

Effet des fréquences d'apports des engrais minéraux sur la productivité de la tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) sous abris en saison pluvieuse dans le centre du Burkina Faso

Ali GARANE^{1*}, Koussao SOME¹, Jeanne NIKIEMA¹, Koala OUANGO¹, Mamoudou TRAORE², Mahamadou SAWADOGO³ et Jérôme BELEM¹

¹ *Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA), Centre de Recherche Environnementale, Agricole et de formation de Kamboinsé (CREAF-Kamboinsé), Département Production Végétale, 01 BP 470 Ouagadougou 01, Burkina Faso*

² *Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA / CREAF-Kamboinsé), Centre de Recherche Environnementale, Agricole et de Formation de Kamboinsé, Département Gestion des Ressources Naturelles, Système de Production, 01 BP 470 Ouagadougou 01, Burkina Faso*

³ *Université de Ouaga I Pr Joseph Ki - Zerbo, Unité de Formation et de Recherche en Science de la Vie et de la Terre (UO / UFR-SVT), Laboratoire de Génétique et Biotechnologie Végétale, 03 BP 7021 Ouagadougou 03, Burkina Faso*

* Correspondance, courriel : ali_garane@yahoo.fr

Résumé

L'objectif de cette étude a été d'évaluer l'effet de trois fréquences d'apport des engrais minéraux (NPK et Urée) sur la productivité de la tomate et la qualité des fruits en saison pluvieuse. Trois variétés de tomate, Padma, Thorgal et Tomy ont été utilisées dans un essai mis en place à la station de recherche de Kamboinsé sous abri pour évaluer la réponse de la tomate à trois formes d'apport des engrais minéraux (NPK et Urée). Le dispositif expérimental utilisé a été un split-plot avec 4 répétitions. La fréquence d'apport des engrais (F1 : fractionnement en 6 applications avec une fréquence d'apport de 2 semaines; F2 : fractionnement en 4 applications avec une fréquence d'apport de 3 semaines et F3: apport en une seule application pour le NPK et en deux apports pour l'urée) a été le facteur principal et la variété a été le facteur secondaire. Les observations et mesures ont porté entre autres sur le nombre de bouquets floraux par plant, le nombre de grappes à fruits par plant, le nombre de fruits par plant, le poids total des fruits par plant, le nombre et le poids en fruits total, le poids moyen d'un fruit, le nombre et le poids en fruits vendable, le nombre et le poids en fruits pourris et craquelés, le rendement fruit. La fermeté et le taux de matière sèche soluble des fruits ont aussi été évalués. Nos résultats ont montré que l'apport du NPK et de l'urée toutes les deux semaines (F1) augmente de 51 % le rendement et de 19 % le taux de matières sèches solubles par rapport à l'apport conventionnel (F3). Par contre, sur la fermeté des fruits, l'apport unique du NPK et de l'Urée (F3) donne les meilleurs résultats par rapport aux apports fractionnés (F1 et F2). Ces résultats révèlent donc que la fréquence d'apport rapprochée (F1) des engrais minéraux améliore la productivité en quantité et en qualité de la tomate d'hivernage sauf la fermeté.

Mots-clés : *tomate, abris, saison pluvieuse, NPK, Urée, fractionnement, Burkina Faso.*

Abstract

Effect of frequencies of application of mineral fertilizer on the productivity of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) under shelter during the rainy season in the center of Burkina Faso

The objective of this survey was to value the effect of three frequencies of contribution of the mineral manures (NPK and Urea) on the productivity of the tomato and fruit quality in rainy season. Three varieties of tomato, Padmas, Thorgals and Tomies have been used in a test put in place to the station of research of Kamboinsé under shelter" to value the answer of the tomato to three shapes of contribution of the mineral manures (NPK and Urea). The used experimental device was a split-contact with 4 repetitions. The frequency of contribution of manures (F1 : dividing in 6 applications with a frequency of contribution of 2 weeks; F2 : dividing in 4 applications with a frequency of contribution of 3 weeks and F3 : contribution in only one application for the NPK and in two contributions for the urea) was the main factor and the variety was the secondary factor. The observations and measures carried among others on the date of the harvests, the number of floral bouquets by plantation, the number of clusters to fruits by plantation, the number of fruits by plantation, the total weight of the fruits by plantation, the number and weight of total fruit harvested, the middleweight of a fruit, the number and weight of salable fruit, the number and weight of rotten and cracked fruits, the output, the firmness and the rate of soluble dry matter of the fruits. Our results also showed that the contribution of the NPK and the urea every other week (F1) increases of 50.71 % the output and of 18.95 % the rate of soluble dry matters in relation to the conventional contribution (F3). On the other hand, on the firmness of the fruits, the unique contribution of the NPK and the urea (F3) gives the best results in relation to the fractional contributions (F1 and F2). These results reveal therefore that the frequency of contribution brought closer (F1) of the mineral manures improves the productivity in quantity and as the tomato of hibernage except the firmness.

Keywords : *tomato, shelter, rainy season, NPK, Urea, splitting, Burkina Faso.*

1. Introduction

Au Burkina Faso, les faibles rendements des cultures s'expliquent en grande partie par la faible pluviométrie et la pauvreté des sols [1, 2]. Cependant, l'utilisation des engrais minéraux sur les cultures vivrières en milieu rural, reste insignifiante compte tenu du faible pouvoir d'achat du paysan [3]. Au nombre des cultures maraîchères, la tomate est la plus importante au Burkina Faso. Elle occupe le premier rang sur le plan de la quantité produite [4 - 6] et sur le plan des revenus monétaires [7 - 9]. Au cours de ces dernières années, la recherche scientifique a travaillé sur l'évaluation de nouvelles variétés de tomate importées à nos conditions agro-écologiques de saison pluvieuse et à la création de nouvelles variétés (FBT1, FBT2 et FBT3, etc.) afin d'augmenter la disponibilité de ce légume en période d'hivernage [10]. Cependant, depuis des décennies, la culture de la tomate est essentiellement faite en saison sèche en raison de l'absence ou de l'inaccessibilité de variétés adaptées à la saison pluvieuse. La quantité d'engrais pour cette culture de saison sèche est de 450 kg / Ha de NPK apportée en une seule application et de 200 kg / Ha d'urée apportée en deux applications [10]. Malgré les contraintes liés à la production d'hivernage, la fertilisation minérale de cette culture pendant cette période reste invariable. Pourtant, si en saison sèche les apports d'eau sont contrôlés, limitant les pertes des éléments minéraux par lixiviation; en saison pluvieuse, ce contrôle est rendu difficile par les précipitations plus fortes. En effet, l'application de l'apport unique des engrais minéraux à la culture d'hivernage comme pratiqué en saison sèche augmente les pertes de ces éléments nutritifs. La nitrification de l'azote est accélérée et les pertes par lixiviation sont

augmentées. Selon [11], la quantité d'azote perdue en saison pluvieuse en sol sableux oscille entre 10 et 50 kg / Ha. Cette lixiviation est d'autant plus accentuée que la hauteur d'eau à la surface du sol est élevée [12]. Selon [12], dans le cas d'un sol ferrugineux tropical lessivé, 1 mm de pluie provoque un lessivage des nitrates vers les couches inférieures du sol atteignant 70 mm. A ces fortes lixiviations, s'ajoutent les pertes par ruissellement. [13] ont observé des pertes d'azote par érosion hydrique d'environ 11 kg / Ha sous culture de maïs. Les Pertes élevées des engrais minéraux par l'érosion et le ruissellement des eaux de pluie posent des problèmes techniques surtout aux petits producteurs à faibles revenus qui se doivent de gérer efficacement de faibles quantités d'engrais pour en tirer de meilleurs profits. Le fractionnement des engrais pourrait constituer une des clés de cette gestion. Le présent travail cherche à évaluer l'effet des apports fractionnés des engrais minéraux (NPK, urée) sur la productivité et la qualité des fruits des variétés de tomate à croissance déterminée en culture sous abri en saison pluvieuse au Burkina Faso.

2. Matériel et méthodes

2-1. Brève description du milieu biogéographique

2-1-1. Caractéristiques climatiques

Selon [14], le climat de Kamboinsé est de type Nord Soudanien et se trouve entre les isohyètes 600 et 900 mm. Il est caractérisé par une saison sèche de 7 mois étalée de Novembre à Mai et une saison pluvieuse de 5 mois (Juin à Octobre) marquée par un vent humide qu'est la mousson. Pendant la durée du test (mai à août 2014), les données climatiques suivantes ont été enregistrées. L'évolution de la température au moment de la conduite de l'essai (mai à août 2014) est représentée sur la **Figure 1**. Les températures moyennes mensuelles ont été de 32,9°C aux semis des tomates (mai) et à la fructification (juillet-août) entre 29,8°C et 28,1°C. La présente campagne a enregistré des pluies précoces depuis le mois d'avril et a suivie une évolution plus ou moins normale depuis mai jusqu'en août 2014 (**Figure 1**). Au total, 708,0 mm d'eau ont été enregistrées au cours du cycle végétatif de la tomate (mai-août). Le mois d'août a été le plus arrosé avec 288,9 mm de précipitations la période de végétation de la tomate a été très chaude (en moyenne 30,5°C) et très humide. Ces conditions climatiques non idéales vont avoir un impact négatif sur la productivité et sur la de la qualité des tomates récoltés. En effet, le développement optimum la tomate requiert des températures comprises entre 21°C et 24°C [15]. et les besoins en eau sont de 750 mm en 110 jours [16].

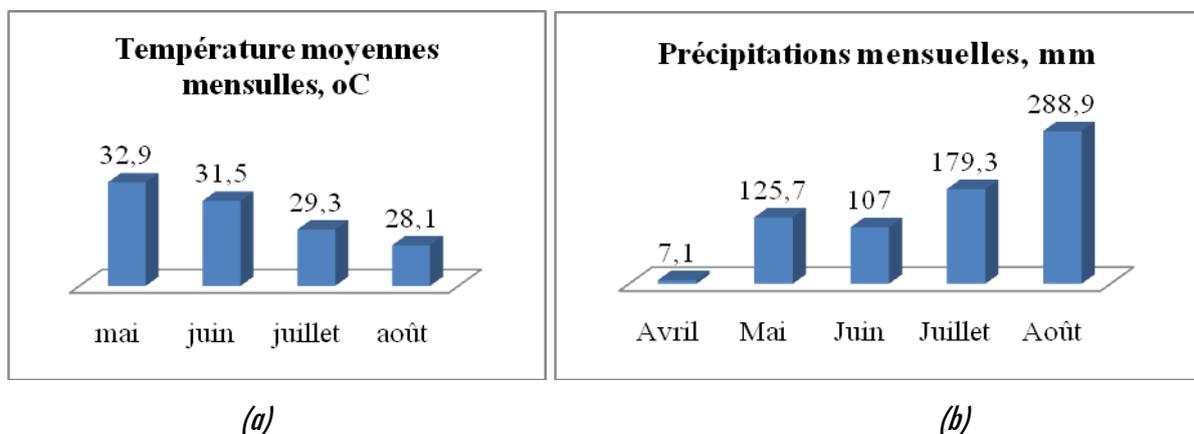


Figure 1 : Températures moyennes mensuelles, campagne 2014 / 2015, site de Kamboinsé (a) et précipitations mensuelles, campagne 2014 / 2015, site de Kamboinsé (b)

2-1-2. Caractéristiques édaphiques

Les sols de Kamboinsé sont classés comme des sols ferrugineux tropicaux lessivés reposant sur de matériaux sableux profonds et des sols hydromorphes peu humifères à pseudogley hérités en association avec des lithosols sur cuirasse ferrugineuse [17]. Ils peuvent être recouverts par endroit d'une couche sableuse d'épaisseur variable de 0 à 40 cm. Selon Boulet [18], ces sols présentent une texture à dominance sablo argileuse en surface et argileuse en profondeur.

- *Matériel végétal*

Trois variétés de tomate améliorée sont été utilisées dans notre étude. Il s'agit des variétés Padma (V1), Thorgal (V2) et Tomy (V3) à croissance déterminée. Les caractéristiques essentielles des variétés sont présentées dans le **Tableau 1**.

Tableau 1 : Caractéristiques essentielles des variétés

Variétés	Origine	Précocité	Forme du fruit	Poids moyen fruit	Autres caractéristiques essentielles
Padma F1 (V1)	East West Seed International (Thaïlande)	1 ^{ère} récolte 60 - 70 JAR	forme ovale	120 à 130 g	Culture saison chaude et d'hivernage; bonne fermeté du fruit; résistance au virus de la mosaïque de la tomate; tolérance au flétrissement bactérien, au <i>Fusarium oxysporum</i> (races 0 et 1)
Thorgal F1 (V2)	Technisem (Français)	1 ^{ère} récolte 65 JAR	Forme Ronde légèrement aplatie	120 à 130 g	Culture saison chaude et l'hivernage; fruit rouge vif; bonne fermeté du fruit; tolérance au flétrissement bactérien résistant au TMV (0) et au <i>fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>lycopersicum</i> (fol.0)
Tomy F1 (V3)	USA	1 ^{ère} récolte 80 à 90 JAR	Forme ronde à ovale	70 à 80 g	Culture saison chaude et d'hivernage; fruit très ferme; tolérance au flétrissement bactérien, résistance au TMV (0) et au <i>fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>lycopersicum</i> (fol.0)

JAR = Jour Après Repiquage

2-2. Conduite de l'essai

L'essai a commencé avec la stérilisation de la terre le 28 avril 2014. La terre a été stérilisée avec un autoclave à 120°C. Une quantité de 1065,7 kg de terre stérilisée a été mélangée avec 230,4 kg de fumier de bovin bien décomposé. Une densité de 25 000 pieds de tomate par ha a été adoptée, tandis que la fumure organique a été de 20 tonnes par ha, soit 0,8 kg de fumier par pied de tomate et 230,4 kg pour 288 plants de l'essai. Chaque pot pouvant contenir 4,5 kg de terre, est rempli en laissant libre 2 cm au bord du seau. Lorsqu'on déduit 0,8kg de fumier de ces 4,5 kg de terre, il reste environ 3,7 kg de terre par pot, soit 1065,7 kg de terre pour les 288 pots. Les pots ont été troués (05 trous par pot) avant de recevoir le mélange terre / fumier. Ce mélange a été arrosé pendant une semaine pour accélérer la reprise de l'activité microbienne avant les semis. Les semis ont été réalisés le 16 mai 2014 à une profondeur d'environ 2 cm. Dans chaque pot, il a été semé 5 graines. 50 % des levées ont été observées cinq (05) jours après semis, le 21 mai 2014. Une semaine après levée, il a été procédé au démariage, laissant un plant par pot. Ce dernier a été enfoncé jusqu'au deux premières feuilles pour permettre un bon enracinement.

2-2-1. Dispositif expérimental

L'essai a été installé suivant un dispositif split plot avec quatre répétitions. Les traitements (fréquences d'apport des engrais) étaient placés en parcelles principales et les variétés (trois) en parcelles secondaires. Les engrais minéraux utilisés dans cette étude étaient le NPK (14-23-14-6S) et l'Urée (46%N). Les doses de NPK et d'Urée appliquées étaient respectivement de 450 kg/Ha et de 200 kg/Ha :

- F1 : Apport de 3 grammes de NPK et de 1,33 grammes d'urée par pot chaque deux (02) semaines à partir de 14 jours après levée.
- F2 : Apport de 4,5 grammes de NPK et de 2 grammes d'urée par pot chaque trois (03) semaines à partir de 14 jours après levée.
- F3 : Apport unique de 18 grammes de NPK par pot 14 jours après levée et 8 grammes d'urée par pot en deux fractions (trois semaines après levée et 6 semaines après levée).

Dans chaque répétition, les interactions entre les facteurs ont donné 9 parcelles élémentaires ; d'où 36 parcelles élémentaires pour les 4 répétitions qui constituent l'essai. Chaque parcelle élémentaire est constituée de 8 pots soit 72 pots pour chaque répétition et 288 pots pour tout l'essai. Dans chaque répétition, les traitements principaux (fréquence d'apport) ont été randomisés et à l'intérieur de chaque traitement principal, les traitements secondaires (variétés) ont été également randomisés donnant le dispositif final ci- après (**Figure 2**: Schéma du dispositif expérimental). Les plants étaient espacés de 20 cm sur les lignes et les interlignes étaient de 120 cm, soit une densité de plant de 41 667 Ha.

F2	F3	F1	F3	F1	F2	F2	F3	F1	F3	F2	F1
V2	V2	V3	V3	V2	V1	V1	V2	V1	V2	V3	V3
V1	V3	V2	V1	V3	V2	V2	V3	V2	V3	V1	V1
V3	V1	V1	V2	V1	V3	V3	V1	V3	V1	V2	V2
Répétition 1			Répétition 2			Répétition 3			Répétition 4		

Figure 2 : Schéma du dispositif expérimental

2-2-2. Entretien des plants

L'eau des pluies a été la principale source d'eau des plantes, cependant, des irrigations complémentaires manuelles ont été effectuées au besoin. Les mauvaises herbes étaient systématiquement arrachées des pots dès leurs apparitions, tandis qu'un binage est pratiqué à chaque application d'engrais pour permettre une bonne infiltration de celui-ci. Les engrais minéraux ont été appliqués à la dose de 450kg NPK / Ha et 200 Kg d'urée / Ha. Ces doses rapportées sur un hectare, soit 25000 pieds de tomate, correspondent à 18 gr/pied pour le NPK et à 8 gr/pied s'agissant de l'Urée. La fertilisation minérale de tomate est continue jusqu'à la fructification. Elle demande davantage de l'azote pendant cette période [19]. Pour ce faire, les différentes fréquences d'apports ont été étalées jusqu'à 90 jours après levée. Le **Tableau 2** ci-dessous donne la situation du nombre d'apports et des quantités apportées par traitement. La mesure des quantités apportées a été faite avec une balance électronique. L'application a débuté deux semaines après levée c'est-à-dire le 04 juin 2014. Les différentes dates d'apports sont résumées dans le **Tableau 2** ci-après. Au total, six traitements insecticides ont été effectués dont cinq avec le produit systémique PACHA (d'Acétamipride 10 g/L et de Lambda- cyhalothrine 15 g/L) et un avec le Décis (deltaméthrine 12,5 g/L). Les traitements ont atteint ce nombre à cause d'une déchirure du filet de l'abri par un vent le 20 juin 2014.

Tableau 2 : Nombre d'apports, quantité par application et dates d'apport

Traitement	Type d'engrais	Nombre d'apports	Quantité par application	Dates d'apports
F1 (Apport toutes les 2 semaines)	NPK	90/14 = 6 fois	18/6 = 3 g	04/06 ; 18/06 ; 02/07 ; 16/07 ; 30/07 ; 13/08
	Urée	90/14 = 6 fois	8/6 = 1,33 g	
F2 (Apport toutes les 3 semaines)	NPK	90/21 = 4 fois	18/4 = 4,5 g	04/06 ; 25/06 ; 16/07 ; 06/08
	Urée	90/21 = 4 fois	8/4 = 2 g	
F3 : Apport conventionnel	NPK	1 fois	18 g	04/06
	Urée	2 fois	8/2 = 4 g	11/06 ; 02/07

2-3. Paramètres mesurés

Les mesures des variables de productivité ont consisté à :

- compter le nombre de bouquets floraux et de grappes à fruits par plant, le nombre moyen de fruits par plant, le nombre en fruits total, vendables et non vendables, le nombre en fruits pourris et craquelés et le nombre de récoltes effectué;
- mesurer le poids total des fruits par plant, le poids total des fruits récoltés, le poids moyen d'un fruit, le poids des fruits vendables, le poids des fruits non vendables, le poids des fruits pourris, le poids des fruits craquelés, la fermeté des fruits et le taux de matière sèche soluble des fruits et les rendements des tomates en multipliant le poids total de fruits par plant par 41 667 qui correspond au nombre de plants par ha selon la densité utilisé.

Les mesures de poids ont été faites à l'aide d'une balance électronique. La fermeté de la tomate a été mesurée avec un appareil duromètre Durofel DFT. A chaque récolte, cinq (05) fruits ont été mesurés et la moyenne donne le résultat de mesure de la récolte. Le réfractomètre digital a permis la mesure du taux de matières sèches solubles (Brix). Cette mesure donne l'indice réfractométrique (IR), proportionnel au taux de matières sèches solubles exprimé en %. Pour ce paramètre, a chaque récolte, trois (03) fruits par traitement ont été mesurés et la moyenne a donné le résultat de la récolte. Le résultat définitif a été obtenu en faisant la moyenne des résultats de toutes les récoltes. Toutes les données recueillies ont été analysées à l'aide du logiciel GENSTAT Discovery édition 4. Une analyse de variance (ANOVA) a été réalisée pour l'ensemble des variables. Les moyennes ont été comparées par le test de la LSD au seuil de signification de 5 %. Pour l'organisation des données, nous avons utilisé le tableur Microsoft Excel 2007.

3. Résultats

3-1. Effet de la fréquence d'apports sur le nombre de bouquets floraux et de grappes à fruits

Il n'y a pas eu de différences significatives entre les trois traitements pour le nombre de bouquets floraux et de grappes à fruits (*Tableau 3*). Le *Tableau 4* présente le nombre de bouquets floraux par plant et le nombre de grappes à fruits par plant. Il est constaté que sous toutes les fréquences d'apport, 75 % des bouquets floraux de la variété Padma ont été transformés en grappes à fruits. Pour la variété Thorgal, 46 à 50 % des bouquets floraux sont devenus des grappes à fruits sous toutes les formes de fertilisation. Chez la variété Tomy, 67 % des bouquets floraux sous F1 et F2 ont été transformés en grappes à fruits alors que sous F3, seulement 50 % des bouquets floraux se sont transformés en grappes à fruits.

3-2. Effet de la fréquence d'apports sur le nombre en fruits total et vendable

Le nombre total de fruits récoltés, le nombre de fruits vendables et non vendables sous les trois fréquences de fertilisation sont présentés dans le **Tableau 3**. Les fréquences d'apport des engrais ont très peu influencé le nombre total de fruits récoltés qui a très peu varié par traitement. En moyenne le test de Newman-Keuls a observé un seul groupe très homogène variant de 21 fruits (F1) à 25 fruits pour F2 et F3. Le constat est le même quant au caractère nombre de fruits vendables par fréquence de fertilisation qui a évolué de 15 fruits chez F1 à 21 et 22 fruits pour les fréquences de fertilisation F3 et F2 respectivement. S'agissant du nombre de fruits non vendables, le test de Newman-Keuls pour ce paramètre a différencié deux groupes homogènes. La fréquence de fertilisation F1 (6 Fruits) constitue le premier groupe avec un nombre plus important de fruits, tandis que F2 (3 fruits) et F3 (4 fruits) ont formé le second groupe avec un nombre plus réduit de fruits non commercialisables. L'interaction de la fréquence de fertilisation avec la variété a été plus conséquente chez Padma. Cette dernière a été plus performante et produit un nombre plus important de fruits récoltés sous toutes les fréquences d'apport comparativement aux deux autres variétés (**Figure 3a**). Les plants sous les fréquences F2 et F3 ont produit plus de fruits vendables chez les variétés Padma et Thorgal (**Figure 3b**). La variable nombre fruits non vendables a été plus importante sous F1 et F3 pour la variété Padma que les plants sous F2 (**Figure 3c**). Pour la variété Tomy, seule la fréquence de fertilisation F1 a le plus occasionné de fruits non vendables (**Figure 3c**).

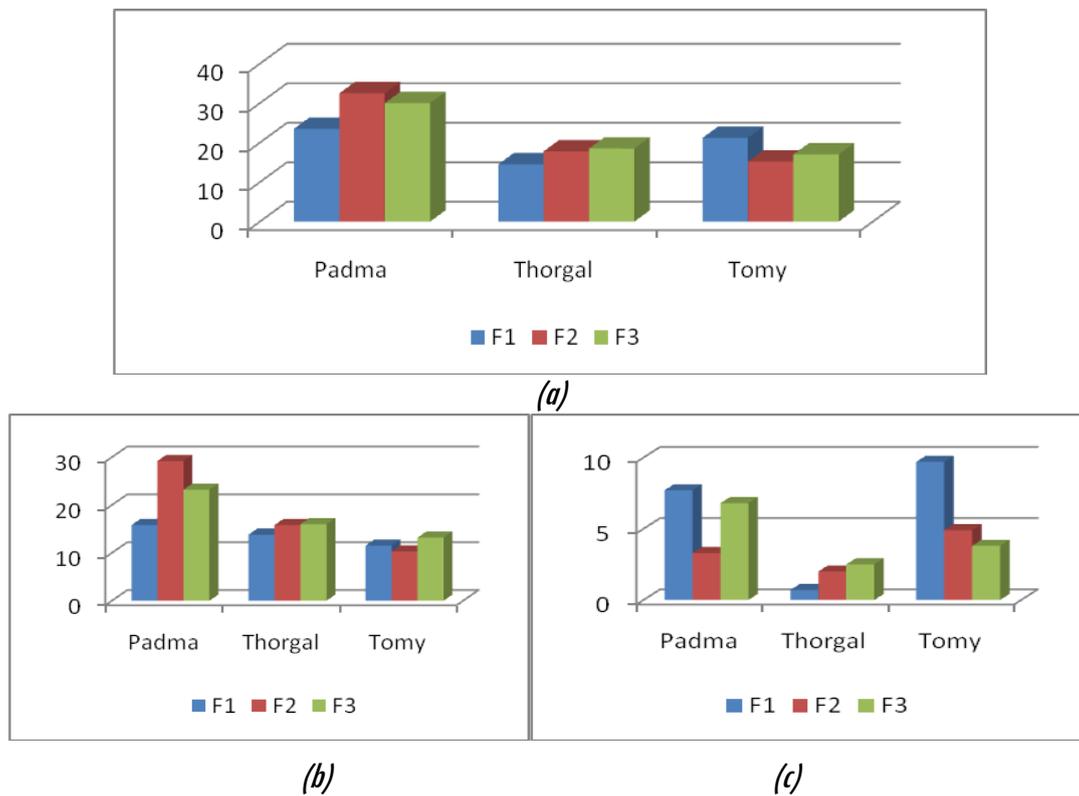


Figure 3 : Influence des fréquences d'apport sur le nombre total de fruits récoltés (a), le nombre de fruits vendables (b) et sur le nombre de fruits non vendables (c) selon les variétés

3-3. Effet de la fréquence sur le nombre de fruits par plant et le nombre de récoltes

Les plants ayant bénéficiés d'apport d'engrais chaque deux semaines (F1) ont produit plus de fruits par plant que ceux sous F2 et F3 (**Tableau 3**). Le nombre de fruits par plant a été plus élevé chez la variété Padma que les deux autres variétés quelle que soit la fréquence d'apport (**Figure 4a**). S'agissant du caractère nombre de récoltes, ce paramètre a été significativement plus élevé sous la fréquence d'apport F1 que sous

F2 et F3 (**Tableau 3**). De même, sous ce apport (F1), toutes les variétés ont enregistré un nombre total de récoltes de fruits plus important comparativement aux deux autres formes de fertilisation (**Figure 4b**). Pour les variétés Padma et Thorgal ce paramètre a été négativement influencé par la fréquence d'apport F2, tandis que pour la variété Tomy, c'est le Fréquence F3 qui a eu le plus faible impact sur ce caractère.

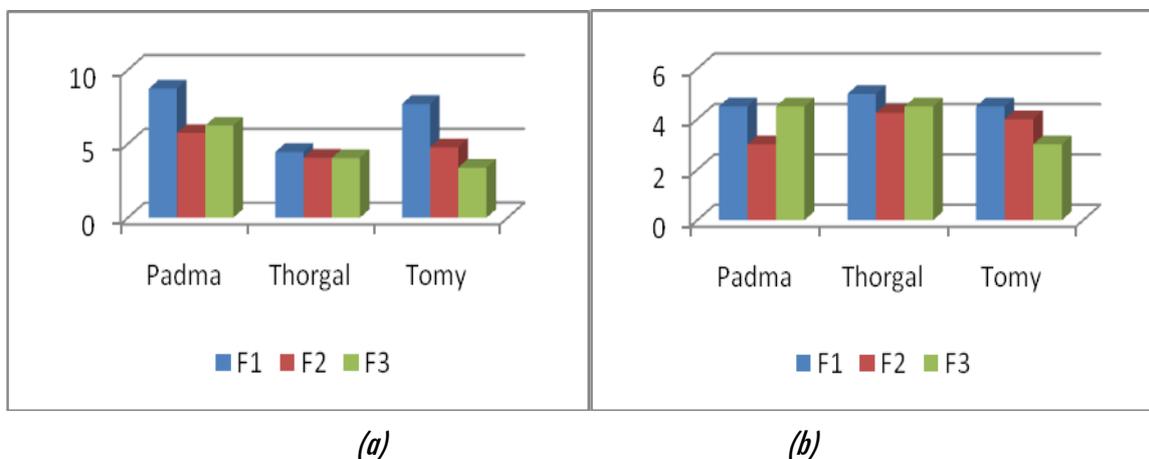


Figure 4 : Influence des fréquences d'apport sur le nombre de fruits récoltés par plant (a) et le nombre total de récoltes effectuées (b)

3-4. Effet de la fréquence d'apports sur le nombre total en fruits pourris et craquelés

Le **Tableau 3** présente le pourcentage des fruits pourris et des fruits craquelés en fonction des formes d'apport des engrais. La fréquence d'apport F3 a occasionné plus de pourriture et de craquelure des fruits comparativement aux deux autres apports. Les **Figures 5a et 5b** présentent les pourcentages de pourriture et de craquelure par variété. La variété Tomy a donné le pourcentage le plus élevé de fruits pourris sous les fréquences d'apport F1 et F3. Sous la fréquence d'apport F2, c'est la variété Thorgal qui a occasionné plus de pourriture (**Figure 5a**). S'agissant du pourcentage de fruits craquelés, il était plus important pour tous les cultivars sous F3, suivi de F1 (**Figure 5b**). La fréquence d'apport F2 a observé le plus faible taux de fruits craquelés en particulier pour Thorgal.

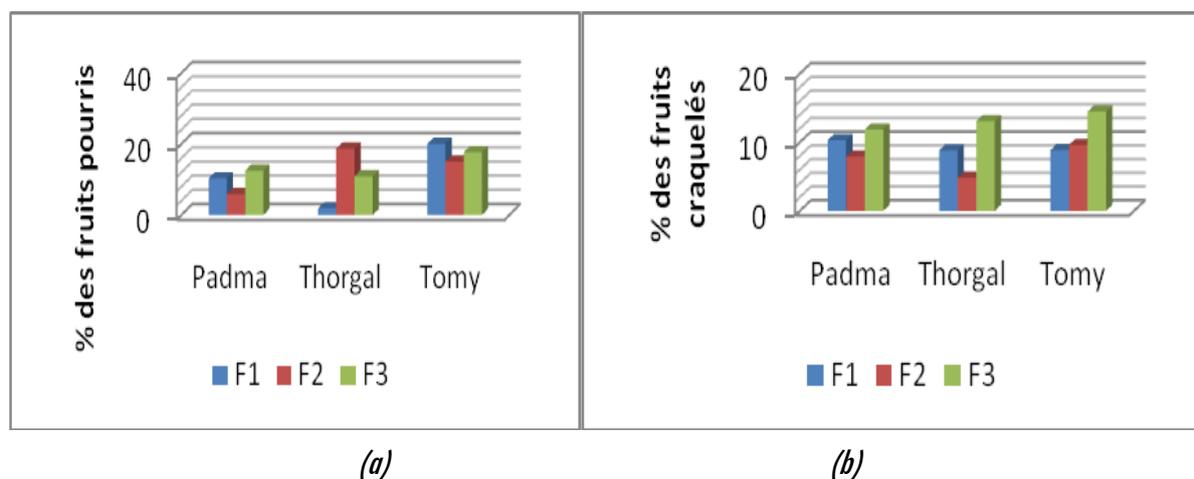


Figure 5 : Influence des fréquences d'apport sur le pourcentage des fruits pourris (a) et le pourcentage des fruits craquelés (b)

3-5. Effet de la fréquence d'apports sur le poids de fruits par plant et le poids moyen d'un fruit

Le **Tableau 3** indique l'effet de la fertilisation seule sur le poids total des fruits récoltés par plant et poids moyen d'un fruit. Le poids total des fruits récoltés sous F1 était 44 et 50 % plus élevé que le poids obtenu sous F3 et F2 respectivement. Au niveau du poids moyen d'un fruit, toutes les fréquences d'apport ont produit des fruits de poids moyen inférieur ou égal à 64 g. Le **Tableau 4** montre entre autre l'influence des fréquences d'apport des engrais sur le poids total des récoltes par plant et le poids moyen d'un fruit selon les variétés. La variété Padma a observé sous la fréquence F1, un poids total des fruits par plant supérieur aux fréquences F3 et F2 respectifs de 17 % et de 26 %. Pour la variété Thorgal, ce paramètre sous F1 était supérieur à ceux observés sous F2 et F3 de 15 % et de 48 % respectivement. S'agissant de la variété Tomy, le poids total des fruits sous F1 a été supérieur à ceux enregistrés sous F2 et F3 de 103 % et de 102 % respectivement. Pour le poids moyen, les fruits de la variété Thorgal ont donné le poids moyen le plus élevé sous apport F1 et F2. Sous la forme d'apport unique (F3), c'est la variété Tomy qui a produit les fruits les plus gros (**Tableau 4**).

3-6. Effet de la fréquence d'apports sur la fermeté des fruits

La **Figure 6** montre le pourcentage de la fermeté des fruits selon la fréquence de fertilisation. La fréquence d'apport F3 a donné les fruits les plus fermes par rapport aux deux autres formes de fertilisation. Le **Tableau 4** présente le pourcentage de la fermeté des fruits selon les variétés. Toutes les variétés ont produits des fruits plus fermes avec la fréquence de fertilisation F3 que les deux autres fréquences d'apport. La variété Thorgal a donné les fruits les moins fermes sous la fréquence d'apport F1 alors que sous la fréquence d'apport F2, il s'agit de la variété Tomy qui a donné les fruits les moins fermes.

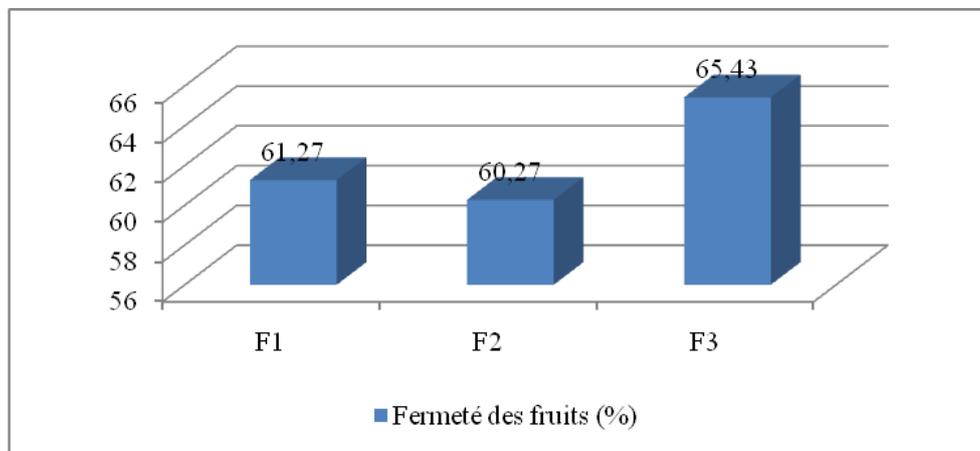


Figure 6 : Effet des fréquences d'apport sur la fermeté des fruits

3-7. Effet de la fréquence d'apports sur le taux de matière sèche soluble des fruits

La **Figure 7** montre le taux de matière sèche soluble en fonction de la fréquence de fertilisation. L'apport des engrais NPK et urée toutes les deux semaines (F1) a donné les fruits les plus riches en matière sèche soluble. L'influence des fréquences d'apport sur le taux de matière sèche soluble selon les variétés est représentée dans le **Tableau 4**. Les variétés Tomy et Padma ont observé les meilleurs taux de matières sèches solubles sous la fréquence de fertilisation F1. Sous la fréquence F2, ce sont les fruits de la variété Tomy qui avaient le taux de matières sèches solubles le plus élevé. S'agissant de la fréquence d'apport F3, c'est chez la variété Padma que ce paramètre a été le plus important.

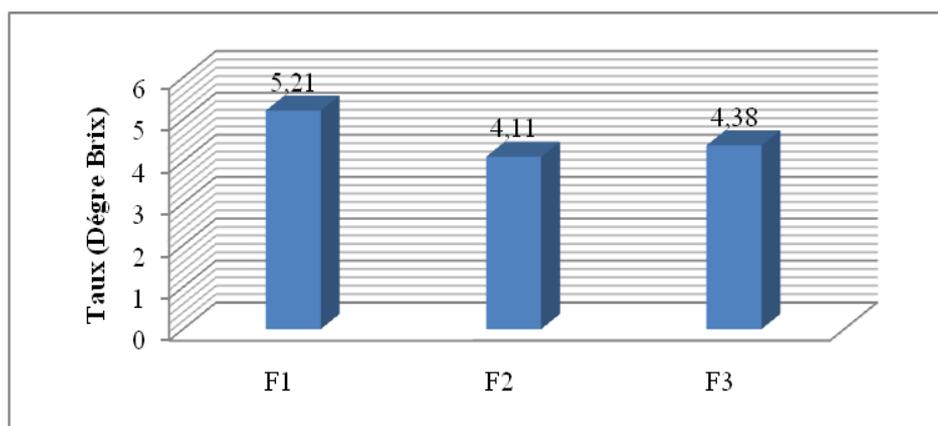


Figure 7 : Effet des fréquences d'apport sur le taux de matière sèche soluble

3-8. Effet de la fréquence d'apport sur le rendement des tomates

Globalement, la fréquence de fertilisation (F1) a donné le rendement le plus élevé, soit 17,57 T/Ha. Les deux autres fréquences d'apport F2 et F3 ont enregistré 12,21 T/Ha et 11,67 T/Ha respectivement (*Tableau 4*). Par variété de tomate, les rendements ont été non homogènes (*Tableau 4*). Aussi, pour Padama, le test de Newman-Keuls a différencié deux groupes homogènes pour ce paramètre. La fréquence de fertilisation F2 a constitué le premier groupe avec un rendement plus important de 17,32 T/Ha, tandis que les fréquences d'apport F1 et F3 ont formé second groupe avec des rendements plus faibles statiquement identiques respectifs de 13,7 T/Ha et 14,87 T/Ha. Pour ce paramètre, le cultivar Thorgal a observé trois groupes homogènes qui comprennent la fréquence F1 avec un rendement de 14,75 T/Ha et les fréquences F2 et F3 qui forment les deux groupes suivants avec 12,78 T/Ha et 9,95 T/Ha respectivement. S'agissant de la variété Tomy, le test de Newman-Keuls a distingué deux groupes homogènes pour cette variable. Les fréquences d'apports F2 et F3 ont constitué un premier groupe avec 10,17 T/Ha et 10,2 T/Ha respectivement, tandis que F1 a formé un groupe à part avec un rendement plus important de 20,65 T/Ha.

Tableau 3 : Effets des fréquences d'apport des engrais minéraux sur le nombre total de récoltes, le nombre et le poids moyen de fruits par plant, le nombre et le poids total de fruits récoltés, le nombre de fruits vendables et non vendables ainsi que les pourcentages de fruits pourris et craquelés

Traitement		Nombre moyen de fruits récoltés par plant	Nombre de récolte	Nombre total de fruits récoltés	Nombre de fruits vendables	Nombre de fruits non vendables	% des fruits pourris	% des fruits craquelés	Poids total de fruits récoltés par plant (g)	Poids moyen d'un fruit (g)
F1		7a	5a	21a	15a	6a	11,72	9,39	422a	64,6a
F2		5a	4b	25a	22a	3b	11,51	7,48	293b	61,9a
F3		5a	4b	25a	21a	4b	13,39	12,89	280b	63,3a
Source de variation (test F)	Répétition	P= 0,16	P= 0,052	P= 0,25	P= 0,17	P= 0,21				
	Fertilisation	P= 0,002	P= 0,007	P= 0,71	P= 0,33	P= 0,26				
	Variété	P= 0,002	P= 0,023	P= 0,003	P= 0,014	P= 0,027				
	Fertilisation*Variété	P= 0,11	P= 0,018	P= 0,34	P= 0,45	P= 0,41				

NB : Les moyennes d'une même colonne affectées de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % selon le test de la LSD. P < 0,05 = Variation significative ; P < 0,01 = Variation très significative ; P < 0,001 = variation hautement significative

Tableau 4 : Effets des fréquences d'apport des engrais sur la production de bouquets floraux et de grappes à fruit ; le poids de fruits récoltés par plant ; le poids moyen d'un fruit et la fermeté des fruits selon les variétés de tomates testées

Traitements	Nombre bouquets floraux par plant			Nombre grappes à fruits par plant			Poids total des fruits par plant (g)			Poids moyen d'un fruit (g)			Fermeté du fruit (%)			Taux de matière sèche soluble (%)			Rendement (T/Ha)			
	V1	V2	V3	V1	V2	V3	V1	V2	V3	V1	V2	V3	V1	V2	V3	V1	V2	V3	V1	V2	V3	
Variétés de tomates																						
F1	8b	10a	9a	6a	5b	6a	416a	354a	496a	48,8b	79,5a	65,6a	62,6b	58,0c	63,2b	5,7a	4,07b	5,88a	17,32	14,75	20,65	
F2	8b	11a	9a	6a	5b	6a	329a	307a	244b	58,5a	75,0a	52,1a	60,0c	62,4b	58,4c	3,64b	3,32b	5,38a	13,70	12,78	10,17	
F3	8b	10a	10a	6a	5b	5b	357a	239b	245b	57,2a	60,4a	72,2a	63,8b	66,0a	66,5a	5,29a	4,41b	3,44b	14,87	9,95	10,20	
test F	Rép.	P= 0,85			P= 0,50			P= 0,27			P= 0,5						P= 0,60			P= 0,27		
	Fert.	P= 0,41			P= 0,43			P= 0,037			P= 0,93						P= 0,03			P= 0,037		
	Var.	P= 0,009			P= 0,034			P= 0,46			P= 0,12						P= 0,037			P= 0,46		
	Fert*Var	P= 0,66			P= 0,072			P= 0,47			P= 0,30						P= 0,011			P= 0,47		

NB : Les moyennes d'une même colonne affectées de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % selon le test de la LSD. P < 0,05 = Variation significative ; P < 0,01 = Variation très significative ; P < 0,001 = variation hautement significative

Rép. = Répétition ; Fert. = Fertilisation ; Var. = Variété ; Fert* Var. = Fertilisation *Variété ; Source variation

4. Discussion

4-1. Effet de la fréquence d'apports sur le nombre de bouquets floraux et de grappes de fruits

Le nombre de bouquets floraux par plant est l'un des facteurs qui interviennent dans la production. Il n'y a pas eu de différences significatives entre les trois traitements pour le nombre de bouquets floraux et de grappes à fruits. Cependant, dans son ensemble, le nombre de bouquets floraux a été beaucoup soumis aux influences extérieures notamment les températures élevées très défavorables au cours de la période végétative des tomates. En effet, la température moyenne de 30°C enregistrée à l'extérieur de la serre au cours des mois de mai et de juin a contribué à accroître la température interne de la serre. Or la tomate est très exigeante en température et redoute les fortes températures [20]. A cet effet, [21], souligne pour la plupart des variétés des températures optimales entre 21 et 24°C. Par exemple, [22], signale au Maroc pour la plupart des variétés des températures optimales de 18°C le jour et de 15 à 25°C la nuit. Ces fortes températures pendant la période de fructification favorisent la croissance de la plante au détriment de l'inflorescence qui peut avorter [23]. En outre, l'essai a été victime d'une attaque sévère de *Tetranychus urticae* communément appelé l'araignée rouge que nous n'avons pas pu contrôler. Elle a réduit la durée de la production en stoppant la floraison. Néanmoins comme tous les traitements étaient dans les mêmes conditions, les résultats sont comparables. Cependant on sait d'après, [24] que l'apport du phosphore sous une forme assimilable favorise la formation des fleurs et des fruits et augmente la précocité. L'absence d'effet significatif de la fréquence d'apport des engrais sur les dates de floraison et de nouaison des tomates révèle dans nos conditions expérimentales que ces deux variables sont influencés principalement par l'effet génotypique. Les effets de la fréquence d'apport seraient masqués par l'influence du patrimoine génétique. Ces résultats corroborent avec ceux de [25] qui ont obtenus les mêmes résultats sur la tomate en culture sous abri. Ces auteurs ont montré que la date de floraison est un caractère génétique intrinsèque, propre à la variété. Elle est donc peu influencée par les facteurs extérieurs. D'après [15], la première cueillette chez la tomate est atteinte après 90 à 120 jours après semis. Pour ce paramètre, les plants issus des fréquences d'apport F2 ont été les derniers à arriver à maturité. C'est aussi les plants de ce traitement F2 qui ont connu une croissance plus importante. Il nous semble que cette forme d'apport des engrais NPK et urée (F2) a permis une disponibilité importante de l'azote prolongeant ainsi la période de la végétation au détriment du développement des organes reproducteurs. Selon [26] une consommation importante en azote provoque une végétation abondante et un retard de maturation des fruits.

4-2. Effet de la fréquence d'apports sur le nombre en fruits total par plant et sa qualité

Le nombre de fruits par plant a très peu évolué par fréquences de fertilisation. Pour cette variable, l'apport d'engrais toutes les deux semaines (F1) ont produit plus de fruits par plant. Indépendamment du type d'apport, la variété Padma a observé les plus fortes valeurs pour ce paramètre. Selon [27, 28], l'effet génotypique, la saison de culture, les conditions climatiques et le taux de nouaison influencent ce caractère. Ainsi, selon [27], le nombre en fruits par plant augmente lorsque les températures passent de 12 à 18 °C; ils diminuent au-delà. Pour ces auteurs, les températures nocturnes élevées augmentent la taille des fruits mais diminuent leur nombre. De même, [29 - 31], ont montré qu'un stress hydrique avec une réduction 65 % de la capacité au champ tout au long de la saison de production de la tomate réduit de manière significative le nombre et la taille des fruits. Outre, ces conditions, la fertilisation jouerait un rôle capital pour ce caractère. Par exemple, l'apport du phosphore sous une forme aisément assimilable favorise la formation et le développement des fleurs et des fruits et augmente la précocité des tomates [24]. Selon [32], l'excès d'azote favorise une végétation excessive au détriment de la fructification et diminue donc la précocité. Pour [33], l'azote favorise un développement foliacé trop important et une maturité plus tardive. La qualité des fruits, comme tous les autres caractères, mais de manière peut être plus sensible, dépend à la fois des

caractéristiques génétiques de la variété, des conditions pédoclimatiques et des techniques culturales [34]. Le nombre total en fruits récoltés et vendables ont très peu varié par fréquence de fertilisation. Cependant, Il a été observé que 30 % des fruits récoltés sous F1 ont été des fruits non vendables alors que sous F2 et F3, ce taux a été plus faible respectivement de 14 % et de 18 %. Les pourcentages de fruits pourris ont été pour les fréquences d'apport F1 et F2 pratiquement identiques. Pour cette variable, F3 a connue une légère hausse. S'agissant des taux fruits craquelés, la différence a été plus sensible entre les deux groupes de fréquences. D'une manière générale, La fréquence d'apport F3 a occasionné plus de pourriture et de craquelure des fruits comparativement aux deux autres apports. L'observation de l'interaction mode de fertilisation*variété, montre que la variété Padma a été la plus performante. Comparativement aux deux autres variétés testées, cette dernière sous toutes les fréquences d'apport a produit un nombre plus important de fruits récoltés. La variété Padma suivie Thorgal ont été plus performantes sous les fréquences d'apport F2 et F3 pour le nombre de fruits vendables enregistrés. La variable nombre fruits non vendables a été plus importante chez la variété Padma sous les fréquences F1 et F3, tandis que sous Tomy, c'est la fréquence F1 qui a occasionné le plus grand chiffre de fruits non vendables. Pour cette dernière variété le pourcentage de fruits pourris a été plus important sous les fréquences d'apport F1 et F3. Pour la variété Thorgal, le nombre de fruits pourris a été élevé sous la fréquence d'apport F2, bien que le nombre de fruits non vendables soit moins important. Pour l'ensemble des cultivars le taux de fruits craquelés a été important sous la fréquence F3, suivi de F1.

4-3. Effet de la fréquence d'apports sur le poids de fruits par plant et le poids moyen d'un fruit

Pour ce qui est de la variable de productivité, le poids total moyen de fruits par plant de l'ensemble de tous les traitements obtenu a été de 332 g. Ce poids total moyen de fruits par plant n'a pas atteint le niveau de productivité des variétés. Il a été beaucoup soumis aux influences extérieures. En effet, la température moyenne de 30°C enregistrée à l'extérieur au cours des mois de mai et de juin a été à l'intérieur de la serre plus élevée et défavorable pour la tomate qui redoute les fortes températures. Chougar [22], souligne que les températures optimales pour la plupart des variétés sont de 18°C le jour et de 15°C à 25°C la nuit au Maroc. En outre, l'essai a été victime d'une attaque sévère de *Tetranychus urticae* communément appelé l'araignée rouge que nous n'avions pas pu contrôler. Elle a réduit la durée de la production en stoppant la floraison. Néanmoins comme tous les traitements étaient dans les mêmes conditions, les résultats sont comparables. Le poids de fruit par plant a été influencé par la fréquence d'apport des engrais minéraux. La fréquence d'apport F1 a donné la meilleure production (422 g de fruits/plant) pour ce paramètre. L'observation de l'interaction mode de fertilisation*variété, montre que Les variétés Padma et Tomy ont répondu mieux à cet apport rapproché toutes les deux semaines en donnant respectivement 416 g de fruits/plant et 496 g de fruits/ plant. Le plus grand nombre de fractionnements qui se traduit par une périodicité d'apport très rapprochée permet une meilleure disponibilité des éléments minéraux pour la plante au moment de la fructification et améliore la production de fruits. Le PIP et la COLEACP [19] soutiennent cette assertion quand ils affirment que les besoins en azote de la tomate augmentent progressivement pour devenir très importants pendant la période de production des fruits. Des résultats similaires ont été obtenus par [35] au cours d'un apport d'azote et de potassium de couverture avec 6 et 12 fractionnements sur sol sableux. Selon ces auteurs, le rendement le plus élevé a accompagné le fractionnement à 12 fournitures plutôt qu'à 6. Ces résultats confirment également les travaux de [36] cité par [3]. Ces derniers ont observé sur le maïs une accumulation plus élevée d'azote dans les grains avec une application tardive de N qu'avec une application plus hâtive au semis surtout à faible dose de N. Au total, selon [37], la qualité des fruits de manière plus sensible, comme tous les autres caractères, dépend à la fois du génotype (c'est-à-dire des caractéristiques génétiques de la variété) et du milieu au sens large (c'est-à-dire du climat, du sol, des techniques culturales).

4-4. Effet de la fréquence d'apports sur la fermeté et le taux de matière sèche soluble

La fermeté de la tomate constitue un critère de choix dans l'appréciation de la qualité et de l'état physico-chimique des tomates et permet de déterminer la qualité du fruit à supporter la manutention et le transport. Concernant la fermeté des fruits, les résultats de l'étude ont révélé des différences entre les fréquences d'apport. La fréquence d'apport F3 a donné les meilleurs résultats (65,43 %) par rapport à la F1 (61,27 %) et à la F2 (60,27 %). Partant de la littérature, la tomate peut être de consistance molle, moyenne ou ferme. Cependant, pour la tomate, la bonne fermeté commence à partir de 70 %. Une fermeté inférieure à 70 %, constitue un frein pour le transport du fruit sur une longue distance avec des pertes plus importantes. Pour l'ensemble les variétés testées, l'indice de fermeté a été faible, inférieur à 70 % sous l'ensemble des fréquences d'apport. La disponibilité plus ou moins permanente des éléments minéraux pour la plante tout au long de son cycle réduirait la fermeté des fruits. Spécifiquement, l'apport plus important de l'azote pour les plants sous fréquences d'apport F1 et F2 pourrait être la cause de la faible fermeté des fruits enregistrée sous ces deux fréquences d'apport. En effet, l'azote est un élément constitutif des cellules du fruit et sa consommation importante semble réduire la dureté des parois cellulaires. D'autre part, les températures moyennes mensuelles très fortes enregistrées à la récolte de la tomate comprises entre 27,4°C à 29,9°C. ont été un facteur défavorable pour cette variable. A ce effet, pour [38 - 40], la température et la durée de conservation influent la fermeté des fruits et une température comprise entre 2°C et 21°C est corrélée négativement à la fermeté des fruits de la tomate.

Cependant, selon [41] la fermeté est d'origine génétique. Les résultats obtenus sur le taux de matière sèche soluble (5,21 % pour la fréquence d'apport F1, 4,11 % pour la fréquence d'apport F2 et 4,38 % pour la fréquence d'apport F3; 5,7 % pour l'interaction F1*Padma, 5,88% pour l'interaction F1*Tomy, 5,38 % pour l'interaction F2*Tomy et 5,29 % pour l'interaction F3*Padma) se situent dans la gamme proposée par [26]. Pour ces auteurs, la teneur moyenne des matières sèches solubles était de 4,6 % du poids frais chez les variétés commerciales actuelles et celles destinées à la transformation industrielle de 6,3 % du poids frais. Ces résultats corroborent avec ceux de [42], qui ont établi pour la tomate, un taux de matière sèche soluble compris entre 4 % et 8 % avec une moyenne de 5,5 %. Pour ces auteurs, seules les variétés de tomate à forte teneur en matière sèche soluble comprise entre 6 % et 8 % sont cultivées industriellement. Cependant, [43] ont rapporté des taux de Brix entre 4,5 % et 6,25 % pour à la transformation la tomate. A exception des interactions F2*Padma (3,64 %), F2*Thorgal (3,32 %) et F3*Tomy (3,44 %) où les taux de brix observés ont été très faible, toutes les autres interactions fertilisation et variété de tomate par cette variable peuvent servir comme tomate de transformation dans notre zone d'étude. Au-delà, selon [24, 44], un apport bien équilibré d'engrais minéraux à un temps convenable peut améliorer considérablement la qualité des fruits, en particulier l'accumulation de la matière sèche en particulier la quantité de sucres et d'acides dans les tomates. Ils ajoutent qu'une augmentation de la température au-dessus de la température optimale provoque une diminution de la photosynthèse. Aussi, l'effet continu d'une température au dessus de 30°C, surtout quant elle est accompagnée d'un dessèchement du sol et de l'air, peut provoquer des troubles considérables de la photosynthèse, diminuer les sucres et les matières sèches dans les fruits aussi bien que les rendements.

4-5. Effet de la fréquence d'apports sur le rendement

La fréquence de fertilisation (F1) qui a donné le rendement le plus élevé (17,57 tonnes/Ha) a également observé le taux de matière sèche soluble le plus élevé. Le rendement de la production sous apport F1 a dépassé de 44 % et de 51 % les rendements sous F2 et F3 respectivement. Aucune différence fondamentale n'a été observée entre les fréquences d'apport F2 et F3 par ce paramètre respectif de 12,21 T/Ha et 11,67 T/Ha. L'interaction fertilisation*rendement a évolué différemment en fonction de la variété de tomate. Aussi, sous la fréquence d'apport F1, le rendement de la variété Padma a été de 26,42 % et de 16,47 % supérieur

aux rendements enregistrés sous F2 et F3 respectivement. Cette variété a observée une meilleure réaction à la fréquence de fertilisation F1 par rapport aux fréquences d'apport F2 et F3. Ces deux dernières n'ont observé pour cette fréquence de fertilisation aucune différence fondamentale. Pour cette même variable, le cultivar Thorgal sous la fréquence de fertilisation F1 a été supérieur à (F2) de 15,41 % et à F3 de 48,42 %, soit pratiquement le double de sa production. Comme dans le premier cas de figure, la réaction de cette variété a été aussi plus positive aux fréquences de fertilisation F1. Cependant le rendement de la production sous F2 a été de 28,44 % supérieur à F3) qui a observé le plus faible rendement aussi bien pour cette variété que pour l'ensemble des variétés du test. S'agissant de la variété Tomy, le rendement sous F1 (20,65 T/Ha) a été pratiquement le double des valeurs observées par de F2 et F3 respectives de 10,17 T/Ha et 10,2 T/Ha. La fréquence d'apport a alors eu un effet sur l'élaboration de la matière sèche des fruits. [45] a montré qu'une concentration élevée en sels minéraux dans l'environnement racinaire entraîne une réduction du flux d'eau vers le fruit et une augmentation de la teneur en matière sèche et en glucides solubles du fruit. Ce qui est le cas dans notre étude avec le traitement F1 dont les derniers apports du NPK aux plantes ont été effectuées vers la fin de la fructification. [45] précise que même dans des conditions de nutrition azotée pléthorique, les fruits de tomate n'accumulent pas de nitrate qui se produit éventuellement dans les organes végétatifs non consommés chez la tomate. En outre, [46] ont prouvé que lorsque les NPK sont apportés à leur dose optimale, l'acidité triturable, les sucres réducteurs et l'acide ascorbique augmentent. Par contre, ils diminuent une fois que la dose optimale de NPK est dépassée. L'accroissement de la production de tomate suite au fractionnement des engrais par rapport à un apport unique a été démontré par différents chercheurs.

[47] ont obtenu le rendement maximal par fractionnement de 135 kg N/ha (30 kg à la plantation, 30 kg 25 JAP, 30 kg 50 JAP et 45 kg 75 JAP) et en utilisant l'urée comme engrais azoté. Pour Le Programme d'Initiative Pesticides (PIP) et le COLEACP [19] plus les sols sont filtrants, plus le fractionnement ne devra être étalé. Aussi, en sols sableux et en apports classiques, ceux-ci préconisent un apport de fond (20 %) et quatre (04) apports d'entretien (20 % 20 Jours Après Plantation, 25 % 50 JAP, 25 % 80 JAP et 10 % 100 JAP). Pour le phosphore, le PIP et le COLEACP [19] proposent un fractionnement basé sur 3 apports. Un apport de fond (50 %) et 2 apports d'entretien (30 % 20 JAP et 20 % 80 JAP). S'agissant du potassium, les travaux de [48 - 50] ont montré le rôle de cet élément dans l'accroissement de la production et la croissance végétale de tomate. Le potassium soluble apporté par l'engrais contribue à favoriser la floraison et le développement des fruits. Pour cette raison, la plus grande partie du besoin total de K devrait être avant le début de la floraison [48, 51, 52]. Pour le PIP et COLEACP [19], cinq apports cet élément est nécessaire pour atteindre des rendements supérieurs. Un apport de fond (30 %) et 4 apports d'entretien (20 % 20 JAP, 20 % 50 JAP, 20 % 80 JAP et 10 % 100 JAP). Cependant Selon [53], le potassium absorbé dépend beaucoup de la masse des racines et de leur morphologie, qui relève du patrimoine génétique mais aussi du stade de son développement. Cependant, [54] n'ont pas trouvé d'effet positif du fractionnement des engrais sur le rendement de la tomate industrielle en sol lourd.

5. Conclusion

L'étude sur les effets du fractionnement des engrais minéraux sur la productivité de la tomate et la qualité des fruits en culture d'hivernage a permis de tirer les conclusions suivantes : L'apport du NPK et de l'urée toutes les 2 semaines (F1) a donné de meilleurs poids total de fruits par plant (422 g) par rapport à la F2 (293 g) et à la F3 (280 g), poids moyen d'un fruit F1 (64,6 g) par rapport à F2 (61,9 g) et F3 (63,3 g). Il a donné également le meilleur taux de matière sèche soluble des fruits (5,21 %) par rapport à la F2 (4,11 %) et à la F3 (4,38 %). Le plus grand nombre de fractionnement qui induit une fréquence d'apport plus rapprochée augmente mieux l'efficacité agronomique des engrais dans la production en quantité et en qualité sauf la

fermeté qui diminue dans ces conditions; Les variétés Padma et variété Tomy ont mieux réagi à la fréquence d'apport F1 sur la production de fruits respectifs de 416 g et 496 g de fruits/plant, sur le poids moyen d'un fruit respectif de 79,0 g et 65,6 g, sur la production de matière sèche soluble respectifs de 5,7 % et 5,88 % et sur le rendement respectif de 17,0 T/Ha et 20,0 T/Ha.

Références

- [1] - B. V. BADO, Modification chimique d'un sol ferrallitique sous l'effet de fertilisants minéraux et organiques : conséquences sur les rendements d'une culture continue de maïs, (1994) 57 p.
- [2] - P. M. SEDEGO, B. Y. BADO, M. P. CESCAS, F. LOMPO et A. BATIONO, Effet à long terme des fumures sur les sols et les rendements du maïs au Burkina Faso. *Cahier d'Agriculture*, 6 (1997) 571 - 575
- [3] - K. L. NYEMBO, S.Y. USENI, K.M. CHUKIYABO, K. J. TSHOMBA, M. E. NTUMBA, K. P. MUYAMBO, M. M. KAPALANGA, M. D. MPUNDU, N. F. BUGEME et L. L. BABOY, Rentabilité économique du fractionnement des engrais azotés en culture de maïs (*Zea mays* L.) : cas de la ville de Lubumbashi, sud-est de la RD Congo. *Journal of Applied Biosciences*, 65 (2013) 4945 - 4956
- [4] - INERA / CREAM, *Evaluation variétale de tomates industrielles dans deux sites (Loubila et Kamboinsé) pour la culture au Burkina*. Rapport, INERA/CREAF de Kamboinsé et STFL, (2010) 43 p.
- [5] - MARHASA, Superficies et production maraîchère par région (campagne 2013-2014). Ministère de l'Agriculture, des Ressources Halieutiques, de Références bibliographiques, (2014) 187 p.
- [6] - MAAH, Situation de référence du programme de développement des cultures fruitières et légumières (PDCFL), Phase 2018-2022, Ministère de l'Agriculture et des Aménagements Hydrauliques, Ouagadougou, Burkina Faso, (2017) 61
- [7] - MAH, Rapport général du module maraîchage. Ministère de l'Agriculture et de l'Hydraulique, Ouagadougou, Burkina Faso, (2011) 318 p.
- [8] - MASA, Rapport final situation de référence filières agricoles, Ministère de l'Agriculture et de la Sécurité Alimentaire, Burkina Faso, (2013) 208 p.
- [9] - MASA, *Rapport d'analyse du maraîchage : Campagne 2011/2012*. Edit. DGESS, (2012) 42 p.
- [10] - A. ROUAMBA, J. BELEM, W. V. TARPAGA, L. OTOIDOBIGA, L. OUEDRAOGO, Y. A. KONATE et G. KAMBOU. Itinéraires techniques de production des tomates d'hivernage FBT., INERA Farako-Bâ, (2013) 4 p.
- [11] - C. PIERI, Estimation du bilan des pertes moyennes en eaux et en éléments minéraux dans une succession culturale mil - arachide. Rapport de mission, (1982) 26 p.
- [12] - F. GANRY, Application de la méthode isotopique à l'étude des bilans azotés en zone tropicale sèche. Thèse : Sciences Naturelles; univ. de Nancy, 1 (1990) 354 p.
- [13] - J. GIGOU et C. F. CHABALIER, L'utilisation de l'engrais azoté par les cultures annuelles en Côte d'Ivoire. *Agronomie Tropical*, (42) (3) (1987) 171 - 175
- [14] - B. IBRAHIM, Caractérisation des saisons de pluies au Burkina Faso dans un contexte de changement climatique et évaluation des impacts hydrologiques sur le bassin du Nakanbé. Thèse de doctorat de l'Université Pierre et Marie Curie-Paris VI, France, (2013) 246 p.
- [15] - S. NAIKA, J. V. L. DE JEUD, M. DE JEFFAU, M. HILMI and B. VANDAM, La culture de la tomate, production, transformation et commercialisation. Edit. Wageningen, Pays-Bas, (2005) 105 p.
- [16] - K. SAWADOGO, Conduite d'une culture de multiplication de semences de tomates d'hivernage à la station de Farako-Bâ, INERA Farako-Bâ, (2013) 65 p.
- [17] - B. KALOGA, Etude de la pédogenèse sur les glacis soudaniens de Haute-Volta, *Bulletin de Liaison - ASEQUA*, (22) (1969) 20 - 23
- [18] - R. BOULET, Notice des Cartes de ressources en sols de la Haute-Volta. Echelle ~/XXII 000. *ORSTOM*,

- Paris, (1976)
- [19] - PIP et COLEACP, Itinéraire technique tomate cerise (*Lycopersicon esculentum*), (2011), WWW.coleacp.or/pip
- [20] - K. M. POLESE, La culture de tomate. Ed. Artémis, (2007) 95 p.
- [21] - N. SHANKARA, J. VAN LIDT DE JEUD, M. DE GOFFAU, M. HILMI, B VAN DAM et A. FLORIJIN, La culture de la tomate : production, transformation et commercialisation. 5eme (ed). foundation agromisa et CTA, Wageningen, (2005)
- [22] - S. CHOUGAR, Bioécologie de la mineuse de la tomate *Tuta absoluta* (MEYRICK, 1917) (Lepidoptera : Gelechiidae) sur trois variétés de tomate sous serre (Zahra, Dawson et Tavira) dans wilaya de Tizi-Ouzou. Mém. De Magister, Univ. Mouloud Mammeri de Tizi- Ouzou, (2011) 106 p.
- [23] - Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II (IAV). Plantes, Végétaux, *Advances*, 17 (2-3) (1999) 183 - 203
- [24] - N. KOLEV, Les cultures maraîchères en Algérie. Tome I : légumes fruits. Ed. Ministère de l'Agriculture et de la Réforme Agraire (MARA), 1 (1976) 52 p.
- [25] - A. H. DJIDJI, G. P. ZHOUREI, L. FONDIO, J. C. NZI et C. KOUAMEN, Effet de l'abri sur le comportement de la tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en saison pluvieuse dans le Sud de la Côte-d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences*, 25:1557 - 1564, CNRA Côte D'Ivoire, ISSN 1997 - 5902, (2010) 8 p.
- [26] - E. F. ABDELLATIF et C. NOUREDDINE, *Etude de base sur la culture de la tomate au Maroc*. Edit. FAO et ONSSA, (2010) 110 p.
- [27] - H. ZIANG, Les aléas climatiques liés à la production quantitative et qualitative de la tomate. In, Agrométéorologie et productions légumières, séminaire tenu a Avignon du 19 février au 1è mars 1984, les colloques de L'INRA, Paris, 33 (1984) 77 - 79
- [28] - Y. TIRILLY et C. M. BOURGEOIS, Technologie des légumes, In Philouze J, La tomate et son amélioration génétique. *Ed., Tec & Doc.*, (1999) 112 - 130
- [29] - J. P. JACOB et J. L. M. JANSSEN, La tomate *in*: cultures maraîchères spéciales : les solanacées fruits. Cours polycopies. INA. El-Harrach., (1979) 01 - 16
- [30] - R. LAUMONNIER, Cultures légumières et maraîchères. Tome III. *Ed. J. B. Baillière*. Paris, (1979) 274 p.
- [31] - J. PHILOUZE, L'amélioration génétique de la tomate *in* : La tomate de serre. Ed. Lavoisier. Paris, (1981) 07 - 18
- [32] - C. L. CHAUX et C. L. FOURY, Productions légumières. Tome III : légumineuses potagères, légumes fruit. Ed. Tec et Doc. Lavoisier. Paris, (1994) 145 - 231
- [33] - M. M. NURUDDIN, C. A. MADRAMOOTOO & G. T. DODDS, Effects of water stress at different growth stages on greenhouse tomato yield and quality. *Hortscience*, 38 (7) (2003) 1389 - 1393
- [34] - N. KANG, M. CHO & K. KANG, Accumulation of soluble solids and activation of antioxidant enzymes by deficit irrigation in fresh tomato fruits. *Korean Journal of Horticultural Science & Technology*, 27 (3) (2009) 343 - 352
- [35] - R. N. BARBAGALLO, I. DI SILVESTRO & C. PATANE, Yield, Physicochemical traits, antioxidant pattern, polyphenol oxidase activity and total visual quality of field-grown processing tomato cv. Brigade as affected by water stress in Mediterranean climate. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93 (6) (2013) 1449 - 1457
- [36] - S. J. LOCASCIO, G. J. HOCHMUTH, F. M. RHOADS, S. M. OLSON, A.G. SMAJSTRLA et E. A. HANLON, Nitrogen and potassium application scheduling effects on drip-irrigated tomato yield and leaf tissue analysis. *HortScience. Alexandria, Va.: The American Society for Horticultural Science*, 32 (2) (1997) 230 - 235
- [37] - R. S. RUSSEL and D. T. CLARKSON, The uptake and distribution of potassium in crop plants. In : Potassium in biochemistry and physiology, 8th colloquium of the Int Potash Inst Int Potash Inst, Berne, (1971) 79 - 92
- [38] - L. GRY, La tomate en révolution permanente. *Semence et progrès*, 78 (1994) 13 p.

- [39] - R. STEVENS, D. PAGE, B. GOUBLE, C. GARCHERY, D. ZAMIR & M. CAUSSE, Tomato fruit ascorbic acid content is linked with monodehydroascorbate reductase activity and tolerance to chilling stress. *Plant Cell and Environment*, 31 (8) (2008) 1086 - 1096
- [40] - D. PAGE, B. GOUBLE, B. VALOT, J. P. BOUCHET, C. CALLOT, A. KRETZSCHMAR, M. CAUSSE, C. M. C. G. RENARD & M. FAUROBERT. Protective proteins are differentially expressed in tomato genotypes differing for their tolerance to low-temperature storage. *Planta*, 232 (2) (2010) 483 - 500
- [41] - J. PINHEIRO, C. ALEGRIA, M. ABREU, E. M. GONCALVES & C. L. M. SILVA, Kinetics of Changes in the physical quality parameters of fresh tomato fruits (*Solanum lycopersicum*, cv Zinac') during storage. *Journal of Food Engineering*, 114 (3) (2013) 338 - 345
- [42] - A. F. FAN-UNGUE, B. L. FLAOUNENBAOUM et A. N. IZOTOV, Technologie de conservation des fruits et légumes; 3ème édition ; *Pich. Promo Moscou*, (1969) 239 - 241
- [43] - E. GARCIA and D. M. BARRETT, "Evaluation of Processing Tomatoes from Two Consecutive Growing Seasons : Quality Attributes, Peelability and Yield". *Journal of Food Processing and Preservation*, 30 (1) (2006) 20 - 36
- [44] - A. T. MARX, Biochimie de conservation des fruits et légumes. *Pich. Promo*, Moscou, (1973) 303 - 318
- [45] - INRA, *Les apports de la physiologie à l'élaboration de la qualité chez la tomate*. Edit. INRA, Paris, (2000) 2 p.
- [46] - R. A. SOLABO et A. O. OLORUNDO, The effects of nitrogen, phosphorus and potassium on the canning quality of tomatoes (*Lycopersicon esculentum*) in Southwestern Nigeria. *Acta-Horticulturae*, 53 (1977) 171 - 180
- [47] - M. E. AKHTAR, M. Z. M. KHAN, T. RASHID, Z. AHSAN and S. AHMAD, Effect of potash application on yield and quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* mill.). *Pak. J. Bot.*, 42 (3) (2010) 1695 - 1702
- [48] - H. MASOME, Effect of different levels of urea on the growth and yield of tomato *Journal of Novel Applied Sciences*, 2 (S3) (2013) 1031 - 1035
- [49] - H. MASOME and S. KAZEMI, Effects of ammonium sulphate and urea fertilizers on the growth and yield of tomato. *Journal of Novel Applied Sciences*, 3 (2) (2014) 148 - 150
- [50] - J. M. PINTO, J. M. SOARES, N. D. COSTA, C. M. B. FARIA, L. T. DE L BRITO and D. J. SILVA, Rates and dates of application of nitrogen to the tomato crop through irrigation water. *Horticultura-Brasileira*, 15 (1) (1997) 15 - 18
- [51] - L. WILLIAMS and U. KAFKAFI. IN M. M. EL-FOULY, F.E. ABDALLA and A. A. ABDEL-MAGUID (eds.), Proceedings of the symposium on foliar fertilization: A technique to improve production and decrease pollution, 10-14 Dec. 1995, NRC, Cairo, (1998) 85 - 90
- [52] - B. P. CHAPAGAIN and Z. WIESMAN, Effect of Nutri-Vant-Pea K foliar spray on plant development, yield, and fruit quality in greenhouse tomatoes. *Scientia Horticulturae*, 102 (2004) 177 - 188
- [53] - Z. RENGEL, P. M. DAMON & I. CAKMAK, Crops and genotypes differ in efficiency of potassium uptake and use. *Physiologia Plantarum*, 133 (2008) 624 - 636
- [54] - S. J. LOCASCIO, S. M. OLSON et F. M. RHOADS, Water quantity and time of N and K application for trickle-irrigated tomatoes. *J-Am-Soc-Hortic-Sci. Alexandria, Va.: The Society*, 114 (2) (1989) 265 - 268