nombre de tiges par plant et le nombre de fleurs par plant (0.82), il s'agit là d'une corrélation intéressante puisque plus le nombre de tiges par plant est élevé plus le nombre de fleurs par plant l'est aussi;

Cependant un stress hydrique serait néfaste, puisqu'il entrainera la chute des fleurs d'ou la corrélation positive avec le nombre de fleurs avortées (0.71). La figure 43, montre ces corrélations.

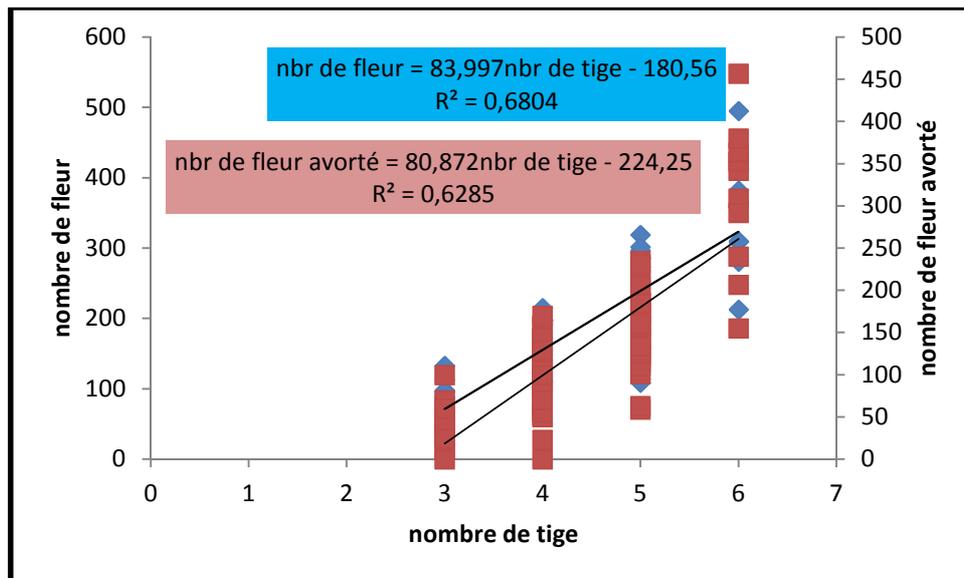


Figure 44 : corrélations positives entre les paramètres de productions

➤ Pour les paramètres technologiques:

- On note les corrélations positives et fortement corrélées entre le pH et le lycopène (0.94) il s'agit là d'une corrélation intéressante puisque plus le pH est élevé plus le lycopène l'est aussi. Nous signalons cependant que le pH reste dans les normes requises pour la conservation du concentré de tomate. La figure 47 montre ces corrélations.

Cependant, on note une corrélation négative entre le pH et l'acidité du jus de tomate (-0.92) (Figure44).

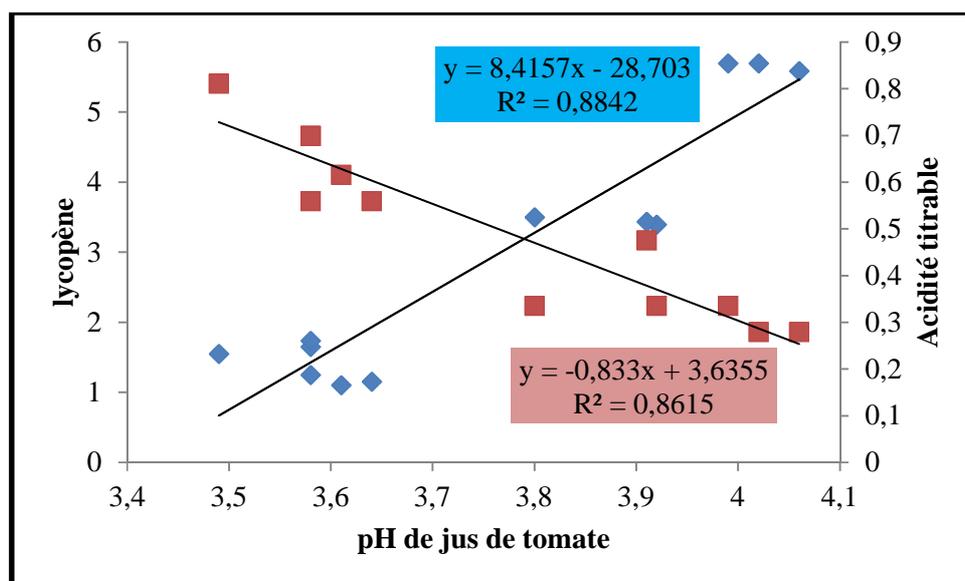


Figure 45 : Corrélation entre pH, lycopène et acidité

## VI-Discussion générale

Les résultats obtenus sur la tomate montrent que la croissance du fruit résulte de la multiplication des cellules et de leur croissance. Cette dernière implique que l'augmentation du volume cellulaire dépend de l'approvisionnement en eau et de la richesse en solutés. Après la phase de division cellulaire, le fruit peut être vu comme une collection de cellules en croissance. Il est intéressant de noter que la taille moyenne des cellules diminue en général avec le nombre de cellules. Ce phénomène qui ressemble à de la compétition entre cellules limite un peu l'effet positif du nombre de cellules sur la croissance du fruit (Quilot et Génard, 2008).

De manière générale, bien que la taille des cellules contribue le plus à la croissance en volume du fruit, la variabilité génétique ou environnementale de la taille du fruit est fortement liée à la variabilité du nombre de cellules. La croissance en volume du fruit peut être également analysée sous l'angle des flux d'eau et de carbone. En effet, les variations de volume du fruit résultent du bilan entre les entrées d'eau et de carbone par le xylème et le phloème et des sorties par la transpiration et la respiration. Les sucres sont apportés par le phloème et une bonne compréhension de l'importance respective des flux permet de mieux comprendre comment les sucres et l'eau s'accumulent dans le fruit. Le flux transpiratoire dépend de la perméabilité de l'épiderme à l'eau. La perméabilité dépend de facteurs de l'environnement (par exemple elle est diminuée en cas de stress salin) et elle est très variable selon les espèces et au sein d'une même espèce selon les variétés. Cette variabilité génétique entraîne une large gamme de sensibilité des fruits à la transpiration ce qui a des conséquences sur la croissance du fruit et l'établissement de sa teneur en matière sèche (Lescouret *et al.*, 2001). La multiplication cellulaire détermine le potentiel de croissance du fruit et peut être variable selon la position du fruit dans la plante ou au sein d'une inflorescence. Elle est sensible à différents facteurs comme l'alimentation hydrique et carbonée ou la température.

Au cours de la croissance de fruits l'accumulation des sucres et acides en tant que composés majoritaires issus du métabolisme primaire, caractérisant la qualité gustative, et à des composés minoritaires tels que la vitamine C, les caroténoïdes et les composés phénoliques pour leur rôle dans la valeur nutritionnelle du fruit. La composition en sucres et

acides évolue au cours du développement du fruit, la concentration en sucres solubles augmente, celle en amidon augmente dans les phases précoces, puis décroît jusqu'à maturité. Les concentrations en acides citrique et malique augmentent pendant la croissance du fruit puis diminuent fortement ensuite pendant la maturation mais ces dynamiques varient en fonction des génotypes. Cependant la teneur en vitamine C du fruit diminue au cours des premières phases du développement du fruit, essentiellement par le phénomène de dilution lié à l'accumulation d'eau et d'autres composés carbonés dans le fruit. La concentration en vitamine C diminue lentement puis elle augmente rapidement au cours de la maturation. Cette dernière étape est corrélée à l'accumulation des sucres dans le fruit. Cependant, nous avons montré qu'il ne s'agissait pas d'une liaison fonctionnelle, puisque l'augmentation de la teneur en sucres des fruits observée suite à une diminution de la charge en fruits sur les plants de tomate, n'induisait pas d'augmentation des concentrations en vitamine C (Massot *et al.*, 2010).

Eu cours de la culture, la composition en caroténoïdes, en composés phénoliques et en vitamine C des fruits produites sur les bouquets successifs varie plus fortement avec la saison qu'en fonction de la nutrition azotée de la plante. Ces différences sont déterminées par le climat, l'éclairement lumineux des fruits et par leurs températures, la température élevée au dessus de 30 C° le lycopène pigment responsable de la couleur rouge de fruit ne se forme plus c'est le B-carotène qui se forme donnant ainsi une coloration jaune-orange au fruit (Bénard *et al.*, 2009). Une réduction de la fertilisation azotée favorise l'accumulation de sucre, réduit la concentration en acides.

Cependant une augmentation de la fertilisation azotée provoque une diminution de l'accumulation de sucre comme on a trouvé dans nos résultats. Les fruits collectés sur les tomates cultivés à faible niveau d'azote ont tendance à être plus riches en poly-phénols, alors que la concentration en caroténoïdes n'est pas affectée par l'azote (Bénard *et al.*, 2009).

Le statut hydrique des plantes est un paramètre physiologique essentiel à évaluer chez une culture. En effet, le potentiel hydrique influence le taux de transpiration et d'absorption de l'eau par les plantes (Basiouny *et Coll.*, 1994). La tomate est très sensible au stress hydrique (Salter, 1954; Waister *et Hudson*, 1970). Un manque d'eau dans le sol (irrigation déficiente) ou une demande évaporative qui excède la capacité de prélèvement de l'eau du sol par les racines sont les principales causes d'un stress hydrique. Sous un stress hydrique modéré, la conductance stomatique diminue limitant ainsi la transpiration et la photosynthèse suite à un mouvement restreint du CO<sub>2</sub> et de la vapeur d'eau (Benton, 1999).

Cette réponse a longtemps été expliquée en considérant que la diminution du flux hydrique entraînait automatiquement une modification du potentiel hydrique foliaire et la fermeture des stomates à partir d'un certain seuil (Jones, 1992). Cependant, diverses expériences récentes ont montré que ce mécanisme était souvent insuffisant pour rendre compte à lui seul du comportement des stomates.

D'autres résultats expérimentaux ont permis de montrer qu'il existe chez diverses plantes un mécanisme supplémentaire de rétrocontrôle faisant intervenir une hormone végétale, l'acide abscissique (ABA) (Hartung *et coll.*, 2002). En conditions de sécheresse, les

racines synthétisent l'ABA. Transportée par la sève brute, cette hormone agit sur les stomates en provoquant leur fermeture. La sécheresse stimule aussi considérablement la synthèse de l'ABA dans les feuilles. L'ABA bloque le fonctionnement des ATPases membranaires entraînant une baisse de la turgescence des cellules de garde et la fermeture des stomates. Ce mécanisme permet une adaptation rapide au stress hydrique. L'ABA administré artificiellement a le même effet sur les stomates (Pol, 1998).

# Conclusion

## Conclusion générale

---

Notre étude réalisée en plein champ au niveau de la station des cultures maraîchères industrielles des Issers, porte sur l'effet de l'interaction de deux éléments minéraux majeurs azote x potassium sur les paramètres agronomique et technologique chez une variété de tomate industrielle : Riogrande.

Les principaux résultats obtenus, se résument comme suit :

De l'ensemble des résultats obtenus, il en ressort que la dose N3xK3 (440U de N, 250U de K<sub>2</sub>O) semble être la plus intéressante par rapport aux autres doses N1xK1 (110 U de N, 0 U de K<sub>2</sub>O), N2xK2 (220 U de N, 125 U de K<sub>2</sub>O), N4xK4 (440 U de N, 500 U de K<sub>2</sub>O) sur les paramètres agronomiques à savoir : nombre de tige par plant, nombre de fleurs par plant, nombre de bouquet floraux par plant, nombre de fruit par plant, le poids total des fruits par plant, et le rendement potentiel.

Pour la plus part des paramètres technologiques, la dose N1xK1 (110U de N, 0U K<sub>2</sub>O) est statistiquement la plus intéressante, notamment sur la teneur en eau, les sucres réducteurs, l'acidité et la teneur en lycopène ; Par contre, pour la teneur en β-carotène c'est la dose N3xK3 (440U de N, 250U de K<sub>2</sub>O) qui enregistre les meilleurs résultats.

Nous signalons cependant, que dans le blanc 3 les conditions de terrain semblent favorables puisque le sol à cet endroit est bien ressuyé lorsque l'apport d'eau est réalisé comparé aux autres blocs.

Par ailleurs, nous signalons que durant l'essai, plusieurs contraintes ont limité les potentialités de la plante, on peut citer tout particulièrement les points remarquables suivants :

- Le manque important de l'eau et son irrégularité au cours du cycle de la plante ;
- les conditions climatiques en particulier les fortes températures est la longue période sèche durant l'essai ;
- L'hétérogénéité de la parcelle d'essai, ayant montré des différences entre blocs ;
- La période d'apport de la fertilisation potassique au stade floraison n'a peut être été bénéfique pour son absorption efficace par la plante ;
- De même, il y a lieu de signaler le taux élevé d'argile (57%) ayant probablement entraîné la fixation du potassium par le complexe argilo-humique au détriment de son absorption ;

## Conclusion générale

---

Au terme de ce travail nous préconisons dans les essais ultérieurs de reprendre l'effet de l'interaction azote et potassium en maintenant la dose D3×K3, comme dose de référence puisqu'elle a donné des résultats intéressants sur les paramètres agronomiques, sauf que ces résultats auraient pu être plus intéressants si les contraintes suivantes seront contrôlées à l'avenir. Nous citons à cet effet les principales contraintes:

- De mener de façon régulière les irrigations de la plante.
- Faire des apports en fertilisation au stade jeune plantule pour avoir des meilleurs résultats
- Travailler sur des sols faiblement pourvu en argile afin d'éviter ou limiter la forte fixation du potassium.

# Références bibliographiques

## Référence bibliographique

- **ABDOUSSALAM I, et TOUZARI H., 2005:** Effet de trios dose de fertilization potassique sur les parameter agronomique et technologique chez deux varieties de tomate industrielle(*lycopersicon esculentum* MILL). Thèse d'ingénieur à l'UMMTO.93p.
- **AGARWAL S, et RAO A.V., 1998.**Tomato lycopene and low density lipoprotein oxidation. *Human dietary intervention study*, 1998, n °10, 981–84.
- **AGARWAL S. et RAO A.V., 2000.**Tomato lycopene and its role. Human health and chronic disease, 2000, n °6,739- 44.
- **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, 2005.** Cours sur la tomate industrielle, communication journée d'étude et de réflxion sur la tomate industrielllle.Guelma,11-12-13 Juillet 2005.
- **ANONYME, 2010.**Caractéristique et importance de la tomate. INRA.PP 2-8.
- **ANONYME, 2011.** File://K:/fertilisationtt/dynamics-of pand-k.aspx.htm\_
- **ATHERTON D.G. and HARRIS G.P., 1986.** Howering in the tomato crop. A scientific basis for improvement. Ed. ATHERTON J.G and RUDICH J. LONDON, New York. Pp 167-200.
- **BABA AISSA F., 1999.** Encyclopédie des plantes utiles, flore d'Algérie et de Maghreb. Ed. librairie moderne, Rouiba: 278-279p.
- **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.

- **BASIOUNY, F.M., K. BASIOUNY ET M. MALONEY., 1994.** Influence of water stress on abscisic acid and ethylene production in tomato under different PAR levels. *Journal of Horticultural Science*, 69 : 535-541.
- **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.
- **BENARD C., GAUTIER H., BOURGAUD F., GRASSELLY D., NAVEZ B., CARIS-VEYRAT C., WEISS M., GENARD M., 2009.** Effects of low nitrogen supply on tomato (*Solanum lycopersicum*) fruit yield and quality with special emphasis on sugars, acids, ascorbate, carotenoids, and phenolic compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 57, 4112-4123.
- **BENTON J., 1999.** Tomato plant culture: In the field, greenhouse, and home garden. Boca Raton: CRC Press. 199 p.
- **BENTVELSEN C.L.M., 1980.** Réponse des rendements à l'eau. Ed Dunod. 235p.
- **BILTON R. F., 1999.** Carotenoid composition and antioxidant potential. *Subfractions of human low-density lipoprotein of annals clinical*, n°5 -36.
- **BLANCARD D., LATERROT H., MARCHOUX G. et CANDRESSE T. ,2009.** Les maladies de la tomate. ed. Quae, Paris. 679p.
- **BLANCARD., 1997.** Maladie de la tomate .Ed.Quae.Paris. 665p.
- **CHAUX C.L. et FOURY C.L., 1994.** Culture légumière et maraichère. Tome III. Ed. Lavoisier. 563p.
- **CHAUX C.L. et FOURY C.L., 1994.** Culture légumières. Légume fruits. Tome I. Ed. Lavoisier. Paris.

- **CHIBANE N., 1999.** Tomate sous serre, bulletin mensuelle d'information et de liaison du programme nationale de transfère de technologie en agriculture. Maroc. N57. pp1-4.
- **CIRAD. Et GRET., 2002.** Memento de l'agronomie. Ed. Quae. P. 1045-1046.
- **CLINTON S., 1998.** Lycopene: chemistry, biology, and implications for human health and disease. *Nutr Review*, 1998, n °2, 35–51.
- **CRONQUIST A., 1981.** An integrated system of classification of following plants. Colombia University : 1256p.
- **DESVALS L. et DALY K., 1998.** Guide des principaux adventices des cultures maraichères de la nouvelle calédonie. Ed. CIRAD.98P.
- **ELODIE. , 2009 :** Categorized as Mes soins de beauté, Zoom sur...Le lycopène de tomate.
- **EZZAHIRI B., BOUHACHE M., MIHI M. et ERRAKI I. 2004.** Index phytosanitaire du Maroc. Ed 2004.AMPP.257p.
- **FAO, 2014.** Base de données statistiques de l'organisation de l'agriculture et de l'alimentation.
- **FAVIER J., IRELAND-RIPERT J., TOQUE C. et FEINBERG., 2003.** Répertoire générale des aliments. Ed. Ciquil: 40-48p.
- **GALLAIS A. et BANNERONT H., 1992.** Amélioration des espèces végétales cultivées. Objectifs et critères de sélection. Paris. INRA. 391p.
- **GAUCHER., 1968 in KHAZEM et KHELLOUL., 2000.** Traité de pédologie agricole : le sol et ses caractéristiques agronomiques. Ed Dunod. 312 p.
- **GAUSSEN H., LEFOY J. et OZENDA P., 1982.** Précis de Botanique. 2<sup>ème</sup> ed. Masson, Paris. 1972p.

- **GAUTHIER J., 1991.** Notion d'agriculture : Le sol, les cultures, l'élevage, l'économie et l'élevage. Ed Lavoisier, Paris 576p.
- **GERVY., 1970:** Phosphate et l'agriculture. Ed. Dunos, Paris. 288P.
- **GHEBBI K., 1998.** Effet de rationnement hydrique et de la fertilisation potassique sur le comportement de trois variétés de tomate industrielles. Thèse de magistère. INA d'Alger.135p.
- **GHEZRAOUI K. et NEDJAR N., 2011.** Effet de six doses de la fertilisation sur les paramètres agronomiques et technologiques chez une variété de tomate industrielle.
- **GIOVANNUCCI E., 1999.** Tomatoes, tomato-based products, lycopene, and cancer. *The epidemiological literature*, 1999, n°4, 3-17-31.
- **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.
- **HARTUNGW., SAUTER ET HOSE., 2002.** Abscisic acid in the xylem: where does it come from, where does it go to? *Journal of Experimental Botany*, 53 : 27-32.
- **HELLER R., 1969.** Physiologie végétale-nutrition-tome II. Ed. Masson. 156p.
- **HELLER R., 1981.** Physiologie végétale. Tome I : nutrition. 2ème Edition Masson. Jardinage biologique, écologie et environnement.
- **ITCMI., 2014.** Institut technique des cultures maraichères et industrielles, fiches techniques valorisées des cultures maraichères et industrielles.
- **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.

- **JONES H.G., 1992.** Plants and microclimate. A quantitative approach to environmental plant physiology. 2e édition. Cambridge University Press, New York. 428 p.
- **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.
- **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 à l'UMMTO. 88p.
- **KHODJA N., 2006.** Effet de trois doses de la fertilisation minérale NPK sur les paramètres agronomique et technologique chez deux variétés de tomate industrielle *lycopersicon esculentum MILL.*78p.
- **KOLEV N., 1976.** Les cultures maraichères en Algérie. Tome I, légume fruit. Ed. Ministère de l'agriculture et des reforme agricoles : 52p.
- **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.
- **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.
- **LAKROUF R., 1993.** Influence des dates de semis et de repiquage sur le rendement de la tomate industrielle. Thèse d'ingénieur à l'INA.

- **LATIGUI A., 1984.** Effets des différents niveaux de fertilisation potassique sur la fructification de la tomate cultivée en hiver sous serre non chauffée. Thèse de magister. INRA El-Harrach, Algérie.
  
- **LAUMONNIER R., 1979.** Culture légumière et maraîchère. Tome III. Ed. Bailliére, Paris. 279p.
  
- **LESCOURRET F., GENARD M., HABIB R., FISHMAN S., 2001.** Variation in surface conductance to water vapor diffusion in peach fruit and its effects on fruit growth assessed by a simulation model. *Tree Physiology* 21, 735-741.
  
- **LOUE A. 1979.** Interaction du potassium avec d'autres facteurs de croissance. Dossier K<sub>2</sub>O, n°15.
  
- **MADR., 2014.** Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural, Direction des statistiques maraîchères. 3ème ed. INRA, Paris. Maroc. Ed. AMP. 257p.
  
- **MASSOT C., STEVENS R., GENARD M., GAUTIER H., 2010.** Fluctuations in sugar content are not determinant in explaining variations in vitamin C in tomato fruit. *Plant Physiology and Biochemistry* 48, 751-757.
  
- **MEZOUAR N et MOKDAD A.,** Effet de cinq doses de fertilisation potassique sur les paramètres agronomique et technologique chez une variété de tomate industrielle. Mémoire d'ingénieur à l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-ouzou.
  
- **MHIRI A., 2002.** Le potassium dans les sols de Tunisie, institut national agronomique de Tunisie.
  
- **MILADI S., 1970.** Introduction à la composition et technologie de la tomate .Ed.Grande maghreb. Tunis .Pp98-99.
  
- **MOREL R., 1996.** Les sols cultivés. 2<sup>ème</sup> édition.Ed. Lavoisier, Paris. 222p.
  
- **MUNRO B. et SMAL E., 1997.** Les légumes du Canada. Ed. Val. Morin, Québec, Canada.436p

- **NAIKA S., DE JEUD J V L., DE JEFFAU M., HILMI M. et VANDAM B., 2005.** La culture de la tomate, production, transformation et commercialisation. Ed. Fondation Agromica et CTA, Wegenigen.Pays-Bas. 105-765.
- **NGUYEN M. et SCHWARTZ S., 1999.** Lycopene stability during food processing. *Proc Soc Exp Biol Med*, 1998, n°2,101-5.
- **PERON J., 2006.** La production légumière .Ed. Lavoisier. Paris. Pp578-592.
- **PHILOUZE J.et LATERROT H, 1992.** La tomate in amélioration des espaces végétales cultivés : objectif et critères de sélection. Ed. INRA, Paris. Pp 379-391.
- **POL D., 1998.** Un module pour l'étude de la transpiration des plantes par exao (Expérimentation Assistée par Ordinateur). Site web : <http://www.didier-pol.net/4TRANSPI.html>.
- **POLESE J.M., 2007.** La culture des tomates. Ed. ARTÉMIS. 95p.
- **PUBLISHERS B., 2004.** Ressources végétales de l'Afrique tropicale 2 : légumes. 736p.
- **QUILOT, B., GENARD M., 2008.** Is competition between mesocarp cells of peach fruits (*Prunus davidiana*) affected by the percentage of wild species genome? *Journal of Plant Research*, 121, 55-63.
- **RAO A.V., 2006 :** Lycopéne et santé de l'homme. Preuves scientifiques de son rôle bénéfique. *Revue White halle*. Vol.15.n°4.
- **REHMAN M., ZHOU M. et WEINER A. L., 1999.** A spontaneous inflammatory disease in rats transgenic.*Immunological review*, 1999, n°5, 103.
- **REY Y. et COSTES C., 1965.** La physiologie de la tomate, étude bibliographique. INRA.111p.
- **RICK CM., 1978.** The tomato. *Scientific Américain*. 239 : 76-87.

- **RYNAL C., 1999.** Azote, cultures légumières et frisier. Environnement qualité. Ed. CTIFL.223P.
- **SAITO T et al., 1965.** Etude sur la croissance et la fructification de la tomate.Revue de la potasse .Section8, n°2.
- **SALTER P.J., 1954.** The effects of different water-regimes on the growth of plants under glass. I. Experiments with *Lycopersicon esculentum* Mill. Journal of Horticultural Science, 29: 258-268.
- **SHANKARA N., VAN LIDT de JEUD J., GOFFAU M., HILMI M., VAN DAM B. et FLORIJIN A.,2005.** La culture de la tomate : production, transformation et commercialisation. 5ème Ed. foundation agromisa et CTA, Wageningen.
- **SHI J., et al., 2002 :** Crit Rev Biotechnol. Related Articles. Lycopene in tomatoes: chemical and physical properties affected by food processing. Southern Crop Protection and Food Research Center, Agriculture and Agri-Food Canada, Guelph, Ontario. [www. ShiJ@EM.AGR.CA](http://www.ShiJ@EM.AGR.CA).
- **SNOUSSI S. A., 2010.** Rapport de mission : Eude de base sur la tomate en Algérie.
- **SOLNER D., 2003.** Les bases de la production végétale: le sol et son amélioration. Collection sciences techniques agricoles. 2ème édition.
- **SOLTIS D.E., 2011.** Angiosperm phylogeny.*America journal of botany*,2011, n° 98, 704-730.
- **STAHL et al., 2000:** Carotenoids and carotenoids plus vitamin E protect against ultraviolet light-induced erythema in humans. *Am. J.Clin. Nutr* 71:795–798.
- **TABER H., SHANSHAN L., WENDY W., RODERMEL S., et YANG X., 2008.** Enhancement of Tomato Fruit Lycopene by Potassium. *Hoticulture Science*, n°43, 159-165.

- **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.
- **VANIER P., 2009** .Sections La tomate au fil du temps, Usages culinaires, Conservation, Jardinage biologique, Écologie et environnement.
- **WAISTER P.D ET HUDSON J.P., 1970.** Effects of soil moisture regimes on leaf water deficit, transpiration and yield of tomatoes. *Journal of Horticultural Science*, 45 : 359-370.
- **ZEHLER E et FORESTER H., 1972.** Potentiel de rendement de tomate en relation avec la nutrition potassique. *Revue de la potasse*, section 8.

# Annexes

## **Annexe 1 : Préparation des solutions**

### **❖ Solution de phénophtaléine à 2%**

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

### **❖ Solution de soude**

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

### **▪ Préparation de la solution de liqueur de Fehling**

#### **❖ Solution Fehling A (solution bleu)**

Mélanger dans 1 litre d'eau distillée 40g de  $\text{CuSO}_4$  et 2ml de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  pur.

#### **❖ Solution Fehling B (solution non colorée)**

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

## Matériel utilisé au laboratoire



**Plaque chauffante**



**L'étuve**



**pH mètres**



**Balance**



**Dessicateur**



**Spectrophotomètre à UV**



**Agitateur**

**Figure 20: Matériels de laboratoire utilisés durant notre travail.**

**Annexe 2 : Groupe homogène formés par le teste de NEWMAN-KEULS au seuil de 5% pour le facteur bloc**

**Tableau 1 : Teste de NEWMAN-KEULS du nombre de tige par plant**

<b>F2</b>	<b>LIBELLES</b>	<b>MOYENNES</b>	<b>GROUPES HOMOGENES</b>	
<b>3.0</b>	<b>B3</b>	<b>4,938</b>	<b>A</b>	
<b>2.0</b>	<b>B2</b>	<b>4,688</b>	<b>A</b>	
<b>1.0</b>	<b>B1</b>	<b>4,5</b>	<b>A</b>	
<b>4.0</b>	<b>B4</b>	<b>4,438</b>	<b>A</b>	
<b>5.0</b>	<b>B5</b>	<b>3,813</b>		<b>B</b>

**Tableau 2 : Teste de NEWMAN-KEULS du diamètre de la tige**

<b>F1</b>	<b>LIBELLES</b>	<b>MOYENNES</b>	<b>GROUPES HOMOGENES</b>	
<b>3.0</b>	<b>D3</b>	<b>4,8</b>	<b>A</b>	
<b>4.0</b>	<b>D4</b>	<b>4,75</b>	<b>A</b>	
<b>1.0</b>	<b>D1</b>	<b>4,25</b>	<b>A</b>	<b>B</b>
<b>2.0</b>	<b>D2</b>	<b>4,1</b>		<b>B</b>

**Tableau 3 : Teste de NEWMAN-KEULS de la hauteur de la tige**

<b>F2</b>	<b>LIBELLES</b>	<b>MOYENNES</b>	<b>GROUPES HOMOGENES</b>	
<b>5.0</b>	<b>B5</b>	<b>82,125</b>	<b>A</b>	
<b>2.0</b>	<b>B2</b>	<b>81,375</b>	<b>A</b>	
<b>4.0</b>	<b>B4</b>	<b>78,75</b>	<b>A</b>	<b>B</b>
<b>3.0</b>	<b>B3</b>	<b>76,313</b>	<b>A</b>	<b>B</b>
<b>1.0</b>	<b>B1</b>	<b>69,875</b>		<b>B</b>

**Tableau 4 : Teste de NEWMAN-KEULS de nombre de fleurs par plant**

<b>F2</b>	<b>LIBELLES</b>	<b>MOYENNES</b>	<b>GROUPEs HOMOGENES</b>		
2.0	B2	52,875	A		
3.0	B3	52,313	A		
5.0	B5	44,813	A	B	
4.0	B4	42,063		B	
1.0	B1	33,875			C

**Tableau 5: Teste de NEWMAN-KEULS nombre de bouquet par tige**

<b>F2</b>	<b>LIBELLES</b>	<b>MOYENNES</b>	<b>GROUPEs HOMOGENES</b>		
5.0	B5	12,063	A		
2.0	B2	11,438	A		
3.0	B3	10,688	A		
4.0	B4	9,938	A		
1.0	B1	7,5			B

**Tableau6: Teste de NEWMAN-KEULS nombre de fleurs par bouquet**

<b>F2</b>	<b>LIBELLES</b>	<b>MOYENNES</b>	<b>GROUPEs HOMOGENES</b>		
3.0	B3	5,25	A		
4.0	B4	5,188	A		
1.0	B1	4,125	A		B
2.0	B2	3,813	A		B
5.0	B5	3,25			B

**Tableau 7 : Teste de NEWMAN-KEULS nombre de fleurs avorté**

<b>F2</b>	<b>LIBELLES</b>	<b>MOYENNES</b>	<b>GROUPEs HOMOGENES</b>		
3.0	B3	214,563	A		
4.0	B4	168	A	B	
2.0	B2	127,375		B	C
1.0	B1	96,75			C
5.0	B5	81,563			C

**Tableau 8: Teste de NEWMAN-KEULS Taux de nouaison**

<b>F2</b>	<b>LIBELLES</b>	<b>MOYENNES</b>	<b>GROUPES HOMOGENES</b>	
<b>1.0</b>	<b>B1</b>	<b>46,429</b>	<b>A</b>	
<b>2.0</b>	<b>B2</b>	<b>40,979</b>	<b>A</b>	
<b>5.0</b>	<b>B5</b>	<b>40,089</b>	<b>A</b>	
<b>4.0</b>	<b>B4</b>	<b>25,605</b>		<b>B</b>
<b>3.0</b>	<b>B3</b>	<b>22,187</b>		<b>B</b>

**Tableau 9 : Teste de NEWMAN-KEULS nombre de bouquets floraux par plant**

<b>F2</b>	<b>LIBELLES</b>	<b>MOYENNES</b>	<b>GROUPES HOMOGENES</b>		
<b>2.0</b>	<b>B2</b>	<b>52,875</b>	<b>A</b>		
<b>3.0</b>	<b>B3</b>	<b>52,313</b>	<b>A</b>		
<b>5.0</b>	<b>B5</b>	<b>44,813</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	
<b>4.0</b>	<b>B4</b>	<b>42,063</b>		<b>B</b>	
<b>1.0</b>	<b>B1</b>	<b>33,875</b>			<b>C</b>

**Tableau10 : Teste de NEWMAN-KEULS Nombre de fruit par plant**

<b>F2</b>	<b>LIBELLES</b>	<b>MOYENNES</b>	<b>GROUPES HOMOGENES</b>	
<b>2.0</b>	<b>B2</b>	<b>75,063</b>	<b>A</b>	
<b>1.0</b>	<b>B1</b>	<b>60,313</b>		<b>B</b>
<b>3.0</b>	<b>B3</b>	<b>55,438</b>		<b>B</b>
<b>4.0</b>	<b>B4</b>	<b>51,5</b>		<b>B</b>
<b>5.0</b>	<b>B5</b>	<b>46,063</b>		<b>B</b>

**Tableau 11 : Teste de NEWMAN-KEULS Poids total des fruits par plant**

<b>F2</b>	<b>LIBELLES</b>	<b>MOYENNES</b>	<b>GROUPES HOMOGENES</b>		
<b>1.0</b>	<b>B1</b>	<b>2142,563</b>	<b>A</b>		
<b>2.0</b>	<b>B2</b>	<b>2082,188</b>	<b>A</b>		
<b>3.0</b>	<b>B3</b>	<b>1691,75</b>		<b>B</b>	
<b>5.0</b>	<b>B5</b>	<b>1436,938</b>		<b>B</b>	<b>C</b>
<b>4.0</b>	<b>B4</b>	<b>1221,625</b>			<b>C</b>

**Tableau 12 : Teste de NEWMAN-KEULS Poids moyen des fruits par plant**

<b>F2</b>	<b>LIBELLES</b>	<b>MOYENNES</b>	<b>GROUPES HOMOGENES</b>		
<b>1.0</b>	<b>B1</b>	<b>38,688</b>	<b>A</b>		
<b>3.0</b>	<b>B3</b>	<b>32,813</b>	<b>A</b>		<b>B</b>
<b>5.0</b>	<b>B5</b>	<b>31,75</b>	<b>A</b>		<b>B</b>
<b>2.0</b>	<b>B2</b>	<b>28,438</b>			<b>B</b>
<b>4.0</b>	<b>B4</b>	<b>25</b>			<b>B</b>

**Tableau 13 : Teste de NEWMAN-KEULS Rendement potentiel**

<b>F2</b>	<b>LIBELLES</b>	<b>MOYENNES</b>	<b>GROUPES HOMOGENES</b>		
<b>1.0</b>	<b>B1</b>	<b>535,406</b>	<b>A</b>		
<b>2.0</b>	<b>B2</b>	<b>520,578</b>	<b>A</b>		
<b>3.0</b>	<b>B3</b>	<b>422,938</b>		<b>B</b>	
<b>5.0</b>	<b>B5</b>	<b>359,438</b>		<b>B</b>	<b>C</b>
<b>4.0</b>	<b>B4</b>	<b>310,719</b>			<b>C</b>

**Tableau 14 : Teste de NEWMAN-KEULS Calibre moyen des fruits**

<b>F2</b>	<b>LIBELLES</b>	<b>MOYENNES</b>	<b>GROUPES HOMOGENES</b>		
<b>2.0</b>	<b>B2</b>	<b>5</b>	<b>A</b>		
<b>1.0</b>	<b>B1</b>	<b>4,671</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	
<b>3.0</b>	<b>B3</b>	<b>4,601</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	
<b>5.0</b>	<b>B5</b>	<b>4,228</b>		<b>B</b>	<b>C</b>
<b>4.0</b>	<b>B4</b>	<b>4,011</b>			<b>C</b>

**Résumé :**

Notre travail est consacré à l'étude de la fertilisation minérale NxK sur les paramètres agronomique et technologique chez une variété de tomate industrielle Riogrande (*Lycopersicon esculentum* Mill cultivé en plein champs), ceci en appliquant une interaction 2N2K entre le traitement moyen des essais N1K0 pour obtenir les combinaisons suivantes K1xN1 (0,110), K2xN2 (125,220), K3xN3 (250,440) et K4xN4 (500,440).

Notre étude est réalisée en deux étapes, la première au niveau de la station expérimentale de l'institut technique des cultures maraichères et industrielle (ITCMI) des essers, la deuxième est au niveau de laboratoire commun de la faculté des sciences biologique et agronomique.

Nous avons constaté que le comportement des plans de tomates est différent selon les paramètres agronomique et technologique, l'interaction NxK montre des résultats significatifs sur la majorité des paramètres technologique.

**Mots clés :** tomates, fertilisation, interaction, potassium, azote.

**Abstract:**

The main of this work is the study of the interaction of mineral fertilization NPK on the agronomic and technological parameters in a variety of industrial tomato Riogrande (*Lycopersicon esculentum* Mill), by applying the interaction of 2N2K between the middle treatment of tests N1K0 to obtain the combinations K1xN1 (0,110), K2xN2 (125,220), (K3xN3) (250,440) and K4xN4 (500,440).

Our study is achieved in two steps, the first in the experimental station of the technical institute of market gardening and industrial crops (ITCMT) of essers, the second in the laboratory of biologic and agronomic science department.

The behavior of tomato plants is different depending of the agronomic and technological parameters considered the interaction NxK shows significant results on the agronomic parameters and highly significant parameters on the majority of technological parameters.

**Key words:** tomato, fertilization, interaction, potassium, azote.