

Effet de l'irradiation par rayon gamma sur la variabilité de certains critères de qualité chez la clémentine Marisol

[EFFECT OF GAMMA RAY IRRADIATION ON THE VARIABILITY OF SOME QUALITY CRITERIA IN MARISOL CLEMENTINE]

Tarik Aderdour¹⁻³, Najat Handaji¹, Najiba Brhadda³, Najat Arsalane¹, Bouchra Ait El Aouad¹⁻³, Kawtar Label¹⁻³, El Mustapha Essalhi¹⁻³, Mohamed Mohib², and Hamid Benyahia¹

¹Institut National de Recherche Agronomique, BP. 257, Kenitra, Maroc

²Institut National de Recherche Agronomique, Tanger, Maroc

³Laboratoire de Biodiversité et Ressources Naturelles, Faculté des Sciences, Université Ibn Tofail, Kenitra, Maroc

Copyright © 2015 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Citrus fruits have a great national social and economic importance. This work is part of an improvement and genetic diversification program of citrus, the aim of this study is to purpose and to study the variability of selection criteria related to the quality of the fruit. 107 clones of clementine were applied by gamma irradiations on Marisol clementine buds. They were grafted onto macrophylla and planted with a spacing of 3x5 m². The evaluation was focused on the organoleptic and pomological criteria. Statistical analysis showed significant differences between the control and irradiated clones of Clementine (Marisol) for all studied variables (sugar content, number of seeds per fruit, average fruit weight and percentage of juice and maturity index) except for the acidity of the fruit. Four irradiated clones of clementine were selected because of their good quality 30M57 ; 30M67 ; 50M51 ; 50M87 ; 50M91 ; 50M89 (seedless fruits, large caliber).

KEYWORDS: Citrus, Clementine, Irradiation, Genetic diversification, Quality, Clone.

RÉSUMÉ: Les agrumes sont d'une grande importance socio-économique à l'échelle nationale. Le présent travail s'inscrit dans le cadre d'un programme d'amélioration et de diversification génétique des agrumes. Son objectif est d'étudier la variabilité de certains critères de sélection liés à la qualité des fruits. 107 clones de clémentinier issus de l'irradiation par rayon gamma sur les bourgeons de la clémentine Marisol. Ils ont été greffés sur macrophylla et plantés avec un écartement de 3x5 m². L'évaluation a été portée sur les critères organoléptiques et pomologiques. Les analyses statistique ont montré des différences significatives entre les clones irradiés et la clémentine témoin (Marisol) pour tous les variables étudiés (la teneur en sucre; le nombre de pépins par fruit ; le poids moyen du fruit ; le pourcentage de jus et l'indice de maturité) à l'exception de l'acidité du fruit. Quatre clones de clémentinier issus de l'irradiation ont été sélectionnés en raison de leur bonne qualité 30M57 ; 30M67 ; 50M51 ; 50M87 ; 50M91 ; 50M89 (fruits sans pépins, gros calibre).

MOTS-CLEFS: Agrumes, Clémentine, Irradiation, diversification génétique, Qualité, Clone.

1 INTRODUCTION

Au Maroc, les agrumes revêt une grande importance socio-économique. La superficie totale actuelle des agrumes est de 118 000 ha dont 92 000 Ha de superficie productive. Par rapport à 2008, il y a une tendance nette vers la plantation des petits fruits. Ainsi, la superficie productive des petits fruits a augmenté de 31%, soit 15.000Ha de plus, [1]. Par ailleurs, la clémentine Marisol (*Citrus reticulata* Blanco) est une mutation spontanée de clémentine Oroval découverte dans Bechí (Castellón) en 1970 [2]. De même, ce clone introduit d'Espagne en 1987-1988 a été cultivé à échelle commerciale dans différentes régions dès le début des années quatre-vingt-dix. Il est précoce, très productif. Marisol a été considéré comme la solution miracle aux problèmes des petits calibres et d'étalement de la période de commercialisation de la clémentine [3]. Il a donné des résultats relativement satisfaisants seulement dans quelques localités à microclimat humide (le Gharb et la région côtière, entre Rabat et Larache) [4]. Cependant, la clémentine nécessite une plantation isolée des autres variétés pollinisatrices, d'où la nécessité de chercher des variétés stériles. Par ailleurs, les méthodes d'amélioration sont très nombreuses et sont définies selon les moyens disponibles et les objectifs des sélectionneurs. Les irradiations ionisantes (rayons gamma) des graines ou des bourgeons permettent d'induire ce type de mutations structurelles en réduisant le nombre de pépins chez la clémentine Monréal ou obtenir des mutants totalement aspermes [5] [6]. Des études de mutagenèse par irradiation ont été faites sur les *Citrus sinensis* et *Citrus paradissi* et les fruits obtenus sont aspermes [7] [4]. La plupart des variétés commerciales utilisées dans les plantations d'agrumes marocaines sont issues d'une sélection clonale au sein d'une population de plants greffés ou de semis ou encore à partir des mutations naturelles ou des hybridations [8] [9]. La majorité des variétés d'orangers sont dérivées des mutations somatiques des bourgeons [10]. Des exemples significatifs de mutants ont joué un rôle fondamental dans le développement du profil variétal des orangers, telles que les variétés *Navelina* et *Navelate* (issus *Washington navel*), *Salustiana* (issue de l'orange commune), *Tarocco* (issue de *Sanguinilli*) et *Valencia late* (Son origine se situe aux Açores, au XIX^e siècle, comme mutation spontanée). L'arbre dont provient cette variété est grand, vigoureux et très productif. Pour les arbres fruitières, l'exposition à un rayonnement gamma des bourgeons dormants est une méthode classique de création variétale par mutagenèse induite qui permet d'améliorer ou à diversifier, pour un ou quelques caractères [11], de même pour les agrumes, la mutagenèse induite par irradiation gamma est la méthode la plus utilisée couramment à travers le monde pour obtenir des clones à fruits aspermes de variétés commerciales à pépins [12] [13] [14] [15].

La présente étude se focalise sur l'évaluation de nouveaux variants de clémentinier issus de l'irradiation de la clémentine Marisol sous deux doses de rayons gamma.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 MATÉRIEL VÉGÉTALE

En 2009, les bourgeons de la clémentine Marisol ont été irradiés selon deux doses (30Gy et 50Gy) dans la station de radioactivité de l'INRA Tanger. Ensuite, le greffage a été effectué sur le porte greffe *Macrophylla*. Après six mois, 107 plants obtenus ont été plantés au domaine Kabbage à Belciri (Maroc) avec un écartement entre les arbres de 3x5 m². Les clones variants sont numérotés comme suit 30Mx ou 50Mx (30 et 50 correspond aux doses d'irradiation et x, y le numéro du clones) (Tableau 1).

Tableau 1: 107 clones de clémentines issus de l'irradiation par rayon gamma des bourgeons de la clémentine Marisol

Dose (Gy)	Nombre de clones	Codes des clones de clémentiniers irradiés
0	2	Marisol
30	47	30 M1 ; 30M11 ; 30M12 ; 30M13 ; 30M14 ; 30M15 ; 30M16 ; 30M17 ; 30M18 ; 30M19 ; 30M2 ; 30M21 ; 30M22 ; 30M23 ; 30M24 ; 30M25 ; 30M26 ; 30M27 ; 30M28 ; 30M29 ; 30M3 ; 30M31 ; 30M33 ; 30M34 ; 30M35 ; 30M39 ; 30M4 ; 30M40 ; 30M41 ; 30M43 ; 30M44 ; 30M46 ; 30M47 ; 30M51 ; 30M52 ; 30M53 ; 50M55 ; 30M57 ; 30M58 ; 30M60 ; 30M61 ; 30M62 ; 30M65 ; 30M67 ; 30M68 ; 30M69 ; 30M9
50	60	50M1 ; 50M10 ; 50M100 ; 50M103 ; 50M106 ; 50M107 ; 50M108 ; 50M12 ; 50M13 ; 50M14 ; 50M15 ; 50M16 ; 50M17 ; 50M18 ; 50M20 ; 50M22 ; 50M23 ; 50M24 ; 50M25 ; 50M26 ; 50M28 ; 50M29 ; 50M3 ; 50M30 ; 50M31 ; 50M4 ; 50M44 ; 50M47 ; 50M48 ; 50M49 ; 50M51 ; 50M53 ; 50M54 ; 50M55 ; 50M57 ; 50M58 ; 50M59 ; 50M6 ; 50M60 ; 50M61 ; 50M62 ; 50M63 ; 50M67 ; 50M69 ; 50M7 ; 50M71 ; 50M72 ; 50M76 ; 50M77 ; 50M81 ; 50M83 ; 50M85 ; 50M86 ; 50M87 ; 50M9 ; 50M91 ; 50M93 ; 50M94 ; 50M96 ; 50M97
Total		107 + un témoin

Mx : clone irradié

2.2 CONDUITE TECHNIQUE DES ARBRES

L'essai a été installé en 2009 au domaine El Kabbage à Belkciri sur un sol argileux. Les arbres greffés sur macrophylla. Le système d'irrigation 'goûte à goûte' est compatible à l'exploitation et aux disponibilités en eau. Les quantités d'eau nécessaires pour irriguer correctement la parcelle sont définies en fonction de la zone climatique. Pour les agrumes, le besoin en eau varie de 900 à 1200 mm par an. L'étude des températures est déterminante pour l'analyse du comportement des agrumes. Ce facteur influe en effet sur la qualité interne des fruits obtenus, et sur leur coloration. Sur trois ans d'observations. Le système de fertigation est le plus adapté au domaine Kabbage. La taille de formation et d'entretien a été pratiquée annuellement selon les techniques usuelles pratiquées en agrumiculture. Des traitements phytosanitaires contre les cératites et les cochenilles ont permis de réussir la protection du verger

Tableau 2: Données climatiques de la station de Belkciri (2012 / 2013)

Année	Pluv.(mm)	T.M(°C)	T. M max. (°C)	T. M min (°C)
2012	344,5	16,84	22,57	11,64
2013	781,2	17,30	22,15	12,82
Moyenne	466,86	14,84	20,31	10,09

Pluv. (Pluviométrie); *T.* (Température); *M* (Moyenne); *min* (minimale); *max* (maximale).

2.3 MÉTHODES

Les paramètres étudiés sont liés à la qualité interne et externe du fruit. Au stade de maturité, des échantillons de 10 fruits par clone ont été prélevés durant les années 2012 et 2013 pour les analyses du jus.

2.3.1 POURCENTAGE EN JUS

L'extraction du jus se fait à l'aide d'un appareil électrique (toupie tournante). Le jus total correspond au jus décanté et le jus tamisé. La teneur minimale en jus des oranges est fixée à 35% [16]. La teneur en jus est exprimée en pourcentage :

$$\text{La teneur en jus} = \frac{\text{Poids du jus des fruits}}{\text{poids total de ces fruits}} \times 100$$

2.3.2 LA TENEUR EN SUCRE (E) OU EXTRAIT SEC SOLUBLE (ESS)

La teneur en sucre dans le jus est obtenue par une lecture directe sur le réfractomètre à main portatif RHB - 32ATC et gradué de 0-32%.

2.3.3 DOSAGE DE L'ACIDITÉ (A)

L'acidité totale du jus d'agrumes est l'un des facteurs déterminants pour la qualité du jus et pour la détermination de la date de maturité [17]. Le dosage de l'acidité nécessite l'utilisation d'une solution alcaline de soude mise dans une burette de Mohr à raison de 6,25g/l. Un volume de 10cm³ de jus décanté est prélevé avec quelques gouttes d'indicateur coloré (phénophtaléine), puis on laisse doucement couler la solution de soude en agitant le bécher jusqu'au début de virage. La lecture du nombre de cm³ de solution de soude écoulé est divisée par 10cm³ (volume du jus) pour obtenir la valeur exacte de l'acidité (exprimé en %).

2.3.4 LE COEFFICIENT DE MATURETE E/A

Le rapport sucre /acidité constitue également un indicateur de la maturité commerciale et de la maturité de consommation. Au début du processus de maturation, le rapport (E/ A) est faible, en raison d'une faible teneur en sucres et d'une teneur en acide élevée, ce qui rend le fruit aigre. Durant le processus de maturation, les acides sont dégradés, la teneur en sucre augmente et le rapport sucre / acidité prend une valeur plus élevée.

$$E/A = \text{Extrait Sec Soluble (en } ^\circ \text{ Brix) (E) / Acidité du jus (en\%) (A)}$$

2.3.5 CARACTÈRES AGRONOMIQUES

Les mesures des composantes de la production ont porté sur chaque arbre et pendant Deux ans (2012-2013).

- Le rendement correspond au poids total de tous les fruits issus du même arbre. Le poids des fruits récoltés de chaque arbre est mesuré à part.
- Le poids moyen d'un fruit : est obtenu sur un échantillon de 10 fruits prélevés au hasard.

2.4 L'ANALYSE STATISTIQUE

Les données obtenues ont été analysées à l'aide du logiciel SAS de statistique. L'analyse de la variance et la classification des moyennes sur deux années ont été réalisées selon le test de Duncan et dont l'erreur est fixée à 5%.

3 RÉSULTATS

Les résultats de l'analyse de la variance des clones de clémentine issus de l'irradiation des bourgeons de la variété Marisol, sont représentés dans le tableau 3.

3.1 POIDS MOYEN D'UN FRUIT (G)

Le poids moyen d'un fruit a varié de 42g à 142g avec une valeur moyenne de 89g, Statistiquement, il existe une différence significative entre les 107 clones irradiés. En revanche deux groupes ont été mis en évidence le premier inclut un seul variant 50M72 avec le poids moyen le plus faible tandis que le second groupe est constitué par les autres clones qui sont statistiquement indifférent au témoin.

3.2 NOMBRE DES PÉPINS PAR FRUIT

La valeur moyenne du nombre de pépins par fruit est de 1,64, il varie de 0 à 4pépins par fruit et statistiquement, il existe une différence significative entre les clones irradiés. Les résultats statistiques ont mis en évidence cinq groupes distincts tel que le groupe C inclus 12 clones avec une valeur moyenne variant de 0 à 0,1 pépins par fruit avec six clones à fruits aspermes (**30M26 ; 30M57 ; 50M51 ; 50M87 et 50M91**) (Fig.1), et les autres groupes incluent les clones ayant un nombre de pépins par fruit supérieur à 0 avec une maximale de 4 pépins par fruit chez les clones 50M96.

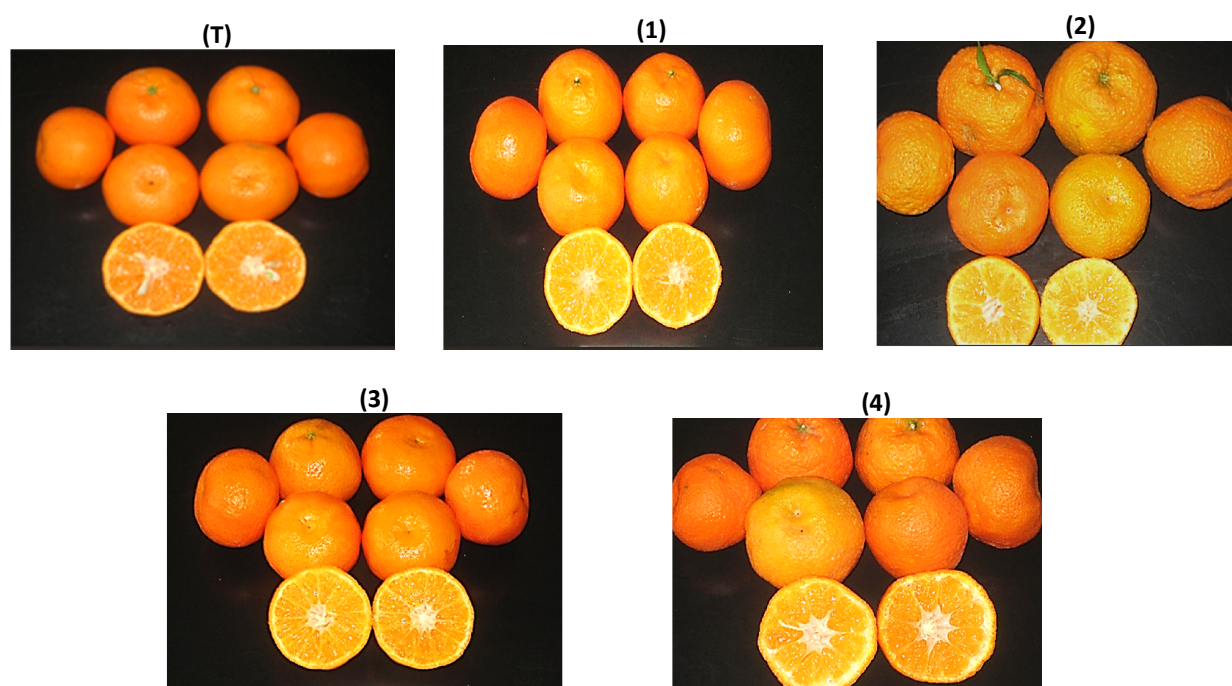


Figure 1 : Comparaison entre le clone témoin Marisol (T) avec les clones irradiés pour le nombre de pépins par fruit. (T) : Témoin MARISOL(1) : V3/30 M67(2) : V3/50 M87 (3) : V3/50 M51 (4) : V3/50 M91

3.3 TENEUR EN JUS (%)

La teneur en jus a oscillé de 33% à 68% avec une valeur moyenne de 48%. Il existe une différence significative entre les clones irradiés avec la mise en évidence de six groupes distincts. Le groupe A comprend les clones 30M3 avec un pourcentage de jus maximale et supérieur au témoin (Marisol) ainsi les autres groupes ayant un pourcentage de jus inférieur égale ou au témoin.

Tableau 3: Résultats statistiques de la variabilité des critères de qualité des fruits des clones de clémentine Marisol irradiés

	PMF (g)	NPF	JUS (%)	E	A	E/A	Diamètre (mm)	Forme
Marisol	85,5 b	3,15 abc	53,73 abc	9 ab	0,84 a	10,71 abcdefgh	60,69 abcdefg	sphérique
30 M1	78,12 b	2,95 abc	50 abc	8,2 ab	0,77 a	10,63 abcdefgh	47,08 abcdefgh	sphérique
30M11	74,37 b	2,15 abc	46,18 abc	8,3 ab	0,77 a	10,84 abcdefgh	45,72 bcdefgh	sphérique
30M12	77,5 b	3,2 abc	49,78 abc	8,2 ab	0,78 a	10,3 abcdefgh	45,65 bcdefgh	sphérique
30M13	85,62 b	3,75 abc	56,01 abc	8,3 ab	0,82 a	10,065 abcdefgh	47,83 abcdefgh	sphérique
30M14	76,25 b	1,35 abc	48,54 abc	8 ab	0,71 a	11,45 abcdefgh	45,64 cdefgh	sphérique
30M15	83,75 b	2,55 abc	47,58 abc	7,9 ab	0,78 a	9,62 abcde	45,76 abcdefgh	sphérique
30M16	84,37 b	2,6 abc	52,44 abc	8,3 ab	0,815 a	10,56 abcdefgh	49,23 abcdefgh	sphérique
30M17	88,75 b	3,1 abc	47,96 abc	8,2 ab	0,75 a	11,03 abcdefgh	49,81 abcdefgh	sphérique
30M18	75 b	2,7 abc	54,37 abc	8,7 ab	0,84 a	11,16 abcdefgh	46,28 abcdefgh	aplatie
30M19	91,87 b	2,2 abc	48,34 abc	8,7 ab	0,84 a	11,85 ab	46,41 abcdefgh	sphérique
30M2	75 b	2,45 abc	49,76 abc	8,4 ab	0,85 a	10,5 abcdefgh	45,94 abcdefgh	sphérique
30M21	81,87 b	2,25 abc	50,09 abc	8,35 ab	0,79 a	11,28 abcdefg	46,48 abcdefgh	sphérique
30M22	73,12 b	1,7 abc	52,72 abc	8,4 ab	0,85 a	10,37 abcdefgh	46,95 abcdefgh	aplatie
30M23	111,2 b	0,65 abc	48,77 abc	8,33 ab	0,77 a	11,47 abcde	57,44 abcdefgh	ovale
30M24	118,1 b	0,05 c	43,225 abc	8,1 ab	0,79 a	10,01 abcdefgh	65,22 a	ovale
30M25	142,5 b	0,05 c	45,08 abc	7,9 ab	0,775 a	9,82 abcdefgh	60,53 abcdefgh	ovale
30M26	92,5 b	0 c	58,53 abc	8,5 ab	0,78 a	10,43 abcdefgh	48,68 abcdefgh	sphérique
30M27	63,75 b	2 abc	56,45 abc	7,85 ab	0,78 a	9,65 abcdefgh	60,42 abcdefgh	sphérique

30M28	79,37 b	1,2 abc	58,33 abc	7,9 ab	0,72 a	10,79 abcdefgh	48,68 abcdefgh	sphérique
30M29	90 b	3,6 abc	47,39 abc	7,65 ab	0,78 a	9,6 abcdefgh	48,2 abcdefgh	aplatie
30M3	68,75 b	2,2 abc	67,74 a	8,3 ab	0,79 a	11,5 abcd	49,98 abcdefgh	aplatie
30M31	83,75 b	1,15 abc	50,27 abc	6,7 b	0,68 a	8,74 cdefgh	51,53 abcdefgh	sphérique
30M33	88,12 b	1 abc	53,38 abc	8,9 ab	0,86 a	10,33 abcdefgh	46,5 abcdefgh	ovale
30M34	102,5 b	1,1 abc	49,71 abc	7,7 ab	0,77 a	9,23 abcdefgh	59,48 abcdefgh	sphérique
30M35	88,12 b	1,5 abc	60,99 ab	7,75 ab	0,8 a	8,15 h	48,54 abcdefgh	ovale
30M39	88,12 b	1,15 abc	57,31 abc	7,45 ab	0,81 a	8,56 efgh	49,32 abcdefgh	sphérique
30M4	80 b	3,4 abc	52,71 abc	7,9 ab	0,76 a	10,12 abcdefgh	47,95 abcdefgh	sphérique
30M40	91,25 b	2,5 abc	46,74 abc	7,9 ab	0,77 a	10,4 abcdefgh	45,58 cdefgh	sphérique
30M41	82,5 b	1,55 abc	54,32 abc	8,35 ab	0,75 a	11,45 abcde	46,52 abcdefgh	sphérique
30M43	75,62 b	1,6 abc	47,49 abc	8,55 ab	0,84 a	10,79 abcdefgh	46,95 abcdefgh	sphérique
30M44	89,16 b	1,1 abc	49 abc	8,6 ab	0,76 a	11,68 ab	46,72 abcdefgh	sphérique
30M46	90 b	2,9 abc	58,19 abc	7,9 ab	0,73 a	10,56 abcdefgh	45,26 cdefgh	aplatie
30M47	83,12 b	3,5 abc	57,26 abc	8,4 ab	0,78 a	11,67 abc	45,33 cdefgh	sphérique
30M51	95,62 b	1,25 abc	52,36 abc	7,95 ab	0,795 a	9,82 abcdefgh	52,54 abcdefgh	sphérique
30M52	115 b	0,5 abc	49 abc	8 ab	0,76 a	10,32 abcdefgh	60,57 abcdefgh	ovale
30M53	95,62 b	2,7 abc	47,42 abc	8,8 ab	0,83 a	11,32 abcdef	57,17 abcdefgh	sphérique
50M55	108,3 b	1,05 abc	48,49 abc	8 ab	0,77 a	10,37 abcdefgh	47,74 abcdefgh	aplatie
30M57	88,75 b	0 c	49,55 abc	8,9 ab	0,87 a	11,21 abcdefg	61,30 abcdef	ovale
30M58	85,62 b	0,6 abc	52,16 abc	8,25 ab	0,8 a	9,98 abcdefgh	57,18 abcdefgh	ovale
30M60	90,62 b	0,65 abc	53,45 abc	8,3 ab	0,89 a	9,01 bcdefgh	50,62 abcdefgh	sphérique
30M61	97,5 b	1,45 abc	45,86abc	9,1 ab	0,94 a	10,42 abcdefgh	51,14 abcdefgh	sphérique
30M62	67,5 b	1,5 abc	47,5 abc	8,5 ab	0,86 a	9,77 abcdefgh	49,33 abcdefgh	sphérique
30M65	115,6 b	1,3 abc	45,37 abc	8,95 ab	0,87 a	10,54 abcdefgh	48,49 abcdefgh	ovale
30M67	118,1 b	0 c	51,63 abc	7,8 ab	0,76 a	9,43 abcdefgh	60,15 abcdefgh	ovale
30M68	130 b	0,1 c	49,42 abc	8,3 ab	0,82 a	9,955 abcdefgh	60,72 abcdefg	sphérique
30M69	83,12 b	1 abc	56,6 abc	8,25 ab	0,9 a	9,525 abcdefgh	58,72 abcdefgh	sphérique
30M9	75 b	1,75 abc	56,25 abc	8,8 ab	0,83 a	10,91 abcdefgh	46,08 abcdefgh	sphérique
50M1	90,5 b	1,6 abc	52,02 abc	8,4 ab	0,88 a	9,26 addefgh	47,73 abcdefgh	sphérique
50M10	72,5 b	0,2 abc	47,335 abc	8,55 ab	0,84 a	9,54 abcdefgh	45,51 cdefgh	aplatie
50M100	78 b	3,4 abc	43,2 abc	8,8 ab	0,8 a	11,11 abcdefgh	48,4 abcdefgh	sphérique
50M103	81,5 b	1,85abc	44,51 abc	8,7 ab	0,81 a	10,33 abcdefgh	46,71 abcdefgh	sphérique
50M106	92,5 b	2,15 abc	35,16 bc	8,8 ab	0,93 a	8,53 hgf	42,52 h	sphérique
50M107	88 b	1,35 abc	42,02 abc	8,35 ab	0,79 a	10,4 abcdefgh	43,62 fgh	aplatie
50M108	84,5 b	4,15 abc	41,75 abc	9,25 ab	0,88 a	10,12 abcdefgh	44,79 cdefgh	sphérique
50M12	72,5 b	0,55 abc	53,54 abc	8,6 ab	0,89 a	10,32 abcdefgh	48,23 abcdefgh	aplatie
50M13	84,5 b	1,65 abc	45,73 abc	8,3 ab	0,87 a	9,51 abcdefgh	47,7 abcdefgh	sphérique
50M14	82 b	1,3 abc	48,54 abc	8,3 ab	0,83 a	10,49 abcdefgh	45,95 abcdefgh	sphérique
50M15	67,5 b	1,7 abc	52,45 abc	8,3 ab	0,785 a	10,4 abcdefgh	46,71 abcdefgh	sphérique
50M16	79 b	1,9 abc	52,24 abc	8,5 ab	0,76 a	10,99 abcdefgh	49,62 abcdefgh	sphérique
50M17	84,5 b	2,9 abc	46,69 abc	8,2 ab	0,81 a	9,87 abcdefgh	47,46 abcdefgh	sphérique
50M18	67 b	3,2 abc	51,29 abc	8,45 ab	0,81 a	10,19 abcdefgh	44,07 defgh	aplatie
50M20	77,5 b	3,9 abc	52,41 abc	8,7 ab	0,83 a	11,2 abcdefg	44,58 cdefgh	aplatie
50M22	134 b	0,55 abc	44,56 abc	8,8 ab	0,87 a	9,61 abcdefgh	43,79 efgh	ovale
50M23	68 b	1,15 abc	53,49 abc	8,4 ab	0,79 a	11,03 abcdefgh	55,91 abcdefgh	sphérique
50M24	110 b	0,6 abc	42,35 abc	8,95 ab	0,89 a	9,73 abcdefgh	43,37 gh	ovlae
50M25	83 b	2,45 abc	46,88 abc	8,65 ab	0,87 a	10,98 abcdefgh	59,62 abcdefgh	sphérique
50M26	125,5 b	0,5 abc	37,85 bc	8,4 ab	0,89 a	8,76 cdefgh	47,97 abcdefgh	aplatie
50M28	91,5 b	0,2 abc	49,34 abc	8,75 ab	0,8 a	11,15 abcdefgh	57,22 abcdefgh	ovale
50M29	86,5 b	1,15 abc	51,45 abc	8,65 ab	0,91 a	9,51 abcdefgh	45,33 cdefgh	sphérique
50M3	92,5 b	0,7 abc	54,04 abc	8,8 ab	0,86 a	10,43 abcdefgh	49,71 abcdefgh	sphérique

50M30	112,5 b	0,05 c	45,64 abc	9,35 ab	0,955 a	10,2 abcdefgh	61,86 abcd	sphérique
50M31	70 b	1,3 abc	42,56 abc	8,65 ab	0,86 a	10 abcdefgh	49,13 abcdefgh	sphérique
50M4	84 b	1,1 abc	54,65 abc	8,65 ab	0,87 a	10,04 abcdefgh	49,19 abcdefgh	sphérique
50M44	85,5 b	0,9 abc	46,68 abc	8,8 ab	0,8 a	11,52 abcd	47,26 abcdefgh	aplatie
50M47	102 b	0,05 c	48,35 abc	7,7 ab	0,86 a	8,4 hg	60,91 abcdefg	sphérique
50M48	92,5 b	0,3 abc	44,23 abc	8,3 ab	0,82 a	10,23 abcdefgh	45,06 cdefgh	aplatie
50M49	125 b	0,15 bc	43,22 abc	8,7 ab	0,92 a	9,455 abcdefgh	58,91 abcdefgh	sphérique
50M51	102 b	0 c	45,11 abc	8,7 ab	0,89 a	9,64 abcdefgh	61,59 abcde	ovale
50M53	87 b	2,5 abc	39,9 abc	8,6 ab	0,82 a	10,54 abcdefgh	45,36 cdefgh	sphérique
50M54	82,5 b	1,75 abc	45,24 abc	9,4 a	0,85 a	11,66 abc	49,93 abcdefgh	aplatie
50M55	123 b	0,5 abc	39,44 bc	8,5 ab	0,91 a	9,61 abcdefgh	62,32 abc	sphérique
50M57	79,5 b	1,3 abc	38,93 bc	8,75 ab	0,83 a	11,28 abcdefg	47,64 abcdefgh	aplatie
50M58	74 b	1,25 abc	42,98 abc	8,95 ab	0,83 a	11,93 a	44,24 cdefgh	sphérique
50M59	80 b	2,65 abc	47,72 abc	8,4 ab	0,72 a	11,95 a	48,41 abcdefgh	sphérique
50M6	91,5 b	1,75 abc	45,23 abc	8,6 ab	0,82 a	10,23 abcdefgh	48,79 abcdefgh	sphérique
50M60	95 b	2,55 abc	46,16 abc	8,7 ab	0,83 a	10,32 abcdefgh	47,73 abcdefgh	aplatie
50M61	100,5 b	0,6 abc	46,6 abc	8,5 ab	0,83 a	9,83 abcdefgh	49,36 abcdefgh	sphérique
50M62	59,5 b	1,85 abc	40,66 abc	8,25 ab	0,76 a	10,91 abcdefgh	48,85 abcdefgh	sphérique
50M63	80,5 b	2,55 abc	50,73 abc	9,15 ab	0,88 a	11,48 abcd	44,15 defgh	sphérique
50M67	90,5 b	1,4 abc	40,57 abc	9,2 ab	0,87 a	11,48 abcd	47,02 abcdefgh	sphérique
50M69	100 b	1,35 abc	36,5 bc	8,35 ab	0,87 a	9,5 abcdefgh	49,15 abcdefgh	sphérique
50M7	66,5b	0,8 abc	54,64 abc	8,35 ab	0,82 a	9,87 abcdefgh	49,03 abcdefgh	aplatie
50M71	90,5 b	3 abc	42,96 abc	9,1 ab	0,83 a	10,87 abcdefgh	49,18 abcdefgh	sphérique
50M72	42,5 a	0,65 a	45,83 abc	8,6 ab	0,82 a	10,34 abcdefgh	48,7 abcdefgh	sphérique
50M76	72b	0,3 abc	46,21 abc	8,6 ab	0,77 a	11,19 abcdefg	48,84 abcdefgh	sphérique
50M77	85,5 b	0,85 abc	42,74 abc	9,65 a	0,9 a	11,56 abcd	51,24 abcdefgh	Sphérique
50M81	65,5 b	2,05 abc	42,76 abc	8,1 ab	0,79 a	10,85 abcdefgh	44,96 cdefgh	sphérique
50M83	137,5 b	1 abc	43,3 abc	9 ab	0,89 a	11,3 abcdefg	59,39 abcdefgh	ovale
50M85	79,5 b	0,5 abc	39,63 bc	8,4 ab	0,86 a	9,59 abcdefgh	64,98 ab	ovale
50M86	106,5 b	4,5 ab	33,64 bc	9,7 a	0,84 a	11,88 ab	47,24 abcdefgh	sphérique
50M87	100,5 b	0 c	37,5 bc	8,5 ab	0,9 a	9,69 abcdefgh	62,23 abc	ovale
50M9	87,5 b	1,25 abc	51,78 abc	7,95 ab	0,81 a	9,46 abcdefgh	46,58 abcdefgh	sphérique
50M91	119,5 b	0 c	34,4 bc	8,35 ab	0,88 a	9,54 abcdefgh	58,12 abcdefgh	sphérique
50M93	99 b	3,2 abc	33,05 c	7,95 ab	0,855 a	9,13 abcdefgh	47,55 abcdefgh	sphérique
50M94	79 b	3,35 abc	38,57 bc	8,65 ab	0,83 a	10,25 abcdefgh	46,89 abcdefgh	sphérique
50M96	116 b	4,55 a	34,04 bc	8,1 ab	0,8 a	9,93 abcdefgh	46,05 abcdefgh	sphérique
50M97	84,5 b	4,35 abc	35,2 bc	8,7 ab	0,81 a	11,22 abcdefg	45,38 cdefgh	sphérique

PMF (g) : Poids moyen d'un fruit en g. NPF : nombre de pépin par fruit. A : acidité. E : teneur en sucre. E/A : coefficient de maturité, les valeurs portant les mêmes lettres sont significativement indifférentes avec $P > 5\%$,

3.4 ACIDITÉ

La valeur moyenne d'acidité est de 0,82 et elle varie de 0,65 à 0,95. Statistiquement, il y a aucune différence significative entre les clones irradiés, les analyses statistiques ont révélé un seul groupe a, Tab.2.

3.5 TENEUR EN SUCRE

La valeur moyenne de la teneur en sucre est de 8,43. Il a oscillé de 6,7 à 9,7. Les analyses statistiques ont mis en évidence trois groupes distincts. Le premier est le groupe (b) avec la valeur la plus faible incluant le témoin. Par contre, le groupe (a) renferme les clones 50M54 et 50M86. À teneur en sucre maximale.

3.6 COEFFICIENT DE MATURITÉ

La valeur moyenne de l'indice de maturité (E/A) est de 10,33 et varie de 8,15 à 11,95. Statistiquement il existe une différence significative entre les clones irradiés. 14 groupes différents sont formés. Les clones les plus tardives que le témoin Marisol sont 30M31 ; 30M35 ; 30M39 ; 50M106 ; 50M26 et 50M47 avec un indice de maturité le plus faible.

3.7 FORME DES FRUITS

Le Témoin MARISOL possède une forme sphérique identique avec celles de la plupart des clones irradiés sauf pour quelque uns qui on révélés des formes aplaties et ovales.

3.8 RENDEMENT ET DIAMÈTRE DU FRUIT

L'analyse statistique a révélé une différence significative entre les 107 clones irradiés, 12 groupes distincts ont été obtenues avec seulement 9 clones ont un diamètre équatoriale significativement supérieurs au témoin (50M87 ; 50M85 ; 50M55 ; 50M51 ; 50M47 ; 50M30 ; 30M68 ; 30M24 et 30M57) ainsi pour le rendement tous les clones irradiés ont un rendement supérieurs au témoin (1.5 Kg) à noter le clone 30M62 Avec une production annuelle de 48Kg.

A signaler que l'irradiation a permis la mise à fruit rapide. Les clones irradiés ont donnés la première fructification avant la clémentine Marisol (témoin).

4 ETUDE DE L'EFFET DE DOSE DE L'IRRADIATION SUR LA VARIABILITE DE LA QUALITE DU FRUIT

L'analyse de la variance a montré qu'il existe une différence significative entre les deux doses d'irradiations pour la teneur en sucre, l'acidité et le coefficient de maturité. En comparant les deux doses 30 et 50 Gy seulement, aucun effet significatif sur la variabilité des critères de qualité à l'exception l'acidité.

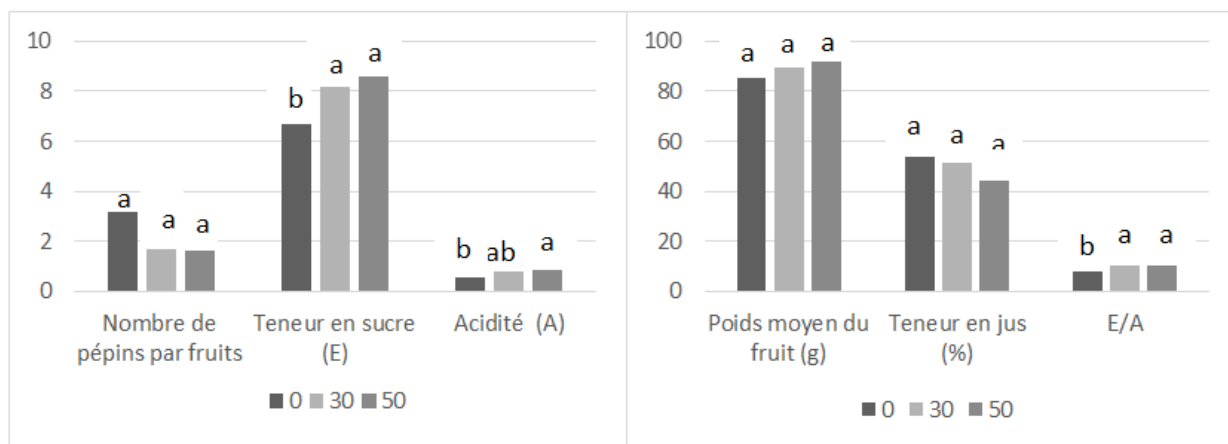


Fig.2 : Comparaison de l'effet dose d'irradiation en sur la variabilité de la qualité du fruit

Les valeurs portant les mêmes lettres sont significativement indifférentes avec $P > 5\%$,

E/A indice de maturité.

0 ; 30 ; 50 dose de rayon gamma en Gy

5 ETUDE DE L'EFFET ANNEE SUR LA VARIABILITE DE LA QUALITE DU FRUIT

Pour tous les critères étudiés, il y a une différence significative entre les deux années. Les clones irradiés greffés sur macrophylla et planté en 2009 ont donné la première production en 2012. La qualité des fruits a changé selon les dates de récoltes et selon les années (Tableau 4). Ainsi, les résultats obtenues montrent une diminution du poids moyen des fruits de

114,97 (g) en 2012 à 67,02 (g) en 2013 aussi pour le nombre de pépins par fruit de 2,39 en 2012 à 0,94 en 2013 avec une diminution de pourcentage de jus 51,93 en 2012 à 43,23 en 2013 en revanche une augmentation de la teneur en sucre et de l'acidité.

Tableau 5 : Résultats statistiques de l'effet année sur la variabilité de la qualité des fruits

ANNEE	PMF	NPF	TENEUR EN JUS %	E	A	E/A
22/11/2012	114,97 a	2,39 a	51,93 a	7,28 b	0,74 b	10,61 a
31/10/2013	67,02 b	0,94 b	43,23 b	9,04 a	0,90 a	10,05 b
Moyenne	90,99	1,66	47,58	8,16	0,82	10,33

PMF (g) : Poids moyen d'un fruit en g. **NPF :** nombre de pépin par fruit. **A :** acidité. **E :** teneur en sucre. **E/A :** coefficient de maturité les valeurs portant les mêmes lettres sont significativement indifférentes avec $P > 5\%$,

6 DISCUSSION

L'une des premières biotechnologies développées pour accroître le taux de mutations a été l'irradiation aux rayons gamma sur bourgeons et semences, De très nombreux pays (États-Unis, France, Espagne, etc.) ont tenté d'apporter des améliorations à la clémentine par mutagenèse induite. En revanche, cette technique est révélée intéressante pour générer de l'aspermie (absence de pépins) chez des variétés initialement fertiles [27]. Une découverte intéressante émergeant de la présente étude, dans laquelle nous avons comparé les 107 clones irradiés vis-à-vis du témoin au niveau de tous les critères de qualité étudiés. Compte-tenu des résultats acquis, nous conduisons à repérer certains clones variants distincts du témoin. En ce qui concerne la réduction du nombre de pépins, les premières observations durant les deux années d'étude indiquent que les clones V3/30 M67, V3/50 M87, V3/50 M51 et V3/50 M91 sont caractérisés par des fruits aspermes. Des observations analogues ont été faites par plusieurs auteurs [14] [18] [19]. Pour le diamètre les fruits des arbres irradiés étaient relativement petits, cela est dû à la réduction du nombre de graines résultant ainsi à une production réduite de l'acide gibbérélique et d'autres régulateurs de croissance qui sont nécessaires pour favoriser la croissance des fruits normale [21], à l'exception des clones 30M24, 50M30 et 50M55 qui ont un diamètre supérieur au témoin. En ce qui concerne les effets possibles de l'irradiation gamma mutagenèse sur la composition biochimique et nutritionnelle, nos résultats sont en accord avec ceux d'études antérieures [13] [14], deux clones 50M54 et 50M86 ont un taux de sucre supérieur au témoin similaire aux résultats trouvés par [15]. Et pour l'acidité des fruits cinq clones ont été moins acide que le témoin Marisol 30M14, 30M31, 30M28 et 50M59 Par ailleurs, Réf [23] a montré que les bourgeons irradiés de pamplemousses Foster ont donné des mutants à fruits moins acides. De même, l'amélioration des variétés de pomelo pour réduire l'acidité et l'amertume a été obtenue sous l'effet de mutagenèse physique [24]. La teneur en jus des fruits est un critère important pour la commercialisation des agrumes est fixé à 40% pour les clémentines [25], dans notre étude 16 clones irradiés ont révélés un taux de jus dépassant celui du témoin et indifféremment à des études préliminaire [14] que l'effet rayon gamma n'a porté aucune modification sur le pourcentage de jus. Sachant que le stade de maturité, évalué par le coefficient E/A, est un paramètre de différenciation génétique entre les variétés, les bourgeons irradiés de citron Kutdiken ont donné des mutants à maturité plus précoces ou plus tardifs que le témoin [26]. Nero, une mutation de la clémentine Nules obtenue par l'irradiation, est distincte par sa maturité tardive par rapport à son témoin (mi-novembre mi-Janvier) [27]. Dans cette optique, six clones de Marisol parmi les 107 présentent un indice de maturité inférieur au témoin 30M31 ; 30M35 ; 30M39 ; 50M106 ; 50M26 et 50M47 c'est-à-dire plus tardive, et conforme avec précédentes travaux de recherche [14]. Par ailleurs, l'effet dose d'irradiation pourrait augmenter ou diminuer la fréquence de la variabilité des caractères. Remarquons enfin que les doses optimales que l'on peut envisager pour une irradiation lente de graines sont très sensiblement supérieures aux doses couramment utilisées pour la mutagenèse sur les bourgeons [11], [28]. La plus grande résistance des graines est sans doute à mettre en cause, comme l'ont montré [29] pour *Citrus sinensis*, cela est probablement lié à leur plus faible teneur en eau. Les auteurs ont reporté que les bourgeons prélevés des arbres irradiés par rayon gamma ^{60}Co à une dose de 80Gy à 2.5 Gy/min sont ré-irradiés avec la même dose, ce qui confirme que l'irradiation récurrente pourrait favoriser l'augmentation de la fréquence de mutation pour l'aspermie

7 CONCLUSION

L'irradiation par un rayonnement gamma de bourgeons est une méthode classique de création variétale par mutagenèse induite. Cette méthode vise à améliorer ou à diversifier, pour un ou quelques caractères, des cultivars ayant déjà une bonne valeur agronomique. Dans cette étude préliminaire, tous les clones irradiés ont présenté un nombre de pépins par fruit

inférieur au Témoin « Marisol ». La qualité des fruits a été affectée différemment; certains clones n'ont présenté aucun changement par rapport au Témoin, tandis que d'autres clones sont différents comme 30M67, 50M87, 50M51 et 50M91 avec un nombre de pépins réduits même nulle et 30M24, 50M30 et 50M55 avec un diamètre supérieur au témoin

Les mutations conduisent à la création d'un nombre croissant de nouveaux variants. Ces mutants ne donnent pas toujours directement de nouvelles variétés, mais les plants obtenus peuvent être des géniteurs qui entrent dans un programme de croisements. L'irradiation gamma est une voie prometteuse pour l'induction de la variabilité génétique de certains critères liés à la qualité du fruit. De plus, elle a un effet positif sur la réduction du nombre de pépins par fruit. Pour confirmer la performance, ces clones seront évalués pour deux autres années avant d'être inscrite au catalogue officiel.

REMERCIEMENTS

La présente étude a été réalisée dans le cadre de la convention INRA Maroc et Domaine Abbes Kabbadge (DAK). Les auteurs tiennent à remercier vivement le DAK et toute l'équipe qui ont participé à la réussite de ce travail.

REFERENCES

- [1] Ministère de l'Agriculture et de la Pêche Maritime Maroc (MAPM).- *Direction de la Stratégie et des Statistiques 2013 ; Note de veille secteur agrumicole* Novembre 2013, Note stratégique n°97.
- [2] Bond, JE and MI Roose 1998. "Agrobacterium-mediated transformation of the commercially important citrus cultivar Washington navel orange". *PlantCell Rep*18:pp. 229–234.
- [3] Soler, J.; Soler, G. 2006. Cítricos. Variedades y técnicas de cultivo. Mundi-Prensa. Madrid. 242 pp.
- [4] Nadori E.B.Nhami 2005, *.La culture du clementinier au maroc : evolution et perspectives* revue HTE N°132 sep. /déc. pp. 33.
- [5] Hearn CJ. 1984. *Development of seedless orange and grapefruit cultivars through seed irradiation*. Journal of American Society for Horticultural Science. 109, pp. 270-273.
- [6] Ollitrault P, Michaux-Ferriere N. 1992. *Application of flow cytometry for citrus genetic and breeding*. In: *Proceedings of the Seventh International Citrus Congress*. International Society of Citriculture, Acireale, Italy. 1, pp. 193–198.
- [7] Hensz RA. 1971. 'Star Ruby': A new deep red-fleshed grapefruit variety with distinct tree characteristics. *Journal of the Rio Grande Valley Horticultural Society*. 25, pp. 54-58.
- [8] Cassin J, 1969. "Première observation sur les caractères pomologiques de trois hybrides cultivés en Corse" Lee, Robinson, Osceola. *Rev. Fruit*, 24 (5): pp. 5-11.
- [9] Loussert R., 1989 b. *les agrumes 2* (production). Paris France, Tec and Doc Lavoisier, 113 p.
- [10] Barrett, H.C and A.M Rhodes. 1976. "A numerical taxonomic study of affinity relationships in cultivated citrus and its close relatives". *Syst.Bot* 1: pp.105-136.
- [11] Broertjes C., Van Haren 1978. "Application of mutation breeding methods in the improvement of vegetatively propagated crop"s. Elsevier Scientific Publishing Company . Amsterdam. 316p.
- [12] A. Vardi, I. Levin and N. Carmi, 2008, "Induction of Seedless-ness in Citrus: From Classical Techniques to Emerging Biotechnological Approaches," *Journal of the American Society for Horticultural Science*, Vol. 133, No. 1, pp. 117-126.
- [13] Bermejo, A., Pardo, J. and Cano, A. (2011) "Influence of Gamma Irradiation on Seedless Citrus Production: Pollen Germination and Fruit Quality". *Food and Nutrition Sciences*, 2, pp. 169-180.
- [14] Bermejo, A., Pardo, J. and Cano, A. (2012) *Murcott Seedless: "Influence of Gamma Irradiation on Citrus Production and Fruit Quality"*. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 10, pp.768-777.
- [15] Livnat Goldenberg, Yossi Yaniv, Ron Porat, Nir Carmi 2014 *Effects of Gamma-Irradiation Mutagenesis for Induction of Seedlessness, on the Quality of Mandarin Fruit*, *Food and Nutrition Sciences*, 2014, 5, pp. 943-952.
- [16] EACCE, 2010 Etablissement Autonome de Contrôle et de Coordination Des Exportations Revue Trimestrielle – Compagne 2010-2011 - N° 30
- [17] Davies, F.S. and L.G. Albrigo. 1994. "Citrus". CAB International, Wallingford, UK, pp. 250
- [18] Kukimura, H.F. et al. 1976 *Brief description of mutation in vegetatively propagated and tree crops*. *Gamma Field Symp* 15, pp.79-82.
- [19] Il Sutarto, D Agisimanto & A Supriyanto 2009. *Induced Plant Mutations in the Genomics Era*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome pp. 306-308.
- [20] X. Tang, S. Wu, C. Peng, Z. Li, G. Yi, M. Luo, C. Wu, H. Huang 1995 *Improvement in rice resistance to Pyricularia oryzae through mutagenesis* IAEA-SM-340 pp. 90.

- [21] Weaver, R.J. (1958) *Effect of Gibberellic Acid on Fruit Set and Berry Enlargement in Seedless Grapes of Vitis vinifera*. Nature, 181, 851-852.
- [22] Holland, N., J.M. Sala, H.C. Menezes and M.T. Lafuente, 1999. *Carbohydrate content and metabolism as related to maturity and chilling sensitivity of cv. Fortune mandarins*. J. Agric. Food. Chem., 47, pp. 2513-2518.
- [23] Yen, C.R (1987) *Assimilate partitioning and enzymes of organic acid metabolism in fruits of calamondin grapefruit*. Ph.D thesis, University of Florida.
- [24] Pinhas Spiegel-Roy, Eliezer E. Goldschmidt 1996, *biology of citrus* Cambridge University Press, 28 août , pp. 230.
- [25] Règlement d'exécution de la commission du 7 juin 2011 (portant modalité d'application du règlement CE n°1234/2007 du conseil en ce qui concerne les secteurs des fruits et légumes UE N° 543/2011
- [26] Gulsen, O., A. Uzun, H. Pala, E. Canihos, and G. Kafa. 2007. *Development of seedless and Mal secco resistant mutant lemons through budwood irradiation*. Scientia Hort. 112:184-190.
- [27] Camille jacquemond, Franck Curk, Marion Heuzet, coord, *Les clémentiniers et autres petits fruits*, édition Quae 2013 pp.78.
- [28] Decourtye L., Lantin B., 1971 "*Considérations méthodologiques sur l'isolement de mutants provoqués chez le pommier et le poirier*". Ann. Amélior. Plant, 19 (1), pp. 227-238.
- [29] Spiegel-Roy, P. and Padova, R., 1973 *Radiosensitivity of shamouti orange (citrus sinensis) seeds and buds*. Radiat. Bot., 13: 105-110.