

UNIVERSITE SAAD DAHLAB DE BLIDA

Faculté des Sciences Agro-Vétérinaires

Département des Sciences Agronomiques

MEMOIRE DE MAGISTER

En Sciences Agronomiques

Spécialité : Amélioration des productions végétales

**ETUDE DES FACTEURS RESPONSABLES DE LA BAISSSE DE
LA PRODUCTION DE LA CLEMENTINE SANS PEPINS
(*Citrus clémentina*)**

Par

Fatima Zohra AKROUR

Devant le jury composé de :

A. BOUTEKRABT	Professeur	USD Blida	Président
S. A. SNOUSSI	Professeur	USD Blida	Promoteur
F. Z. CHAOUCH	M.C.A.	USD Blida	Co-Promotrice
AEK. AISSAT	M.C.A.	USD Blida	Examineur
Ch. CHAOUIA	M.C.B.	USD Blida	Examinatrice

Blida, Juillet 2011

RESUME

Les conditions écologiques de la Mitidja sont généralement favorables à une bonne fructification du clémentinier. Cependant, dans beaucoup de cas, une amélioration quantitative de la production paraît souhaitable compte tenu de la potentialité des arbres (développement, vigueur...).

Le diagnostic foliaire est un moyen indispensable pour contrôler l'état nutritionnel des arbres, s'il est en équilibre ou il faut faire une correction par les apports de fertilisants. C'est durant le mois d'Avril que nous avons effectué le prélèvement des feuilles dans deux vergers, se situant l'un à Mouzaia et l'autre à El Affroun. Un profil pédologique a été réalisé au niveau de ces vergers, afin de caractériser le sol. Trois traitements à l'acide gibbérellique AG₃ de nature différente à la concentration 10 ppm, ont été appliqués sur des arbres différents. Ces traitements ont été réalisés durant la floraison (Avril), en vue d'inhiber l'activité de certains types d'inflorescences, essentiellement celles du type sans feuille et de favoriser les inflorescences feuillées qui présentent un intérêt important pour la production. La chute des fruits, est liée au type d'inflorescence, nous avons remarqué que le type d'inflorescence feuillée, présente le meilleur taux de nouaison et un meilleur rendement chez le *clémentinier*.

La clémentine est une variété, sensible et exigeante. Il faut appliquer tous les soins culturaux notamment : la fertilisation, l'irrigation, le drainage et les soins phytosanitaires, afin d'arriver à un niveau de production de quantité et de qualité.

Mots-clés : *Citrus clémentina*, Comportement, Diagnostic, Nouaison, AG₃, Rendement.

ABSTRACT

The ecological conditions of Mitidja favor generally a good fructification of the Clementinier. However, in much of case, a quantitative improvement of the production appears desirable taking into account the potentiality of the trees (development, strength...).

The foliar diagnosis is an essential means to control the nutritional state of the trees, if it is in balance or it is necessary to make a correction by the fertilizer contributions, this during April that we carried out the taking away of the sheets in two orchards, being one at Mouzaia and the other in El Affroun. A pedological profile at summer carried out on the level of these orchards, in order to characterize the ground. Three washings the acid gibberellic AG₃ of different nature to concentration 10 ppm, were applied to different trees. These treatments were carried out during flowering (April), in order to inhibit the activity of certain type of inflorescence, primarily which of the type without sheet, and to support the broken into leaf inflorescences which are of significant interest for the production. The fall of the fruits, is related to the type of inflorescence, we noticed that the type of broken into leaf inflorescence, shows the best rate of nouaison and a better output at the *clementinier*.

The Clementine is a variety, significant and demanding. It is thus necessary to support all the care necessary in particular: the fertilization, the irrigation, the drainage, and the care plant health, in order to arrive at a level of production of quantity and quality.

Key words: *Citrus clementina*, Behavior, Diagnosis, Nouaison, AG₃ treatment, Yield.

ملخص

الظروف المناخية للمنتجة هي على العموم ملائمة لتكاثر جيد لنوعية *Clémentinier*

و للزيادة في الإنتاج.

المشروع متمثل في القيام بتحليل لأوراق الأشجار لمعرفة مستوى الأملاح المعدنية ، ما إذا كان معتدلا ، أم في

حاجة إلى تصحيح من خلال تسميد الأشجار، وأيضا دراسة التربة بأخذ عينات من كل مزرعة. القيام برش محلول

حمضي *acide gibbérellique* (AG_3) بتركيز 10 ppm ، بثلاث أنواع مختلفة في مرحلة الإزهار في شهر

أفريل، من أجل تكثيف نشاط الأزهار المرفقة بالأوراق وتثبيت نشاط الأزهار الغير مرفقة بالأوراق، التي لها دور كبير في

الإنتاج، والرفع في نسبة نجاح تشكل الثمار و عدم تساقطها.

بما أن *Clémentine* هي نوعية حساسة و متطلبة إذن يستوجب القيام بكل الأعمال اللازمة للعناية بها مثل التسميد

الري، رش المبيدات، وتحضير جيد للتربة، وهذا للحصول على إنتاج وفير وذو نوعية.

الكلمات المفتاحية : *Citrus clémentina* ، تصرف، تحليل، إثمار، AG_3 ، إنتاج.

Remerciements

Je tiens à exprimer mes vifs remerciements à mon promoteur, M. SNOUSSI S. A. pour sa confiance, sa sincérité, et à ma co-promotrice Mme CHAOUCH F/Z pour ces précieux conseils et sa rigueur, sa patience dans le travail, et pour tout le temps qu'elle m'a consacré.

*J'exprime mes remerciements aux honorables membres du jury :
M. BOUTEKRABT A., pour m'avoir fait l'honneur de présider le jury de ce mémoire ;
Mr AISSAT AËK., de m'avoir accordé le temps et la patience pour évaluer mon travail ;
Mme CHAOUIA Ch. qui me fait l'honneur de participer au jury de ce travail ;*

Ma gratitude ira également au personnel du Laboratoire d'analyse des fruits de la station expérimentale (Boufarik) de l'ITAFV, à Mr RADJI et Mr AMMARI d'avoir accepté la réalisation de notre travail dans son verger et pour son soutien durant le travail ;

J'adresse mes profonds remerciements à mes amies et mes collègues ;

Je ne saurais oublier de remercier tous ceux qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce travail, et toute personne qui m'a éclairé le chemin.

Merci...

Fatima Zohra

DEDICACE

Je dédie ce modeste travail à :

- ♥ *Mes très chers parents qui ont toujours été là pour moi, et j'espère qu'ils trouveront dans ce travail toute ma reconnaissance et tout mon amour,*
- ♥ *Mes chères sœurs, Mes chers frères, et toute la famille,*
- ♥ *Toutes mes amies et mes collègues*

Fatima Zohra

TABLE DES MATIERES

RESUME	1
REMERCIEMENTS	4
TABLE DES MATIERS	5
LISTE DES FIGURES	11
LISTE DES TABLEAUX	13
INTRODUCTION	14
1. SITUATION MONDIALE DE L'AGRUMICULTURE	16
<u>1-1-</u> La production mondiale.....	16
1-1-1- Les principaux pays producteurs.....	17
1-1-2- Les zones de production	19
1-1-3- Evolution de la production mondiale d'agrumes	20
1-1-4- Les importations d'agrumes	22
<u>1-2-</u> Les agrumes de la Méditerranée	23
1-2-1- Le frais, spécialité méditerranéenne	23
1-2-2- Une spécialisation au sein des pays méditerranéens.....	24
1-3- Projections de la production et de la consommation mondiales d'agrumes en 2010.....	25
1-4- L'agrumiculture en Algérie	27
1-4-1- Superficies et répartition variétale des agrumes	27
1-4-1-1- Superficies des agrumes	27
1-4-1-2- Répartition variétale	29
1-4-2- Structure d'âge du verger	30
1-4-3- La production des agrumes	30
1-4-3-1- La production par type d'agrumes	30
1-4-3-2- Evolution de la production d'agrumes.....	31
2. PRESENTATION DU CLEMENTINIER ET DES FACTEURS DE PRODUCTIVITE	32
2-1- Cycle biologique du clémentinier	32
2-1-1- Croissance végétative	32
2-1-2- La fructification.....	33
2-1-2-1- La formation des fleurs.....	33

➤ L'induction florale	33
➤ La différenciation florale	34
➤ Le développement floral	34
2-1-2-2- La floraison et la mise à fruit	34
2-1-2-3- Le développement du fruit	35
2-2- Facteurs de production	35
2-2-1- Facteurs climatiques	36
2-2-2- Techniques culturales	37
2-2-2-1- Travail du sol	37
2-2-2-2- Fertilisation	37
2-2-2-3- Irrigation et taille d'entretien	39
2-2-2-4- Traitements phytosanitaires	40
3. UTILISATION DES REGULATEURS DE CROISSANCES EN ARBORICULTURE	
FRUITIERE-CAS PARTICULIER DES AGRUMES.....	42
3-1- Introduction	42
3-2- Définition d'un régulateur de croissance	43
3-3- Les différents régulateurs de croissance	44
3-3-1- Les auxines	44
3-3-2- Les gibbérellines	45
3-3-3- Cytokinine	46
3-3-4- Rôle physiologique de l'éthylène	47
3-3-5- L'acide abscissique	47
3-4- Effets de l'acide gibbérellique sur les agrumes et en particulier sur le <i>clémentinier</i>	48
3-5- Conclusion	51
4. COMPOSITION MINERALE DES FEUILLES	52
4-1- L'influence des différents facteurs sur la composition minérale des feuilles	53
4-1-1- Influence de la région	53
4-1-2- Influence de l'âge de la feuille	54
4-1-3- Influence du type de rameau	55
4-1-4- Influence de la variété et du porte-greffe	56
4-1-5- L'état sanitaire des arbres	56
4-1-6- Nombre de feuilles et d'arbres à échantillonner	56

4-1-7- Moment du prélèvement	57
4-1-8- Variation d'année en année – Age des arbres	57
4-2- Les éléments nutritifs essentiels	58
4-3- Les éléments bénéfiques	59
4-3-1- Le Sodium	59
4-3-2- L'Azote	59
4-3-3- Le Phosphore	60
4-3-4- Le Potassium	61
4-3-5- Le Calcium	62
4-3-6- Le Magnésium	62
4-4- Rôle et importance des éléments minéraux N. P. K. chez le clémentinier.....	63
4-5- L'équilibre azote, phosphore, potassium	64
5. MATERIEL ET METHODES	65
5-1- Etude du milieu	65
5-1-1- Caractéristiques de la plaine de la Mitidja	65
5-1-2- Caractéristiques Climatiques	67
5-1-2-1- Températures	67
5-1-2-2- Pluviométrie	69
5-1-2-3- Vent	71
5-1-3- Caractéristiques du milieu d'étude.....	73
5-1-3-1- Verger 1(EL AFROUN)	73
5-1-3-2- Verger 2 (MOUZAIA)	74
5-1-3-3- Dispositif expérimentale	74
5-1-4- Travaux techniques	75
5-2- Matériel végétal	76
5-2-1- Méthodes appliquées	76
5-2-2- L'étude du sol	76
5-2-2-1- L'analyse physique : La granulométrie	77
5-2-2-2- L'analyse chimique	77
➤ Le calcaire total	77
➤ La conductivité électrique « CE »	78
➤ L'humidité hygrométrique	78
➤ Le pH	78

➤ La matière organique	79
➤ L'azote total	79
➤ Le phosphore assimilable	79
➤ Le potassium assimilable.....	80
5-2-3- L'étude du végétal.....	80
5-2-3-1- Le mode d'échantillonnage	80
5-2-3-2- Lavage	80
5-2-3-3- Séchage – Broyage	80
5-2-3-4- Stockage	81
5-2-3-5- L'analyse chimique du végétal	81
A- L'azote	81
B- Dosage du Phosphore (P)	82
C- Dosage du sodium (Na) et du potassium (K)	83
D- Dosage du calcium (Ca) et du magnésium (Mg).....	84
5-2-4- Traitement des arbres.....	85
5-2-5- Observation au niveau des fruits	86
5-2-5-1- Pourcentage de nouaison	86
5-2-5-2- Evolution des fruits	87
5-2-6- L'analyse chimique des fruits	88
5-2-6-1- Taux de vitamine C	88
5-2-6-2- L'extrait sec soluble (E)	89
5-2-6-3- L'acidité titrable (A)	89
5-2-6-4- Le pourcentage du jus	90
6. RESULTATS ET DISCUSSIONS	91
6-1- Etude du sol	91
6-1-1- La granulométrie	91
6-1-2- La matière organique.....	92
6-1-3- Calcaire total et actif.....	92
6-1-4- La valeur du pH	93
6-1-5- Conductivité électrique	93
6-1-6- Les éléments nutritifs	93
6-2- Etude du végétal..	94
6-2-1- Effet de l'âge de l'arbre sur la composition minérale des feuilles	94

➤ Azote	95
➤ Phosphore	96
➤ Potassium	97
➤ Sodium	98
➤ Calcium	99
➤ Magnésium	100
6-2-2- L'interaction entre les éléments minéraux	101
6-2-3- L'effet de l'âge sur les équilibres ioniques dans les feuilles du clémentinier.....	102
➤ Influence sur les proportions du sodium et du calcium.....	102
➤ Influence sur les proportions du sodium et du potassium.....	102
➤ Influence sur les proportions du sodium et du magnésium.....	102
➤ Influence sur les proportions du phosphore et de l'azote.....	102
6-2-4- Discussion.....	103
6-3- Effet du traitement avec l'acide gibbérellique (AG ₃) sur le rendement.....	104
6-3-1- La croissance des fruits.....	106
6-3-2- Effet de l'interaction entre l'activité du traitement et la composition minérale des feuilles.....	107
6-3-3- Relation avec le rendement quantitatif et qualitatif.....	109
➤ Effet sur le rendement en jus.....	109
➤ Effet sur le taux de sucre (l'extrait soluble E).....	111
➤ Effet sur l'acidité.....	111
➤ Effet sur l'indice de maturité.....	112
➤ Effet sur le taux de la vitamine C	113
6-3-4- Discussion	114
CONCLUSION GENERALE.....	117
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	122
LISTE DES ABREVIATIONS	
ANNEXES	

LISTE DES FIGURES

Figure 1.1 : Principaux pays producteurs d'agrumes en 2004/2005.....	18
Figure 1.2 : Principaux pays exportateurs d'agrumes en 2004/2005.....	21
Figure 1.3 : Principaux pays importateurs d'agrumes en 2003/2004.....	22
Figure 1.4 : Répartition de la superficie en rapport des agrumes (Ministère de l'Agriculture, 2007).....	25
Figure 1.5 : La production en rapport des agrumes.....	29
Figure 1.6 : La production en rapport des agrumes.....	31
Figure 2.1 : Effet du gel sur arbre d'agrumes (Source : I.A.V.H II du Maroc).....	36
Figure 5.1 : Position géographique de la plaine de la Mitidja a l'échelle du nord de l'Algérie.....	65
Figure 5.2 : Localisation du périmètre de la Mitidja Ouest (Tranche 1 et 2).....	66
Figure 5.3 : Périmètre irrigué de la Mitidja Ouest (tranches 1 et 2).....	67
Figure 5.4 : Diagramme comparatif entre la campagne 2008/2009 et la période 18 ans.....	70
Figure 5.5 : Comparaison de vitesse du vent de la campagne 2008/2009 et la période de 10 ans.....	72
Figure 5.6 : Vue générale du verger étudiant d'El Affroun.....	73
Figure 5.7 : Vue générale du verger de Mouzaia.....	74
Figure 5.8 : Dispositif expérimental du verger 1(El Affroun).....	75
Figure 5.9 : Dispositif expérimental du verger 2 (Mouzaia).....	75
Figure 5.10 : Un rameau du Clémentinier en plein floraison.....	86
Figure 5.11 : (a), (b), Présentent des types florifères feuillés de la <i>clémentine</i>	86
Figure 5.12 : (a), (b), (c), (d), Présentent des types florifères sans feuilles de la <i>clémentine</i>	87
Figure 5.13 : (a), (b), (c), (d), Présentent les arbres plein de fruit.....	88
Figure 5.14 : L'appareil réfractomètre	89

Figure 6.1 : L'effet de l'âge sur la teneur de l'azote des feuilles.....	95
Figure 6.2 : L'effet de l'âge sur la teneur du phosphore des feuilles.....	96
Figure 6.3 : L'effet de l'âge sur la teneur du potassium des feuilles.....	97
Figure 6.4 : L'effet de l'âge sur la teneur du sodium des feuilles.....	98
Figure 6.5 : L'effet de l'âge sur la teneur du calcium des feuilles.....	100
Figure 6.6 : L'effet de l'âge sur la teneur du magnésium des feuilles.....	101
Figure 6.7 : L'effet de l'âge sur les équilibres ioniques.....	103
Figure 6.8 : L'effet du traitement sur le rendement.....	105
Figure 6.9 : Un fruit issu d'une inflorescence feuillée.....	107
Figure 6.10 : La composition minérale des feuilles, selon le type du traitement...	108
Figure 6.11 : Effet de l'interaction entre l'activité du traitement et la composition minérale des feuilles pour chaque élément.....	108
Figure 6.12 : Le pourcentage du jus des fruits.....	110
Figure 6.13 : La corrélation entre le pourcentage du jus et la poids des fruits.....	110
Figure 6.14 : Le taux de l'acidité A, taux de sucre E, et le rapport E/A.....	111
Figure 6.15 : La corrélation entre l'extrait soluble E et l'acidité A.....	112
Figure 6.16 : Taux de la vitamine C des fruits.....	113

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.1 : Principaux pays producteurs d'agrumes en 2005.....	18
Tableau 1.2 : Principaux pays exportateurs d'agrumes en 2004/2005.....	21
Tableau 1.3 : Classement des pays producteurs.	23
Tableau 1.4 : Répartition de la production d'agrumes par débouchés en %.....	24
Tableau 1.5 : Evolution des superficies en rapport des agrumes.....	28
Tableau 1.6 : Structure d'âge du verger.....	30
Tableau 2.1 : Besoins en éléments fertilisants selon l'âge du verger d'agrumes à densité de plantation 6mx4m.....	39
Tableau 2.2 : Exemple d'itinéraire technique simplifié en verger enherbé de clémentine commune conduit en Corse.....	41
Tableau 4.1 : Quantités moyennes des éléments minéraux des fruits exportés en Kg/t.....	52
Tableau 4.2 : Influence de l'alternance sur la composition des feuilles du mandarinier "Wilkins" (feuilles âgées de 11 mois prélevées, après la récolte des fruits).....	57
Tableau 4.3 : Relation d'interaction entre les éléments nutritifs dans le sol.....	63
Tableau 4.4 : Quantités d'éléments pur exportées par tonne de fruits.....	64
Tableau 5.1 : Températures moyenne mensuelles (station de Mouzaia).....	68
Tableau 5.2 : Pluviométrie moyenne mensuelle (station de Mouzaia).....	70
Tableau 5.3 : Vitesse moyenne mensuelle des vents pendant 1.....	71
Tableau 5.4 : Réalisation d'une solution mère en 20 ppm.....	83
Tableau 5.5 : Réalisation d'une gamme pour Na et pour K.....	83
Tableau 5.6 : Réalisation d'une gamme pour Ca et pour Mg.	84

INTRODUCTION

Les agrumes font partie des trois premiers produits importants dans le monde, avec une production annuelle d'environ 120 millions de tonnes durant ces dernières années, dont 60% de la production consommé localement en frais, 30% destinés à la transformation et 10% à l'exportation. Les oranges sont les plus cultivées par rapport aux autres agrumes, qui suivent les mandarines avec 65% et 17% de la production mondiale, respectivement [1].

La culture commerciale des Citrus en Algérie est frappée par une régression continue et importante des quantités produites de la *clémentine* en particulier.

La situation désastreuse de la clémentine, semble surtout être le résultat, tout à fait, logique de la conduite irrationnelle des agriculteurs. L'impact de cette dernière sur la production moyenne par hectare est très faible. Elle est de 10 tonnes par hectare [2]. Notre part d'exportation méditerranéenne est nulle, tout en sachant que l'Algérie était un pays, traditionnellement, exportateur d'agrumes en général et des clémentines en particulier. Ainsi la place de l'Algérie sur les marchés étrangers [3] est, non seulement, très compromise, mais encore tout le verger algérien est en danger. Par conséquent, on doit convenir que notre agriculture, en général, souffre d'une certaine carence, malgré les conditions naturelles qui lui sont favorables.

Il est donc, absolument, indispensable de faire bénéficier le clémentinier, en particulier, de tous les facteurs qui lui assurent une meilleure productivité. Ainsi, l'un de ces facteurs est la sélection d'un matériel végétal qui répond, à la fois aux exigences du producteur et du consommateur.

L'utilisation des régulateurs de croissance est devenue un élément important dans le développement agro-technique pour la plupart des plantes cultivées, et plus spécialement pour les arbres fruitiers chez lesquels des soins intensifs sont dispensés individuellement.

En ce qui concerne les agrumes, l'utilisation des régulateurs de croissance a attiré l'attention de plusieurs auteurs tels que GOLDSCHMILD [4], MONSELISE [5] et GUARDIOLA. J, AGUSTI et GARCIA-MARI [6]. Celle-ci présuppose une régulation active des processus endogènes et un rapport exogène complémentaire similaire ou antagoniste.

Dans beaucoup de cas, des effets désirables des régulateurs de croissance appliqués ont été montrés et introduits dans une utilisation pratique sans pour autant connaître leur mode d'action.

Pour cette raison, il y a toujours une tendance à mettre en commun une réaction particulière de croissance, comprenant des aspects hormonaux de l'organe appliqué. De cette façon, un examen peut devenir un traité complet interminable sur des plantes d'agrumes.

Le problème de la mise à fleur intense du *clémentinier* suivie d'une chute importante des fleurs et surtout des jeunes fruits selon les différents types d'inflorescences font partie intégrante de la biologie florale des agrumes.

Dans le souci d'améliorer la productivité du *clémentinier*, nous avons essayé de comprendre dans notre étude expérimentale l'action de l'acide gibbérellique sur la clémentine, afin qu'elle produise moins de fleurs et plus de fruits, aussi l'état nutritionnel des arbres, et pour cela on aborder certains paramètres :

- La teneur foliaire en élément minéraux dans les feuilles par la réalisation d'un diagnostic foliaire.
- L'état nutritionnel des arbres par la réalisation d'un profil pédologique.
- Les caractéristiques biochimiques.
- Caractéristiques biotechnologiques par l'analyse des fruits.

CHAPITRE I

SITUATION MONDIALE DE L'AGRUMICULTURE

1-1- La production mondiale

La culture d'agrumes est présente sur les cinq continents, elle est dispersée et relativement concentrée, elle se localise sur une double ceinture tropicale entourant le monde.

La production et la consommation mondiales des agrumes, ont connu une période de forte croissance depuis le milieu des années 80. La production d'oranges, de clémentines tangerines, de citrons et de limes s'est développée rapidement. Des niveaux de production plus importants, ont permis des niveaux plus élevés de consommation totale d'agrumes, par habitant. Les produits à base d'agrumes ont même connu une croissance supérieure, car les progrès en matière de transport et d'emballage ont réduit les coûts et amélioré la qualité.

Cependant, le développement rapide des rendements, et la croissance ralentie de la demande de certains agrumes, ont conduit à des prix plus bas à la fois pour les agrumes frais et les agrumes transformés, en particulier au niveau du cultivar. Par conséquent, le rythme des nouvelles plantations s'est ralenti.

Ainsi, les taux de croissance prévus à la fois pour la production et la consommation, au cours des dix prochaines années, devraient être inférieurs à ceux des dix dernières années [7].

Selon les données publiées par Freshfel Europe [8], la production d'agrumes dans l'hémisphère nord, a atteint 21,4 millions de tonnes en 2008, en baisse de 2% par rapport à l'année précédente.

Le chiffre global est, à analyser selon les différents pays. En effet, l'Espagne a eu une augmentation de 23% de sa production d'agrumes en 2008, pour atteindre 6,5 millions de tonnes, tandis que le Maroc a prévu une augmentation de 10%.

La Turquie devrait enregistrer une légère augmentation de sa production, l'Italie, Chypre et l'Egypte devraient, voir la leur diminuer. La production américaine devrait également être en diminution de 16% (environ 4 millions de tonnes), notamment avec une forte régression sur les oranges (-29%), ainsi que les pamplemousses (-12%), pour l'année 2008.

1-1-1- Les principaux pays producteurs

La production mondiale des agrumes se localise dans les deux hémisphères nord et sud.

L'essentiel de la production est dominée par trois principaux pays, qui représentent à eux seuls la moitié de la production mondiale. Ainsi le Brésil vient en tête de la production mondiale avec 18.3 millions de tonnes, durant toutes les campagnes. Les Etats-Unis en deuxième position avec 14,8 million de tonnes en 2003/2004, et une diminution de la production durant la campagne 2004 /2005, suivie de la Chine avec 13.9 millions de tonnes, qui subi une évolution de la production au cours des années (Tableau 1.1, Figure 1.1).

La production mondiale d'agrumes a baissé en 2004/2005. Dans l'hémisphère nord, cette campagne indique une baisse de production, principalement due à des événements météorologiques. En Espagne, malgré un début de campagne prometteuse, les mauvaises conditions météorologiques et les fortes gelées du début de l'année 2005, ont causé des dégâts dans les vergers et ont affaibli la production. En revanche, les conditions météorologiques favorables ont entraîné une hausse de 15 pour cent de la production d'agrumes, et des récoltes plus importantes sont également signalées en Italie et en Turquie, malgré la médiocrité des campagnes précédentes. Aux États-Unis, selon les prévisions, la production d'oranges a été nettement plus faible (-38 %), que celle de la campagne précédente, qui avait été exceptionnelle. Les orangeries de Floride et de Cuba ont été dévastées par le passage de plusieurs ouragans en Septembre 2004. Dans ces deux régions, les récoltes des pamplemousses ont également subi le contrecoup des ouragans et la production a chuté de 68 % en Floride. En revanche, la production d'oranges et de limes a augmenté au Mexique. En Asie, la production d'agrumes devrait être stable en Chine, elle a diminué au Japon. Selon les prévisions, les importations d'agrumes frais devraient augmenter dans ces deux pays. Les exportations d'agrumes frais ont augmenté dans le bassin méditerranéen et diminué aux Etats-Unis depuis le début de la campagne [9].

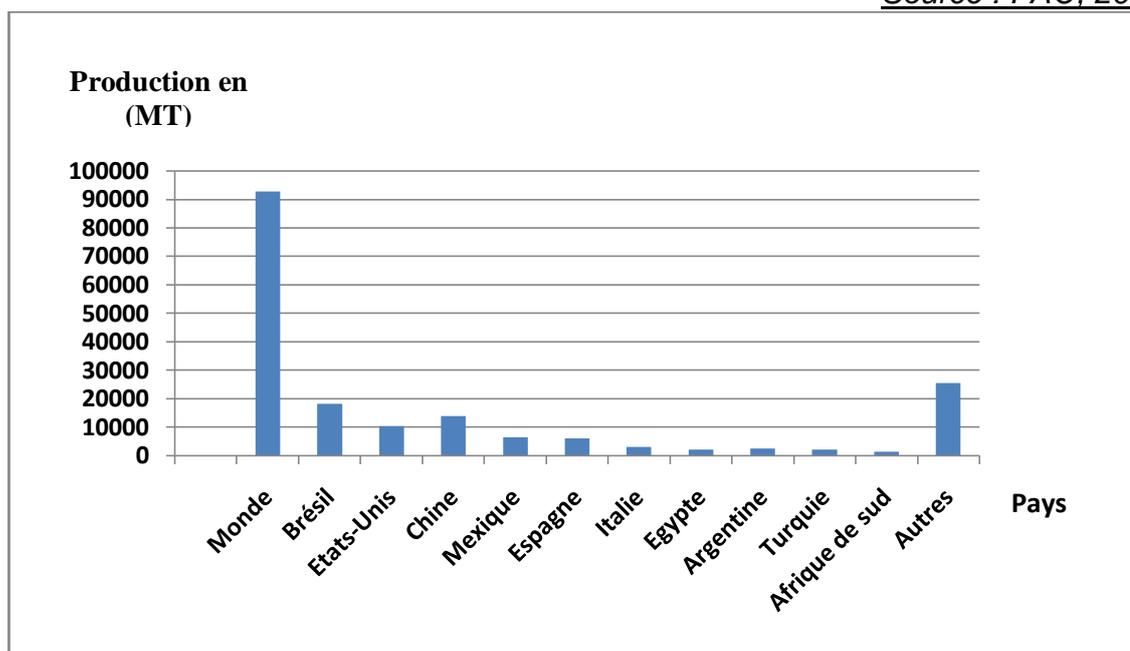
Dans l'hémisphère sud, la récolte d'oranges au Brésil a été nettement inférieure en 2005. Selon l'USDA, la récolte d'oranges a totalisé 402 millions de caisses (de 40,8 kg), alors que selon l'institut brésilien d'économie agricole, elle a

été de 341 millions de caisses. En revanche, une hausse de production est prévue dans la plupart des autres pays d'Amérique du sud, notamment au Chili, au Pérou et en Argentine (où la récolte de citrons s'annonce particulièrement bonne). La production devrait également augmenter en Afrique du Sud et en Australie. Ces hausses de production devraient entraîner une augmentation globale des exportations d'agrumes frais en provenance de l'hémisphère sud.

Tableau 1.1 : Principaux pays producteurs d'agrumes en 2005

Pays	Production (000MT)			
	1999/2000 2001/2002	2002/2003	2003/2004	2004/2005
Monde	94 092	93 032	99 133	92 775
Brésil	18 483	17 292	20 965	18 313
Etats-Unis	15 131	13 771	14 897	10 397
Chine	10 769	12 391	13 884	13 930
Mexique	6 010	6 080	6 369	6 520
Espagne	5 592	5 944	6 232	6 109
Italie	3 082	2 763	2 757	3 171
Egypte	2 547	2 481	2 318	2 251
Argentine	2 651	2 465	2 450	2 660
Turquie	2 145	1 955	2 093	2 264
Afrique de sud	1 602	1 586	1 560	1 570
Autres	26 081	26 304	25 607	25 589

Source : FAO, 2005



Source : FAO, 2005

Figure 1.1 : Principaux pays producteurs d'agrumes en 2004/2005

1-1-2- Les zones de production

Au niveau des zones de production, l'hémisphère nord reste la zone de production la plus importante, avec plus de 70% de la production mondiale d'oranges.

Les petits agrumes diffèrent des oranges, car presque toute leur production est destinée au marché du frais.

Pour les *tangerines*, *mandarines*, et *clémentines* la production mondiale s'élève à 18.6 millions de tonnes, la quasi-totalité de cette production est dominée par l'hémisphère nord avec 90 % de la production totale, contre seulement 10 % de la production pour l'hémisphère sud.

Les grands producteurs de *clémentines* et *tangerines* sont la Chine, l'Espagne et le Japon, suivis par le Brésil, la Corée, le Pakistan, l'Italie, la Turquie, l'Egypte, les Etats-Unis, le Maroc et l'Argentine.

La production du bassin méditerranéen est de 4.3 millions de tonnes soit 23.3% de la production mondiale, et elle est représentée essentiellement par la production de l'Espagne 1.9 millions de tonnes soit 44.6 % de la production du bassin, suivie de l'Italie avec une production de 637 milles tonnes soit une part de 14.5 % de la production de la région.

L'Espagne a récemment connu un succès important avec ses variétés de clémentines sans pépins, en Europe et plus récemment aux Etats-Unis. L'Espagne représente plus de 50 % des exportations mondiales de clémentines tangerines fraîches. Les autres grands exportateurs sont le Maroc et la Chine. Le Maroc possède une industrie de la clémentine bien développée et exporte vers l'Europe et les Etats-Unis.

Cependant, la plupart des *clémentines tangerines* sont consommées dans le pays producteurs. Ainsi, les grands pays consommateurs de clémentines tangerines sont la Chine, le Japon, le Pakistan et l'Egypte.

L'Algérie avec une production de 116.5 milles tonne, représente une part de 2.66 % de la production du bassin méditerranéen et 0.62 % de la production des tangerines, clémentines et mandarines. La production nationale alimente également une consommation importante de clémentines tangerines en Algérie, au Maroc, en Australie, en Argentine, au Paraguay, en Bolivie, à Chypre, en

Jordanie, au Liban, en Corée et aux Etats-Unis. Les pays de la CE autres que l'Espagne, l'Italie, la Grèce et le Portugal, sont les principaux pays importateurs.

Pour l'hémisphère sud, les principaux producteurs sont le Brésil et l'Argentine avec respectivement 910 milles tonnes et 416 milles tonnes et des parts de 4.8 % et 2.2 % de la production mondiale des *tangerines*, *clémentines* et mandarines.

1-1-3- Evolution de la production mondiale d'agrumes

Les exportations d'agrumes sont évaluées à 11.3 millions de tonnes à travers le monde, ce qui représente une part de 12.18 % de la production mondiale, cette part est faible, la cause essentielle de cette faiblesse s'explique par le fait ; que les principaux pays producteurs sont d'importants transformateurs.

Les pays de l'hémisphère nord ont exporté plus de 8.46 millions de tonnes durant la campagne 2004/2005 et représentent une part de 74.87 % du total des exportations mondiales. Les principaux pays exportateurs étant : l'Espagne avec 3,35 millions de tonnes, suivie par les Etats-Unis avec 0.95 millions de tonnes soit 8.4 % du total des exportations mondiales.

Le bassin méditerranéen avec 66.47 % du total des exportations se présente comme la zone de prédilection pour les agrumes, et cela est donné par les exportations de l'Espagne qui est le premier exportateur mondial d'agrumes (Figure 1.2).

La Turquie vient en quatrième place derrière l'Espagne, les Etats-Unis et l'Afrique de sud, avec 0.86 millions de tonnes exportées et représente ainsi une part de 7.62 % du total des exportations [9].

Le Maroc avec 0.52 millions de tonnes, occupe la cinquième place, soit une part de 4.6 % du total des exportations [9], alors que les exportations en 2009, ont augmenté à 259 million de tonnes, soit une part de 2.5% du total des exportations du Maroc [1].

L'Égypte vient en sixième position avec 0.48 millions de tonnes exportées, soit 4.24 % des exportations mondiales.

Pour l'hémisphère sud, les exportations sont de l'ordre de 2.38 millions de tonnes seulement soit une part de 21.12 % des exportations mondiales.

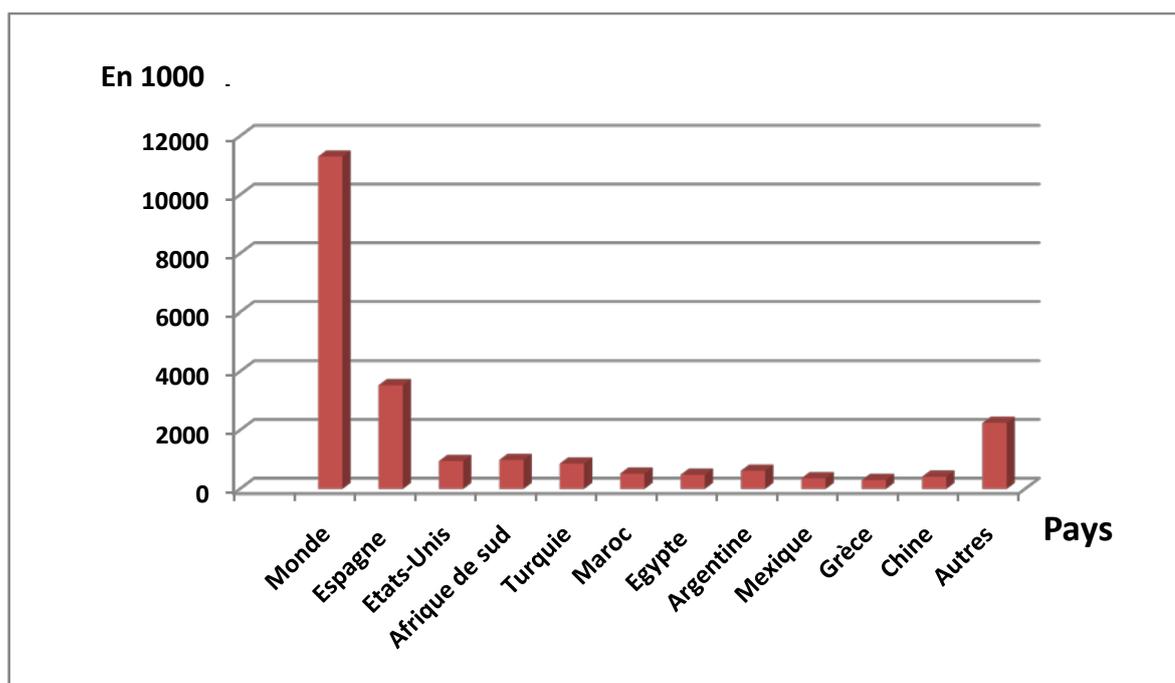
Le principal pays exportateur est l'Afrique de Sud avec 0.99 millions de tonnes exportées en 2005, soit 8.75 % des exportations mondiales [9].

L'Argentine exporte pour une valeur de 0.62 millions de tonnes et représente une part de 5.48 % des exportations des agrumes.

Tableau 1.2 : Principaux pays exportateurs d'agrumes en 2004/2005.

Pays	Production (000 MT)			
	1999/2000 2001/2002	2002/2003	2003/2004	2004/2005
Monde	9761	10 792	11021	11 308
Espagne	3074	3 313	3564	3535
Etats-Unis	1051	1117	1049	950
Afrique de sud	848	1043	603	990
Turquie	605	740	438	862
Maroc	473	484	491	521
Egypte	252	414	547	480
Argentine	374	488	358	620
Mexique	251	347	303	360
Grèce	355	398	339	301
Chine	170	241	2 192	418
Autres	2 300	2 208		2 251

Source : FAO, 2005.



Source : FAO, 2005.

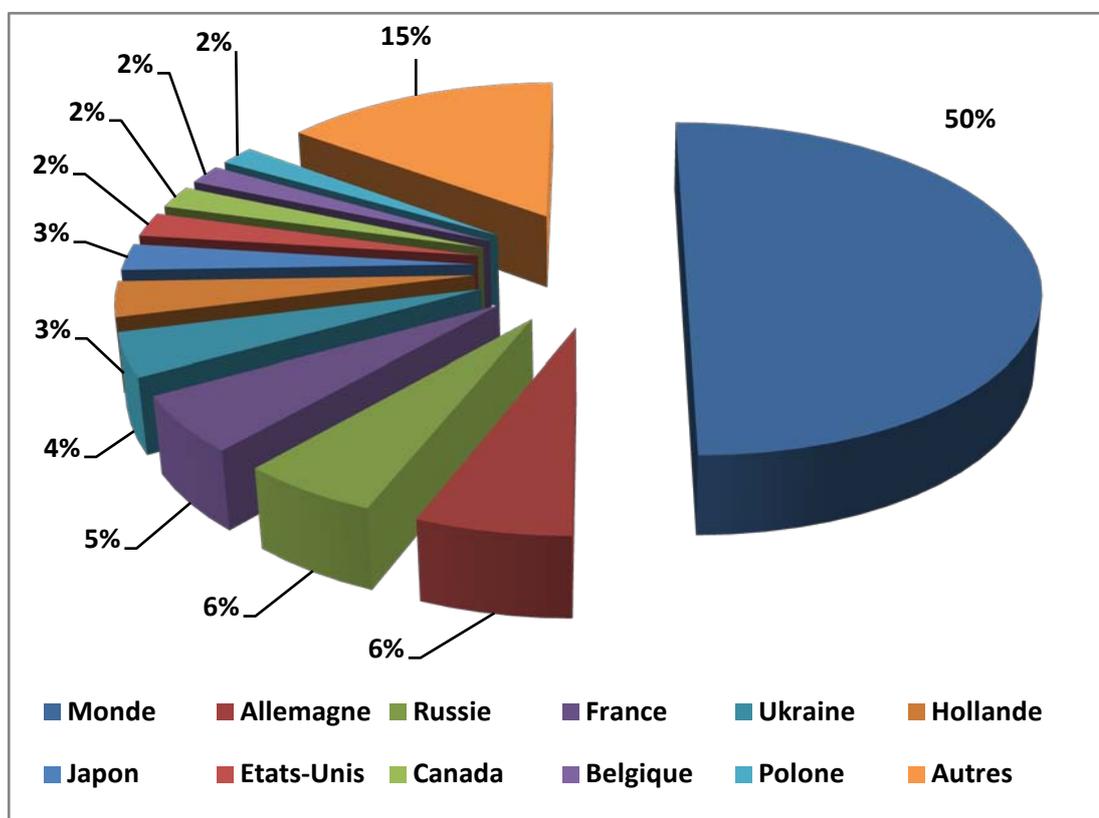
Figure 1.2 : Principaux pays exportateurs d'agrumes en 2004/2005

1-1-4- Les importations d'agrumes

Les importations mondiales d'agrumes durant la campagne 2003/2004 ont atteints le chiffre de 9.7 millions de tonnes, l'hémisphère nord détient la totalité des importations avec 6.83 millions de tonnes soit une part de 70.43 %.

Les principaux pays importateurs d'agrumes sont : l'Allemagne avec 1.16 millions de tonnes importées, il est donc le premier pays importateur, cela représente une part de 12.02 % des importations mondiales suivie de la Russie et de la France en deuxième position avec 1.05 millions de tonnes et qui représente 10.88 % des importations mondiales et plus de 75.3 % des importations du bassin méditerranéen.

L'Ukraine et la Hollande occupent respectivement la troisième et la quatrième place avec des quantités importées de 0.67 millions de tonnes et 0.61 millions de tonnes (Figure 1.3) [9].



Source : FAO, 2005.

Figure 1.3 : Principaux pays importateurs d'agrumes en 2003/2004

1-2- Les agrumes de la Méditerranée

La Méditerranée fait partie des principales zones de production d'agrumes dans le monde, avec 16.8 millions de tonnes sur les différents types d'agrumes(somme), elle figure en deuxième position après le Brésil (17 millions de tonnes), mais arrive devant les Etats-Unis et la Chine qui produisent 12.9 et 10.9 millions de tonnes en respectivement (Tableau 1.3) [10].

Tableau 1.3 : Classement des pays producteurs

<i>Classement des pays producteurs d'agrumes — en millions de tonnes</i>			
	<i>1^{er}</i>	<i>2^{ème}</i>	<i>3^{ème}</i>
<i>Orange</i>	<i>Brésil 17.0</i>	<i>USA 11.0</i>	<i>Méditerranée 9.7</i>
<i>Petits agrumes</i>	<i>Chine 6.5</i>	<i>Méditerranée 4.2</i>	<i>Japon 1.3</i>
<i>Citron</i>	<i>Méditerranée 2.4</i>	<i>Mexique 1.8</i>	<i>Inde 1.4</i>
<i>Pomelo</i>	<i>Chine 4.4</i>	<i>USA 1.9</i>	<i>Méditerranée 0.5</i>

Source : FAO moyenne 2003/2004

1-2-1- Le frais, spécialité méditerranéenne

La répartition par débouché de la production méditerranéenne est originale. Un faible volume est destiné à la transformation (19 % contre 30 % en moyenne dans le monde), car la production est principalement destinée au marché du frais (36 % contre 10 %).

La domination du marché local est toutefois moins marquée en Méditerranée (45 %) que dans le reste du monde, où il demeure le plus gros débouché (60 %) (Tableau 1.4). Il existe en fait une véritable spécialisation par débouché des grandes zones citricoles. En effet, la production de l'Amérique du nord, centrale et du sud est orientée vers la transformation, que ce soit en jus concentré ou en non concentré. La production méditerranéenne, domine le marché international des petits agrumes, de l'orange et du citron frais. Cependant, la transformation reste pour les producteurs méditerranéens, un outil clé de régulation du marché (3 millions de tonnes transformées en 2003/2004), car elle permet d'absorber et de valoriser les écarts de triage (Tableau 1.4) [10].

Tableau 1.4 : Répartition de la production d'agrumes par débouchés en %

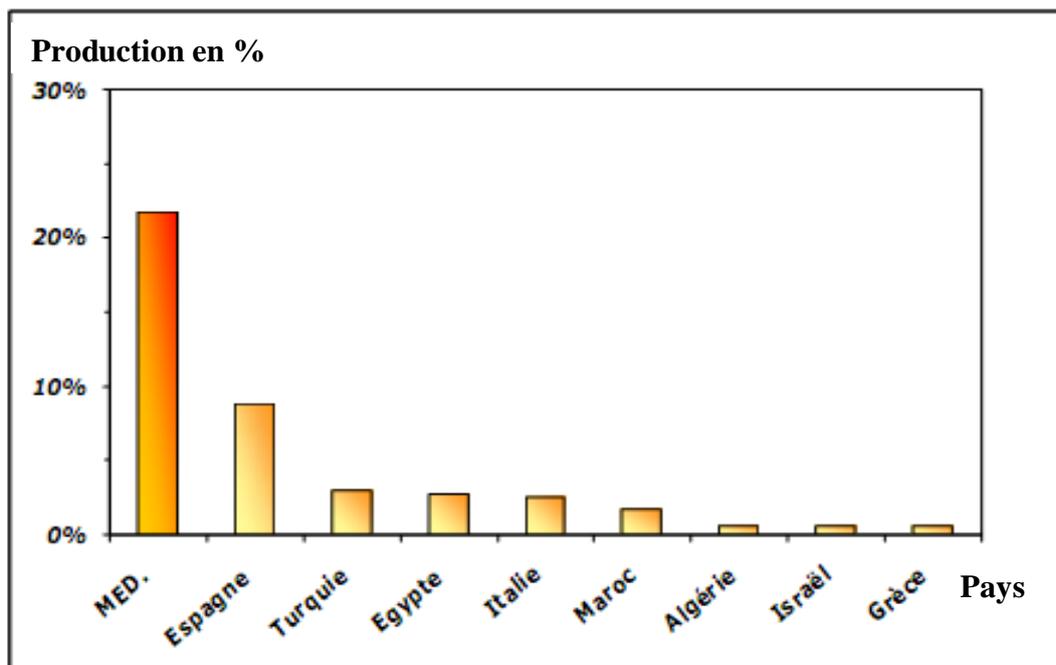
<i>Répartition de la production d'agrumes par débouchés — en %</i>			
	<i>Marché local</i>	<i>Transformation</i>	<i>Exportation</i>
<i>Méditerranée</i>	45	19	36
<i>Monde</i>	60	30	10

Source : FAO, moyenne 2000/2003

1-2-2- Une spécialisation au sein des pays méditerranéens

Seule l'Italie a pour débouché principal la transformation, pour le citron. Ce dernier pays fait aussi partie des grands exportateurs aux côtés de l'Espagne, de Chypre, de Gaza et de la Grèce. Le Maroc et la Turquie exportent largement, mais consacrent cependant une part importante de leur offre au marché local. Quant aux autres pays méditerranéens, ils sont plutôt tournés vers leur marché local [10].

La zone méditerranéenne a produit 22% des mandarines et clémentines du Monde en 2005, soit un total d'environ 5 215 000 tonnes. La Chine est le pays le plus producteur sur cette gamme de produit, avec tout simplement 47% de la production mondiale. Mais ensuite, c'est l'Espagne qui est le second producteur avec 9% de la production. A noté l'Egypte au 7ème rang mondial avec 3% de la production (Figure 1.4) [11].



Source: FAOSTAT, 2007

Figure 1.4 : Production annuelle mondiale de clémentine et mandarines en 2005

1-3- La production et de la consommation mondiales d'agrumes en 2010

La production d'agrumes a connu une évolution remarquable, en passant d'une moyenne de 47 millions de tonnes durant les années 70 à plus de 100 millions de tonnes actuellement, et ce, grâce à la contribution de certains pays producteurs à l'instar du Brésil, des Etats-Unis, la Chine et les pays du bassin méditerranéen.

La croissance de la production mondiale s'est faite grâce à l'amélioration des techniques de production, de transport, de conditionnement et les efforts en termes de recherche variétale, qui ont permis d'améliorer la qualité des fruits proposés, permettant ainsi des gains sensibles de consommation [7].

L'analyse du commerce mondial des agrumes frais, durant la période 1970/2005, montre un fort développement des échanges, les quantités échangées passent d'une moyenne de 6.4 millions de tonnes à environ 11.3 millions de tonnes, toutefois, ce dynamisme apparent est à tempérer, en effet, la croissance observée est sensiblement inférieure à la moyenne de celle du

groupe fruits et très en dessous de celle de produits tels que les fruits à pépins, les exotiques ou la banane.

Ainsi, l'étendue de la culture est déterminée par la proximité des marchés ; le cas de l'Espagne, l'Italie et Cuba, la population et le niveau de vie, la spécialisation grâce à des techniques de production très élevée, ce sont autant de facteurs qui paraissent déterminer le niveau des exportations de chaque pays.

Les quantités destinées à la transformation, ont connu un important accroissement, passant d'une moyenne de 15.3 millions de tonnes durant la décennie 1970 à plus de 31 millions en 2001, ceci représente le tiers de la production durant cette année, et ce sont les oranges qui dominent les agrumes transformées avec plus de 75 % [7].

La production mondiale de clémentine tangerine devrait atteindre 15,4 millions de tonne en 2010, en légère hausse par rapport aux 15,05 millions de tonnes produites en 1996-1998. La prévision du taux de croissance annualisé à 0,17 pour cent est beaucoup plus faible que le taux de croissance annualisé réalisé entre 1986-1988 et 1996-1998. La production de clémentines tangerines devrait se développer modestement en Espagne, en Chine, au Maroc, au Brésil et en Argentine. Le secteur continuera de décliner au Japon, et la production aux Etats-Unis devrait baisser, car elle est confrontée à la concurrence des importations et des autres fruits frais.

Les variétés de clémentines sans pépins actuellement cultivées en Espagne et au Maroc sont les vedettes de la consommation de tangerines fraîches. La consommation américaine de ce produit a augmenté de manière spectaculaire au cours des cinq dernières années. Leur petite taille, ainsi que le fait qu'elles soient un fruit facile à éplucher et sans pépins en font un goûter attractif pour les enfants. Des efforts ont été entrepris pour produire des clémentines en Californie, et aux Etats-Unis. La Floride impose actuellement des restrictions sur les plantations de variétés de *clémentines*.

Le rôle de l'Espagne devrait se poursuivre comme exportateur dominant de clémentines tangerines.

Le succès des variétés de *clémentines* lui permettra de renforcer sa position. Le Maroc est le second exportateur de *clémentines tangerines* fraîches. Les préoccupations phytosanitaires ont limité la capacité du Mexique et du Brésil à

développer l'exportation de clémentines tangerines fraîches. La principale zone de production d'agrumes de l'est du Mexique est encore infectée par la drosophile mexicaine. L'apparition récente du chancre des agrumes au Brésil, empêchera les producteurs de développer de manière importante leurs exportations fraîches de clémentines tangerines ou d'autres variétés d'agrumes.

La répartition entre la consommation à l'état frais et l'utilisation sous forme transformée, devrait rester aux mêmes niveaux qu'auparavant, avec plus de 90 pour cent de la production totale destinée au marché du frais. Les clémentines tangerines ne sont pas intéressantes pour la production de jus ; en raison de leur teneur en jus relativement faible, de leur coût de récolte plus élevé et de leur tendance à donner un jus insipide. Ainsi, l'utilisation sous forme transformée des *clémentines tangerines*, viendra des *clémentines tangerines* qui ne correspondent pas au calibre du marché du frais, et de la demande de clémentines en quartiers [7].

1-4- L'agrumiculture en Algérie

1-4-1- Superficies et répartition variétale des agrumes

1-4-1-1- Superficies des agrumes

Le verger agrumicole algérien occupe actuellement 52 710 ha (dont 4900 ha plantés durant la campagne 2000/2001), soit 0.6 % de la superficie agricole utile (SAU) ; 42 250 ha étaient en rapport, les 10 460 ha restants sont soit des jeunes plantations ou soit des vergers improductifs (Tableau 1.5).

Ce potentiel agrumicole est réparti par région [2]:

- Centre..... 32 829 ha soit : 62.3 %.
- Ouest..... 12 245 ha soit : 23.2 %.
- Est 7003 ha soit : 13.3 %.
- Sud 633 ha soit : 1.2 %.

Au regard de leurs exigences pédoclimatiques, les agrumes sont principalement localisés sur les terres riches des zones potentielles, dont :

- La plaine de la Mitidja : 44 %.
- Le périmètre de la Mina et Bas Chélif : 14 %.
- Le périmètre de Bouna Moussa et la plaine de Saf Saf (Skikda) : 16 %.
- La plaine de Habra (Mascara) : 25 %.

Tableau 1.5 : Evolution des superficies en rapport des agrumes

	2000-2001	2001-2002	2002-2003	2003-2004	2004-2005	2005-2006	Moyenne 00-06	Evolution 2006/2005 (%)	Evolution 06/Moy 00-06 (%)
Sup. complantée (ha)	48 640	52 710	56 640	59 368	62 126	62 902	57 064	1,25	10,23
Sup. en Rapport (ha)	41 680	42 250	42 942	43 560	44 095	45 859	43 398	4,00	5,67
Production (qx)	4 700 000	5 195 000	5 599 300	6 091 110	6 274 060	6 803 450	5 777 153	8,44	17,76
Rendement (qx/ha)	113	123	130,4	139,8	142,3	148,4	133	4,26	11,71

Source : Ministère de l'Agriculture, 2007.

Les superficies plantées et les superficies en rapport ont augmenté respectivement de 1.25 % et 4.00 % par rapport à l'année écoulée.

Quant à la production, elle passe de 6 274 060 qx en 2005 à 6 803 450 qx en 2006, le taux d'accroissement est de 8.44 %.

Les rendements ont également connus une amélioration de 4.26 % par rapport à l'année 2005 et de 11,71 % par rapport à la moyenne (2000-2006)

Au cours de la campagne 2005 –2006, on enregistre un accroissement en superficie plantée de l'ordre de 8.40 % par rapport à la campagne précédente, soit 52 710 ha contre 48 640 ha. Les superficies en production (en rapport) représentent 80.16 % de la superficie plantée au cours de la campagne 2002-2003.

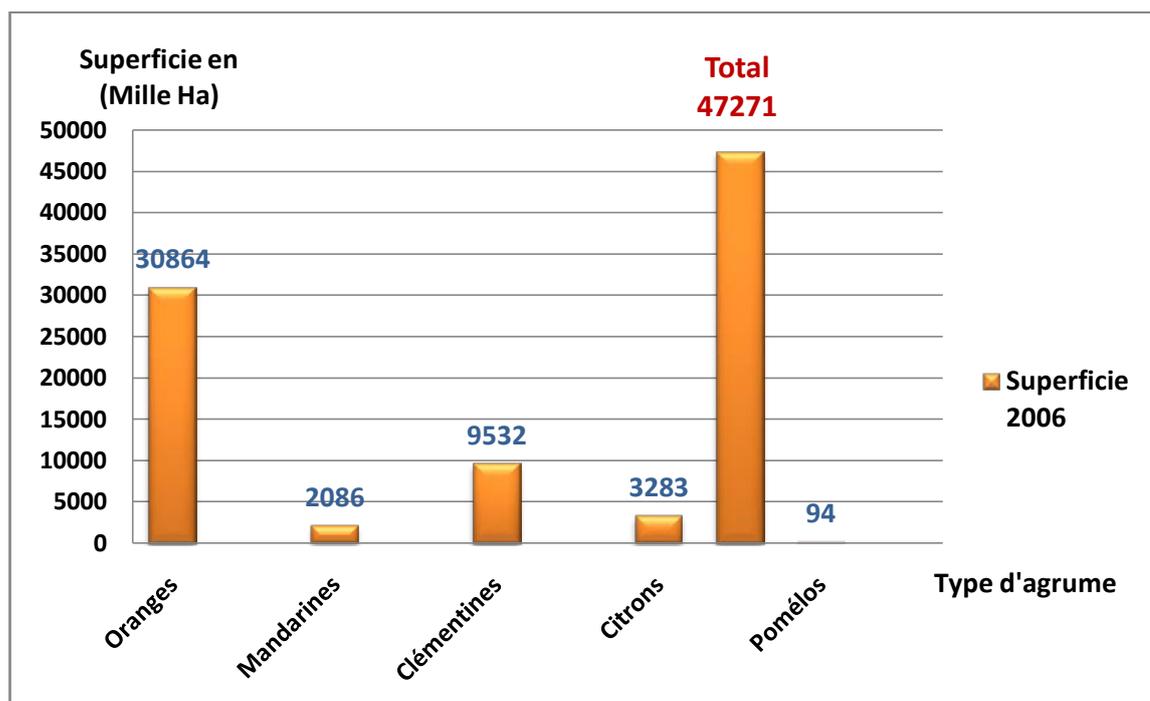
Sur le plan de la répartition des superficies par wilaya, on relève que la wilaya de Blida domine largement avec 14 475 ha d'agrumes plantés, ce qui représente 27.5 % de la superficie totale complantée au niveau national. Elle a réalisé une part importante de la production (1 847 400 qx), soit 35.6 % de la production totale, qui est estimée à 5 194 590 qx, comparativement à la campagne précédente, ou on a enregistré un accroissement de la production de l'ordre 10.5 % [3].

1-4-1-2- Répartition variétale

Le verger agrumicole est constitué de tous les groupes citrus avec prédominance des oranges et clémentines- mandarine, qui occupent plus de 92 %, il y a lieu de noter la faiblesse des superficies en citronnier (Figure 1.5).

La répartition du total de la superficie est complet 62 902 ha, et la superficie en rapport qui est de 45 859 ha en 2002 :

- La gamme variétale des agrumes est très variée en Algérie, avec toutefois une dominance des oranges, avec les variétés du groupe Navel caractérisées par leurs précocités.
- Le verger agrumicole est constitué d'une grande part des oranges, avec 45 834 ha et représentent 72.86 % de la superficie en rapport des agrumes.
- La deuxième position est occupée par la clémentine, avec 10 466 ha et qui représente 16.63 %. Le citronnier vient en troisième place, avec 4 365 ha et soit 6.94 % de la superficie totale (Figure 1.5). Les mandariniers et les pomélos représentent respectivement 3.40 % et 0.15 % de la superficie totale des agrumes [3].



Source : Ministère de l'Agriculture, 2007

Figure 1.5 : Répartition de la superficie selon les variétés d'agrumes

1-4-2- Structure d'âge du verger

Le verger agrumicole algérien est d'un âge avancé, on enregistre un faible taux de renouvellement des plantations malgré le soutien consenti par l'état.

Nous remarquons que le verger agrumicole est constitué de presque la moitié des vergers adultes avec plus de 24 000 ha (Tableau 1.6), suivis des vergers en pleine production (11 à 30 ans) avec 13 000 ha et qui représentent 26.7 % .

Les jeunes plants et vergers en production représentent une part modeste de 17.7 % avec 8 640 ha, pour les vieux vergés, ils occupent une part faible de 6.16 % avec 3 000 ha [2].

Tableau1. 6 : Structure d'âge du verger

Tranche d'âge	Superficie (ha)	%
01 à 10 ans	8640	17.7
11 à 30 ans	13000	26.7
31 à 50 ans	24000	49.3
Plus de 50 ans	3000	6.16

Source : ITAF, 2002

1-4-3- La production des agrumes

1-4-3-1- La production par type d'agrumes

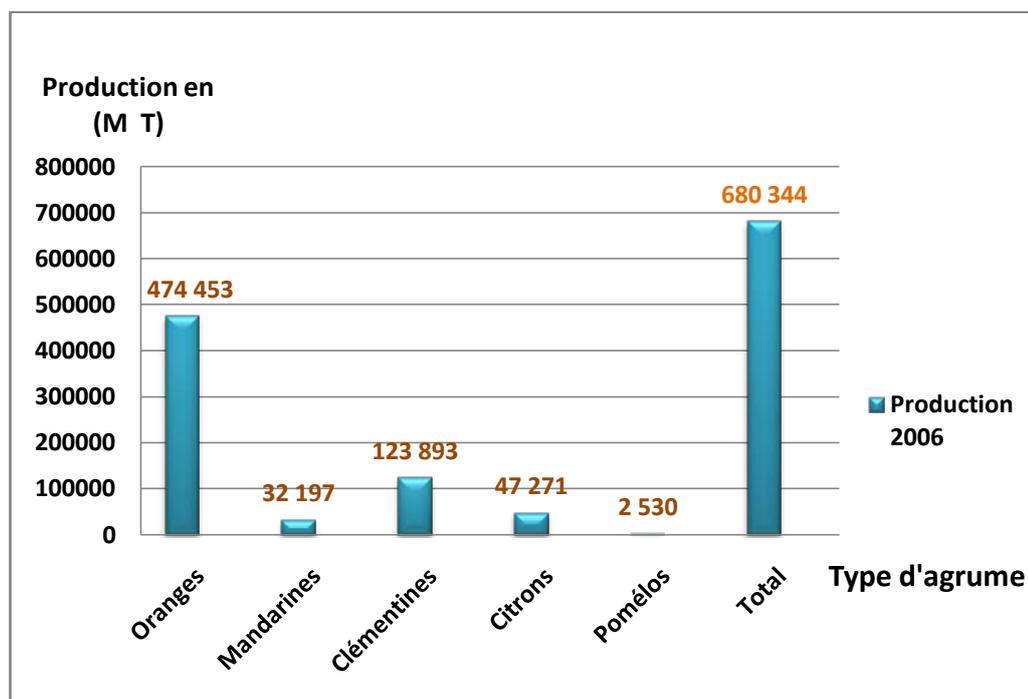
La production des agrumes en Algérie était estimée à 680 345 tonnes en 2006, avec un rendement de 148.4qx/ha, la production concentrée essentiellement sur les oranges avec 474 453 de tonnes produites, soit 69.74% de la production totale des agrumes, qui correspond a un rendement de 153.4 qx/ha.

Les Clémentines viennent en deuxième position avec 123 893.5 tonnes et qui représentent une part de 18.21 % de la production totale, avec un rendement de 130 qx/ha.

Les Citrons occupent la troisième position avec 47 271 tonnes et représentent 6.95 % et 144 qx/ha de rendement. La quatrième place est occupée par les mandarines avec 32 197.5 tonnes avec une part de 4.73 % de la production qui correspond à un rendement arrive à 154.4 qx/ha.

Les pomélos viennent en derrière position avec une très faible production de 2 530 tonnes et qui représentent une part de 0.37 % de la production totale des agrumes, qui donnent un rendement élevé 269.1 qx/ha (Figure 1.6).

Néanmoins, la production globale de l'Algérie est très faible par rapport à la production mondiale, avec 0.5 % et de la production méditerranéenne avec 2 % [3].



Source : Ministère de l'agriculture, 2007

Figure 1.6 : La production en rapport des agrumes

1-4-3-2- Evolution de la production d'agrumes

La production d'agrumes a connu une évolution remarquable durant la période 1994/2006, la production est passée de 375 990 tonnes en 1994 à plus de 680 345 tonnes en 2006 où le taux d'accroissement arrive à 8% pour la production et 4% pour le rendement en 2006.

Cette augmentation s'explique par l'extension des superficies et des nouvelles plantations réalisées durant cette période, ainsi que par les nouvelles orientations apportées par le PNDA, surtout celles qui concernent les aides pour les agriculteurs.

Cette évolution de la production est réalisée essentiellement par les oranges et les clémentines, où la production passe de 252 878 tonnes à 474 453 tonnes en 2006 pour les oranges, cela est une performance remarquable en si peu de temps, et de 78 976 tonnes en 1994 à 123 893.5 tonnes en 2006 pour les clémentines [3].

CHAPITRE II

PRESENTATION DU CLEMENTINIER ET DES FACTEURS DE PRODUCTIVITE

Pour certains auteurs comme TRABUT (1926), l'origine du clémentinier est un hybride du mandarinier commun (*Citrus deliciosa Tenor*) pollinisé par une variété ornementale du granito bigaradier (*Citrus anrantium*). Le croisement au hasard a été observé par le père Clément à l'orphelinat de Misserghine en Oranie (Algérie) [12].

Pour CHAPOT [12], il s'agit d'une variété de mandarinier. Probablement originaire d'Extrême-Orient du fait de sa ressemblance avec certains mandariniers. Comme par exemple la mandarine de Canton qui est en fait aussi une *clémentine*.

2-1- Cycle biologique du clémentinier

2-1-1- Croissance végétative

BRUN [13], observe trois vagues de croissance en Corse pour le clémentinier greffé sur bigaradier ; printanière, estivale, et automnale, différentes par leur importance et la forme des feuilles. Ces trois vagues se manifestent sur les jeunes ramifications au cours des trois périodes :

- De la fin du mois de Février jusqu'au début du mois de Mai, se manifeste la pousse de printemps ; les ramifications s'allongent et développent, de jeunes feuilles. Les feuilles les plus âgées sont colorées en vert sombre. Sur ces nouvelles ramifications, apparaissent en Avril-Mai les pousses florifères dont les boutons floraux, ensuite les fleurs.
- En Juillet-Août, se développe la pousse d'été, plus ou moins vigoureuse selon les températures, les irrigations et la vigueur des arbres. Cette pousse est en général moins importante que les pousses de printemps et d'automne.
- D'Octobre à la fin Novembre, apparait la troisième pousse dite pousse d'automne. Elle assure en partie le renouvellement du feuillage [14].

Les trois pousses, sont le résultat de trois flux de sève, qui commandent le développement végétatif de l'arbre. Les trois flux de sève se traduisent par une

intense activité d'absorptions, au niveau du système racinaire, et une intense activité des synthèses chlorophylliennes au niveau de la frondaison.

Des apports fractionnés d'engrais azotés et l'eau d'irrigation, sont indispensables au soutien de l'équilibre de ces trois pousses et au développement de nouvelles ramifications [14].

2-1-2- La fructification

2-1-2-1- La formation des fleurs

Le processus qui conduit à la formation des fleurs comporte trois étapes :

➤ L'induction florale : est définie par le changement métabolique qui caractérise chez la plante le passage d'un état végétatif à un état producteur [15].

Des facteurs endogènes intervenant dans ce changement du métabolisme, seraient des facteurs nutritionnels, dont les glucides, les matières azotées, et le rapport C/N. Des facteurs hormonaux interviennent également, il s'agit des hormones de croissances.

MONSELISE et WILLIAMS [16] signalent l'importance des équilibres entre les hormones de croissance, dans le déterminisme interne de l'induction florale :

- ❖ Arrêt de l'action auto-inductrice des gibbérellines endogènes.
- ❖ Concentration suffisante de cytokinine endogène dans la sève du xylème, pour empêcher l'entrée en dormance des bourgeons.

La mise à fleur serait associée à une valeur optimale du rapport des concentrations des gibbérellines et des cytokinines. Les feuilles pourraient intervenir dans le déterminisme hormonal et la mise à fleur, en synthétisant des hormones antagonistes des gibbérellines.

L'induction florale est soumise également à des facteurs exogènes. LENZ [17] met en évidence l'induction florale et beaucoup de pousses végétatives chez les citrus exposés à des températures de 25C° nocturnes pendant 30 jours.

Plus l'exposition aux températures basses est longue, plus le nombre d'inflorescences est élevé [18].

➤ La différenciation florale

MONET et BASTARD [15], la définissent comme étant l'ensemble des modifications morphologiques, que subit un méristème au cours de sa transformation en fleur ou en inflorescence.

L'induction florale dans l'hémisphère nord et la différenciation chez les citrus ont lieu durant la période allant de Novembre à Janvier [19].

HALL et al. [20] montrent que, l'initiation florale est sous la dépendance des températures de l'air et que les différences de températures de jours et de nuit ont une influence sur le début de l'initiation florale

- Le développement floral : Le développement floral, est caractérisé par la croissance des ébauches florales et la maturation des cellules reproductrices, qui aboutissent à l'épanouissement de la fleur.

Plusieurs facteurs d'ordre endogènes, influent sur la vitesse et le développement. Parmi les facteurs climatiques pouvant accélérer, ralentir ou même interrompre ce développement, il y a l'excès d'humidité, accompagné de températures relativement basses.

2-1-2-2- La floraison et la mise à fruit

D'une façon générale, la floraison des citrus, a lieu au printemps de la fin de mois de Mars jusqu'au début de Mai, en même temps que s'effectue la pousse de printemps [14].

En Algérie BELLABAS [21] avait entamé une étude sur la floraison et la fructification du clémentinier (*Citrus reticulata Blanco*). Il a observé cinq types de pousses printanières, classées selon un graduant morphologique des plus simples ou plus complexes. Dans cette même étude ; il a été observé au niveau de la feuille axillante, une association de type florifère issue des complexes gemmaires axillaires. Cette association peut-être simple, binaire, multiple, ou mixte (avec les types sans et avec feuille). Il a été constaté dans cette étude que la distribution des différents types de pousses et leur association aux complexes axillaires, dépend du porte-greffe utilisé (Bigaradier, Poncirus, Citrange).

2-1-2-3- Le développement du fruit: D'une manière générale, le développement des fruits passe par trois phases :

- ❖ Première phase : est caractérisée par une multiplication abondante des cellules, qui assurent une augmentation rapide du volume du fruit.
- ❖ Deuxième phase : cette phase est représentée par un ralentissement très net de la croissance et un développement rapide de l'embryon, qui atteint sa taille normale. Elle est caractérisée par la sclérisation de l'endocarpe chez les espèces à noyau.
- ❖ Troisième phase : la croissance reprend rapidement et se poursuit jusqu'à la maturité. Elle résulte d'une forte augmentation du volume des cellules du péricarpe du fruit et leur multiplication [22].

Pour le cas du clémentinier, PARLORAN et al [23]; WAYNICK et DEWAILLY cité par VANNIERE et al. [24] et PARLORAN et al. [25], ont mis en évidence la très faible influence, des conditions du milieu, de la nouaison à la récolte, sur le grossissement des fruits. Les mêmes auteurs ont conclu, qu'il est très probable, qu'une large part des facteurs agissant sur le grossissement du fruit, sont à rechercher au niveau du processus d'initiation floral et de la formation des organes consécutifs du fruit.

Quant à BOWMAN [26], il affirme que la croissance du fruit dépend essentiellement des apports d'eau, d'irrigation ou de pluie.

LOUSSET [14], ajoute qu'une alimentation de l'arbre, notamment en eau et en azote, à un rôle fondamental sur l'importance et la qualité de la future production, et tout déficit alimentaire aura de grave répercussion sur le rendement, le calibre et la qualité du fruit.

2-2- Facteurs de production

C'est avant tout, une espèce très sensible au manque de soins et donc très exigeantes. Déjà, tout au début de sa création, elle avait déçu un grand nombre d'agrumiculteurs, qui ont aussitôt procédé au sur-greffage, pensant que les problèmes de productivité du clémentinier sans pépins étaient d'ordre génétique.

Le clémentinier sans pépins est une variété extrêmement exigeante en tout. Aucun des facteurs agronomiques ou climatiques ne doit être pris à la légère, car

ils exercent tous une influence, qui peuvent être décisive pour la productivité et la longévité de l'arbre.

2-2-1- Facteurs climatiques

Parmi les facteurs climatiques, la température joue un rôle essentiel. Le clémentinier est sensible aux basses températures et les limites admises à la résistance au froid sont :

- Moins 0.5° C à 2° C, fruits gelés ;
- Moins 3° C dégâts sur les feuilles (Figure 2.1) ;
- Moins 9° C destruction de la charpente ;
- Moins 11° C mort de l'arbre.

Comme tous les agrumes, le *clémentinier* résiste à de fortes chaleurs (jusqu'à 52°C), cependant des températures trop élevées (à partir de 36°C) inhibent la croissance et retardent ainsi le développement végétatif de l'arbre. L'activité végétative commence à partir de 12°C et s'arrête à partir de 35-36°C [27].

En Algérie, les zones convenant le mieux au clémentinier sont les régions côtières (littoral d'Alger, Mostaganem, Skikda, Annaba) à influence maritime, adoucissant le climat et favorisant la production de fruits d'agrumes [28].



Source : I.A.V.H II du Maroc, 2005

Figure 2.1: Effet du gel sur arbre d'agrumes Source

2-2-2- Techniques culturales

2-2-2-1- Travail du sol

Le travail du sol en interligne ne doit pas dépasser 4 à 6 passages par an au maximum, en réglant le pulvérisateur à disque à une profondeur n'excédant pas 18-20 cm, pour ne pas blesser le système racinaire très superficiel des agrumes. Le désherbage sous les rangées doit être réalisé manuellement ou à l'aide d'herbicides (Paraquat, Glyphosate, Simazine) [29].

2-2-2-2- Fertilisation

La fertilisation des agrumes est très souvent conduite de manière empirique. Les équilibres entre les éléments minéraux et les doses apportées ne sont pas toujours raisonnés, en fonction des besoins spécifiques de la plante. L'observation de symptômes de déficience et leur identification, offrent la possibilité d'une correction de la fertilisation ; mais cette dernière sera faite par approches successives et les proportions entre les éléments apportés ne répondront pas nécessairement aux besoins. Fréquemment des symptômes de déficience en oligo-éléments se révèlent et principalement en zinc et manganèse ; leur insuffisance peut perturber fortement la croissance.

Leur identification précise permet d'appliquer des traitements de correction, d'où une réponse rapide est constatée. La mesure des quantités d'éléments minéraux, contenus dans des plants de différents âges, ayant une croissance et un état végétatif excellents, indique les doses minimales d'engrais nécessaires pour obtenir cet état. Une correction doit être faite en relation avec le taux d'absorption de chacun des éléments, pour définir la fertilisation optimale. Au cours des essais, il a été constaté qu'un enrichissement en calcium de la solution de ferti-irrigation, permet d'obtenir une amélioration du développement des plants. La modification de l'équilibre entre l'azote et le potassium induit également des réponses de croissance [8].

En terrain léger, il faut apporter 20 t/ha/an de fumier de ferme bien décomposé ou 60 t/ha tous les 3 à 4 ans en terrain lourd. Si les ressources hydriques sont disponibles, on peut, au lieu du fumier, cultiver des engrais verts selon la rotation : féverole, moutarde, vesce-seigle, radis chinois ou clovis, ray-grass. Apporter au fond la fumure minérale composé de : 400 kg de P₂O₅, 400 kg

de K_2O , soit 0,8 tonnes de sulfate de potasse. En raison du danger d'acidification des terres due à l'emploi d'engrais acidifiants, tels que le nitrate d'ammoniaque (ammonitrate 33,5%), il est recommandé d'apporter de la chaux sous forme de calcaire simple ou magnésium.

La fertilisation doit se baser d'une part sur les résultats d'analyse des feuilles et de la terre et d'autre part sur le comportement des arbres (croissance-productivité - qualité des fruits). L'azote doit être fractionné selon les proportions de : 50% avant la floraison, 25% après la floraison et 25% après la chute physiologique. Le phosphate est apporté chaque année en Septembre-Octobre. Le potassium est apporté soit en Septembre-Octobre, au moment du semis des engrais verts ou entre «Février-Mars» et Septembre. L'apport de chacun de ces éléments est fonction de l'âge des arbres.

Pour une plantation de 555 plants/ha, conduite en ferti-irrigation, des doses en gramme/plant ont été appliquées: Pour des arbres de 10 ans, les apports sont de 180 kg/ha d'azote; 800 kg/ha de CaO , 90 kg/ha de K_2O et 45 kg/ha de P_2O_5 . En cas de carence en magnésie, zinc, manganèse ou fer, ces éléments peuvent être apportés par pulvérisation foliaire [29].

La fumure organique des agrumes, ne peut être conduite que suite à des analyses pédologiques et à une connaissance du fonctionnement du sol par le producteur, les besoins théoriques d'un verger d'agrumes en éléments fertilisants (Tableau 2.1), montrent des quantités importantes en N, P, et K, selon l'âge de la plantation [30].

Tableau 2.1 : Besoins en éléments fertilisants selon l'âge du verger d'agrumes à densité de plantation 6mx4m

Age de la plantation	Elément	Elément		
		N	P	K
1 an	kg/arbre/an	80	20	40
2 ans	kg/arbre/an	160	40	80
3 ans	kg/arbre/an	240	60	120
4 ans	kg/arbre/an	290	70	140
5-6 ans	kg/ha/an	150	35	70
7-8 ans	kg/ha/an	160	40	80
9 ans	kg/ha/an	170	45	85
> 10 ans	kg/ha/an	180	45	90

Source : INRA Centre de Corse - San Giuliano (2005)

2-2-2-3- Irrigation et taille d'entretien

Les besoins en eau des agrumes sont estimés à environ 1200 mm par an, répartis sur toute l'année. Dans la région du Gharb, où les précipitations atteignent 550-600 mm d'Octobre à Mai, le déficit de 600 à 650 mm doit être comblé par l'irrigation de Mai à Septembre –Octobre, avec des apports modulés d'après les valeurs de l'évapotranspiration potentielle [29]. Certaines périodes, un déficit hydrique même temporaire est préjudiciable à la production :

- (1) la floraison- nouaison,
- (2) la période du 15 Juillet au 15 Août,
- (3) le grossissement et la maturation des fruits.

En Corse, les besoins en eau sont de l'ordre de 2500 à 5000 m³/an/ha, quant à la taille, c'est une opération indispensable, car elle conditionne la régularité de la production et assure un renouvellement de la charpente à venir. Il faut pratiquer une taille par éclaircie. L'intérieur des arbres doit être dégagé, sans enlever tous les rameaux dirigés vers le centre qui garnissent les branches. A partir de chacune des 3 à 5 branches charpentières issues de la formation initiale, on doit obtenir par ramifications successives et à différentes hauteurs un

ensemble de sous-charpentières, écartées les unes des autres de 30 cm en tout sens. La taille se pratique entre la cueillette et la floraison [29].

2-2-2-4- Traitements phytosanitaires

La culture des agrumes est une culture délicate car les Citrus craignent les vents, surtout les vents chauds et secs. Les coupe-vents sont donc nécessaires, ce qui explique les haies de cyprès au Maghreb. Enfin, le terrain doit nécessairement être riche, bien drainé et bien arrosé. Les Citrus sont, en outre, sujets à 5.000 m et à 6.000 m l'attaque de parasites (champignons, virus) et nécessitent de l'attention. L'apport de fumure et d'engrais est important. La multiplication se faisait autrefois par semis, bouturage et marcottage. Actuellement, on n'utilise guère que la greffe, surtout sur bigaradier, malgré sa sensibilité à la tristeza, maladie à virus. La polyembryonie est utilisée pour multiplier des races autrement que par bouture, mais, par contre, les mutations de bourgeons, fréquentes nécessitent une haute surveillance. Les maladies sont nombreuses ; le mal secco du citronnier, l'antracnose des limes, la maladie du collet ou gommose parasitaire, provoquée par un champignon du genre *Phytophthora* sont communs. A cela s'ajoute l'effet néfaste des cochenilles, acariens, pucerons, mouches des fruits, teignes, nématodes [31].

Le verger d'agrumes peut se contenter d'un itinéraire technique simplifié (Tableau 2.2).

Tableau 2.2 : L'itinéraire technique simplifié en verger enherbé de clémentine commune conduit en Corse

	Intervention					
	Amendement organique	Fumures		Protection des cultures		
		Engrais organiques	Amendement et engrais minéraux	Désherbage	Fongicide	Insecticides
Préparation du sol	Fumier ou compost sur les premières années de plantation	Guano Tourteaux (accompagnement des pousses végétatives)	Pratique des engrais verts pendant les 5 premières années de plantation puis enherbement naturel	de 6 à 8 coupes		Cuivre si nécessaire comme traitement Antiseptique tous les 3 ans
Plantation						
Taille						
Floraison			Compléments potassiques avec l'extrait de betterave tous les 3 ans			
Développement du fruit						Huile de paraffine
Récolte			(Chaulage tous les 3 ans)			

Source : INRA Centre de Corse - San Giuliano (2005)

CHAPITRE III

UTILISATION DES REGULATEURS DE CROISSANCES EN

ARBORICULTURE FRUITIERE-CAS PARTICULIER DES AGRUMES

La notion de substance de croissance a été pour la première fois, entrevue par Darwin en 1881, à la suite de recherches, portant sur le phénomène de courbures de coléoptiles de céréales éclairés unilatéralement [32].

Des travaux de WENT 1928, KOGL et HAAGEN –SMITH 1931, ont conduit à l'isolement de l'acide 3-indole –acétique, dérivé non toxique voisin du tryptophane, et possédant la propriété de stimuler très fortement l'élongation cellulaire, et qui par la suite, a reçu le nom d'auxine [33].

L'histoire des gibbérellines est presque aussi ancienne que celle des auxines, mais pendant longtemps, nul ne s'y intéressa. Un fermier japonais CONISHT (1898), avait décrit une maladie du riz, caractérisée par un allongement considérable des tiges.

Peu après, HORI établit que ce gigantisme était provoqué par un champignon. Ces observations passèrent inaperçues, jusqu'à ce qu'un agronome japonais KORASAWA, qui travaillait à Taiwan, entrepris de cultiver ce champignon : le *Gibberella fujiburoi*.

En 1936, on constata que le milieu sur lequel, s'était développé le champignon, provoquait le gigantisme du riz. La maladie était donc due à une substance secrétée par ce *Giberella*. A partir de 1954, des équipes de chimistes MAC MILLAN, isolèrent à l'état pur plusieurs Gibbérellines, dont elles établirent la structure d'un grand nombre de molécules de ce groupe.

En 1955, une équipe à la quelle participa STODOLA, isola des milieux nutritifs ayant servi à cultiver le *Giberelle*, une substance active qu'il appela Gibbérellines.

De 1958 à 1959 MAC MILLAN et SUTTER, en Angleterre ainsi que WEST et PHINNEY aux Etats Unis, montrèrent que les plantes supérieures sont capable,

comme la Giberelle de synthétiser des Gibbérellines. On en connaît actuellement plus de cinquante [34].

Avec l'histoire des cytokinines, nous allons aborder à présent l'une des aventures les plus étonnantes de toute la biologie végétale.

Traditionnellement, on estime que cette aventure débuta en 1944 lorsque SKOOG, ayant visité le laboratoire de WHITE, se demande pourquoi les tissus d'un hybride de tabac cultivé par celui-ci, donnaient naissance à des bourgeons, lorsqu'on les maintenait immergés dans un milieu nutritif liquide. Tandis, qu'ils demeuraient inorganisés, si on les passé à la surface d'un milieu solidifié par de la gélose. Mais en réalité, se sont les collaborateurs de BLAKESLEE qui, sans le soupçonner, initièrent les recherches qui devaient conduire [34].

3-1- Définition d'un régulateur de croissance

Ce terme s'applique à une grande diversité de substance. Il sert en effet à désigner tout composé organique qui, en dehors des éléments nutritifs, est capable en faible quantité de promouvoir, d'inhiber ou de modifier de quelque manière que ce soit un processus physiologique quelconque de la vie végétale.

Parmi les régulateurs de croissance, on réserve quelques fois une place à part, aux hormones végétales ou phytohormones. Ces phytohormones sont produites normalement par la plante, et elles jouent un rôle essentiel dans l'accomplissement de nombreux processus physiologiques dont cette plante est le siège.

De façon générale, les phytohormones se déplacent à l'intérieur de la plante d'un site de production (apex...) où elles se forment, en un site d'action plus ou moins éloigné (bourgeon latéral) où elles déterminent, modifient ou interrompent tel ou tel phénomène de la vie végétale [35]. A côté de ces régulateurs présents naturellement dans la plante, mais que l'on peut aussi quelque fois synthétiser au laboratoire, il en existe d'autres inconnus dans la nature et d'origine purement synthétique.

3-2- Les différents régulateurs de croissance

Il est couramment admis que les substances de croissance, aussi bien d'origine naturelle que synthétique, peuvent être classées sommairement sur la base des effets principaux, qu'elles engendrent sur le végétal.

3-2-1- Les auxines

Elles sont produites dans la zone subtropicale des rameaux et des racines, dans les jeunes feuilles ou dans les embryons en voie de développement. Elles ont la propriété de favoriser la division et le grandissement des cellules, de retarder l'abscission, de stimuler la rhizogenèse et d'inhiber le développement des bourgeons latéraux des rameaux, dormance apical.

Les auxines sont sensibles à la lumière et leur action peut varier, selon que le végétal ou elles se situent, est bien éclairé ou en situation ombragée. Dans cette classe, on en connaît certains qui ont trouvé bonne application agronomique.

** L'acide 2.4 dichlorophenoxyacétique ou le 2.4.D.

** L'acide indol 3 butyrique ou L'A.I.B.

** L'acide indol 3 acétique ou L'A.I.A.

** L'acide naphtyl acétique ou L'A.N.A.

L'utilisation pratique des auxines, couvre plusieurs domaines d'application, dont :

- La multiplication végétative par bouturage, qui fait appel à des hormones de la famille des auxines AIA, AIB, ANA.
- Le bouturage des arbres fruitiers a fait l'objet de nombreuses recherches. La station de l'institut national de la recherche agronomique à Angers(France), a publié des résultats concernant le bouturage herbacé de la variété williams (*Pyrus communis L.*). Les recherches concluent pour cette variété, qu'il n'y a pas de différence d'action entre l'ANA et l'AIB, et avec ces hormones, ils obtiennent pour les boutures de tête sans apex plus de 80% de boutures enracinées [36].

- La chute des fruits à différents stades de leur développement, est sous la dépendance des phénomènes d'abscission, eux même conditionnés par la présence et la concentration d'auxine, au voisinage et dans les tissus des couches de séparation. Ceci explique que l'apport des substances de croissances de synthèse, permet de limiter ou de retarder la chute de certains fruits, tout au moins à l'approche de la maturité.

Divers produits se sont avérés efficaces dans ce domaine, sur les fruits à pépins, pomme en particulier. Les principaux sont l'ANA, et le 2.4.D ; l'emploi de ce dernier était toutefois limité à certaines variétés de poires. Sur fruit à noyaux, les produits expérimentés jusqu'à présent, n'ont pas permis de résoudre de façon satisfaisante le problème de la chute prématurée, et les recherches se poursuivent [37].

Sur les agrumes, le 2.4.D, cette auxine synthétique a généralement été utilisée à une concentration de 5 à 20 mg/l, en grande partie comme antagoniste pour les fruits mûrs, tombés avant la cueillette, pratiquement sur toutes les espèces d'agrumes, mais surtout sur les oranges, les mandarines et les pamplemousses [38].

3-2-2- Les gibbérellines

Les gibbérellines sont produites à la fois par les champignons et les plantes supérieures. Une application exogène de gibbérellines, provoque un allongement prononcé de tiges intactes. Les gibbérellines sont également très impliquées dans la germination des graines et dans la mobilisation des réserves de l'albumen, lors des stades précoces de la germination, ainsi que dans le développement des fleurs et des fruits.

Les gibbérellines sont les seuls groupes d'hormones végétales, qui peuvent être caractérisées, par leur structure chimique, plutôt que par leur activité biologique.

Il existe actuellement plusieurs types de gibbérellines, dont le plus utilisé est l'AG₃ ou acide gibbérelline 3. C'est un produit organique de synthèse très soluble dans l'eau, utilisé sous forme de sel d'ammonium, de potassium ou de sodium. Il a

pour formule $C_{19} H_{22} O_3$ et existe à l'état naturel dans la plante. Ces propriétés sont multiples et variées, suivant l'espèce et la variété [39].

De toutes les hormones actuellement disponibles, seul l'acide gibbérellique (GA_3) présente une réelle possibilité pour pallier les effets du gel sur les fleurs ou les très jeunes fruits. Quelques essais ont été réalisés sur le pommier avec l'acide gibbérellique, par MODLIBOWSKA (1977) et RUMPOT (1987), cité par CLANET [40]. Mais c'est surtout le poirier qui a fait l'objet de nombreux travaux. MARRO (1969), ENGEL (1974), NICKI (1977), in CLANET [40], étant donné la précocité de sa floraison, cette espèce se trouve la plus exposée aux risques de gel, et ceci selon les variétés. Pour la variété passe crassane, il semble, qu'il faille préférer un traitement curatif au traitement préventif [41].

Les concentrations usuelles de matière active sont extrêmement faibles, elles varient de 8 mg/l pour les variétés les plus sensibles aux déformations sur fruits à 12 mg/l pour la croissance) [40].

3-3-1- Cytokinine

Les cytokinines prennent naissance dans les apex racinaires et les jeunes fruits. Elles favorisent la division cellulaire, régularisent l'initiation florale, ralentissent l'abscission et la sénescence.

Dans cette catégorie, on en connaît plusieurs, parmi lesquelles on note : le 6-Benzylaminopurine (B.A.P.) intervenant dans la ramification des jeunes plantes. Cette cytokinine est appliquée soit sous forme de cristaux (504 g par plante), soit sous forme de solution (0,2 mg/l/ par plante). D'une manière générale l'utilisation pratique des cytokinines en arboriculture fruitière est rare, bien que les cytokinines soient un composant important de l'équilibre hormonal endogène [42]. L'utilisation est interdite de peur des effets cancérogènes, ainsi que des difficultés de solubilité et de transposition des cytokinines synthétiques, appliquer cette dernière constitue un obstacle, pour chercher les utilisations pratiques de ces composantes [43].

3-3-2- Rôle physiologique de l'éthylène

L'éthylène semble être synthétisé, surtout dans des situations de stress et il est produit en grande quantité dans des tissus en voie de sénescence ou de murissement. L'éthylène est utilisé pour accélérer le murissement des bananes et d'autres fruits qui sont récoltés avant la maturité, pour être expédiés.

L'éthylène stimule l'allongement des tiges, des pétioles, des racines et des structures florales des plantes aquatiques et semi-aquatiques. Chez le riz, l'éthylène n'exerce aucun effet en présence de concentration saturante de gibbérellines, qui provoque aussi l'allongement des tiges. De plus l'éthylène favorise la synthèse de gibbérellines et l'effet sur l'allongement peut être bloqué par des anti-gibbérellines, ce qui suggère que les gibbérellines sont intermédiaires de l'effet induit par l'éthylène [44]:

- L'éthylène stimule des croissances anormales, comme le gonflement des tissus caulinaires.
- Il a aussi été noté que, l'éthylène pourrait promouvoir la germination des graines, l'inhibition de la dormance des bourgeons, réduit la dominance apicale, l'initiation de racines ainsi que toute une série d'autres aspects du développement [45].

3-3-3- L'acide abscissique

L'acide abscissique (ABA) est un composé unique par rapport aux autres hormones, initialement considéré comme régulateur de l'abscission et de la dormance des bourgeons, il apparaît maintenant que l'ABA n'intervient en rien dans ces deux types de phénomènes. Les deux domaines dans lesquels s'exerce l'action de l'ABA, sont la mobilisation des réserves au cours du développement et de la germination des graines, ainsi que la réponse des feuilles aux stress hydrique. En réponse à un stress hydrique, des quantités relativement importantes d'acide abscissique sont rapidement synthétisées dans les feuilles, où il semble jouer un rôle essentiel dans la régulation de l'ouverture et de la fermeture des stomates [46].

L'évolution de l'accumulation de l'ABA dans le temps, coïncide avec la maturation de l'embryon, ce qui suggère que l'ABA joue un rôle dans la physiologie des processus de maturation. Une éventualité est que le rôle de l'ABA est d'empêcher la viviparité, une augmentation précoce survenant avant que l'embryon n'ait atteint sa maturité, ou que la graine ne soit disséminée. Les embryons de soja, par exemple, pouvant être amenés à germer précocement, après avoir subi un lavage ou un séchage lent, qui tous les deux provoquent une diminution de la concentration en ABA endogène [47].

3-4- Effets de l'acide gibbérellique sur les agrumes et en particulier sur le clémentinier

En consultant la littérature scientifique et technique, on constate que l'utilisation des substances de croissance, retient l'attention d'un grand nombre de chercheurs physiologistes ; la gibbérelline constitue l'une des hormones, que l'on qualifie de produit miracle, elle a été employée en vue d'atteindre une multitude d'objectifs.

Les espèces ornementales furent probablement les premières à bénéficier des effets de cette substance, puis ce fût le tour des espèces potagères, fourragères, fruitières et même de la vigne.

Les agrumes, eux aussi, ont été soumis aux actions de la gibbérelline, d'abord en vue de l'amélioration de la nouaison et de la production, puis des chercheurs ont étudié, ses effets en vue de retarder la sénescence des fruits, et d'induire la parthénocarpie. COGGINS et HIELD [48] signalent que les applications de gibbérellines retardent la croissance de la peau, diminuent son épaisseur et sa rugosité, tandis que la teneur en jus et en acide ascorbique est améliorée.

COGGINS et LEWIS [49], rapportent que des traitements à l'acide gibbérellique à 10 ppm, effectués sur des organes navals, lorsqu'elles ont acquis la coloration orange, ont permis de réduire l'incidence du Water-Spot de 18 à 23 pour cent.

Ces oranges avaient été notamment traitées aux huiles en été. COGGINS et EAKS [50], confirment que l'acide gibbérellique, retarde le vieillissement de la peau des oranges, sans affecter la qualité interne des fruits. On a l'impression que cette substance retarde l'accumulation des caroténoïdes.

En Australie LEGGO [51], a expérimenté l'acide gibbérellique dans la lutte contre la boursouflure et le gaufrage.

COGGINS et al [52], rappellent que les désordres physiologiques de la peau de l'orange (boursouflure, Water-Spot) semblent être associés à la sénescence.

En Espagne, PRIMO et al (1969), ont remarqué que la sensibilité aux taches de la peau, augmente avec la maturité du fruit. Les oranges provenant d'arbres traités à l'acide gibbérellique et soumises à la conservation, présentent une susceptibilité moindre aux taches de la peau que celles des arbres témoins.

Les travaux entrepris, à la station de recherche agronomique Corse (SRA), ont eu pour but de connaître l'action de l'acide gibbérellique sur les clémentines arrivées au seuil de la maturité. Les deux essais mis en place, l'un en 1970 l'autre en 1971, montrent que des pulvérisations d'acide gibbérellique à 10 ppm, 2 ou 3 fois, tous les 15 jours, à partir du moment où la coloration des fruits débuté, retardent cette coloration et donc la récolte.

Le Water-Spot ; affection physiologique, paraît être lié à la sénescence des tissus du fruit. Les meilleurs résultats sont apparus lorsque les arbres avaient reçus trois traitements : rapport de récolte en Janvier de 10 à 35 % de plus sur les arbres témoins [53].

Plusieurs recherches affirment, que la gibbérelline appliquée une semaine avant la période d'induction florale (Décembre Janvier), peut diminuer l'intensité de cette dernière et entraîner la diminution de la récolte suivante.

Cette action défavorable de la gibbérelline, n'a pas été observée à la station de recherche agronomique de Corse sur les récoltes de 1972 et des suivantes [54].

L'amélioration de la nouaison du clémentinier, suscite plusieurs études. Vu que plusieurs vergers, sans être totalement improductifs, ne fournissent pas les rendements que l'on pourrait espérer, compte tenu du bon état végétatif apparent des arbres.

La station de recherche agronomique de Corse, a expérimenté certains artifices de mise à fruits, notamment l'utilisation de l'acide gibbérellique [54]. Les essais ont commencé en 1971 et se sont poursuivis jusqu'en 1974. Un seul traitement à l'acide gibbérellique à la concentration de 10 ppm, est effectué en pleine floraison, provoque une augmentation de production comprise entre 40 et 65% [55].

L'acide gibbérellique n'agit que sur la récolte suivant immédiatement le traitement, qui, en conséquence doit être renouvelé tous les ans, si la mise à fruits naturelle demeure insuffisante. En aucun cas l'acide gibbérellique n'a modifié la composition chimique des fruits.

Les effets favorables de l'acide gibbérellique sont malheureusement atténués, par une réduction notable du calibre des fruits. Pour palier à cet inconvénient, il est recommandé de veiller au bon entretien des plantations traitées, par la pratique de l'irrigation, et par l'application de la fumure ... [54].

Le service agronomique de l'association des producteurs d'agrumes au Maroc (SAAPA), ont également utilisé l'acide gibbérellique, en vue de limiter la chute physiologique des jeunes fruits du clémentinier par des pulvérisations foliaires.

Selon BERTIN [56], des pulvérisations à l'acide gibbérellique à la fin de la floraison, à la concentration de 25 ppm, peut limiter très largement la chute physiologique.

L'aspermie et la non fructification chez le clémentinier, sont dus à l'auto-incompatibilité. Ce qui explique pourquoi la fécondation croisée peut augmenter la production. Mais cette fécondation croisée n'est pas entièrement satisfaisante, car elle produit des fruits, contenant de nombreuses graines, dépréciant ainsi la valeur marchande de la clémentine.

De même l'incision annulaire n'est pas une solution idéale car elle peut entraîner, à la longue, une réduction de la vigueur des arbres, d'autre part, elle nécessite, pour être bien réalisée, une main d'œuvre expérimentée, relativement coûteuses dans certains pays [57].

C'est pourquoi, depuis quelques années, on a songé à mettre à profit l'action de l'acide gibbérellique sur le développement des fruits parthénocarpiques.

COGGINS et HIELD [58], citent les travaux de SOOST (1958), qui avait déjà obtenu des *clémentines* entièrement aspermes en appliquant l'acide gibbérellique sur de jeunes fruits non polonisés. Il notait une diminution du calibre de la récolte par rapport au témoin.

COGGINS et al [52], eux même ont obtenu des *clémentines* de faible diamètre et a la coloration retardée. En l'absence de fécondation croisée, la production a été augmentée, KREZDORN [59], signale aussi la diminution du diamètre des *clémentines* traitées.

3-5- Conclusion

L'étude bibliographique sur l'utilisation des régulateurs de croissance en arboriculture en général et sur le clémentinier en particulier, a été faite, dans le but de mieux comprendre les effets de l'acide gibbérellique sur le clémentinier, et de fournir des informations objectives sur l'intérêt de ce régulateur de croissance.

Il ressort clairement que l'acide gibbérellique à des propriétés multiples dont :

- Retarder la maturité du clémentinier et lutter contre certains désordres physiologiques comme le WATER Spot.
- Améliorer la nouaison du clémentinier.
- Limiter la chute physiologique du clémentinier.
- Conduire à la formation des fruits parthénocarpiques.

CHAPITRE IV

COMPOSITION MINERALE DES FEUILLES

La culture des agrumes est une culture intensive, raison pour laquelle, on recherche le maximum de la production. L'obtention de ces hauts rendements est en étroite relation avec la nutrition minérale.

Les principaux minéraux de la nutrition des agrumes sont : l'azote (N), le potassium (K), le phosphore (P), le calcium (Ca) et le magnésium (Mg). Il existe également d'autres éléments en plus faibles quantités, appelés oligo-éléments, dont : le zinc (Zn), le manganèse (Mn), le fer (Fe), le cuivre (Cu)... leur absence provoque des carences alimentaires.

Quant aux besoins des agrumes en ces éléments, d'après CASSIN et al. [60], et LOUSSERT [61], sont semblables aux autres plantes pérennes. Ainsi, les plus grandes quantités d'éléments exportés par une tonne de fruits concernent, particulièrement, l'N, le K, et le Ca (Tableau 4.1). Mais, il s'avère que les exportations par les fruits sont suffisantes pour connaître les besoins des agrumes. Par conséquent, la connaissance des besoins en éléments minéraux des agrumes, obéit à des lois qui prennent, pour référence, leurs concentrations dans le sol et dans la matière végétale.

Tableau 4.1: Quantités moyennes des éléments minéraux des fruits exportés en Kg/t

Eléments	Californie orange	Corse clémentine	Algérie mandarine	Maroc Moyenne agrumes
K	2.05	2.05	2.06	1.61
N	1.18	1.73	1.84	1.77
Ca	1.04	0.52	0.97	0.72
P	0.27	0.17	0.15	0.18
Mg	0.19	0.17	0.17	0.13

Source : (LOUSSERT, 1989)

4-1- L'influence des différents facteurs sur la composition minérale des feuilles

La composition minérale des feuilles dépend d'un grand nombre de facteurs qui sont à la fois complexes et variés. C'est pour cette raison que les résultats du diagnostic foliaire doivent être interprétés avec prudence, sous l'influence des facteurs : de « région, variété, porte greffe, l'âge des feuilles, nature des rameaux, et l'état sanitaire des arbres... ».

La croissance végétative des agrumes est cyclique, elle présente plusieurs pousses annuelles, qu'il n'est pas toujours aisé de reconnaître. Sur un rameau d'un type déterminé, toutes les feuilles ont sensiblement le même âge.

La règle générale est de prélever des feuilles de l'année, ayant terminé leur croissance ; la période la plus favorable est donc fonction des conditions locales et une étude pour chaque région est nécessaire. CAMERON et al. [62], ont observé que les feuilles de la pousse d'été, plus grandes que celles de printemps, arrivaient plus vite à maturité et que l'âge de la feuille, était le facteur influençant le plus sa composition minérale ; il est donc indispensable d'effectuer l'échantillonnage toujours sur le même type de rameau et à une époque bien déterminée.

Outre l'âge, de nombreux facteurs jouent sur la teneur foliaire : la position des rameaux et leur nature, le porte-greffe, la variété, les conditions externes – climat, engrais..., chacun d'eux à fait l'objet de travaux importants permettant de définir un mode opératoire précis.

4-1-1- Influence de la région

Aux Etats Unis d'Amérique, les différentes régions ont été mises en évidence, entre les vergers de Californie et de Floride, donc il est nécessaire de tenir compte de deux points essentiels, qui sont le climat et le sol ; le climat exerce une action sur le développement des végétaux, et sur leurs différentes fonctions (Respiration, Assimilation chlorophyllienne... etc.)

Cette influence climatique se répercute sur la composition minérale des feuilles, ainsi CAMERON [62], et CHAPMAN [63], ont observé, que même si les teneurs en éléments minéraux dans les feuilles d'une même variété cultivée dans différents

pays, ne varient pas beaucoup, s'il ya une différence, il faut préconiser une bonne fertilisation, et tout pays agrumicole doit fixer ses propres "standards" [64], [65].

4-1-2- Influence de l'âge de la feuille

En climat de type méditerranéen, le prélèvement est effectué sur la pousse de printemps, qui est la plus importante et la plus régulière. Toutefois, SMITH et REUTHER [64], KOO et SITES [66], ont montré que des feuilles, de même âge, de pousse plus tardives ont une composition assez voisine.

Sous climat tropical, l'échantillonnage est pratiqué sur la pousse principale de l'année qui, en général, est émise à la suite de la saison des pluies ; les feuilles, dans ces conditions climatiques, atteignent plus rapidement le stade adulte (4 à 5 mois).

Le prélèvement est effectué, lorsque les teneurs foliaires varient le moins possible et lorsque, les évolutions dues à la fertilisation mises à part, elles sont les plus reproductibles d'une année à l'autre. Une étude des variations saisonnières de la composition doit donc être réalisée, dans toute zone, où est prévue la mise en place d'un contrôle systématique par diagnostic foliaire.

Lorsque la feuille est en phase de croissance, sa composition évolue très rapidement, elle évolue beaucoup plus lentement, pour l'N et le P en particulier, lorsqu'elle est adulte. Très généralement, les teneurs en K, ne se stabilisent pas et décroissent régulièrement. Par la suite, pendant la période de repos végétatif, un nouveau palier, stable, sera observé, mais la réponse aux apports d'engrais est alors très faible, donc un échantillonnage est difficilement envisageable à cette époque.

La période de stabilité relative, est plus ou moins précoce et longue en fonction des conditions climatiques. Les feuilles seront prélevées lorsqu'elles seront âgées :

- En Californie : de 4 à 7 mois [65].
- En Afrique du Sud : de 5 à 10 mois [67], ou de 7 à 9 mois [68].
- Au Maroc : de 5 à 7 mois [69].
- En corse : de 6 à 7 mois [70].

- En climat tropical – le Cameroun, la Cote d'Ivoire, la Guadeloupe, et la Martinique... - de 4 à 5 mois [71].

L'évolution des teneurs en azote au cours de l'année est très influencée par les apports d'engrais [72], [73], [74].

Pour EMBLETON et al. [75], la position des feuilles sur un rameau déterminé, modifie peu la composition de l'N et du K [73], ou même seulement de l'N [66] ; ces derniers décroissent de la base vers l'apex. Cependant, RODRIGUEZ et MARTIN [76] ont trouvé un effet très significatif de cette position sur les teneurs en N, P, K, Ca et Mg; pour le limiter, il est recommandé de prélever les feuilles à mi-longueur des rameaux.

4-1-3- Influence du type de rameau

La composition des feuilles est influencée par la présence ou non des fruits [77], sur le rameau qu'ils portent [75], [78]. Toutefois, les différences détectées peuvent varier d'un cas à l'autre. En général les teneurs en N, P, K sont plus faibles et les teneurs en Ca et Mg plus élevées sur le rameau fructifère 'F' [75], [78], [71]. L'augmentation du Ca et du Mg indique leur substitution par le K, qui est l'élément quantitativement le plus important du fruit, et aussi des besoins particuliers de ces feuilles en Ca. SMITH [73] met en évidence une diminution du Mg avec la fructification et selon FUDGE [79], [80], les feuilles fructifères seraient plus pauvres en Mg que les feuilles non fructifères, lorsque cet élément est déficient.

SAVAGE et al. [81], ont constaté que le profil racinaire de chaque porte-greffe était différent ; il peut avoir une certaine influence sur la capacité d'absorption des éléments [82], [83]. Cette propriété est l'un des critères du choix du porte-greffe en fonction de la richesse du sol.

Pour une variété ou une espèce d'agrumes, ou le choix doit impérativement se faire en tenant compte, des différents porte-greffes sur lesquelles, elle est greffée.

4-1-4- Influence de la variété et du porte-greffe

Le diagnostic foliaire s'est avéré comme un moyen d'investigation, sur le rôle du porte-greffe. Tout ce passe comme si le porte-greffe constitue un filtre sélectif vis-à-vis des éléments absorbés par les racines.

En Corse, MARCHAL et al. [84], montrent que l'effet du porte-greffe, est toujours net sur les éléments majeurs. Ainsi, les feuilles de la variété de clémentinier greffée sur *Ponciurs trifoliata*, sont plus riches en azote, phosphore, et potassium, que celle de la même variété greffée sur *Citrangle troyer* et bigaradier.

4-1-5- L'état sanitaire des arbres

L'application du diagnostic foliaire à des vergers ayant des maladies à virus ou parasitaires, en d'autres termes des vergers dans un mauvais état sanitaire, est à éviter, car les résultats obtenus ne reflètent pas l'aptitude ou inaptitude de l'arbre à s'alimenter en éléments minéraux. Les maladies deviennent intenses, le processus d'alimentation et ainsi les résultats de diagnostic sont faussés [77].

4-1-6- Nombre de feuilles et d'arbres à échantillonner

WALLACE et al. [85] et CARPENA et al. [86], ont montré que le prélèvement de 25 feuilles sur un seul arbre, permettait d'avoir une bonne représentation de son état nutritif. Toutefois des variations importantes, entre les arbres d'une même parcelle peuvent être observées, traduisant en général hétérogénéité du matériel végétal ou du sol.

Un échantillon est donc constitué, par les feuilles de plusieurs arbres, représentant la bonne moyenne de l'unité de surface considérée, qui ne doit pas dépasser 2 hectares. On échantillonne en général sur 20 à 50 arbres, sauf dans les parcelles d'essais agronomiques où l'on doit prélever sur la totalité des sujets. Les avis différents, sur le choix des arbres représentatifs dans les vergers : au hasard sur toute la surface, en suivant une diagonale, ligne par ligne, les arbres de bordure sont toujours exclus.

Au mois 50 feuilles [87], et même 100 feuilles selon CHAPMAN [63], doivent être prélevées, en nombre égal sur chaque arbre, à raison de 4 au moins par arbre, une

par point cardinal, et chacune sur un rameau différent. Elles doivent être exemptes de toute attaque parasitaire.

STEYN [88], considère que la surface des feuilles influe sur leur composition et recommande le prélèvement de feuille de taille moyenne.

Dans un même verger, il sera constitué autant d'échantillons qu'il y a de zones différentes, de densité de plantation, de charge en fruits, du type de sol.

4-1-7- Moment du prélèvement

Le prélèvement ne doit pas être pratiqué, après une pulvérisation d'engrais et lorsqu'on effectue des apports au sol, il doit se situer avant ou après.

Au cours de la journée, les variations de composition [88] sont suffisamment faibles, pour autoriser la prise d'échantillon à toute heure, bien qu'une extrême rigueur impose de le faire toujours à heure fixe.

4-1-8- Variation d'année en année – Age des arbres

D'une année à l'autre, on observe des variations de teneurs [89], sans pouvoir toujours les expliquer : différence de rendement, climat..., en particulier l'alternance joue sur la répartition des cations (Tableau 4.2). Des conclusions permanentes ne peuvent donc être tirées, qu'après plusieurs années d'analyse.

Les jeunes arbres, à faibles production, fournissent des feuilles plus riches en N et K que les adultes, le Ca peut y être plus bas.

Tableau 4.2 : Influence de l'alternance sur la composition des feuilles du mandarinier "Wilkins" (feuilles âgées de 11 mois prélevées, après la récolte des fruits)

	N	P	K	Ca	Mg
Tres forte récolte	1.96	0.059	0.38	4.70	0.337
Tres faible récolte	1.97	0.078	0.67	3.68	0.282

D'après MARCHAL et LACOEUILHE, 1969

Pour réaliser un échantillonnage correct, il faut suivre les règles :

- Des feuilles adultes, âgées de 4 à 10 mois selon les régions, provenant de la pousse principale de l'année, seront prélevées soit sur rameaux fructifères, soit sur rameaux non fructifères non ramifiés, soit encore sur l'un et l'autre mais séparément. Elles seront prises en périphérie de la frondaison, à hauteur d'homme et aux 4 points cardinaux, ou sur tout le pourtour, et cela sur plusieurs arbres ;
- L'échantillon comportera au moins 100 feuilles, indemnes d'attaques parasitaires.

Les arbres doivent être représentatifs de la bonne moyenne du carré.

4-2- Les éléments nutritifs essentiels

Les éléments requis pour assurer la croissance et le développement des plantes, sont considérés comme étant essentiels. Essentiel est principalement fondé sur deux critères formulés par EPSTEIN [90], qui dit, qu'un élément est essentiel si :

- a) En son absence la plante est incapable d'accomplir son cycle complet de développement.
- b) Cet élément fait partie d'un constituant ou d'un métabolite essentiel.

Les éléments essentiels sont traditionnellement subdivisés en deux catégories : les macro-éléments et les micro-éléments.

La distinction entre macro-éléments et micro-éléments ne doit pas exister dans les besoins nutritifs de la plante. Macroélément ; parce que les teneurs nécessaires sont élevées (plus de 10 $\mu\text{mole/kg}$ de matière sèche). Les macro-éléments sont surtout, mais pas exclusivement, impliqués dans la structure des molécules, ce qui explique en partie la nécessité d'apports importants. Les besoins en micro-éléments sont relativement faibles (moins de 30 $\mu\text{mole/kg}$ de matière sèche) ; ils jouent un rôle de catalyseur ou de régulateur, comme activateurs enzymatiques. Certains macro-éléments, comme le calcium ou le magnésium, jouent en plus de leur rôle structural, un rôle régulateur.

Bien que les critères, qui définissent un élément essentiel soient parfaitement clairs, il n'est pas toujours facile de décider, si un élément est essentiel ou non. ARNON et STOUT [91] avaient, auparavant défini un troisième critère : pour être considéré comme étant essentiel, un élément devait participer directement au métabolisme et non pas simplement corriger une modification du milieu de culture, provoquée par une réaction chimique ou par une contamination microbienne. L'utilisation de milieu de culture, dans lequel un élément donné était omis, a fortement contribué à ne pas utiliser ce troisième critère.

4-3- Les éléments bénéfiques

4-3-1- Le Sodium

Depuis que, BROUNELL et WOOD [92], ont analysé les besoins en sodium de 32 espèces de plantes ; ils ont conclu que le sodium est généralement essentiel en tant que micro-élément chez les plantes, qui possèdent une voie photosynthétique particulière (nommée voie en C4), mais non essentiel pour les plantes, qui empruntent la voie connue sous le terme de voie en C3.

Le rôle du sodium dans le métabolisme n'est pas encore bien élucidé, mais il pourrait intervenir dans le transport du pyruvate, intermédiaire crucial de la voie en C4, entre le mésophile et les cellules de la gaine péri-vasculaire [93] [94].

4-3-2- L'Azote

L'azote est souvent un facteur limitant dans les conditions organiques de nombreuses plantes, car c'est un constituant de nombreuses molécules importantes, comme les protéines, les acides nucléiques, certaines hormones (cytokinine) et la chlorophylle [90].

L'azote est l'un des éléments essentiels de la croissance, et du développement des végétaux. Sa déficience se traduit par une réduction de l'activité végétative ; réduction du rendement, qui est due à une chute élevée des fleurs et des fruits noués, et par un jaunissement du feuillage [95] [96] [97] [98] [99] [100] [101] [102].

COPPENET [99], considère que l'azote, bien qu'il est indispensable, est réputé par sa fugacité. Les formes sous lesquelles l'azote est moins mobile, c'est les combinaisons organiques, alors que les formes qui facilitent le plus son lessivage sont les formes nitriques. L'azote utilisé par les plantes est absorbé par les racines, essentiellement, sous forme nitrique.

PRALORAN [103] et LOUSSERT [61], ont révélé que les sols méditerranéens sont très insuffisamment pourvus en matière organique, pour assurer une amélioration correcte des arbres. La forme nitrique n'est pas retenue par le sol, elle est lessivée par les pluies hivernales et les eaux d'irrigation. De ce fait, et d'après MARTEANS [104]; BERNE [105]; MARTIN-PREVEL [106] et DUCHAUFORD [102], les apports d'azote doivent être fractionnés, selon les besoins et l'âge de l'arbre.

La plante ne bénéficie que de 25 % d'azote et que 50 % de l'azote sont lessivées ou entraînés ailleurs. Pour la détermination des doses utiles et nécessaires, aucune formule de fumure ne peut être prise comme valeur universelle. Aux Etats Unis, les américains estiment ces mêmes besoins à 220 kg par hectare [102].

Les conditions climatiques, ont une forte influence sur la coloration de la peau et son reverdissement ; si elles sont défavorables, le niveau de N aura d'autant plus d'importance [87]. Mais ce niveau joue directement sur les mensurations, le poids et le nombre de fruits, leur teneur en jus et l'épaisseur de la peau.

4-3-3- Le Phosphore

Le phosphore est disponible dans la solution du sol, surtout sous la forme d'un triacide : l'acide phosphorique (H_3PO_4). Le pH du sol joue par conséquent un rôle majeur dans la disponibilité du phosphore. La concentration réelle en phosphore du sol est relativement faible, pour plusieurs raisons. A pH neutre, le phosphore tend à former des complexes insolubles avec l'aluminium et le fer, alors que dans les sols alcalins des complexes calciques et magnésiens précipiteront le phosphore. Le phosphore est toujours limitant dans les sols fortement calcaires.

Selon LOUSSERT [61] et HELLER [107], la carence en P est bien rare chez les agrumes, même s'il n'y a aucun apport en cet élément. Dans de nombreux pays et dans les vergers les plus jeunes, on recommande des apports en P en quantité relativement faible.

La limite inférieure du P dans les feuilles, semble être au environ de 0,08% de la matière sèche. Par contre, le niveau du P dans le sol, a des effets sur l'absorption des autres éléments.

La chlorose ferrique, la carence en Zn et en Cu, ont souvent été selon LASNIER [108]; GAUCHER [109] et MARTEANS [98], associées à une fertilisation massive en P. Les agrumes dans le cas général n'ont que de faibles besoins en P.

Comme l'azote, le phosphore est facilement mobilisé et redistribué dans la plante, provoquant une sénescence rapide, puis la mort des feuilles les plus âgées. Les tiges sont généralement raccourcies et plus minces, de plus la production de fruits ou de semences est fortement réduite.

Un excès de phosphore a des effets inverses de ceux de l'azote, en ce sens, qu'il stimule préférentiellement la croissance des racines, comparée à celle des tiges feuillées [110].

4-3-4- Le Potassium

Dans la pratique agricole, le potassium est habituellement apporté sous forme de potasse (carbonate de potassium, K_2CO_3). Pour la plupart des plantes, les besoins en potassium sont très importants, à cause de sa très grande solubilité, il est très souvent en quantité insuffisante dans les sols sableux, d'autant plus qu'il y est facilement lessivé. L'ion potassium exerce, un rôle d'activation de nombreuses enzymes, en particulier celles impliquées dans la photosynthèse et la respiration. La synthèse de l'amidon, ainsi que celle des protéines est également affectée par des carences en potassium [90].

Le potassium améliore le taux de fructification, les chutes de Juin deviennent moins importantes, et le taux de nouaison élevé. Il améliore le calibre, et les qualités organoleptiques des fruits [105] [111] [96] [112].

Les symptômes de carence potassique, sont les nécroses et les gommoses, par contre, l'excès en potassium peut entraîner, en premier lieu, l'augmentation de l'acidité du fruit. Ceci a pour conséquence de retarder la maturité des fruits. Cet excès entraîne aussi des carences en Mg et Zn [109].

4-3-5- Le Calcium

Dans le sol, le Ca se trouve à l'état d'humate de calcium, ou fixé sur le complexe absorbant à l'état de cation. Il se trouve, également, à l'état dissous dans les solutions du sol, sous forme de nitrate de bicarbonate [109] [113]. Il est abondant dans la plupart des sols, et rarement insuffisant dans les conditions naturelles. Le Ca joue un rôle important dans la division cellulaire (pectates de Ca dans la lamelle moyenne), et plus récemment, il a été considéré comme messenger secondaire dans certaines réponses hormonales, et il pourrait être un facteur important dans la régulation des activités de *nombreuses enzymes* [90].

Le calcium représente, environ, le tiers des éléments minéraux contenus dans les feuilles des agrumes, cependant l'excès de cet élément provoque des déficiences en K et en Mg, et des carences en oligo-éléments métalliques (Fe, Zn, et Mn).

4-3-6- Le Magnésium

La carence en Mg, provoque une chlorose très sévère, avec une chute prématurée des feuilles. Les rendements sont, alors, réduits et les fruits sont de qualités médiocres et de couleur prononcée. Ces carences se manifestent, surtout dans des sols sableux et à pH supérieur à 5 [96]. Le Mg est moins retenu dans ce type de sol.

Pour des raisons encore inconnues, le Mg a un effet synergique avec le Zn et le Mn. Son augmentation accroît l'accumulation de ces métaux dans les feuilles d'agrumes [96]. Son passage dans la plante est souvent dirigé vers l'équilibre, et notamment par des antagonistes Ca-Mg (Tableau 4.3).

Selon EPSTEIN [90], les carences en magnésium, apparaissent surtout dans les sols sableux fortement acides.

Tableau 4.3 : Relation d'interaction entre les éléments nutritifs dans le sol

Elément	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Na	Mn	Cu	Zn
N		S	S							
P	S			B						B
K	S			A			A			
Ca		B	A		A	A	A		B	B
Mg		B	A	A	A		A			
Fe				A					A	A
Na			A	A						
Mn		B		B		A				A
Cu				B	A	A				
Zn		B		B		A			A	

Source : (Gaucher, 1966)

A : Antagonisme

B : Blocage ou inhibition

S : synergie

4-4- Rôle et importance des éléments minéraux N. P. K. chez le clémentinier

Comme toute autre plante supérieure, les agrumes ont un besoin considérable en éléments fertilisants, et ils sont très sensibles à l'absence ou à la déficience de ces éléments fertilisants. De se fait la fertilisation est plus complexe et doit être complète.

Les feuilles renferment une quantité importante d'éléments minéraux, dont le calcium est l'élément dominant. A sept mois, les feuilles contiennent de 4 a 8 % de calcium dans leur matière sèche, contre 1 à 1,5 % de potassium et de 2 à 2,5 % d'azote, et à un degré moindre de phosphore et de Magnésium [114].

Par ailleurs, ces éléments contenus dans les feuilles peuvent migrer dans les fruits. Des analyses réalisées à la station d'agrumiculture de San Giuliano en Corse montrent que les quantités d'éléments purs exportés par une tonne de fruits peuvent être importantes (Tableau 4.4).

Tableau 4.4 : Quantités d'éléments pur exportées par tonne de fruits

Variétés	Clémentinier	
Porte Greffe	<i>Poncirus trifoliata</i>	<i>Citrangle troyer</i>
Elément en(Kg)		
N	1.603	1.373
P	0.186	0.174
K	1.677	1.603
Ca	0.516	0.595

(Cassin et Marchal, 1979)

4-5- L'équilibre azote, phosphore, potassium

Cet équilibre, une fois déterminé dans la mesure de nos connaissances ne peut être appliqué tel quel, car les éléments de notre fumure vont s'ajouter à ceux existants dans le sol pour aboutir à un équilibre nouveau, qui s'éloigne, plus ou moins de l'idéal. Nous devons tenir compte des disponibilités du sol, si l'on veut que nos apports soient profitables, il faut que [114] :

- L'équilibre idéal soit requis.
- Déterminer la quantité à apporter en tenant compte :
 - * Des besoins théoriques de l'arbre.
 - * Des disponibilités du sol.

CHAPITRE V

MATERIEL ET METHODES

5-1- Etude du milieu

5-1-1- Caractéristiques de la plaine de la Mitidja

De par sa situation géographique au pied de l'Atlas blidéen et sa proximité de la mer, la Mitidja est une vaste plaine, qui couvre une superficie de 1450 km² avec une longueur moyenne de 100 km et une largeur moyenne de 14 km. Elle couvre en totalité les wilayates d'Alger et de Blida, en partie les wilayates de Tipaza et de Boumerdès (Figure 1.1).



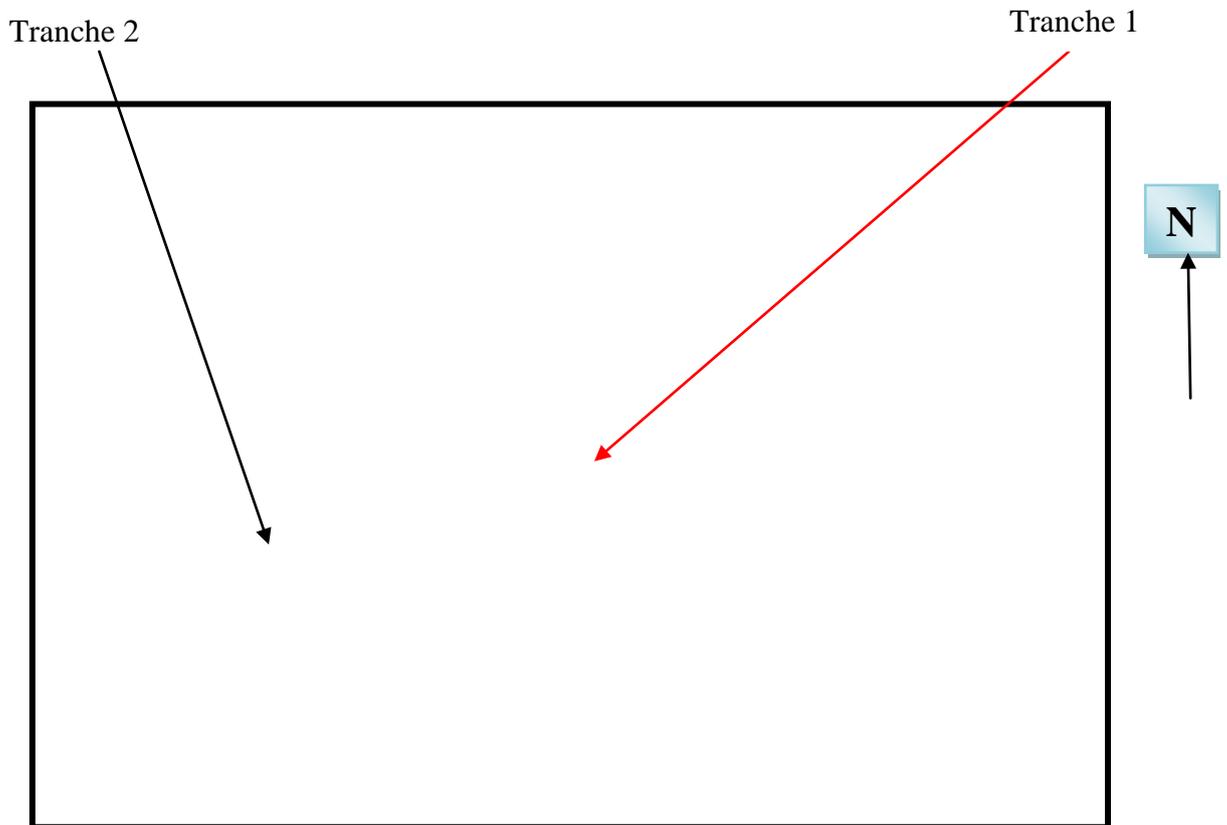
Source: (Google earth, 2009)

Figure 5.1 : Position géographique de la plaine de la Mitidja à l'échelle du nord de l'Algérie

Cette plaine présente de réelles potentialités hydro-agricoles. Elle est composée de vastes terres agricoles très fertiles et d'un relief peu accidenté à faible pente.

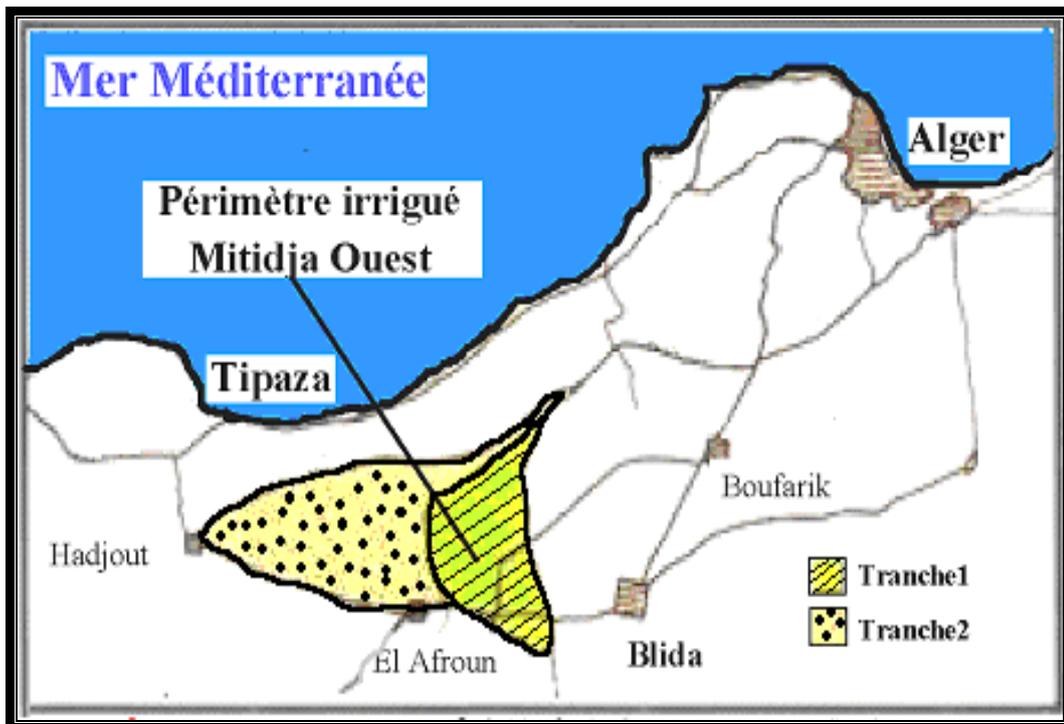
Elle possède de grands atouts et possibilités en matière agricole, dont les principales productions sont les agrumes.

Les vergers d'étude se trouvent dans le périmètre irrigué de la Mitidja ouest, ce dernier est situé dans la partie ouest de la plaine de la Mitidja qui est constituée de deux tranches, la tranche 1 qui constitue le périmètre irrigué et la tranche 2 qui présente la partie non irriguée (Figure 5.2, 5.3). Le périmètre de la Mitidja ouest se situe entre la barrière du Sahel au nord, les piémonts de la chaîne montagneuse de l'Atlas de Blida, Oued Chiffa à l'est et Oued Bouroumi à l'ouest. Il dépend administrativement des wilayate de Blida et de Tipaza.



Source : (A. N. R. H. 2006)

Figure 5.2 : Localisation du périmètre de la Mitidja ouest
(Tranche 1 et 2)



Source : (A. N. R. H, 2006).

Figure 5.3 : Le périmètre irrigué de la Mitidja ouest

5-1-2- Caractéristiques Climatiques

Le climat de l'Algérie du nord est de type méditerranéen. C'est à dire doux et humide en hiver et chaud et sec en été. Le climat de la plaine de la Mitidja se rapproche du type continental et bénéficie, de moins d'effets de la mer avec quelques jours de gelée. Les caractéristiques climatiques des vergers d'étude ont été relevées au niveau des stations climatiques de l'Agence National de Ressources Hydraulique [115].

5-1-2-1- Températures

La température représente un facteur limitant de toute première importance, car elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne de ce fait la répartition de la totalité des espèces, des communautés des êtres vivants dans la biosphère.

Les températures observées à Mouzaia sont représentatives du périmètre durant 18 ans, une température moyenne annuelle de 18 °C de minima absolus <0°C en Janvier et en Mars, des maxima absolus de 40°C en Septembre [115]. Les températures moyennes mensuelles pendant une série de 18 ans (1988 à 2006), et la campagne 2008/ 2009, avec une température moyenne annuelle de 17°C de

minima absolus, et de 30°C de maxima absolus, de la station de Mouzaia (Tableau 5.1).

Tableau 5.1 : Températures moyenne mensuelles (station de Mouzaia)

T° Années Mois	Moyennes des minima (°C)		Moyennes des maxima (°C)		(Max+min)/2	
	1988/2006	2008/2009	1988/2006	2008/2009	1988/2006	2008/2009
Septembre	21,5	17,0	31,3	30,5	26	22,0
Octobre	18,4	14,0	28,6	32,0	22,2	20,6
Novembre	15,4	8,0	21	22,0	17,8	14,3
Décembre	10,8	2,5	20,3	17,0	14,7	10,5
Janvier	10,2	3,0	17,5	19,0	13,6	10,9
Février	9,8	2,5	17,2	19,5	13,9	11,0
Mars	8,6	6,0	22,8	25,0	15,9	14,0
Avril	13,4	9,0	21,3	26,0	17,4	15,3
Mai	15,7	13,5	26,7	38,5	21	22,9
Juin	17,1	19,5	31	41,5	25,7	26,9
Juillet	23,1	23,0	32,6	39,5	28,8	29,8
Août	16,25	22,5	35,3	35,0	29,5	28,4
Moyen	15,02	17,0	26	30,5	23,5	22,0

Source :(A.N.R.H, 2006, 2010)

Nous pouvons conclure que durant ces dernières décennies (Tableau 1.1), le climat est caractérisé par des étés plus chauds et des hivers doux. Pour la campagne 2008/ 2009, avec une température moyenne annuelle de 17°C de minima absolus et de 30°C de maxima absolus.

L'évolution des températures minimales et maximales pour les régions du littoral ouest, centre et est, comparées aux normales saisonnières (1988-2006), montrent que pour [2] :

a) La saison automnale (Septembre à Novembre)

Les températures minimales saisonnières sur l'ensemble des régions, avec un rafraîchissement assez sensible durant les 3 décades de Novembre atteignent un écart de 4°C par rapport à la normale.

Les températures maximales sont saisonnières sur l'ensemble des régions. Néanmoins, il a été enregistré une forte augmentation durant les 3 décades d'Octobre atteignant un pic de 30°C.

b) La saison hivernale (Décembre - Janvier - Février)

Les températures minimales : A l'exception du mois de Février qui a enregistré une baisse assez sensible de 3 à 5 °C par rapport aux normales, les mois de Décembre et Janvier par contre, ont été caractérisées par des températures saisonnières oscillant entre 10 et 10,5°C.

Les températures maximales : Oscillant entre 17 et 20°C, elles ont été en légère baisse de 2 à 3°C par rapport aux normales durant toute la saison.

- ❖ Impacts agro-météorologiques de la saison : une bonne accumulation des sommes d'heures froides pour l'arboriculture et l'évapotranspiration saisonnière, constituaient de bons facteurs de production

c) Saison printanière (Mars à Mai)

Les températures minimales : légèrement en hausse de 2°C en moyenne.

Les températures maximales : Saisonnières sur l'ensemble, à l'exception de la période sèche (sans pluies) entre fin d'Avril et Mai, où elles étaient en hausses avec une moyenne de 4°C par rapport aux normales.

- ❖ Pour l'impact agro-météorologiques de la saison : une forte évapotranspiration induisant une augmentation de la demande en eau donc des irrigations très intenses et précoces :

5-1-2-2- Pluviométrie

La moyenne de 44 années (1962 à 2006), selon les données climatiques de l'A.N.R.H. de Blida [115], fait ressortir une pluviométrie annuelle allant de 565 mm à 625 mm, respectivement pour les stations de Mouzaia, Sidi Rached et El Affroun.

La saison la plus pluvieuse va de Novembre à Février inclus, avec environ 60% de la pluviométrie annuelle en 4 mois et en 21 jours de pluie. La saison sèche va de Juin à Septembre inclus, avec environ 10% de la pluviométrie annuelle en 4 mois et 7 jours de pluie.

La pluviométrie moyenne mensuelle observée sur une période de 18 ans (1988 à 2006) dans la station de Mouzaia est caractérisée par les mois les plus pluvieux (Novembre, Décembre, et Janvier) et des mois secs tels que Juin, Juillet et Août (Tableau 5.2).

Tableau 5.2 : Pluviométrie moyenne mensuelle (station de Mouzaia)

Mois \ Année	P (mm) 1988-2006	P (mm) 2008-2009
Septembre	23,18	8,3
Octobre	37,86	120,6
Novembre	69,49	131,8
Décembre	70,76	130,5
Janvier	80,47	111,4
Février	54,91	16,5
Mars	39,45	60,5
Avril	57,92	87,7
Mai	37,08	19,1
Juin	2,37	0
Juillet	3,07	0,8
Août	4,52	5,8
Total	481,08	693

Source : (A.N.R.H, 2006, 2010)

Le périmètre d'El Affroun et Mouzaia reçoit une pluviométrie moyenne annuelle de 481,08 mm durant la campagne 2008/2009.

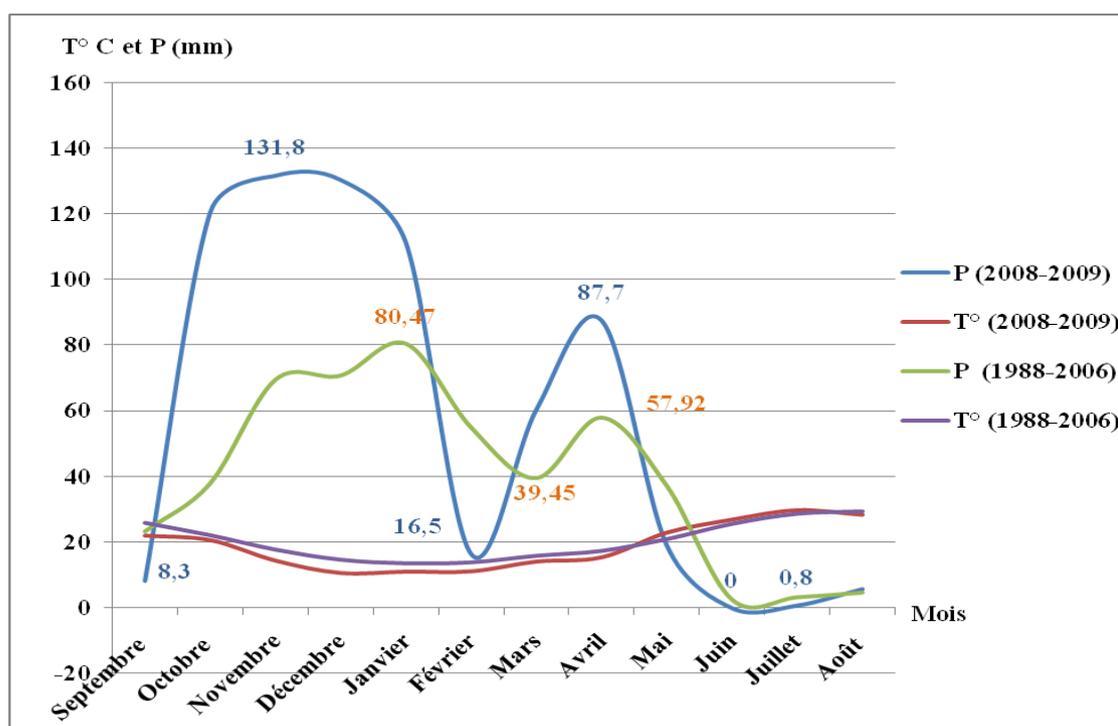


Figure 5.4 : Diagramme comparatif entre la campagne 2008/2009 et la période de 18 ans

5-1-2-3- Vent

L'étude de la fréquence des vents à Mouzaia fait ressortir que 70% de l'année est avec vents (Tableau 5.3).

Les vitesses moyennes des vents pour une série de mesures des 10 dernières années au niveau de la station de Mouzaia atteignent 3,7 m/s en Décembre (Tableau 5.3).

Tableau 5.3 : Vitesse moyenne mensuelle des vents pendant 10 ans et la campagne 2008/2009

Mois	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Févr.	Mars.	Avr.	Mai.	Juin.	Juill.	Août.
Vent moy (10 ans)	2,5	2,3	2,5	3,7	3	3,1	2,9	3,1	2,8	3	3,2	3,1
Vent moy (2009/2008)	3,4	2,9	4,3	3,9	4,6	4,3	3,3	3	3	2,9	3	2,4
Evap (mm)		82,7	58,9	37,0	44,1	61,6	72,5	87,2	185,4	215,0	228,9	185,3

Source : (A.N.R.H, 2006, 2010)

La vitesse des vents est forte d'un maximum de 4,6 m/s et un minimum de 2,4 m/s durant la campagne 2008/2009, par rapport à la période de 10 ans, ou la vitesse maximale a atteint 3,7 m/s et la vitesse minimale 2,3 m/s (Figure 5.5).

Le vent est surtout néfaste durant deux périodes de l'année [115] :

- ❖ Période de débourrement : Les vents froids et secs du nord et de l'est ralentissent le démarrage de la végétation et peuvent même provoquer des brûlures sur les jeunes pousses.

- ❖ Période de floraison : Un effet néfaste sur la floraison, par le phénomène de brise-vent, la haie n'influe pas sur les rendements effectifs. De plus, en été, alors que les réserves en eau sont faibles et que la température est élevée, le vent crée une demande en eau trop importante pour la plante qui ferme ses stomates et bloque la photosynthèse, ce qui correspond au grossissement du fruit jusqu'à la récolte, donc la production de la plante.

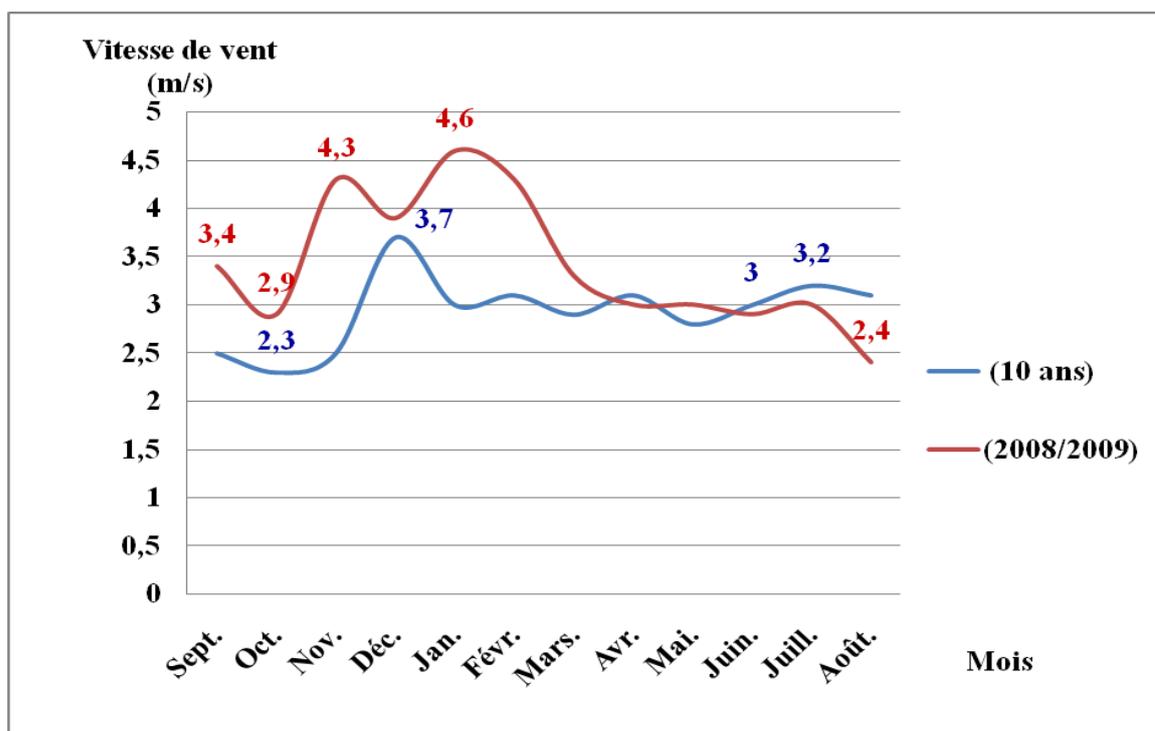


Figure 5.5: Comparaison de vitesse du vent de la campagne 2008/2009 et la période de 10 ans

Les conditions agro-climatiques ayant caractérisés la campagne agricole 2008/2009, ont été d'une manière générale assez bonnes, durant la phase automnale et hivernale du point de vue précipitations et températures. En revanche, ce qui est important à signaler, comme seule condition climatique défavorable enregistrée durant la saison printanière, est la séquence sèche d'environ 30 jours, sans pluies avec une forte augmentation des températures maximales et minimales enregistrées entre Février et Mars, coïncidant avec la reprise végétative et une demande en eau plus importante, qui sans irrigations d'appoint les rendements ne seront qu'aléatoires.

Cependant, le retour des pluies à partir de Mars à fin d'Avril, a été plutôt favorable pour la floraison. La campagne agricole repose énormément sur ce retour des pluies, si l'itinéraire technique est respecté car l'eau, elle seule, ne peut faire la différence.

Dans la campagne 2008/2009, les conditions ont été plutôt favorables, ceci confirme la grande variabilité climatique et chaque année agricole est un scénario climatique auquel il faudra faire face.

Afin de lever cette vulnérabilité et/ou atténuer son effet, l'application de l'itinéraire technique devient une donnée très importante pour le stockage de l'eau dans le sol et son utilisation durant les périodes sèches, coïncidant avec les stades critiques, particulièrement sur sol profond et si la ressource hydrique existe. A cet effet, l'irrigation d'appoint devient une opération plutôt d'intensification, qu'une opération de sauvetage de la culture.

L'apport en eau d'irrigation diffère selon le type de sol sableux ou argileux et les différents stades physiologiques de l'arbre. Ainsi, l'irrigation est la plus fréquente durant la période de grossissement des fruits qui consomme 26% du total de la quantité d'eau nécessaire; alors que l'irrigation la moins fréquente se situe durant la floraison pour éviter l'avortement et la coulure des fleurs [116].

5-1-3- Caractéristiques du milieu d'étude

5-1-3-1- Verger 1(EL AFFROUN)

Notre parcelle d'étude fait partie des vergers d'oranges d'un hectare. Sa mise en place a eu lieu il y a plus de 30 ans.

Cette parcelle est irriguée par un système d'irrigation par rigole. Les distances de plantations sont de 6 m x 5 m, on compte 17 rangs et 27 lignes, soit une densité d'environ 330 arbres à l'hectare (Figure 5.6).



Figure 5.6: Vue générale du verger d'El Affroun.

5-1-3-2- Verger 2 (MOUZAIA)

Le verger 2 est un jeune verger âgé de 6 ans (Figure 5.7). On dénombre 27 rangs et 10 lignes, soit une densité de 270 arbres à l'hectare et une surface de 5000 m².



Figure 5.7: Vue générale du verger de Mouzaia.

5-1-3-3- Dispositif expérimental

L'essai a été réalisé suivant la méthode de bloc aléatoire complet à randomisation totale, comprenant 10 répétitions pour le diagnostic foliaire et 8 répétitions pour le traitement AG₃ (Figure 5.8, 5.9).

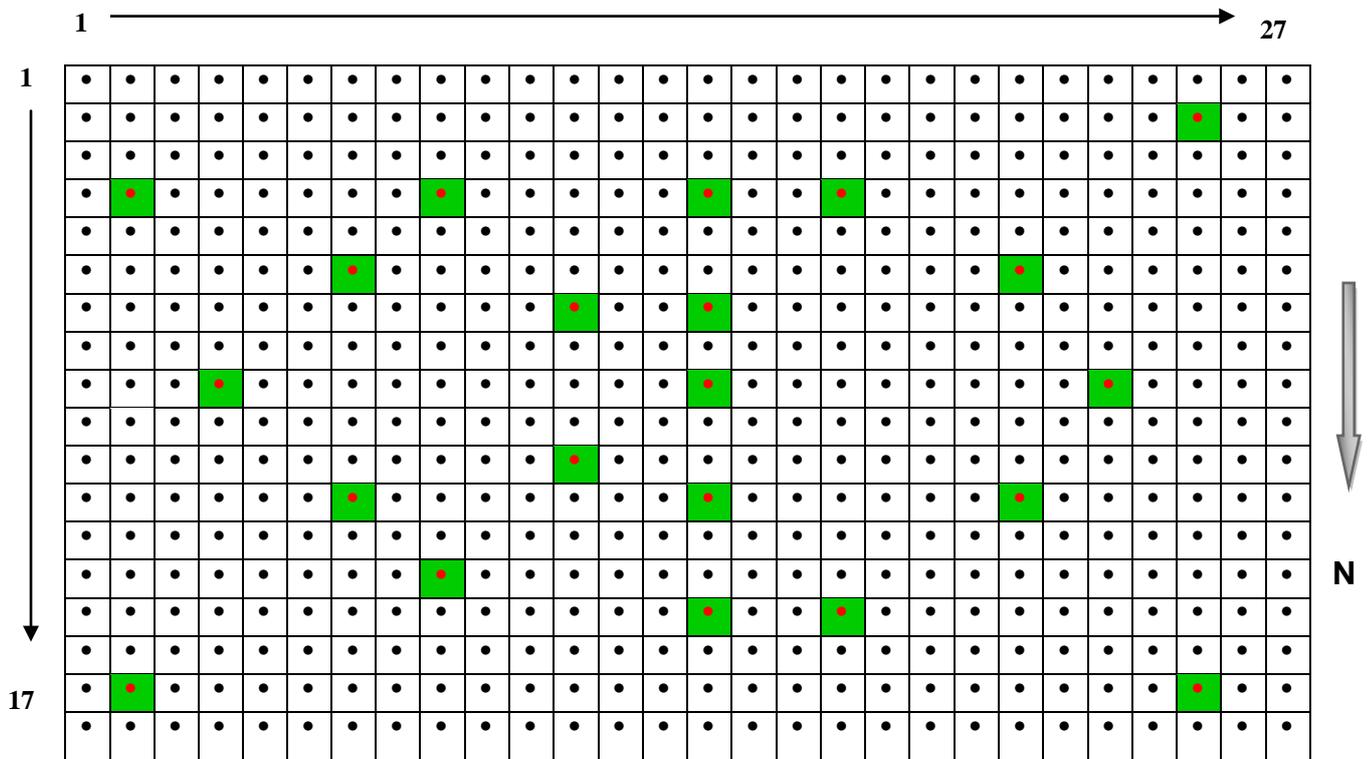
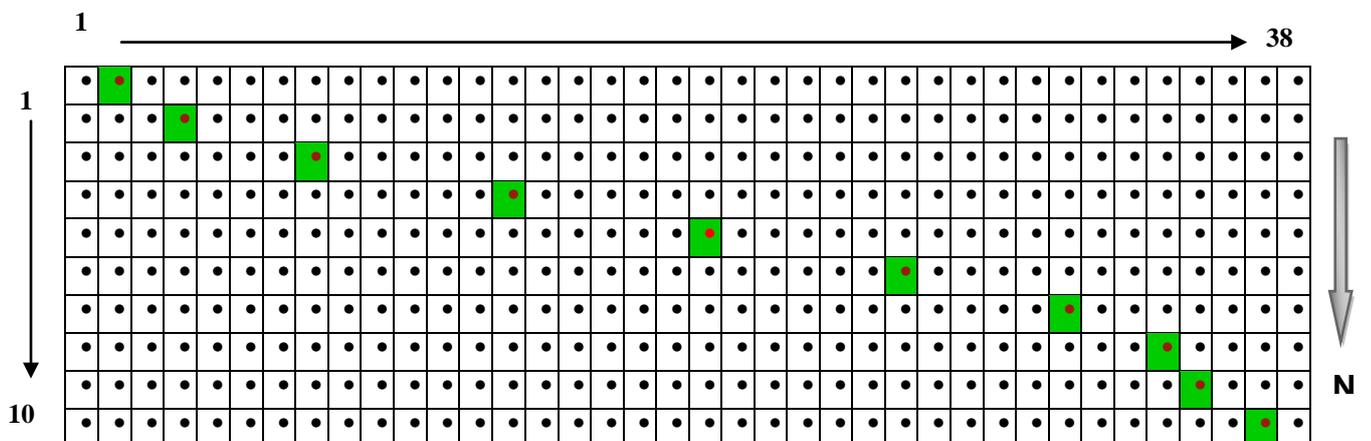


Figure 5.8 : Dispositif expérimental du verger 1(EL AFFROUN)



 Arbre Echantillonné

Figure 5.9 : Dispositif expérimental du verger 2 (MOUZAIA)

5-1-4- Travaux techniques

Au cours de la campagne 2008-2009, tous les travaux d'entretien nécessaires ont été effectués (discage, fertilisation, traitements phytosanitaires, taille, irrigation...)

5-2- Matériel végétal

Le matériel végétal d'étude se compose exclusivement de la Clémentine sans pépins (*Citrus clémentina*) greffés sur le bigaradier.

5-2-1- Méthodes appliquées

Nous avons anticipé la présentation des résultats des descriptions de tracés d'un profil dans chaque verger, que nous avons effectué au cours de nos travaux, au point d'insertion de deux diagonales, afin de présenter à une échelle plus détaillée, le type de sol sur lequel est implantée la *clémentine*.

Etude sur l'homogénéité des unités : dans le choix des unités homogènes, il a été tenu compte :

- ❖ de la présence d'une flore répartie de façon homogène ;
- ❖ de l'examen de profil ;
- ❖ de l'analyse granulométrique ;

5-2-2- L'étude du sol

Pour la détermination des caractéristiques du sol, un profil a été creusé en tranchée profonde, le 20 Mai 2009, pour le verger d'El Affroun, une semaine, après le deuxième profil du verger de Mouzaia a été réalisé. Un kilogramme de terre par horizon a été recueilli, pour constituer l'échantillonnage de l'analyse physique et chimique du sol.

Un tamisage a lieu avant chaque analyse, pour avoir les particules du sol de l'ordre de 2 mm.

5-2-2-1- L'analyse physique

Nous avons effectué les analyses au niveau du laboratoire de pédologie, et de zootechnie du département d'agronomie.

➤ La granulométrie

L'analyse granulométrique, a été réalisée sur chaque échantillon du profil, afin de déterminer la texture du sol, à l'aide de la méthode de la pipette de ROBINSON.

La dispersion totale des particules élémentaires est assurée par la destruction de la matière organique par de l'eau oxygénée (H₂O₂) et du calcaire par l'acide chlorhydrique (HCl), qui jouent un rôle de ciment.

La dispersion des argiles est effectuée avec l'hexamétaphosphate de sodium (Na₆P₆O₁₈), le prélèvement des argiles (A) et de limons fins (LF) se fait par la pipette de ROBINSON.

Quant aux fractions sableuses, la séparation se fait par tamisages successifs à l'aide de deux tamis superposés, de mailles 0,20 mm pour récupérer le sable grossier (SG) et 0,05 mm pour le sable fin (SF).

La proportion de limons grossiers (LG) est déterminée par la formule:

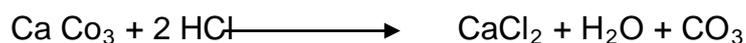
$$\% \text{ LG} = 100 - (\% \text{ A} + \% \text{ LF} + \% \text{ SF} + \% \text{ SG})$$

5-2-2-2- L'analyse chimique

Les analyses chimiques effectuées sur les échantillons du sol, ont été réalisées au niveau du laboratoire de pédologie du département d'agronomie.

➤ Le calcaire total

Le dosage du calcaire total dans l'échantillon du sol est déterminé par la méthode gazométrique, qui est fondée sur la réaction de l'acide chlorhydrique (HCl) sur le carbonate de calcium (CaCO₃) :



Nous utilisons pour cela, le calcimètre de BERNARD.

Il s'agit de comparer le volume de CO₂ dégagé par le contact de l'acide chlorhydrique (HCl) avec un poids précis de sol, avec celui dégagé par le contact de HCl avec le Ca CO₃ pur et sec en quantité contenue dans la prise d'essai.

La teneur en CaCO_3 d'un échantillon du sol est exprimée généralement en % et elle est donnée selon la formule :

$$\% \text{CaCO}_3 = (0,3 \times v) / (V \times P) \times 100$$

où :

V : le volume de CO_2 dégagé par 0,3g de CaCO_3 .

v : le volume de CO_2 dégagé par la prise d'essai.

P : la prise d'essai = 5g.

➤ La conductivité électrique « CE »

La conductivité électrique « CE » est mesurée à l'aide d'un conductimètre, sur une quantité de l'extrait (à une température t), obtenue à partir d'un échantillon de sol séché, puis saturé d'eau et dont la valeur dépend de la concentration en sels des solutions du sol. Elle est donnée par la formule :

$$\text{CE} = C/K = 1/Kr$$

Où

C : conductance spécifique mesurée en mmhos ou mS.

K : constante d'étalonnage du conductimètre.

r : résistivité en mmhos/cm.

CE : conductivité électrique en mmhos/cm ou m S/cm.

➤ L'humidité hygrométrique

L'humidité hygrométrique a été déterminée par pesage avant et après dessiccation des échantillons dans une étuve à 105°C pendant 24 heures.

L'humidité du sol (H) en % du poids du sol sec est déterminée par la formule :

$$\text{H}\% = (p - p_0) \times 100 / p_0$$

Avec p : poids du sol à l'état humide.

p_0 : poids du sol à l'état sec.

➤ Le pH

Le pH est déterminé par la méthode électrométrique, qui est basée sur la loi de NERNST, elle consiste à mesurer à l'aide d'un pH mètre, dans des conditions déterminées (dans l'eau ou dans une solution KCl suivant un rapport sol/eau ou sol/KCl = 1 / 2,5) :

- L'acidité actuelle ou pH_{eau} .
- L'acidité d'échange ou pH_{KCl} .

➤ La matière organique

La matière organique a été déterminée par la méthode de « ANNE », par le biais du carbone organique.

Le carbone organique contenu dans un échantillon du sol est oxydé par le Bichromate de potassium ($K_2Cr_2O_7$) en milieu sulfurique, le bichromate de potassium ($K_2Cr_2O_7$) en excès est, ensuite titré par une solution de sel de MOHR en présence de phénylamine dont la couleur passe du bleu violacé au bleu verdâtre.

La quantité du carbone en % est déterminée par la formule :

$$\%C = (n' - n) \times 0,615 / P$$

Où : n' : Volume de témoin ;
 n : Volume de l'échantillon ;
 P : Prise d'essai.

Le taux de la matière organique est exprimé en % selon la formule :

$$MO\% = \%C \times 100 / 58 = 1,72 \times \%C$$

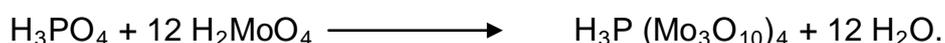
➤ L'azote total

L'azote des composés organiques du sol et leur dosage est déterminé par la méthode KJELDAHL.

L'azote total se transforme en azote ammoniacal par l'acide sulfurique (H_2SO_4) concentré, et est porté à ébullition en présence d'un catalyseur. Il est fixé sous forme de sulfate d'ammonium, qui sera déplacé par la soude à 60% dans le distillateur du BUCHI. L'azote ammoniacal sera piégé dans une solution d'acide borique et titré à l'acide sulfurique H_2SO_4 d'une normalité N/50.

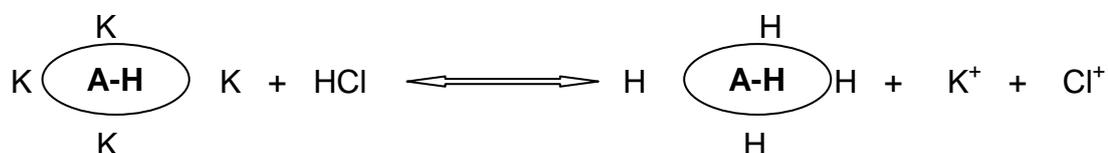
➤ Le phosphore assimilable

Le phosphore assimilable est dosé par colorimétrie, selon la méthode OLSEN (1954), qui est basée sur l'utilisation d'une solution de bicarbonate de sodium ($NaHCO_3$) à 0,5 N ajustée à pH = 8,5. Ce dosage est basé sur la formation et la réduction d'un complexe de l'acide molybdique. La présence du phosphore dans le milieu considéré, provoque en présence d'acide ascorbique et par chauffage, le développement d'une coloration bleue, dont l'intensité est proportionnelle à la concentration en orthophosphates.



➤ Le potassium assimilable

Le principe de dosage du Potassium assimilable consiste à provoquer une réaction d'échange entre les ions K^+ qui sont fixés sur le complexe absorbant, et la solution d'acide chlorhydrique (HCl 2N), pour faire l'extraction des K échangeables selon la réaction :



5-2-3- L'étude du végétal

Les feuilles du clémentinier ont été prélevées le 14 avril 2009 sur les rameaux fructifères issus de la pousse de printemps de l'année. Quatre feuilles par direction et 16 feuilles par arbre ont été prélevées. La méthode utilisée est celle de CHAPMAN.

5-2-3-1- Le mode d'échantillonnage

Nous avons prélevé les feuilles du cycle printanier, pour le secteur d'orientation, il est tout autour de la frondaison, et l'hauteur de prélèvement est de 1.50 m. Nous avons prélevé 16 feuilles des rameaux fructifères aux quatre points cardinaux nord, sud, est et ouest (quatre feuilles par orientation).

5-2-3-2- Lavage

Un lavage préalable est nécessaire, afin d'éliminer les traces de produits non absorbés. Cependant, des précautions doivent être conservées, LABANAUSKAS [117] [118], a montré que l'emploi d'un hypochlorite de sodium est utile ; les pertes d'éléments sont insignifiants si le lavage est rapide, sauf quand les feuilles ont reçu des pulvérisations d'engrais. Cependant SMITH et al. [119], doutent de l'intérêt d'analyses effectuées après des pulvérisations de fer, de cuivre, de manganèse ou de zinc, car leur teneur sont significativement influencées par le lavage et très souvent les taux élevés en ces éléments n'empêcheront pas des déficiences au cycle suivant.

5-2-3-3- Séchage – Broyage

Le séchage doit suivre immédiatement le lavage, qui est à son tour suivi des pesés de poids frais. Après le séchage en fait les pesés de poids sec pour avoir la matière sèche. Il est généralement admis de ne pas dépasser une température de 70 °C afin d'éliminer tout risque de perte d'azote [120]. Il est nécessaire de s'assurer

que le broyeur homogénéiseur employé ne provoque pas de contamination, particulièrement en métaux [121].

5-2-3-4- Stockage

Les flacons contenant la poudre végétale des feuilles sont stockés dans une étuve.

5-2-3-5- L'analyse chimique du végétal

D'après la méthode de CHAPMAN [63], il est indispensable de suivre certaines étapes pour le dosage des éléments minéraux:

A- L'azote

L'Azote totale est dosé par la méthode KHEJDAL qui est exprimée en % de MS.

➤ Minéralisation

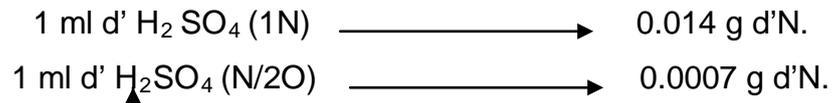
Il faut opérer sur un échantillon de 0.5 à 2g (selon l'importance de l'azote dans l'échantillon). L'introduire dans un matras de 250 ml, ajouter 2 g de catalyseur (composé de 250 g de K₂SO₄, 250 g CuCO₄ et 5g de Se) et 20 ml d'acide sulfurique concentré (densité = 1.84). Porter le matras sur le support d'attaque et chauffer jusqu'à l'obtention d'une collaboration verte stable. Laisser refroidir, puis ajouter peu à peu avec précaution 200 ml d'eau distillée en agitant et en refroidissant sous un courant d'eau.

➤ Distillation

Transvaser 10 à 50 ml du contenu du matras dans l'appareil distillateur (BUCHI), et rincer la burette graduée. Dans un bêcher destiné à recueillir le distillat, introduire 20 ml de l'indicateur composé de :

- 20 g d'acide borique ;
- 200 ml d'éthanol absolu ;
- 10 ml d'indicateur contenant : $\frac{1}{4}$ (2.5 ml) de rouge de méthyle à 0.2% (0.2 g dans 100 ml) dans l'alcool à 95° et $\frac{3}{4}$ (7.5 ml) de vert de bromocrésol à (0.1 g dans 100 ml) dans l'alcool à 95°.

Verser lentement dans le matras de l'appareil distillateur, 50 ml de lessive de soude avec $d = 1.33$ (330 g de soude dans 1 litre d'eau distillée), mettre en marche l'appareil, laisser l'attaque se faire jusqu'à l'obtention d'un volume de distillat de 100 ml au moins, titrer en retour par de l'acide sulfurique N/20 (50 ml H₂ SO₄ 1N+ 950 ml d'eau distillée) ou N/50 (20 ml H₂ SO₄ 1N+ 980 ml d'eau distillée) jusqu'à l'obtention à nouveau de la couleur initiale de l'indicateur.



$$N \text{ g} = X \cdot 0.0007 \cdot (100/Y) \cdot (200/A)$$

Où :

X : descente de la burette (ml)

Y : poids de l'échantillon de départ.

A : volume de la prise d'essai.

Teneur en MAT (% MS) = N g x 6.25

B- Dosage du Phosphore (P)

➤ Préparation du réactif Nitrovanadomolybdique (N. V. M.).

- Solution A

100 g de molybdate de NH_4 .

10 ml de $NH_4 OH$

Eau distillée chaude : q.s.p. à 1000 ml

- Solution B

2.35 g metavanadate de NH_4 .

Eau distillée très chaude 400 ml (laisser refroidir)

7ml HNO_3 (lentement ajouté)

Eau q.s.p à 1000 ml

- Réactif NVM

Mélange des deux solutions A et B

100 ml de solution A

100 ml de solution B

67 ml d' HNO_3 (d = 1.38)

Eau : q.s.p à 500 ml

➤ Dosage

Dans une fiole jaugée de 25 ml

5 ml de solution à doser.

5 ml de réactif NVM

Eau distillée q.s.p à 25 ml.

Attendre une heure avant de passer au colorimètre.

Régler la sensibilité du spectrophotomètre à une longueur d'Onde pour

K : $\lambda = 760 \text{ nm}$

Na : $\lambda = 590 \text{ nm}$

D- Dosage du calcium (Ca) et du magnésium (Mg)

La gamme d'étalonnage

- Préparer successivement deux solution mères (SM) à 100 ppm pour

Ca 0.2497 g de CaCO_3 dans 1 l d'eau distillée

Mg 0.4950 g de MgSO_4 dans 1 l d'eau distillée

Tableau 5.6 : Réalisation d'une gamme pour Ca et pour Mg selon le principe suivant

N° Fiole	1	2	3	4	5	6
SM (ml)	0	2	4	6	8	10
HNO_3 concentration (ml)	←————— 4 ml —————→					
La_2O_3 10%	←————— 1 ml —————→					
H_2O	q.s.p à 100 ml					

Régler la sensibilité du spectrophotomètre à une longueur d'onde pour :

Ca : $\lambda = 422.7 \text{ nm}$

Mg : $\lambda = 285.2 \text{ nm}$

Calculs : le mode de calcul de la teneur d'une plante en un élément (valable pour tous les éléments dosés à partir du même minéralisât) :

$$\frac{d \times \text{ppm} \times 50}{p} \quad \mu\text{g} / \text{g} \text{ ou ppm de la MS}$$

$\text{ppm} = 10^{-2}$ $\% = 10^{-2}$ $\% = \text{ppm} \times 10^{-1}$

5-2-4- Traitement des arbres

Le produit utilisé pour le traitement des arbres est un produit commercial, présenté en comprimés contenant un gramme d'acide gibbérellique. La dose appliquée est de 10 ppm (un gramme d'acide gibbérellique pour 100 litres d'eau soit un comprimé).

La quantité pulvérisée par arbre est de quatre litres de solution soit 40 mg d'acide gibbérellique par arbre (Figure 5.10).

Le 6 Avril 2009, les observations montrent que les boutons floraux sont fermés à cause d'une période de pluviométrie pendant une semaine et plus, donc après cette période, on aura la floraison du clémentinier.

Ce traitement a été réalisé le 22 Avril 2009, il a été retardé de 3 semaines à cause du climat qui été perturbé (brouillard) :

- **T₁** : Huit (08) arbres sont traités par l'acide gibbérellique de laboratoire dissout dans l'eau distillée (AG₃ laboratoire).
- **T₂** : Huit (08) arbres sont traités par l'acide gibbérellique commercial dissout dans l'eau distillée (AG₃ commercial).
- **T₃** : Huit (08) arbres témoins traités par l'acide gibbérellique commercial dissout dans l'eau potable, comme tout le reste du verger (AG₃ témoins).

Une semaine après le premier traitement, un autre a été appliqué le 29 Avril 2009 pour tout le verger avec l'acide gibbérellique commercial.



Figure 5.10 : Un rameau du *Clémentinier* en plein floraison

5-2-5- Observation au niveau des fruits

5-2-5-1- Pourcentage de nouaison

Sur les arbres traités pendant la floraison, nous avons estimé, à deux périodes différentes, le nombre de fruits noués et le pourcentage de nouaison (Figure 5.11, 5.12).



(a)



(b)

Figure 5.11 : (a) et (b), Présentent des types florifères feuillés de la *clémentine*

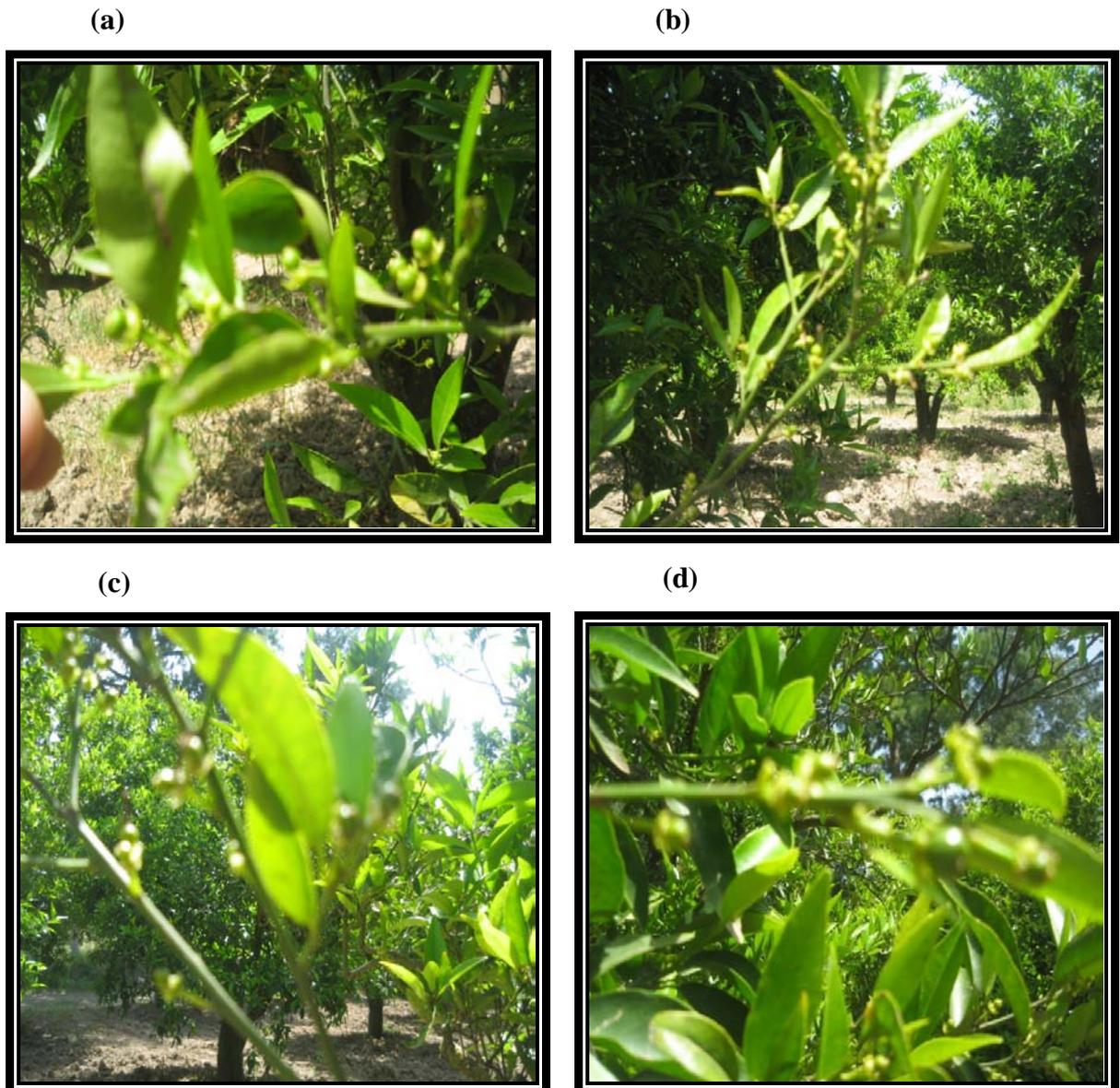


Figure 5.12 : (a), (b), (c) et (d), Présentent des types florifères sans feuilles de la *clémentine*

5-2-5-2- Evolution des fruits

La récolte a été faite le 23 Novembre 2009, arbre par arbre. Nous avons choisi dix fruits prélevés au hasard aux quatre points cardinaux et à l'intérieur de l'arbre. Nous avons tenu compte dans cette étude de l'analyse faite au moment où le point de maturité commerciale est atteint, malgré le retard enregistré dans la maturité des fruits, qui est de presque un mois (Figure 5.13).

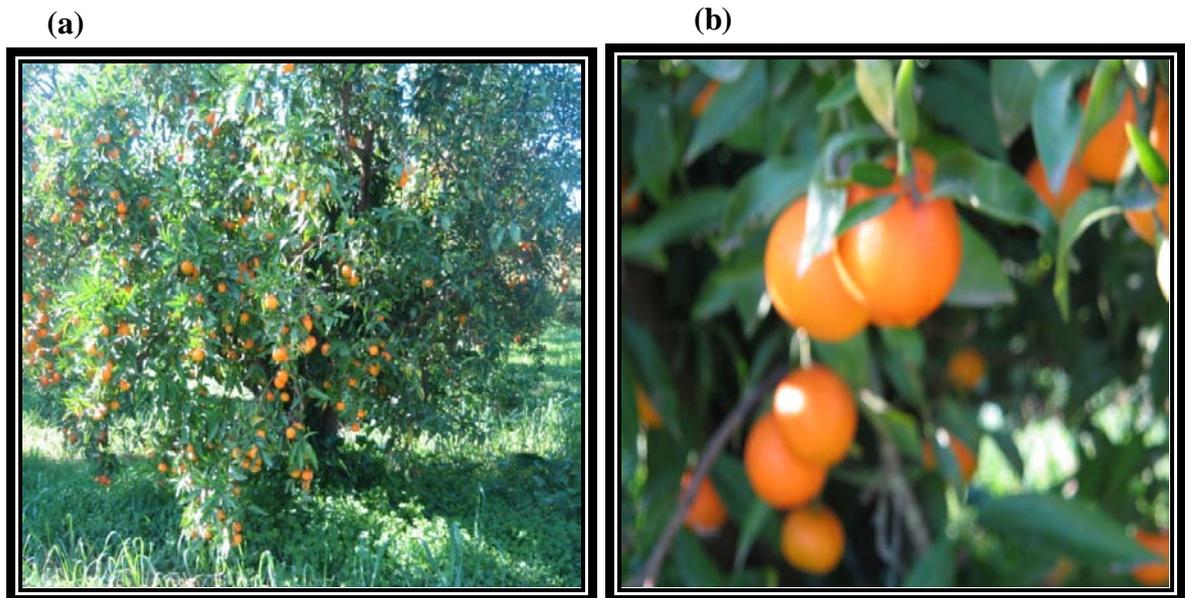


Figure 5.13 : (a) et (b), Présentent les arbres plein de fruit

5-2-6- L'analyse chimique des fruits

5-2-6-1- Taux de vitamine C

Mode opératoire

10 g de pulpe de fruit sont réduits en pâte à l'aide d'un mortier, auxquels nous avons ajouté 50 ml d'acide chlorhydrique (2%). Après 10 mn, ce mélange est transvasé dans un bécher de 100 ml, qu'on ajuste avec le même acide chlorhydrique (2%) à 100ml. Cette solution est ensuite filtrée.

Titrage : 10 ml d'extrait filtrée + 30 ml d'eau distillée
 + 1 ml de KlO_3
 + 2 ml d'amidon

Témoin : 10 ml d'HCl à la place d'extrait filtré, et la burette de titrage remplie par KlO_3 .

La valeur de vitamine C est donnée par :

$$C = (V_0 - V_t) 100 - 0,082$$

Dont :

V_0 : volume d'échantillon ;

V_t : volume de témoin ;

Constant : 0,082.

5-2-6-2- L'extrait sec soluble (E)

Mode opératoire

La détermination de cette proportion est très importante. La conversion de la matière sèche en sucre est possible, par l'utilisation de la formule de PRODAN et al (1974) :

$$\text{Sucres totaux (\%)} = (A \cdot 4,25 / 4) - 2,5$$

Dont :

A : quantité de la matière sèche soluble par réfractomètre (Figure 5.15);

Les constantes : coefficients de transformation.



Figure 5.15 : L'appareil réfractomètre

5-2-6-3- L'acidité titrable (A)

Principe

On ajoute 10 ml d'eau distillée chaude à 20 g de pulpe de fruit, dans un bécher de 200 ml.

Après refroidissement, le volume du bécher est ramené à 200 ml avec de l'eau distillée.

Après la filtration, on prélève 25 ml d'extrait filtré, qu'on transfère dans un erlenmeyer, auquel, nous ajoutons 2 à 3 gouttes de phénolphaléine (solution alcoolique à 1%).

Nous notons le nombre de millimètres de NaOH (N/10) utilisé, pour le titrage après l'apparition d'une coloration rouge persistante.

La teneur en acide est exprimée par l'acide qui prédomine dans le fruit à analyser (acide malique pour les rosacées).

Mode opératoire

Pour les calculs nous avons utilisé la formule de PRODAN et al (1974)

$$A = [(N F K V_1) / (G V_2)] 100$$

Dont :

- A : acidité totale de titrage en % ;
- N : en ml d'hydroxyde de sodium (N/10) consommé par le titrage ;
- F : le facteur de la solution d'hydroxyde de sodium (0,985) ;
- K : quantité d'acide (dans lequel nous voulons exprimer les résultats) correspondant à 0,0067 g d'acide malique ;
- V_1 : volume d'extrait avant le titrage (200 ml) ;
- G : poids du produit à analyser (20g) ;
- V_2 : volume d'extrait soumis au titrage (25 ml).

5-2-6-4- Le pourcentage du jus

Dont l'extrait a été réalisé à l'aide d'un appareil à toupie tournante.

CHAPITRE VI

RESULTATS ET DISCUSSIONS

6-1- Etude du sol

6-1-1- La granulométrie

L'examen des deux profils réalisés (annexe 1), a fait ressortir que notre sol est caractérisé par une texture argilo-limoneuse, pour le premier profil (El Affroun), et pour le deuxième profil le sol est de texture argileuse sur les deux premiers horizons et sur les autres horizons la texture est argilo-limoneuse.

Le taux en élément grossiers est relativement faible, les sables fins varient de 2% à 3.20%. Pour le profil (1) et de 5.5 à 14.30 % pour le profil (2), et les sables grossiers, il est de 1% au niveau du sol d'El Affroun et varient de 3.50 à 14.8% dans le sol de Mouzaia.

Ainsi du fait que les éléments fins sont prédominants, donc, la composition granulométrique du sol révèle la présence dominante de l'argile et du limon, qui associent leurs effets respectifs pour en définir ses qualités physiques, on parle donc de sol à texture argilo-limoneuse.

Les sols argilo-limoneux, sont peu perméables, et peu favorables à la production des fruits précoces et de qualité. Les éléments fins constitutifs de la texture sont indispensables à la bonne rétention de l'eau, l'installation de drains devient nécessaire, pour éliminer les eaux d'hiver en excès [14].

Les sols à texture argilo-limoneuse ou limono-argileuse, où les éléments fins prédominent nettement ; provoquent la chute fréquente des fruits de petit calibre, à maturité souvent retardée, car le sol froid et humide ne permet pas une bonne activité des racines. Ces sols peuvent être améliorés par :

- L'installation de drains pour évacuer les eaux en excès ;
- L'apport de matière organique (fumier, engrais vert, enherbement des inter-rangs) pour améliorer et maintenir la qualité structurale du sol [14].

Le clémentinier exige des terrains riches, profonds, perméables, bien aérés et drainés, et les meilleures terres sont proches de la composition de 15% d'argile, 50% de sable grossier, 5 à 10% de calcaire, et 20% de limon.

Les terres trop lourdes asphyxiantes ou trop légères, ont une influence directe, aussi bien sur la productivité du clémentinier que sur sa longévité et la qualité des fruits [2].

6-1-2- La matière organique

La présence de la matière organique dans le sol, maintient la bonne stabilité de la structure, sa principale caractéristique, c'est d'éliminer facilement les eaux en excès des périodes pluvieuses [14].

Des teneurs de 2 à 3 % de la matière organique, dans les vingt premiers centimètres sont jugées comme bonnes [14]. Aussi pour notre sol dans les 20 premiers centimètres ; les teneurs en matière organique sont de 3,17 % pour le profil d'El Affroun et varie entre 1,85 à 2,48 % pour le profil de Mouzaia.

D'après les résultats obtenus des analyses du sol (annexe 1), les teneurs en matière organique sont moyennes, dans les horizons supérieurs des deux profils. Pour les autres horizons, elles fluctuent entre 0,51 et 1,63 pour le profil 1 et dans le deuxième profil, elles diminuent vers la profondeur de 65 cm de 2,48% jusqu'à 1,38% (Annexe 2).

Pour la teneur du sol en azote total, celle-ci fluctue selon les horizons entre 0,81% et 3,94% pour le sol d'El Affroun, et elle est entre 1,62% et 2,4% pour le sol de Mouzaia (Annexe 6).

En ce qui concerne le rapport hydrate de carbone-azote (C/N), celui-ci est faible et inférieur à 10 dans tous les horizons. Ce rapport traduit la capacité de minéralisation; plus ce rapport est élevé, moins la capacité de minéralisation est bonne. LOUSSERT [61], VERONIAQUE [122] et DESCALAPON [123], considèrent que lorsque C/N avoisine le 10, la décomposition de la matière organique et plus précisément la minéralisation de N est normale. Toutefois, au delà de 12 ou 13, on considère que celle-ci n'est plus parfaite, au delà de 30, elle est nulle.

Enfin, dans notre cas, ce sont les horizons de la surface qui sont les plus rapidement décomposés. Donc d'après les analyses physiques du sol, on constate que la texture du sol est lourde et pauvre en matière organique, ce qui définit alors une structure battante où la porosité et la rétention en eau sont faibles.

6-1-3- Calcaire total et actif

Des teneurs en calcaire actif supérieures à 8 et 10%, induisent des carences alimentaires. Le calcaire actif du sol bloque l'assimilation de certains éléments, ces troubles de l'alimentation, se traduisent par des chloroses [14].

Les résultats d'analyses du sol montrent, que le taux de calcaire total et actif est élevé (Annexe 3), il varie entre 16 et 30 % pour le calcaire total et supérieur à 15% pour le calcaire actif, donc très chlorotique au niveau du sol d'El Affroun et même pour le sol de Mouzaia, il est moyennement calcaire à très chlorotique.

6-1-4- La valeur du pH

Pour les deux profils, le pH du sol est alcalin, les valeurs fluctuent selon les horizons, de 7,49 à 8,2 (Annexe 4).

Les agrumes préfèrent les sols à pH neutre ou légèrement acide (de 6 à 7), plutôt que les sols à pH alcalin supérieur à 7. Dans les zones de culture de la région méditerranéenne, les pH des sols sont souvent supérieurs à 7,5, ce qui se traduit par des troubles alimentaires, comme la carence en fer, en magnésium, en manganèse, et en cuivre. Un sol trop basique (pH>8), conduit à des précipitations du phosphate et du carbonate de calcium, et à une insolubilisation du fer.

6-1-5- Conductivité électrique

La conductivité électrique augmente dans le sens de la profondeur, tout en restant entre 1,89 et 2,79 mmhos / cm. Les valeurs que nous avons obtenues sont faibles, donc le sol est peu salé et on peut dire, qui est favorable pour le clémentinier, celui-ci est sensible à la salinité et le seuil critique est de 1,8 à 2 mmhos (Annexe 5).

Pour la conductivité électrique, le seuil critique est au niveau de 1.8 à 2 mmhos. Pour une conductivité de 2.4mmhos, les chercheurs estiment que le rendement des agrumes est de 10% inférieur à celui qui serait obtenu sur sol non salé, et pour une conductivité de 3.4 la chute du potentiel est de 25%, et elle est de 50% pour une conductivité de 4.9 mmhos.

6-1-6- Les éléments nutritifs

- ❖ Le phosphore : L'analyse du sol montre que les teneurs en phosphore assimilable du sol d'El Affroun, sont de 25 à 30 ppm, pour le sol de Mouzaia, celles-ci arrivent jusqu'à 40 ppm en profondeur (Annexe 7).
- ❖ Le potassium : Les teneurs en potassium du complexe absorbant sont relativement faibles, elles varient de 0,08 à 0,15 meq\100g, et moyennes pour le

sol d'El Affroun, avec 0,25 meq\100g en surface et diminuent vers la profondeur jusqu'à 0,15 meq\100 (Annexe 7).

Le P et le K constituent avec l'azote du sol les éléments fondamentaux, de la nutrition minérale. En cours d'exploitation de l'orangerie, ils seront apportés par les engrais phosphatés et potassiques [14].

Pour les teneurs en potassium assimilable, d'après les normes d'interprétation (Annexe 6) nous constatons, que notre sol est bien pourvu en cet élément, quant au potassium assimilable la teneur est faible, donc le sol est pauvre en potassium assimilable.

D'après LOUSSERT [14], les normes qui définissent des teneurs de K_2O assimilable et P_2O_5 assimilable (Annexe 7), doivent être interprétées avec précaution, car certains facteurs, comme la richesse du sol en argile ou sa teneur en calcaire actif, peuvent modifier les disponibilités de la terre en P_2O_5 , et K_2O .

Au Maroc, la SASMA, donne des chiffres pour les terres destinées aux plantations d'agrumes, pour les teneurs en phosphore assimilable, dans le sol ayant 30 à 40% d'argile, des teneurs de 0,37 à 0,40 ppm sont des teneurs satisfaisantes.

Pour les teneurs en potassium assimilable, dans le sol ayant plus de 40% d'argile, la teneur en potasse doit être supérieure à 0,95 meq\100g.

Pour ce qui est de nos résultats, le cas du phosphore répond aux normes décrites par SASMA, c'est-à-dire que notre sol est bien pourvu en cet élément, par contre, il est très pauvre en potassium [14].

En surface, cette teneur est de 0,25 meq/100 g et elle est de 0,15 meq/100 g en profondeur.

6-2- Etude du végétal

6-2-1- Effet de l'âge de l'arbre sur la composition minérale des feuilles

Le diagnostic foliaire, permet de déterminer les taux optima en éléments minéraux majeurs et oligo-éléments à atteindre, et de montrer éventuellement s'il existe des déséquilibres trophiques en certains éléments, tant au niveau d'une déficience, afin de relever la carence, qu'au niveau d'un excès pour éliminer si possible l'effet toxique.

6-2-1-1- Azote

En raison du rôle essentiel que joue l'azote dans la plante, cet élément subit des fluctuations importantes au cours de la végétation, par comparaison aux normes de CHAPMAN [124], et celles établies en Corse par CASSIN et al. [125] (Annexe 8,9).

Une teneur faible a été enregistrée pour les arbres d'El Affroun avec 3,03 % de la matière sèche. Pour le verger du Mouzaia où les arbres sont jeunes, on note une teneur élevée de 4,22 % de la matière sèche (Annexe 1, 10).

Les feuilles des deux vergers semblent être assez riches en azote, ceci est certainement, lié à la teneur élevée en azote du sol (Annexe 1), ceci était prévisible, en raison de l'apport de fertilisation qui a précédé nos prélèvements.

La teneur en azote des feuilles, restera élevée, jusqu'à la maturité des fruits, ou elle subira une diminution, ceci peut être dû à une demande accrue en azote durant la phase de grossissement des fruits et à la migration de cet élément vers d'autres organes en formation.

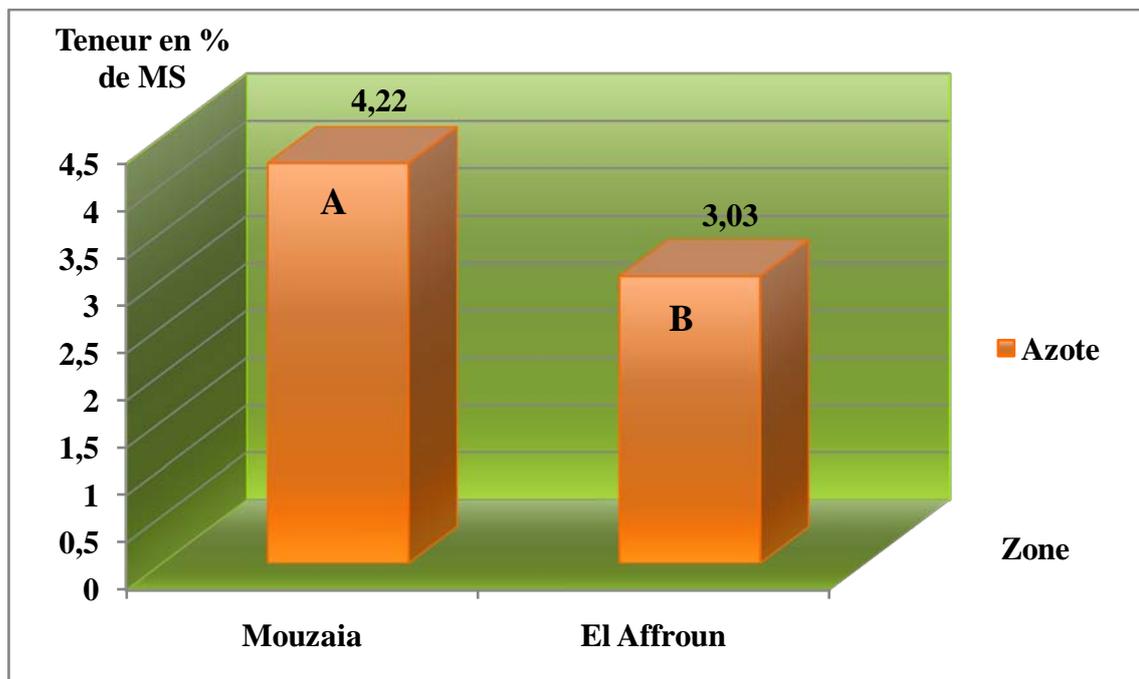


Figure 6.1: L'effet de l'âge sur la teneur de l'azote

L'analyse de la variance (Annexe 11, 12), montre qu'il y a un effet significatif de l'âge de l'arbre sur la teneur de l'azote des feuilles, et nous a donné deux groupes A et B.

6-2-1-2- Phosphore

Les teneurs en phosphore des feuilles du clémentinier sont à l'optimum, elles sont variables selon l'âge des arbres.

Les valeurs obtenues des feuilles du verger d'El Affroun, montrent que sur les arbres âgés, les teneurs fluctuent entre 0.071 et 0.15 % de la MS (Figure 6.2). Alors, que sur les arbres jeunes, elles sont comprises entre 0.05 et 0.18% de MS, mais globalement, elles sont proches de la moyenne de 0.077% MS.

En comparaison aux normes de CHAPMAN [124] (Annexe ç), les teneurs moyennes en phosphore sont à l'optimum (Annexe 10).

En effet, l'analyse du sol (Annexe 1) a révélé, une richesse en phosphore dans la majorité des horizons, surtout dans les horizons profonds, c'est à dire dans la zone exploitée par les racines, ainsi qu'à une diminution d'assimilabilité due au pH élevé.

En effet, l'analyse du sol et du végétal, montrent qu'il y a un faible équilibre dans l'absorption et l'assimilation du phosphore.

Pour la teneur des feuilles en phosphore, on peut les considérer comme faibles par comparaison aux valeurs du sol et aux normes (Annexe 1, 8). Ceci pourrait être en rapport avec les besoins accrus en phosphore, pendant la formation et le grossissement des fruits jusqu'à la récolte, ainsi que par la migration du phosphore vers les autres organes.

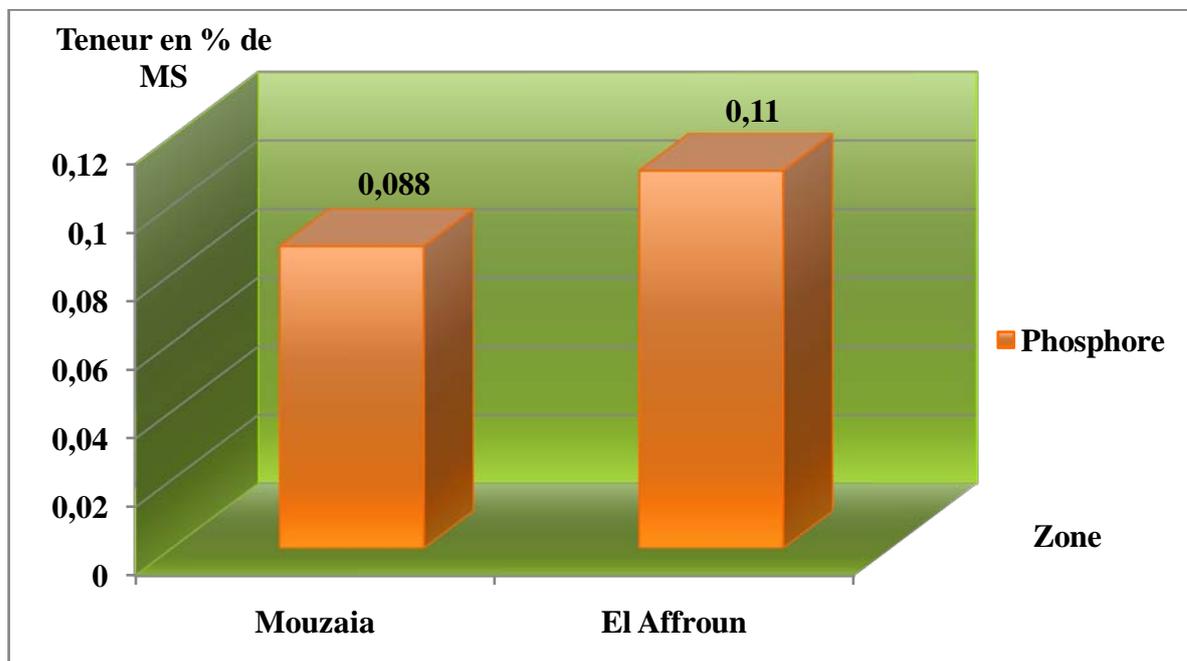


Figure 6.2 : L'effet de l'âge sur la teneur du phosphore des feuilles

6-2-1-3- Potassium

L'analyse des feuilles a montré que les valeurs de potassium varient de l'optimum à l'excès, elles sont de 0.8 à 10.45% MS avec une moyenne 4.74% MS, pour le verger d'El Affroun, même pour le verger de Mouzaia les valeurs de potassium sont généralement élevées. Elles varient de 1.75 à 13.05% MS, à l'exception du premier échantillon, où on a obtenu une faible valeur 0.2% MS (Figure 6.3, Annexe 10).

L'analyse du sol, montre que le potassium est faible dans les deux vergers, le potassium échangeable, est la forme facilement utilisable. Il s'agit des ions K^+ retenus en surface par les charges électriques de l'argile et de l'humus, en équilibre avec les ions libres dans la solution du sol, donc le potassium du sol est absorbé par le clémentinier, qui confirme les teneurs élevées des feuilles en cet élément.

Comparés aux résultats obtenus par HAMDIPACHA [126], BENTCHIKOU [127], HATATBA [128], HALITIM et al. [129] et KHELIL et BENTCHIKOU [130], où ils ont trouvé des teneurs faibles de potassium dans les feuilles du clémentinier, nos résultats sont élevées.

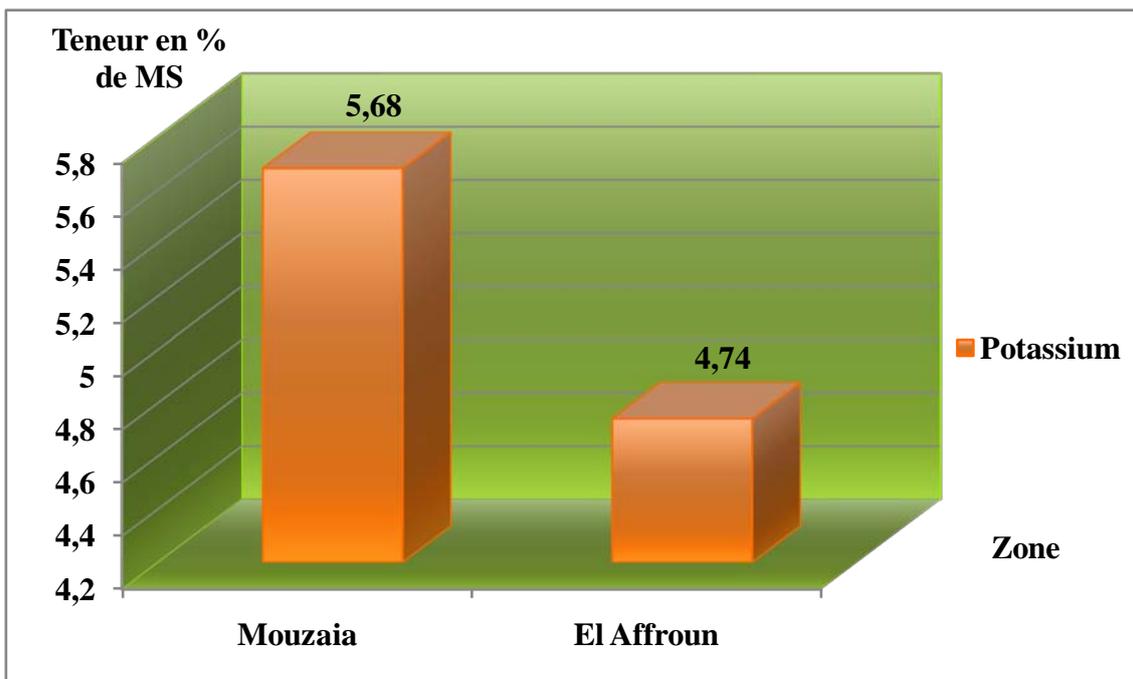


Figure 6.3: L'effet de l'âge sur la teneur du potassium

6-2-1-4- Sodium

On peut rapprocher les niveaux d'évolution des teneurs du sodium, à celles du potassium.

Les résultats d'analyse (Annexe 10), montrent que l'âge de l'arbre influe sur la teneur des feuilles en Na. En effet, au niveau de la zone d'El Affroun, les teneurs sont de 1,09% MS (considérées comme moyennes), alors que, la zone de Mouzaia, où les arbres sont jeunes la moyenne des teneurs en Na est élevée par rapport à celle d'El Affroun avec 2,02 % MS (Figure 6.4).

Le niveau en cet élément qui serait optimal où est élevé, si le drainage des parcelles n'est pas corrigé. En effet, l'analyse du sol a décelé une salinité faible avec une conductivité électrique de la solution aqueuse du sol de 2.41 mmohs/cm (comme moyenne) pour le sol d'El Affroun et de 2.37 mmohs/cm pour le sol de Mouzaia (Annexe 1).

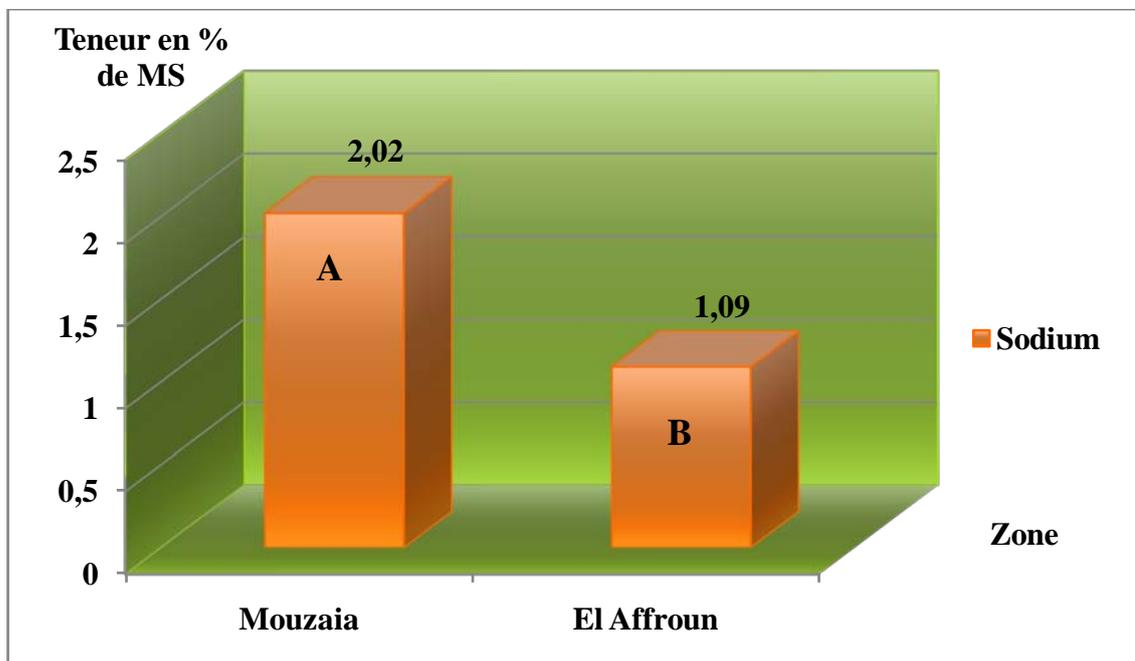


Figure 6.4 : L'effet de l'âge sur la teneur du sodium

L'analyse de la variance (Annexe 17, 18), montre qu'il y a un effet significatif de l'âge de l'arbre sur la teneur de sodium des feuilles, et on a obtenu deux groupes A et B.

6-2-1-5- Calcium

Le calcium a un rôle déterminant, au cours des principales phases de la vie du végétal. Sa présence dans le suc cellulaire est indispensable pour le développement de la plante. Il est impliqué dans la division cellulaire et joue un rôle majeur dans le maintien de l'intégrité de la membrane [133].

Pour notre travail, on constate que les teneurs en cet élément sont optimales à élevées par comparaison aux normes de CHAPMAN [124] et EMBELTON et al. [87] (annexe 8, 9). Les valeurs enregistrées avec les feuilles de la parcelle d'El Affroun varient entre 5.62 et 7.03 % MS, et pour les feuilles de la zone de Mouzaia les teneurs sont de 5.75 et 7.37 % MS (Figure 6.5, Annexe 10).

Les analyses du sol montrent, que nos parcelles sont bien pourvues en cet élément, ce qui confirme son niveau satisfaisant dans les feuilles, aussi confirme les résultats obtenus par KHELIL et HAMDIPACHA [132], qui montrent que le niveau élevé dans les feuilles en Ca est dû au fait que le sol soit assez riche (Annexe 1).

Cependant, cette teneur pourrait gêner l'absorption de certains éléments, tels que le potassium et le phosphore ; le niveau faible en phosphore dans les feuilles par rapport aux autres éléments, pourrait être dû à cette richesse en calcium.

Le calcium s'accumule dans les feuilles, qui s'enrichissent en cet élément au fur et à mesure qu'elles vieillissent. La richesse en calcium a un effet bénéfique sur l'acidité du jus des fruits, en effet cette dernière est réduite par des teneurs croissantes en calcium [133].

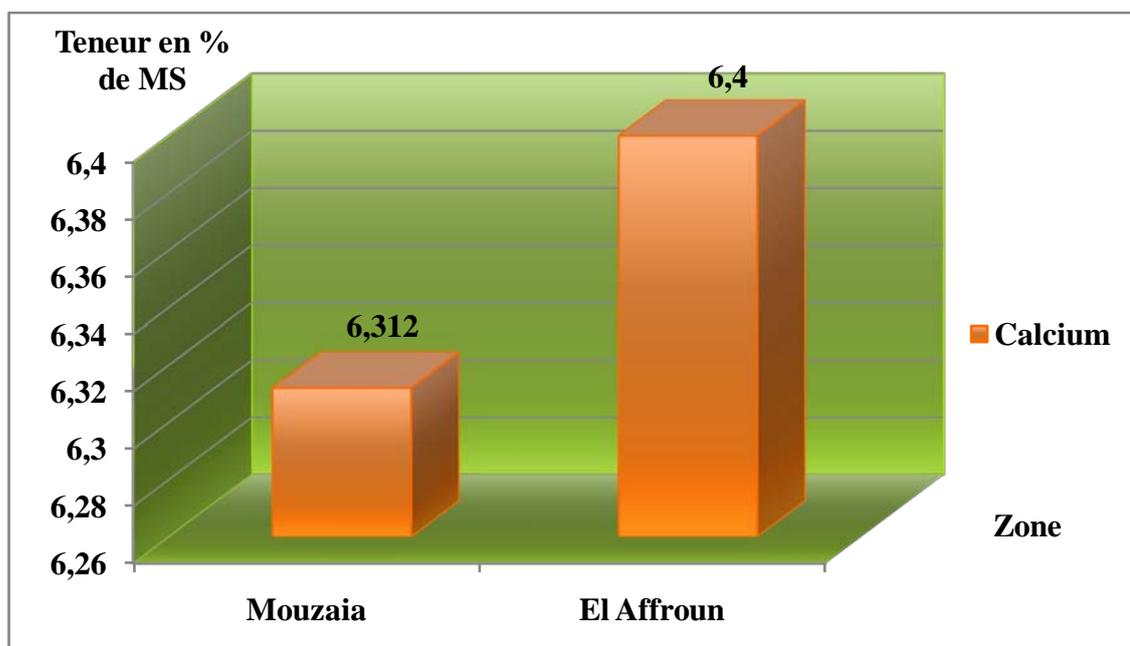


Figure 6.5 : L'effet de l'âge sur la teneur du calcium

6-2-1-6- Magnésium

Le magnésium est un élément très important dans la plupart des fonctions vitales des plantes. La chlorophylle, pigments vert de la plante, est riche en Mg. Ce dernier participe à la formation et à la mise en réserve des sucres, des hydrates de carbone et des vitamines [131].

Les résultats d'analyses (Annexe 10), font ressortir que, les teneurs en Mg des feuilles, comparées aux normes CHAPMAN [124] et EMBALTON [87] (Annexe 8, 9) sont en excès, au niveau de la zone de Mouzaia, elles varient de 1.15 à 3.75% MS à l'exception de deux échantillons, dont l'un est au minimum avec une valeur faible de 0.31 % MS, l'autre au maximum avec un excès de 6.71 % MS (Figure 6.6).

Quant à la zone d'El Affroun, les teneurs en Mg sont comprises entre 0.54 et 2.21% MS, (mais l'ensemble des valeurs sont proches à la moyenne de 1.62% MS). La carence en magnésium a une influence sur le rendement, car il réduit l'activité photosynthétique, l'extrait soluble et l'acidité peuvent être affectés [87].

L'importance des teneurs des feuilles du clémentinier en Mg, peut être due à l'apport de la fumure minérale, qui a été réalisée juste avant le prélèvement des échantillons foliaires.

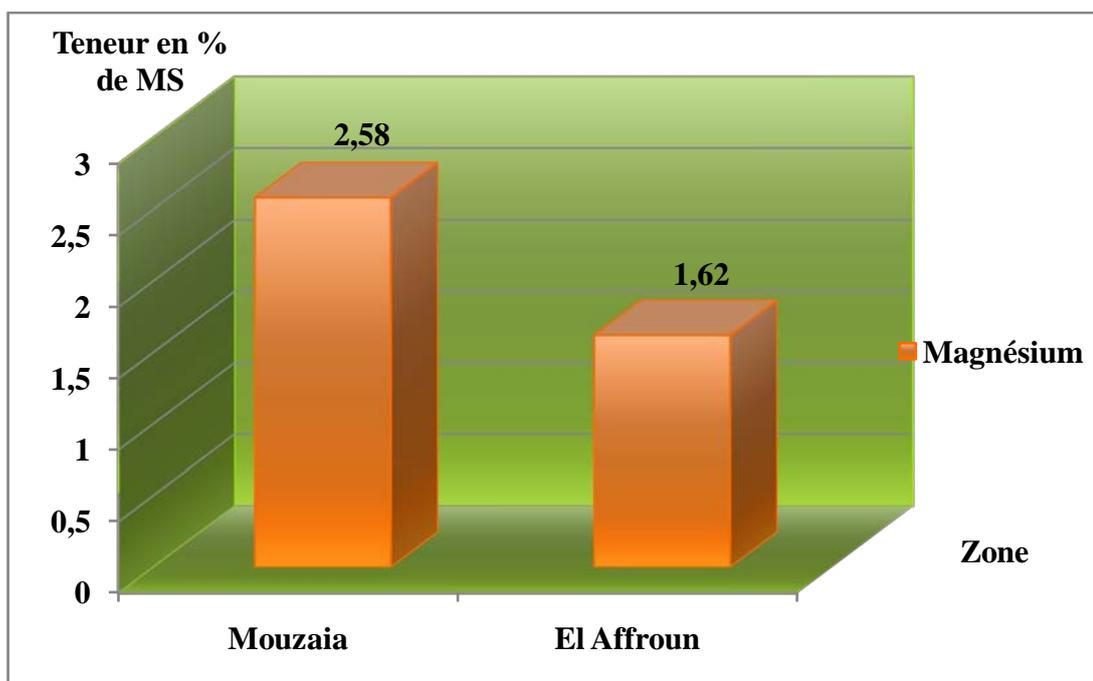


Figure 6.6 : L'effet de l'âge sur la teneur du magnésium

6-2-2- L'interaction entre les éléments minéraux

La synthèse des résultats de CHAPMAN [134] sur les effets d'une déficience, de SMITH [73] sur les effets d'apports d'éléments et d'EMBLETON et al. [87], met en évidence l'influence de l'élévation du taux foliaire d'un élément sur celui des autres. Un excès, ou un manque en un élément, peut provoquer un ou plusieurs déficits et inversement. Ainsi les interactions antagonistes entre K, Ca et Mg sont bien connues. Un diagnostic ne peut donc pas se limiter à l'examen de la teneur en un élément, les relations entre chacun d'eux doivent également être considérées (Annexe 23).

En Corse, l'influence de l'élévation du taux de N sur celui de P et K est vérifiée, elle est très faible sur celui du Ca, mais le niveau du Mg décroît avec les teneurs et les doses croissantes de N. Les niveaux du P, K et Mg sont très influencés par la charge en fruits. La fumure potassique, avec une élévation du K foliaire, provoque bien une réaction antagoniste du Ca et du Mg, et n'a pas d'influence sur le P, mais elle s'accompagne d'une élévation du niveau de N, contrairement aux résultats obtenus dans d'autres situations [135] (Annexe 24).

6-2-3- L'effet de l'âge sur les équilibres ioniques dans les feuilles du clémentinier

6-2-3-1- Influence sur les proportions du sodium et du calcium

Les feuilles prélevées à Mouzaia, sont les plus jeunes, elles se distinguent par une élévation de la valeur du rapport Na/Ca avec 0,32, par rapport aux feuilles des arbres âgés d'El Affroun avec 0,17 (Figure 6.7, Annexe 25).

Les valeurs plus réduites des rapports Na/ Ca, ont un effet dans l'amélioration très nette de cet équilibre Ca/Na dans les feuilles du clémentinier, sans toutefois, atteindre le niveau des feuilles physiologiquement saines.

Les valeurs de ce rapport Ca/Na sont influencées par l'âge des arbres.

6-2-3-2- Influence sur les proportions du sodium et du potassium

Comme pour le rapport Na/Ca, les variations du rapport Na/K dépendent de l'âge de l'arbre.

Les plus importantes valeurs sont obtenues sur le verger de Mouzaia avec 0,36, alors que celles d'El Affroun sont plus faibles avec 0,23 (Figure 6.7, Annexe 25).

6-2-3-3- Influence sur les proportions du sodium et du magnésium

Les plus grandes valeurs de ce rapport Na/Mg, sont obtenues au niveau des feuilles du Mouzaia où le verger est jeune avec 0,78, alors que les valeurs des feuilles de la zone d'El Affroun, sont moyennes avec 0,67 (Figure 6.7, Annexe 25).

6-2-3-4- Influence sur les proportions du phosphore et de l'azote

Les valeurs de ce rapport P/N, sont extrêmement faibles pour les deux vergers, ceci pourrait s'expliquer, par la très faible mobilité du phosphore au niveau de la plante.

Les valeurs de ce rapport sont plus faibles dans les feuilles du verger de Mouzaia avec 0,021, par rapport aux feuilles du verger d'El Affroun avec 0,036 (Figure 6.7, Annexe 25).

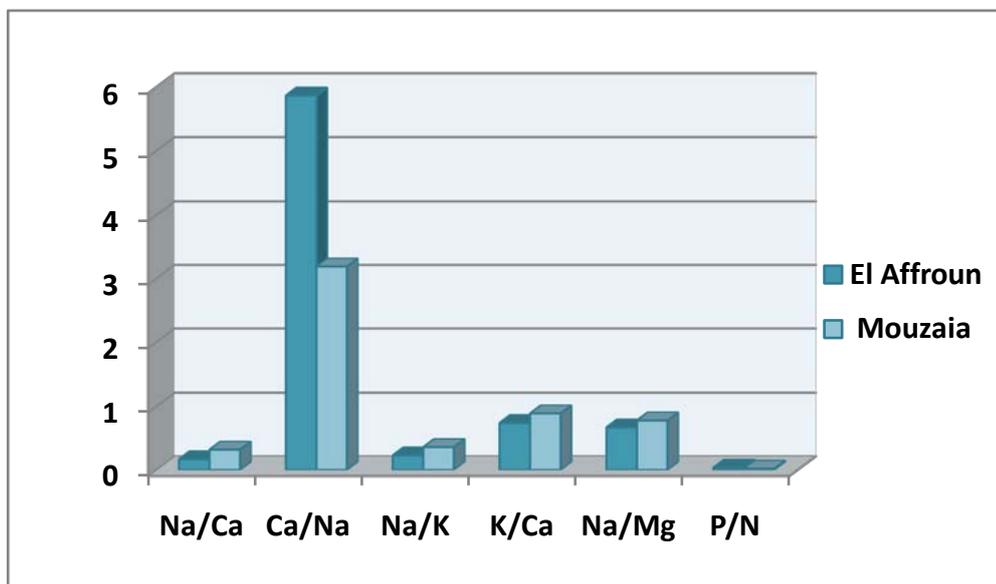


Figure 6.7 : L'effet de l'âge sur les équilibres ioniques

6-2-4- Discussion

Les résultats obtenus, nous permettent de mettre en évidence le rôle antagoniste du NO_3^- sur les ions du P, du Ca et du Na. Le pH a une grande importance ; un abaissement du pH favorise l'absorption et l'assimilation des nitrates, alors qu'une élévation de pH favorise celles des ions ammonium.

Le NH_4^+ se comporte comme un cation antagoniste du K^+ , du Ca^{2+} ou du Mg^{2+} . Des excès de NH_4^+ peuvent provoquer la carence en ces éléments. A l'inverse, une addition de calcium, diminue la toxicité de l'ammonium. Quant à l'ion NO_3^- , en tant qu'anion, il favorise la pénétration des cations et principalement celle du K^+ . Le NH_4^+ favorise l'entre des ions phosphoriques, que gêne au contraire le NO_3^- .

L'effet le plus important obtenu avec le traitement nitrate de calcium, qui peut être attribué d'une part à la salinité du milieu, et d'autre part à l'action, qu'exerce le calcium sur le blocage du magnésium dans les jeunes feuilles.

Les résultats de cet essai semblent montrer que le calcium, régularise l'entrée du sodium dans la plante et empêche son accumulation dans les organes. L'amélioration des équilibres ioniques dans les feuilles avec le traitement du calcium par rapport au traitement du sodium, serait en rapport avec l'absorption des éléments Ca^{2+} et NO_3^- , les effets synergiques qu'ils exercent sur K^+ et Mg^{2+} et les effets antagonistes sur Cl^- et Na^+ .

Le calcium a un effet favorable sur la mobilité du magnésium, du potassium et un effet défavorable sur celle du sodium. L'élévation des teneurs en Ca a considérablement amélioré les équilibres P/Na, Na/Ca et même à un degré moindre le Na/K et le Na/Mg [136].

6-3- Effet du traitement avec l'acide gibbérellique (AG₃) sur le rendement

Notre objectif est l'étude de la cinétique de l'abscission des fleurs et des jeunes fruits, suivant les différents types d'inflorescences observés.

En étudiant globalement l'abscission des organes reproducteurs ; AGUSTI et al. [137], notent que lorsque la floraison est précoce l'abscission des fleurs est plus importante.

Quant à leur importance par rapport à la chute des jeunes fruits, nous remarquons que celle des fleurs est insignifiante chez le clémentinier. Nous avons enregistré sur l'arbre le plus fleuri, une abscission d'organe, reproducteurs globalement importante, ce sont les jeunes fruits qui chutent le plus, et ils proviennent (originaire de) essentiellement des complexes axillaires sans feuilles.

Des variations sont observées au niveau des différents types de fleurs observés concernant la chute des fruits. En effet, on remarque que la pousse florifère sans feuilles, présente un taux de nouaison plus élevé que celle de la pousse florifère feuillée, mais la chute intense se trouve chez les types florifères sans feuilles plus que celle des types florifères feuillées, donc la pousse florifère feuillée, avec une seule fleur présente un intérêt important pour la production [18] [17] [138] [21].

Cette chute intense des jeunes fruits, peut s'expliquer par la concurrence entre les organes ; comme elle peut être liée à d'autres facteurs du milieu dont la pluviométrie et le brouillard, qui a été observé durant le début du mois d'Avril, et une forte humidité. Ces deux facteurs sont défavorables et provoquent l'abscission des organes reproducteurs, donc ces arbres n'ont été traités qu'après une vingtaine de jours.

Au cours de la période allant du mois de Mai à Juin, le clémentinier n'a pas été irrigué, suite aux travaux culturaux faits durant cette période, et après les irrigations, ils ne se sont plus faits régulièrement.

D'après LOUSSERT [14], un manque d'eau au moment de la nouaison peut provoquer une forte chute des fruits en Juin et par conséquent un faible rendement.

Le verger de Mouzaia, n'a donné aucun rendement durant cette année, par rapport à l'année précédente.

Les résultats obtenus dans le verger d'El Affroun, montrent que les arbres traités par le premier traitement T₁ AG₃ du laboratoire, donnent un rendement faible par rapport aux autres, et les arbres traités par l'AG₃ témoin, donnent les meilleurs rendements, par contre le traitement T₂ (AG₃ commercial dissout dans l'eau distillée) donnent un rendement intermédiaire entre les deux traitements (Figure 6.8, Annexe 26).

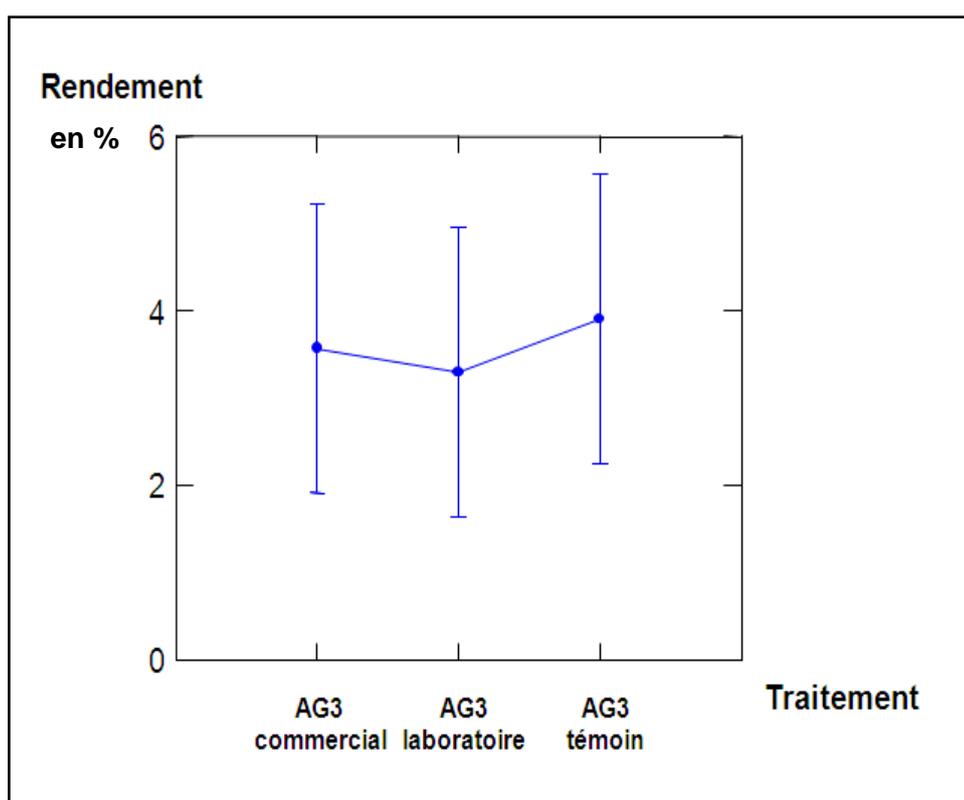


Figure 6.8 : Effet du traitement sur le rendement du verger d'El Affroun

L'activité enzymatique est élevée dans les tissus riches en gibbérellines endogènes; elle est d'autant plus élevée que le tissu est plus riche en gibbérellines. Si l'on apporte des gibbérellines (acide gibbérellique) à des tissus qui n'en contiennent pas ou peu on stimule très fortement l'invertase. Il est logique d'admettre que les gibbérellines endogènes soient des stimulateurs naturels de l'invertase [139].

Le rôle de l'invertase dans la régulation de la croissance a été maintes fois démontré par TEPPAZ-MISSON et GENDRAUD [140], Jones et Kaufman [141], MOLL [142]. Ces travaux, auxquels il faut ajouter ceux, plus récents, de GENDRAUD et PREVOT [143] et de COURDUROUX et al. [144], amènent à comprendre cette action comme résultant d'un enchainement. Les gibbérellines endogènes ou exogènes stimulent l'invertase qui libère ainsi beaucoup d'hexoses dont le catabolisme fournit l'énergie stockée sous forme d'ATP. Cette dernière est utilisée pour l'élaboration des molécules et tout particulièrement des macromolécules de structure, nécessaires lors de la division cellulaire. En résumé, nous pouvons dire que le catabolisme glucidique est centré sur l'action de l'invertase qui se trouve elle-même sous la dépendance étroite des gibbérellines.

6-3-1- La croissance des fruits

Nous remarquons que le fruit issu de l'inflorescence feuillée, présente une croissance plus importante, que les fruits prenant naissance sur les autres types d'inflorescences (sans feuilles), ceci peut s'expliquer par le fait que la pousse florifère feuillée du type ; une fleur avec plusieurs jeunes feuilles est en général produite par des ramifications plus vigoureuses, favorisant ainsi une meilleure alimentation du fruit, ce qui conduit à sa meilleure croissance (Figure 6.9).

La croissance du fruit dépend essentiellement des apports en eau provenant de l'irrigation ou de la pluie. Tout déficit hydrique aura de graves répercussions sur le rendement et sur la qualité du fruit.



Figure 6.9 : Un fruit issu d'une inflorescence feuillée

6-3-2- Effet de l'interaction entre l'activité du traitement et la composition minérale des feuilles

D'après les résultats obtenus, on peut constater que l'interaction entre la composition minérale des feuilles et l'effet de l'acide gibbérellique, est significative dans un seul sens ; la variation des teneurs des éléments minéraux dans la plante influe sur l'activité de l'acide gibbérellique, alors qu'il n'y a aucun effet de l'acide gibbérellique sur la teneur des feuilles en matière minérale (Figure 6.10, 6.11, Annexe 27).

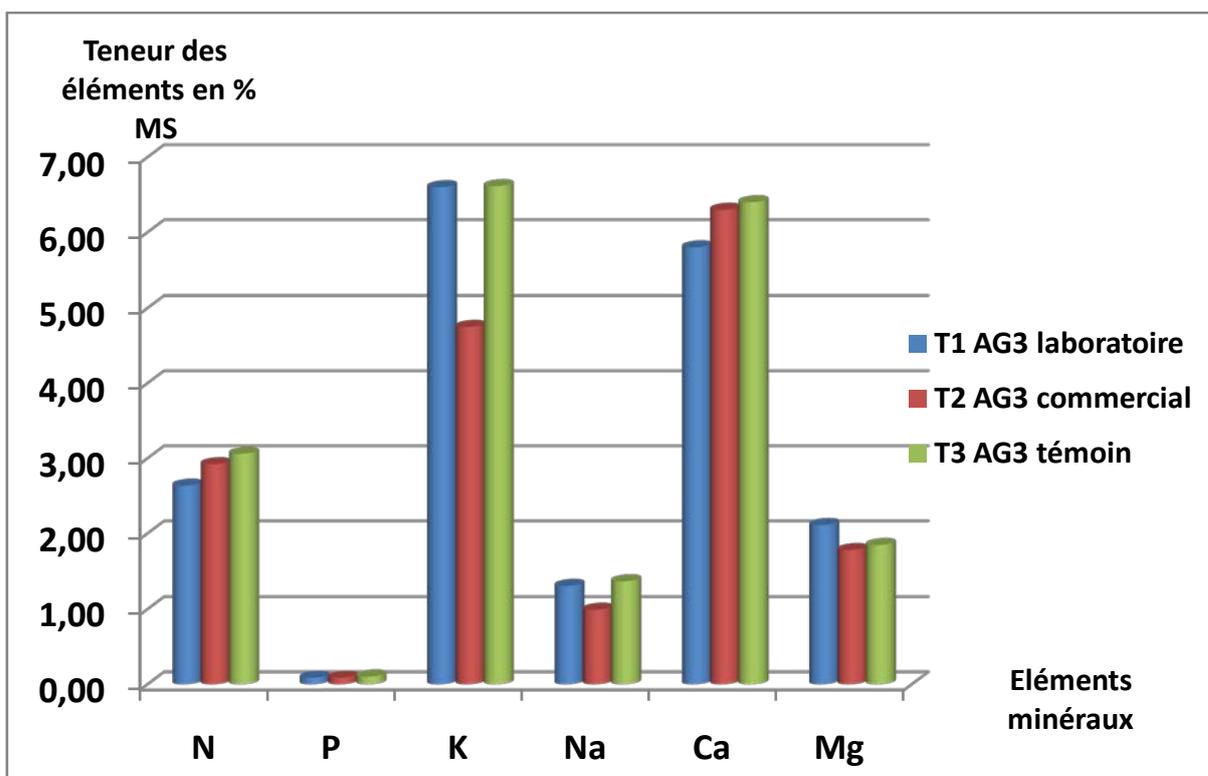


Figure 6.10 : La composition minérale des feuilles, selon le type du traitement

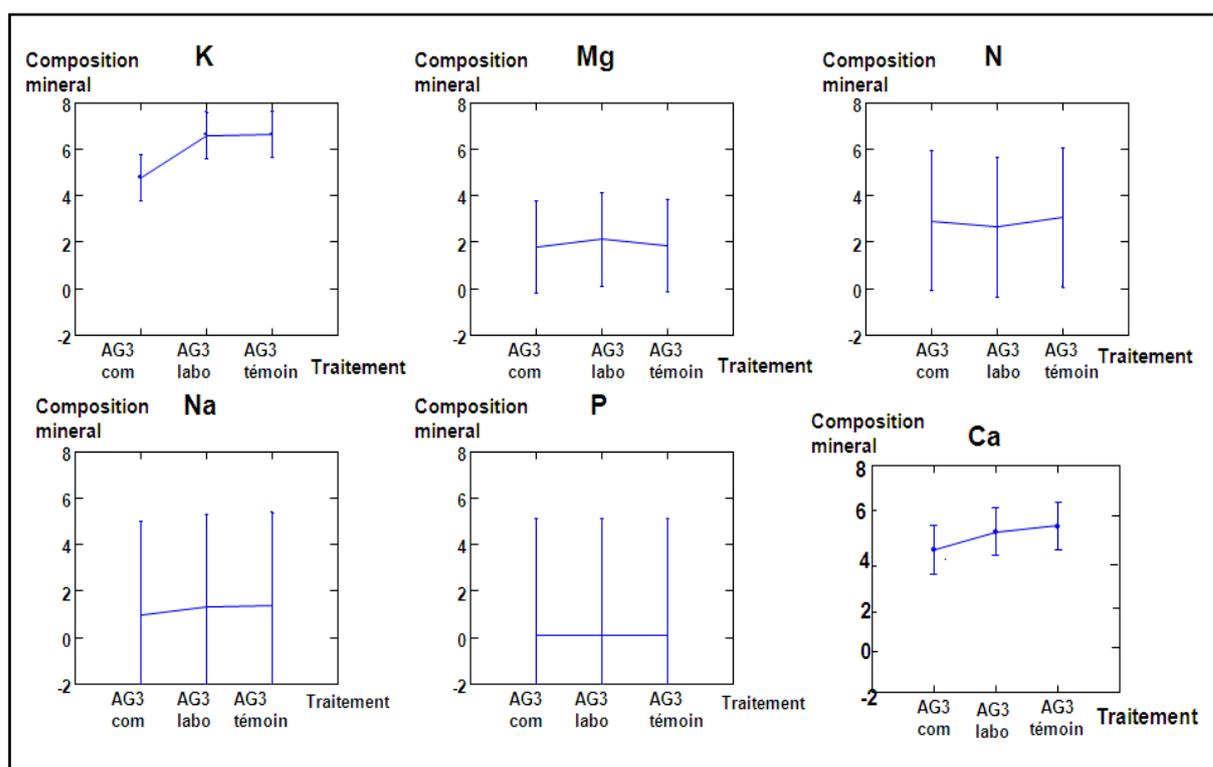


Figure 6.11 : Effet de l'interaction entre l'activité du traitement et la composition minérale des feuilles pour chaque élément

6-3-3- Relation avec le rendement quantitatif et qualitatif

La campagne 2008/2009 est une année exceptionnelle où la production est quasiment nulle sur le verger de Mouzaia, par contre, sur le verger d'El Affroun la production est faible, les mêmes résultats ont été obtenus l'année suivante (2009/2010).

BLONDEL [145], avait trouvé sur un essai du clémentinier SRA63 greffé sur dix porte-greffes, une production plus faible était enregistrée sur le clémentinier greffé sur bigaradier avec 6,6 t/ha par rapport aux autres porte-greffes, quelque soit la région d'étude.

Tandis que BOUDERBALA [146], en étudiant l'influence de trois porte-greffes sur clémentinier clone 2749, a trouvé dans les conditions du milieu de la station de Boufarik, qu'après sept années de plantation, la production moyenne en kg/arbre était de 5,9 sur bigaradier ; la production la plus faible par rapport aux autres porte-greffes.

Alors que, MARTIN-PREVEL et al [147], sur les mêmes porte-greffes, avaient obtenu une production de 22,65 kg/ha pour les arbres greffé sur bigaradier ; donc lorsque le clémentinier est greffé sur bigaradier sa production en kg/arbre ou en t/ha, est plutôt faible, quelque soit les conditions d'étude par rapport aux autres porte-greffes, ou le clémentinier montre les meilleures performances productives.

6-3-3-1- Effet sur le rendement en jus

Les résultats d'analyse obtenus, nous ont permis de constater, que la variation du pourcentage en jus est presque identique avec le poids du jus et le poids des fruits, et on observe que les arbres traités par l'AG₃ témoin, ont donné des valeurs moyennement élevées du taux du jus, qui sont comprises entre 40,95 et 51,55%. Pour les arbres traités par le traitement T₁, on a observé un taux de 50,97%, alors que le traitement T₂ donne les valeurs les plus faibles (Figure 6.12, Annexe 28). Cependant le traitement T₂, donne un poids des fruits total, le plus élevé avec 997g et un poids du jus de 395g (Figure 6.13).

Donc le plus faible rendement en jus est obtenu sur le 5T₂ avec 39,62%, et le 6T₃ avec 40,96% et le rendement le plus élevé est présenté par 4T₂ avec 54,47% du jus.

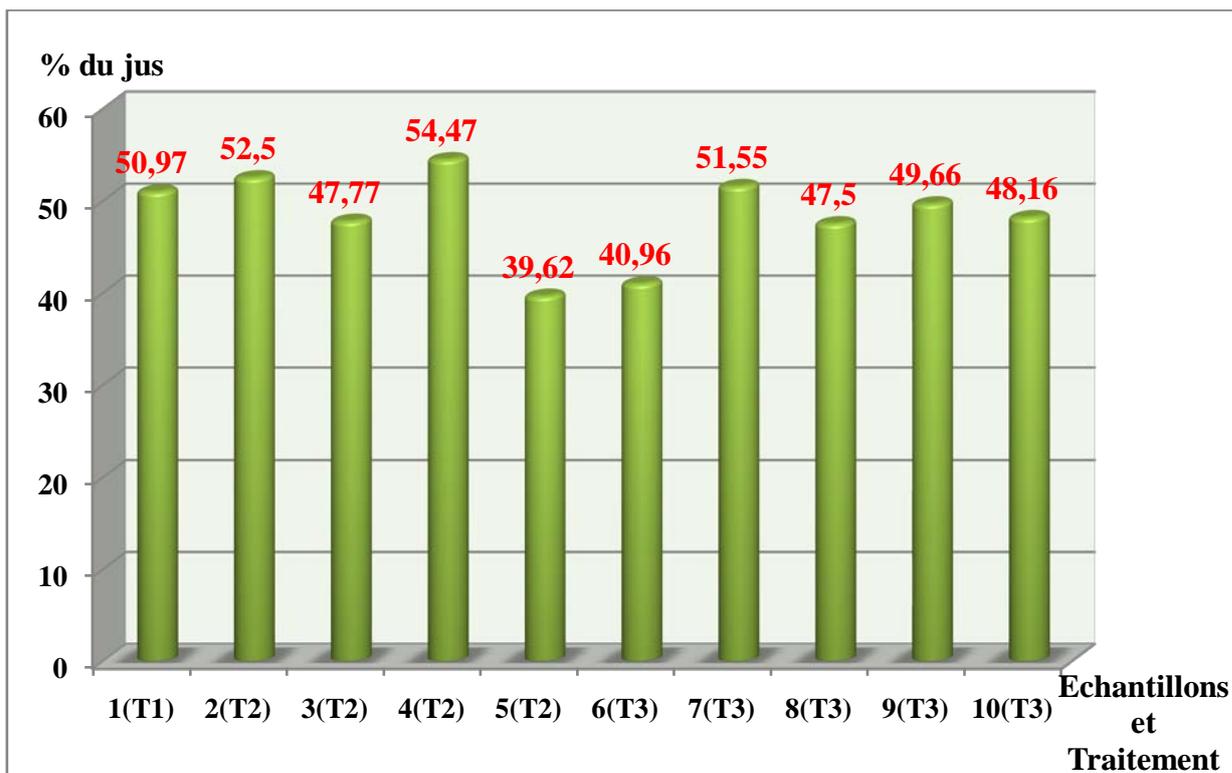


Figure 6.12 : Le pourcentage du jus des fruits

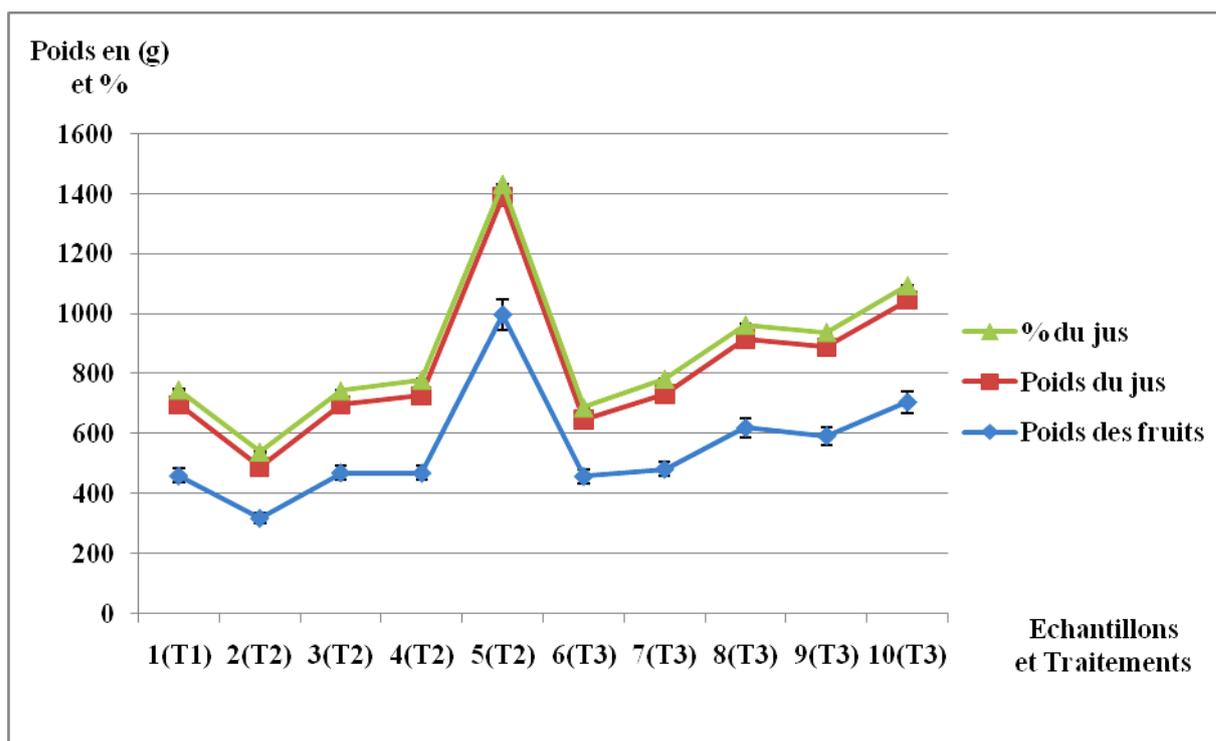


Figure 6.13 : La corrélation entre le pourcentage du jus et le poids des fruits

6-3-3-2- Effet sur le taux de sucre (l'extrait soluble E)

Les analyses faites des fruits ont montré, que le taux de sucre est élevé pour les échantillons des trois traitements. La valeur la plus élevée est obtenue par le 5T₂ avec 13,6%, les valeurs faibles sont présentées par l'échantillon témoin 10T₃, et pour le traitement T₁ présente un taux de sucre élevé aussi avec 13,5% (Figure 6.14, Annexe 28).

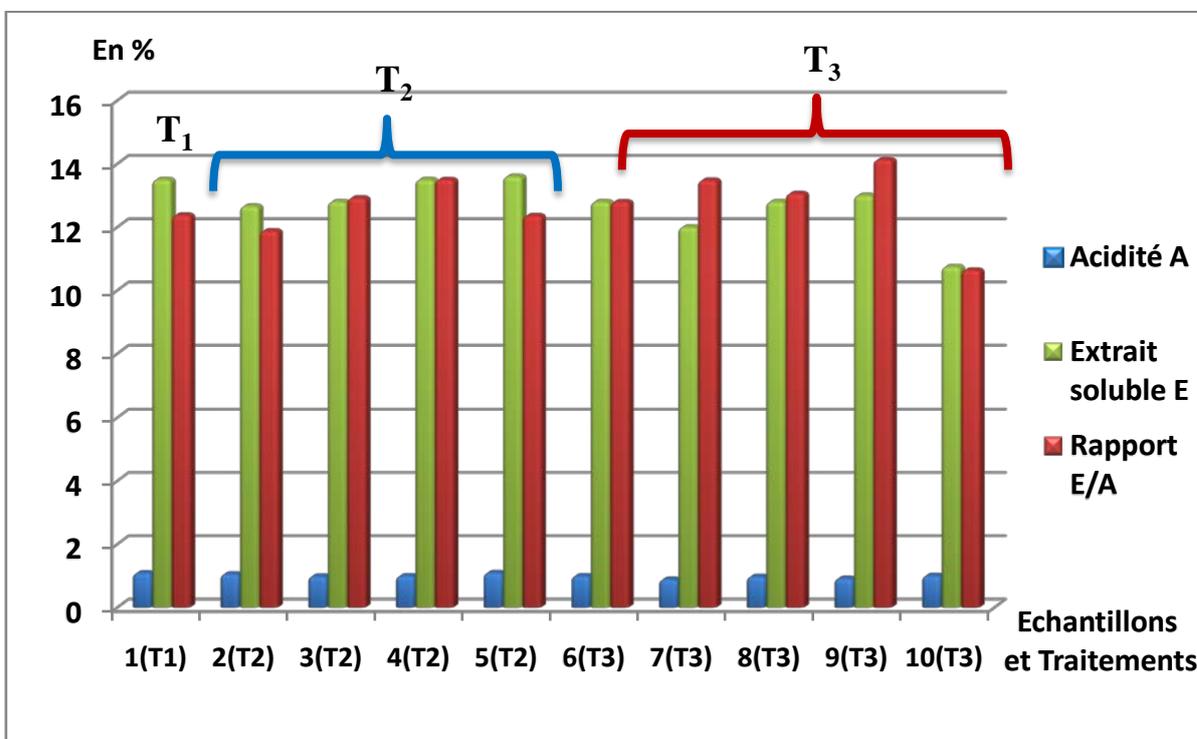


Figure 6.14 : Taux de l'acidité A, taux de sucre E, et le rapport E/A

6-3-3-3- Effet sur l'acidité

Nous avons remarqué que les valeurs de l'acidité ne dépassent pas 1,1% comme une valeur maximale (Figure 6.14), présentée par le clémentinier traité par le deuxième traitement T₂. Pour le traitement T₃ (témoin), on a enregistré les valeurs les plus faibles de l'acidité, qui sont comprises entre 0,89 et 1,01%. Alors que, le traitement T₁ donne une valeur aussi élevée avec 1,09% de l'acidité (Annexe 28).

On peut constater que l'acidité est liée à l'extrait soluble.

6-3-3-4- Effet sur l'indice de maturité

L'indice de maturité est un critère d'appréciation de la quantité organoleptique du fruit. La maturité est essentiellement marquée par l'accroissement de la teneur en sucre du jus et la diminution de son acidité (A), les valeurs conformes du rapport E/A doivent être supérieures ou égales à 7 [148].

Les résultats obtenus, nous ont permis d'observer, que les valeurs du rapport E/A enregistrées, sont élevées en général, et varient de 10.64 à 14.13, ce qui montre, une précocité de maturité pour les trois traitements.

Les arbres traités par le traitement T₃ (témoin), présentent la valeur la plus élevée par 9T₃, et la plus faible toujours au niveau des témoins donnés par 10T₃, en ce qui concerne les deux autres traitements, on a enregistré des valeurs intermédiaires (Figure 6.15, Annexe 28).

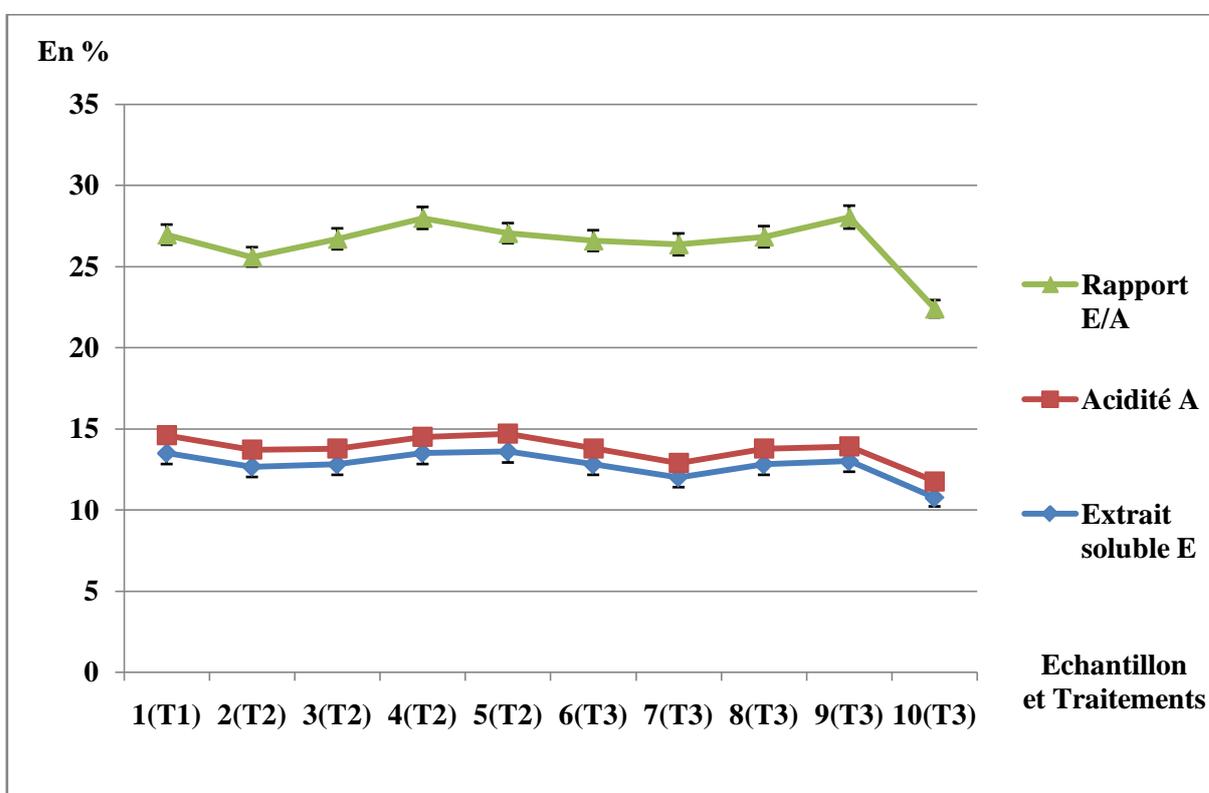


Figure 6.15 : La corrélation entre l'extrait soluble et l'acidité des fruits

6-3-3-5- Effet sur le taux de la vitamine C

Selon les résultats d'analyses obtenus (Annexe 29), on peut constater que les valeurs en générales, sont élevées et comprises entre 66,91 et 93,91 mg/100g.

On a enregistré une valeur élevée au niveau du traitement T_1 , par l'échantillon $1T_1$, et au niveau du traitement T_2 , par l'échantillon $5T_2$, et les autres échantillons de ce dernier traitement donnent des valeurs faibles, où le plus faible taux de vitamine C est enregistré dans le $2T_2$ avec 66,91 mg/100g, alors que les clémentiniers traités par la traitement T_3 (témoins), donnent des valeurs moyennes allant de 72,91 à 90,91 mg/100g de vitamine C (Figure 6.16).

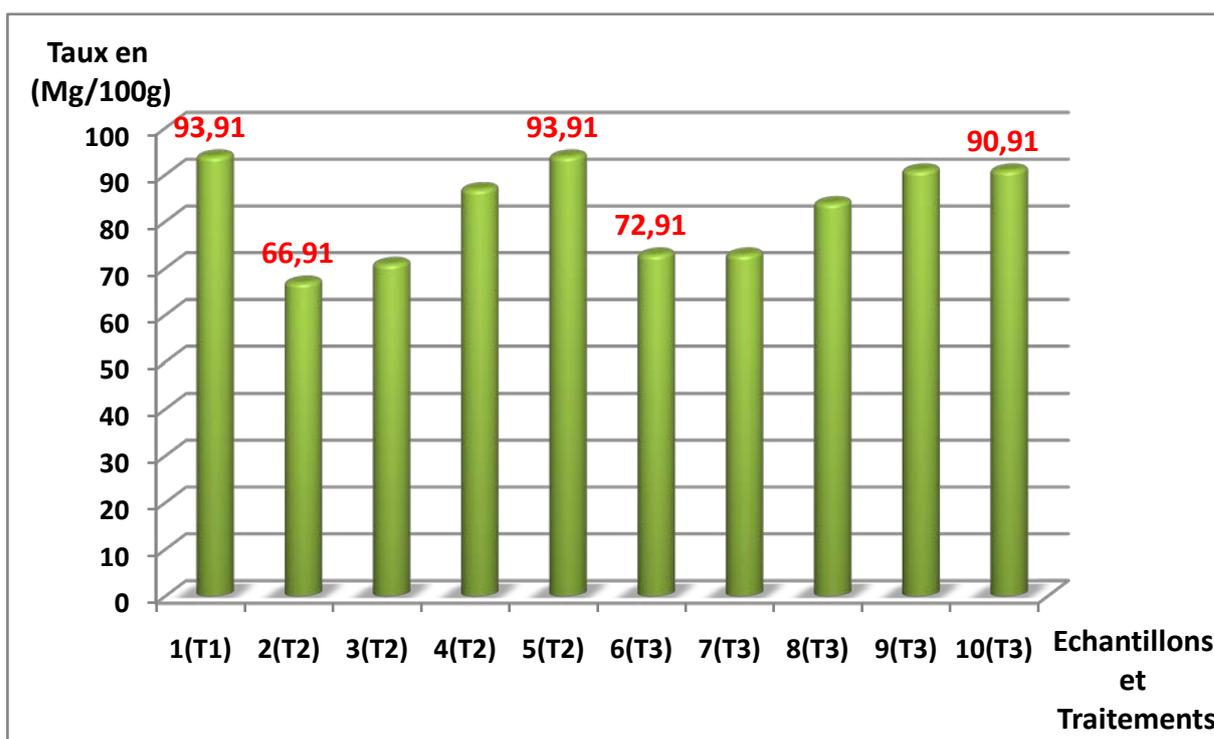


Figure 6.16 : Taux du vitamine C des fruits

6-3-4- Discussion

Les clémentiniers greffés sur bigaradier présentent une faible production par rapport aux autres porte-greffes, selon les travaux qui ont été faites par BLONDEL et al. [149], et BOUDERBELLA [146], ils ont obtenus des rendements respectivement 6.6 t/ha, 5.9 t/ha de production. Alors que, MARTIN-PREVET et al [147], avaient obtenu un rendement de 22.65 t/ha de clémentinier greffé sur bigaradier, les arbres sont de jeunes âge.

En somme, nous pouvons retenir, que lorsque le clémentinier est greffé sur bigaradier, sa production, en kg/arbre ou en t/ha, est plutôt faible quelque soit les conditions d'études.

BLONDEL [145], [150], et [151], avait remarqué que l'intensification de la production augmentait sur tous les petits calibres.

Pour le jus, les normes fixent un seuil minimal pour l'extrait soluble. Ainsi les normes européennes et algériennes fixent cette valeur à 9% [152], la teneur en jus augmente avec la maturité du fruit, si elle est supérieure à 40%, le fruit est alors conforme [148].

Les résultats obtenus, au terme de cet essai, ont montré que cette norme a été largement dépassée sur tous les échantillons. Nous avons constaté, qu'il est sensiblement différent entre les échantillons.

Les conditions écologiques, notamment la pluviométrie ont affecté sérieusement, l'extrait soluble ; effectivement BLONDEL et al [53], avaient étudié l'influence des facteurs écologiques sur la qualité du clémentinier, il avait constaté, alors, que les faibles teneurs en extrait soluble sont enregistrées après une année pluvieuse.

L'application du traitement AG₃ en été (Aout) à une concentration de 10 ppm est suffisamment efficace dans le maintien de la forme du fruit et n'ayant aucun effet négatif sur la couleur de la peau au moment de la récolte. Les traitements de l'automne peuvent être donnés si on veut retarder la récolte, mais il faut prendre en

considération son effet réducteur sur le développement de la couleur de la peau et sur le rendement de l'année suivante [153]. L'interférence au cours de la production des fruits suivant des saisons est certainement due à l'effet inhibiteur de l'AG₃ sur l'induction du bouton floral [154]. Le métabolisme de l'AG₃ appliqué sur *Citrus albedo* peut être lent, et ceci peut expliquer l'efficacité du traitement d'été qui empêche le plissement de la peau [155].

NODIYA et MIKABERIDZE [156], ont signalé que les fruits de *satsuma* traités par l'acide gibbérellique à 60 ppm avant le jaunissement des fruits (fin Septembre à Octobre) ont pris plus de temps pour mûrir et ont eu plus de contenu en vitamine C, mais qu'ils ont eu une peau plus rugueuse. En raison du traitement de l'AG₃, des oranges de *Shamouti* étaient plus fermes, évolués, moins d'éthylène et montrent une accumulation plus lente de l'acide malonique en jus, et ce dans des conditions de stockage de 17°C et sans contrôle d'humidité.

La combinaison de l'AG₃ à 10 ppm avec Benzyladenine (AB) à 10 ppm augmente et prolonge l'effet de l'AG₃ qui retarde le déverdissage des clémentines et des mandarines deux mois de plus. Les applications multiples de 15 jours d'intervalle étaient efficaces. Une application plus ultérieure a eu un léger effet sur la coloration mais a réduit la fissuration des fruits qui est l'un des problèmes de la clémentine sans pépins. L'acide gibbérellique est utilisé généralement pour les récoltes aspermes de *Robinson*, de *Nova*, d'*Orlando*, et de *Mineola tangelos* et de tout autre hybride incompatible [157].

L'application du traitement à pleine floraison ou à 2/3 de pétale tombé, fournit un initiateur nécessaire de la croissance des fruits aspermes. Pour augmenter la dimension du fruit, une pratique courante en Espagne pour pulvériser l'AG₃ à pleine floraison à une concentration de 5 à 15 ppm selon le cultivar, pour le *Fina*, une concentration de 5 ppm est employée, tandis que pour la *Nule* est de 3 à 6 ppm, si la pollinisation est employées dans des vergers de clémentine, le résultat est lui-même les attributs semés de la qualité du fruit [158].

Plusieurs facteurs, comme la température, l'humidité relative, le pH de la solution pulvérisée, et l'agent tensio-actif affectent la prise de l'acide gibbérellique. La prise de l'AG₃ (14°C-AG₃) augmente avec la température de la gamme de 5 à 35°C [159], et la lumière n'a aucune influence dans l'absorption. La prise augmente avec le pH et l'acidification de la solution du traitement (pH 4). Une combinaison de l'AG₃ avec l'huile de pétrole réduit l'efficacité de l'AG₃ contre les endommagements de la peau. L'acidification de l'AG₃ pulvérisé à un pH=4 améliore l'efficacité avec et sans la présence d'huile dans la solution pulvérisée. L'agent tensio-actif L-77 à une concentration 0.025% a donné le meilleur résultat en ce qui concerne la prise et l'activité biologique de l'AG₃ [160].

L'AG₃ pulvérisé est entré au fruit dans lipophile, sous forme non dissociée, plusieurs expériences ont été faites avec les agents tensio-actifs et des agents mouillants indiquent que l'agent tensio-actif ayant le meilleur mouillage où la capacité de propagation n'est pas nécessaire, a montré une plus grande efficacité de l'AG₃ : le Truton-B 1956 était moins efficace, tandis que L-77(0.05%) était très efficace [161].

CONCLUSION GENERALE

La clémentine est une variété extrêmement, sensible et exigeante. Les rendements sont donc la conséquence, tout à fait logique, du manque de soins, voire du laisser aller qui ont, jusqu'à une date récente, caractérisé la conduite, non seulement du verger de clémentine sans pépins, mais également, tous les vergers d'agrumes.

Cependant le clémentinier, beaucoup plus sensible, que les autres variétés, a subi les conséquences, d'une manière plus spectaculaire. C'est ainsi, que de nombreux vergers sont devenus, totalement, improductifs. Alors qu'ils avaient, dans le passé, donné des rendements plus que satisfaisants.

D'ailleurs, le clémentinier ne produit-il pas dans les autres pays du bassin méditerranéen où, pourtant les conditions climatiques sont loin d'être plus favorables que celles de l'Algérie ? Il ne faut donc, surtout pas, irradier les vergers improductifs, mais les reprendre en main rapidement et énergiquement. Donc, il faut faire bénéficier le verger du clémentinier de tous les soins nécessaires.

L'étude bibliographique nous a permis de mieux comprendre les aspects essentiels de la biologie florale des arbres fruitiers.

Le travail personnel entrepris dans le cadre de cette étude, a pour but d'une part de connaître l'effet de l'acide gibbérellique sur l'inhibition du complexe gemmaire du clémentinier, pour orienter la recherche future en tenant compte des résultats obtenus, et d'autre part, d'avoir l'effet de la nutrition minérale des arbres sur la productivité du clémentinier.

Le froid de fin d'hiver et de printemps survenant « brusquement » après une période clémente, font beaucoup plus de ravage que des abaissements progressifs de température sur la végétation « en repos ».

Le régime des températures exerce aussi une influence nette sur le comportement général des arbres, ce qui se répercute sur la qualité des fruits. Il a été montré également qu'il existe un rapport inverse entre la température et l'accumulation des pigments dans la pulpe et l'écorce des oranges.

Il apparaît qu'en zone méditerranéenne, la culture des agrumes nécessite le recours à l'irrigation [2]. Par ailleurs, le secteur des agrumes est un grand consommateur d'eau, la période des irrigations s'étale généralement de mars à octobre [162].

La température maximale est un outil plus simple d'utilisation et peu coûteux, si l'on compare au bac d'évaporation. Cette mesure en verger peut être effectuée chez l'agriculteur. Le calendrier et les intervalles d'irrigations proposés devraient permettre une meilleure gestion des irrigations des agrumes dans la région. Cette méthode offre l'avantage d'être extrapolante à d'autres cultures. Pour compléter cette approche, nous proposons l'installation des sites tensiométriques, 1 à 3 dans chaque CTV (Cellule Territoriale de Vulgarisation) selon type du sol qui seront suivis par les techniciens. L'indication tensiométrique permettra de connaître le démarrage de la saison des irrigations ainsi que l'arrêt ou le démarrage des irrigations après une pluie durant la saison [163].

D'après les travaux entrepris dans les deux vergers d'études, il s'avère que notre sol est de type limono-argileux, il est défavorable au développement d'un système racinaire important. Il correspond à un sol qui se travaille difficilement ; il est à réaction alcaline, et bien pourvu en Ca, Mg, et P ; toutefois ses teneurs en Net K sont moyennes. Le diagnostic foliaire a révélé, en outre, que l'âge des arbres des vergers étudiés présentait une différence entre eux, pour la capacité d'absorption des éléments minéraux.

A la lumière des résultats obtenus pour les deux vergers d'études et par comparaison aux normes de CHAPMAN, nous pouvons conclure :

- Le niveau en azote est à l'optimum et il ne semble pas, qu'il y ait une déficience en cet élément dans les feuilles, la fumure azotée de restitution doit être fractionnée afin de mettre à la disposition de la plante cet élément pendant les phases critiques (floraison, nouaison et après la récolte).

- Le niveau satisfaisant en phosphore et en calcium dans les feuilles et en relation avec la fertilité du sol en ces éléments. Les teneurs importantes en phosphore et en calcium peuvent avoir des effets d'antagonismes avec d'autres éléments.
- Le potassium, le magnésium et le sodium, se maintiennent à des niveaux hauts, ceci peut être dû soit à la présence en quantité excessive, ou à une forte disponibilité en ces éléments au niveau du sol, soit à une mauvaise localisation de ces éléments nutritifs, par rapport à celle du système racinaire.
- L'acide gibbérellique a réduit le nombre de fleurs, essentiellement celles du type sans feuille et a favorisé les types florifères feuillées, qui présentant un intérêt important pour la production. Ceci étant pour les trois traitements réalisés, mais les meilleurs résultats sont présentés chez le traitement T₃ (témoin).
- L'abscission des jeunes fruits suivant les différents types d'inflorescences observés, nous permet de tirer les conclusions : au niveau des arbres témoins les types associés sont très importants (plus de 50%) mais l'abscission des fruits de ce type est aussi très importante (plus de 50%), il ne reste que les fruits provenant des types simples (types florifères feuillées).

Il en est de même pour les arbres traités par d'autres traitements, mais les types simples sont plus importants (45%). L'abscission est moins marquée.

Cependant, il a été observé que les complexes avec des types de pousses florifères feuillées, semblent avoir un meilleur taux de fructification chez le clémentinier, cette prépondérance des pousses florifères feuillées a été observée par divers auteurs dont EL AMAMI [138], sur l'orange et BELLABAS [21] sur clémentinier.

La croissance de la clémentine selon les différents types d'inflorescences observés, nous montre que la phase critique se situe entre le mois de Juillet et Aout, là où les besoins en eau sont accrus. Etant donné que les irrigations étaient très irrégulières durant cette période, ceci a provoqué un ralentissement de la croissance des fruits.

Le clémentinier greffé sur bigaradier présente une faible production par rapport aux autres qui sont greffés sur d'autres porte-greffes. BLONDEL et al. [149], BOUDERBALA [146], ont obtenus des rendements respectivement 6,6 T/ha, 5,9 T/ha de production par contre, MARTIN-PREVEL et al. [147], avaient obtenu une production de 22,65 T/ha de clémentine greffé sur bigaradier, pour des jeunes vergers, où les arbres sont de quatrième année à la sixième année de production. En somme, nous pouvons retenir, que lorsque le clémentinier greffé sur bigaradier, sa production en kg/arbre ou en T/ha, est plutôt faible quelque soit les conditions d'étude, ce qui confirme les résultats obtenus, surtout dans le jeune verger de Mouzaia ou l'absence total de la production.

BLONDEL [145] [150] [151], avait remarqué que l'intensification de la production augmentait sur tous les petits calibres.

La bonne qualité des fruits pourrait être en relation avec la richesse potassique des feuilles, en raison du rôle important que joue cet élément dans le métabolisme des fruits.

Il apparaît à la lumière de cette étude sur les différents facteurs qui influent sur la production de la clémentine, sur l'utilisation de l'acide gibbérellique et l'état nutritionnel des arbres et la richesse du sol en éléments fertilisants, n'ont pas été envisagés parce qu'il y a une autre hypothèse, comme celle de l'impact écologique par ces produits qui influent sur la production de la clémentine, surtout les basses ou fortes températures qui ont un effet néfaste sur la floraison et la fluctuation des précipitations durant la campagne agricole, qui ne sont pas régulières, et une période de brouillard bien remarqué de 20 jours au moment de la floraison, qui a retardé la pulvérisation du traitement l'acide gibbérellique.

L'efficacité et la fidélité de l'action des régulateurs de croissance, sont d'autant meilleures qu'ils s'appliquent à des vergers de haut niveau qualitatif. On sait depuis longtemps que les arbres déficients, répondent mal ou pas du tout à des traitements aux régulateurs de croissance.

Une autre particularité de ces substances, réside dans l'influence considérable des conditions de milieu, au moment du traitement mais aussi parfois immédiatement avant et juste après, sur les résultats obtenus à la suite de ce traitement.

De nombreux essais doivent être conduits pour aboutir à des résultats affirmatifs, et suivis et approfondis dans le cadre d'un vaste programme de recherche.

En fait, on trouve de part le monde, des vergers installés sur des terres à texture très différentes, et une bonne partie de notre orangerie est implantée sur des sols contenant jusqu'à 70% d'éléments fins [2]. Il faut alors prendre des précautions :

- ❖ Drainer pour éviter de réduire la tranche de sol exploitable au-dessous de 1m de profondeur.
- ❖ Eviter les travaux profonds du sol dans les vergers en place, puisque le système racinaire y est superficiel (70% des racines dans les 50 premiers centimètres).
- ❖ Encourager la recherche sur de nouveaux porte-greffes résistants à des virus susceptibles d'entrer dans le pays.
- ❖ Recourir à des systèmes d'irrigations n'ayant que peu d'influence sur la structure (aspersion à faible pulvérisation, systèmes localisés).
- ❖ Contrôler l'alimentation minérale par diagnostic foliaire, car selon les argiles, des éléments comme le phosphore et le potasse peuvent n'être libérés que très peu par le sol si leurs apports ne sont pas localisés.

Références bibliographiques

- 1- **MOHAMED V. 2009.** Tendances récentes du marché des produits de base. Direction des Etudes et des Prévisions Financiers (Ministère de l'Economie et des Finances Maroc), 4 : 9 p.
- 2- **Institut Technique des Arbres Fruitières et de la Vigne (I. T. A. F. V.) 2003.** Monographie de la ferme de démonstration ITAFV de Boufarik, 10 p.
- 3- **M. A. D. A. 2007.** Rapport sur la situation du secteur agricole, Direction des Statistiques Agricoles et des Systèmes d'Information (Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural), 77 p.
- 4- **GOLDSCHMILD E. E., 1967.** Endogenous growth substances in- citrus tissues. Hortscience, 11: 95 – 99.
- 5- **MONSELISE. S. P., 1977.** Growth regulators used to extend the picking season of grape fruits. Primo Congr. Mund. Critic, 2: 393 – 398.
- 6- **GUARDIOLA J., AGUSTI M. et GARCIA F., 1977.** Gibberellic acide and flower development in sweet orange. Prod. Int. soc. Citriculture, 2: 696 – 699.
- 7- **SPREEN T.H., 2009.** Projections de la production et de la consommation mondiales d'agrumes en 2010, Symposium sur les agrumes, La 13^{ème} Réunion intergouvernementale sur les agrumes, FAO, Beijing, Chine, Mai 2001 : 5 – 12.
- 8- **MARCHAL J. et AUBERT B., 1997.** Approches pour une fertilisation raisonnée des agrumes en pépinière = Towards a comprehensive approach in citrus nursery fertilization, In : ICSN. *Congrès*, pp.1-9. World Congress of the International, In Freshfel Europe et Réussir FL du 06/01/09. <https://www.blogger.com/comment.g>
- 9- **F. A. O., 2009.** Food and Agriculture Organization of United Nations. Division de la statistique (F.A.O.STAT.) 3 p.
- 10- **IMBERT E., 2005.** Les agrumes de méditerranée, CIRAD, Fruit Rop, 122 : 4 – 6.
- 11- **GIOVE R. M. et ABIS S., 2007.** Place de la méditerranée dans la production mondiale de fruits et légumes. CIHEAM, 23 : 22 p.
- 12- **CHAPOT H., 1963.** La clémentine, El Awamia. Rev. De la recherche agronomique marocaine I.N.R.A Rabat, 7 : 1 – 35.
- 13- **BRUN et ONILLON J. C., 1978.** Dynamique du verger et estimation des populations de ravageurs inféodés aux citrus. Fruits, 12(33): 807 – 810.

- 14- LOUSSERT R., 1985.** Les agrumes. Ed. J. b, Bailliere, Paris, 136 p.
- 15- MONET R. et BASTARD M., 1970.** Les mécanismes de floraison chez le pêcher. B. T. I., 248 p.
- 16- MENSELISE S. P. et WILLIAMS, 1972.** Recent advances in the understanding of flower formation in fruit trees and hormonal control. Symposium on growth regulators in fruit production, 34(1): 157 – 166.
- 17- LENZ F., 1969.** Effects of day length and temperature on the vegetative and reproductive growth of Washington navel orange. Proceedings first international citrus symposium, 1: 333 – 338.
- 18- MOSS G. I., 1969.** Influence of temperature and photoperiod on flower induction and in florescence development to sweet orange. (*Citrus sinensis* L. osbeck). Jour. Hort. Sui., 44: 34 – 320.
- 19- AYALON S. et MENSELISE S. P., 1960.** Flower bud induction and differnciation in the shamauti orange. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci., 75: 216 – 221.
- 20- HALL A. E., KHATRI M. M. A. et ASBELL C. W., 1977.** Air and sol temperature affect on flowing of citrus. Jour. Amer. Sec. Horticultural, 528:10 p.
- 21- BELLABAS A., 1983.** Contribution à l'étude de la floraison et de la fructification du clémentinier (*Citrus reticulata* Blanco), phénologie de la floraison, localisation et évolution des fleurs et des fruits. D.E.A., Toulouse, 96 p.
- 22- GAUTIER M., 1987.** La culture fruitière, L'arbre fruitier. Technique et Documentation Lavoisier, Paris, Vol. 1 : 492 p.
- 23- PARLORAN J.C., VULLIN C.C. JAQUEMOND et DEPIERRE D., 1981.** Observation sur la croissance des clémentines en Corse. Fruits, 12(36): 755 – 767.
- 24- VANNIERE H. et PARLORAN J. C., 1982.** Relation entre le nombre de carpelle et de vésicules à jus et la grosseur des fruits à maturité chez le clémentinier et l'oranger. Fruits, 78 (37): 435 - 439.
- 25- PARLORAN J.C. et al., 1982.** Contribution à l'étude de la croissance des fruits d'agrumes. Fruits, 1(37) : 3–10.
- 26- BOWMAN F. T., 1961.** Citrus growing in Australia. Angus and Robertson. Sidney. London, Melburne, Willington, 475 p.
- 27- ELOTMANI M., 2005.** Les Agrumes, le Maraichage et le froid hivernal. Transfert de Technologie en Agriculture PNTTA, Maroc, 127 : 4 p.
- 28- ASTIER A., 1979,** Spécial Agrumes Corses. Revue SOMIVAC. Juillet 1979.

- 29- WALAI L. D. E., SKIREDJ A. et ELATTIR H., 2003.** Le bananier la vigne et les agrumes. I.A.V.H.II Rabat. Transfert de Technologie en Agriculture PNTTA, Maroc, 109 : 4 p.
- 30- GILLES B., 2005.** Produire des agrumes en agriculture biologique. CIVAM BIO Corse San Giuliano. Techn. ITAB arboriculture, 4 p.
- 31- CIRAD 2007**
- 32- RICARD et PENON P., 1974.** La croissance des végétaux. Editions que sais je le point des connaissances actuelles, 898 :123 p.
- 33- GUERN, 1967.** Divers aspects de la notion de substance de croissance. Les substances de croissances, journée d'étude et d'information. Collection phytosanitaire, 20 p.
- 34- GAUTHERET, 1983.** Les hormones végétales. Columa – colloque substance de croissance, 642 : 632 – 637.
- 35- HUGAR J., VILLEMUR et CLANET H., 1983.** Les régulateurs de croissance, des outils précieux réservés à une arboriculture intensive et de haute technicité. Arb. Fruit, 350 : 27 – 32.
- 36- BEAUCHESNE, 1967.** Les hormones de bouturage. Les substances de croissance journée d'étude et d'information. Collection phytosanitaire, 20 p.
- 37- CANETTO, 1967.** La lutte contre la chute des fruits, les substances de croissance, journée d'étude et d'information. Collection phytosanitaire, 20 p.
- 38- HIELD H.Z., BURNS R.N. et COGGINS C.W., 1964.** Preharvest use of 2,45 on citrus. Calif. Agric. Exp. Stn. Circular, 528 :10 p.
- 39- DAVIES P.J., 1987.** Le rôle des hormones dans le développement d'une plante. In: Introduction to Plant Physiology, Second edition by WILLIAM G. Hopkins ©1995, 1999 John WILEY et SONS, Inc. Traduit par RAMBOUR S. 2003, Révision scientifique de Charles-Marie Evrard, pp 335 – 365.
- 40- CLANET H., SALLES J.C., VILLEMUR P., FLICK J.D., HERMANN L. et LEFEUVRE M., 1981.** Les substances de croissance en arboriculture fruitière. Possibilités actuelles d'utilisation. AF., 334 : 26 – 28.
- 41- FLICK J. D. et HERMANN L., 1981.** Effet de l'acide gibbéréllique sur le poirier "passe croissance" conséquences sur la fructification en cas de gel à la floraison. Agronomie : 1(5) : 405 – 407.
- 42- GOLDSCHMIDT E.E., 1976.** Endogenous growth substances in-citrus tissues. Hortscience, 11 : 95 – 99.

- 43- MONSELISE S.P., 1979.** The use of growth regulators in citriculture. *Scientia horticultural*, 11: 151 - 162.
- 44- ABELES F.B., MORGAN P.W. et SALTVEIT M.E., 1992.** Ethylene in plant biology. 2 nd. ed. NewYork: Academic Press. In: *Introduction to Plant Physiology*, Second edition by WILLIAM G. Hopkins © 1995, 1999 John WILEY et SONS, Inc. Traduit par RAMBOUR S., 2003, Révision scientifique de Charles-Marie Evrard, pp 335 – 365.
- 45- DAVEIS P.J., 1995.** *Plant Hormones*. Dor. Drecht: kluwer Academic Publishers. In: *Introduction to Plant Physiology*, Second edition by WILLIAM G. Hopkins © 1995, 1999 John WILEY et SONS, Inc. Traduit par RAMBOUR S., 2003, Révision scientifique de Charles-Marie Evrard, pp 309 – 333.
- 46- WENT F.W. et THIMAN K.V., 1937,** *Phytohormones: Biochimie et mode d'action des hormones*. In: *Introduction to Plant Physiology*, Second edition by WILLIAM G. Hopkins © 1995, 1999 J. WILEY et SONS, Inc. Traduit par RAMBOUR S., 2003, Révision scientifique de Charles-Marie Evrard, pp 335 - 365.
- 47- ACKERSON R.C., 1984.** Abscisic acid and precocious germination in soybeans. *Journal of Experimental Botany*, 35: 414 – 421. In: *Introduction to Plant Physiology*, Second edition by WILLIAM G. Hopkins © 1995, 1999 John WILEY et SONS, Inc. Traduit par RAMBOUR S., 2003, Révision scientifique de Charles-Marie Evrard, pp 335 – 365.
- 48- COGGINS C.W. et HIELD H.Z., 1958.** Gibberellin on orange fruit content of ascorbic acid, hydrogen ion and Juice increased while rind color, thickness and texture coarseness decreased. *Cakif. Agriculr.*, 9(12) :11 p.
- 49- COGGINS C.W. et LEWIS L.N., 1965.** Some physical properties of the navel orange rind as related to ripening and to gibberellic acid treatments. *Proc. Amer. SOC. SCI.*, 82:154 p.
- 50- COGGINS C.W. et EAKS I.L., 1967.** Gibberellin research on navel orange. *Calif. Citrograph*, 2(52): 475 – 490.
- 51- LEGGO D., 1968.** Puffing and creasing of oranges – effect of gibberellic acid. *Agric – gaz N.S.W.*, 79: 112 p.
- 52- COGGINS C.W., SCORARIN et KNAPP J.C.F., 1969.** Gibberellin – delayed senescence and essential oil changes in the ravel orange. *Journal of agricultural and food chemistry*, 4(17) : 807 – 809.

- 53-BLONDEL L., 1972.** Utilisation de l'acide gibbérellique en vue de retarder la coloration des clémentines et de lutter contre certains alterations des fruits (Water spot). *Fruits*, 27 : 185 – 192.
- 54-BLONDEL L., 1978.** Effet de quelque substance de croissance sur le clémentinier. *Fruits*, 12(33) : 853 – 855.
- 55-BLONDEL L., 1975.** Action comparée des gibbérellines et de l'incision annulaire sur la fructification du clémentinier en Corse. *Ann. Amel des plantes. I.N.R.A.* vol. 2. n° 25.
- 56-BERTIN, 1969.** Quelque résultat d'essai sur l'acide gibbérellique. *Maroc Fruits*, 331 : 1- 3.
- 57-VANDERWEYEN A. et ELFALI A., 1972.** Résultats de traitements à l'acide gibbérellique du clémentinier après deux années d'expérience. *Assoc. des Prod. d'Agum. du Maroc, Casablanca*, 10 p.
- 58-COGGINS C.W. et HILD H.Z., 1968.** Plant – growt regulators in reuther, BATCHELOR et WEBBER (éditeurs). *The citrus industry*, 11: 371 p.
- 59-KREZDORN A.H., 1969.** The use of growth regulators to improve fruit set in citrus. *Proceeding first international citrus. Symposium*, 3 : 1113 – 1119.
- 60-CASSIN P.G., MARCHAL J. et FAVREAU P., 1979.** La fertilisation et l'entretien du sol des vergers du clémentinier en Corse. *Revue S.O.M.I.V.A.C* Juillet, 91: 71 – 80.
- 61-LOUSSERT R., 1989.** Les agrumes, production. *Ed. Scien. Univ. beyrout*, 2 : 157 p.
- 62-CAMERON J.M. et SROST P.K., 1975.** Evidence for hybrid in F1 Citrus population with pumelo (*Citrus grandis* L osbeck) as one parent; citrus research centr, university of California, Riversid, pp 45 – 90.
- 63-CHAPMAN H.D., 1960.** Leaf and soil analysis in Citrus orchads manuel 25, Calif. *Agnie. Exp. Stat*, pp 1 – 53.
- 64-SMITH P.F. et REUTHER W., 1950.** Seasonal changes in Vlencia orange trees. I. changes in leaf day weitht, ash and macronutrient elements, *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 55:61 – 72.
- 65-ROUTHER W. et SMITH P.F., 1954.** Leaf analysis of Citrus, in: *Fruit nutrition*, pp 257 – 294, NF. CHILDERS, Ed., Horticultural Publication, Rutgers University, USA.

- 66- KOO R.J. et SITES J.W., 1956.** Mineral composition of citrus leaves and fruit as associated with position on the tree, Proc. Amer. Soc. Hort. Sci., 68 : 245 – 252.
- 67- DE VILLIERS J.I. et BEYERS C.J., 1961.** Leaf analysis as a guide to fertilization in commercial orange growing, Plant analysis and fertilizer problems, REUTHER. Ed., Amer. Inst. Biol. Sci., Washington, 8 : 107 – 119.
- 68- DU PLESSIS S.F. et SMART G., 1970.** Die effek van tyd van monsterneming of die blaarsamestelling van Citrus, Citrus J., 439: 13 – 20.
- 69- NADIR et GAGNAIRE, 1974.** Variations de la composition minéral des feuilles d'orangers au Maroc selon leur orientation, leur situation et leur position sur l'arbre, 1^o Congreso mundial de Citricultura, 1 : 129 – 137.
- 70- MARCHAL J., CASSIN J. et MARTIN-PREVEL P., 1975.** Variations saisonnières de la composition minérale des feuilles de clémentinier greffé sur bigaradier, Citrange troyer et Poncirus trifoliata en Corse. Rev. Fruit, 33 : 822 - 827.
- 71- MARTIN-PREVEL P., LOSOIS P., LOCOEUIL J.J. et DELBRASSINE M., 1966.** Echantillonnage des agrumes pour le diagnostic foliaire. Rev. Fruit, 21 : 577- 587.
- 72- JONES W.W., BITTERS W.P. et FINCE A.H., 1944.** The relation of nitrogen absorption to nitrogen content of fruit and leaves in citrus. Proc. Amer. Soc. Hort; sci., 45: 1 – 4.
- 73- SMITH P.F., 1966.** Leaf analysis of citrus, in: temperate to Tropical Fruit Nutrition, pp 208 – 228, N. f. CHILDERS Ed., Horticultural Publication, Rut Rutgers University, USA.
- 74- JONES W.W., PERSON H.E., PARKER E.R. et HUBERTY M.R., 1952.** Effect of sodium in fertilizer and in irrigation water on concentration in leaf and root tissues of citrus trees. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci., 60: 65 – 70.
- 75- EMBALTON T.W., LABANAUSKAS C. et JONES W.W., 1963.** Inter-relation of leaf sampling methods and multinational status of orange bees and their influence on the maud and micro-nutrient concentration in orange leaves. Amer. Soc. Sci., 82: 31 – 41.
- 76- REDRIGUZ SENAS J. et JIMENO MARTIN L., 1974.** Efecto de la position y de la orientacion en el analisis foliar de tres variedades de naranjo. 1^{er} Congreso mundial de citricultura, 1: 221 – 258.
- 77- KELLEY W.P., CUMMINS A.B., 1920.** Composition of normal and mottled leaves. Jour. Agr. Res., 20: 161 – 191.

- 78- HARDING R., RYAN T.M. et BRADFORD G.R., 1962.** A composition of macro-element composition of orange leaves from non fruiting and fruiting terminals. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci., 80: 255 – 258.
- 79- FUDGE B.R., 1941.** Citrus nutrition studies. Fel. Agric. Exp. Sta., Ann. Rep. 1940: 153 – 155.
- 80- ANDERSEN F.G., 1937.** Citrus manuring, its effect on cropping and on the composition and keeping quality of oranges. Jour. Pomol. and Hort. Sci., 15: 117 – 159.
- 81- SAVAGE E.M., COOPER W.C. et PIPER R.B., 1945.** Root systems of various citrus rootstocks. Proc. Fla. State Hort. Soc., 58: 44 – 48.
- 82- COOPER W.C., GORTON B.S. et OLSON E.O., 1952.** Ionic accumulation in citrus an influenced by rootstock and scion and concentration of salts and boron in substrate. Plant Physiol., 27: 291 – 303.
- 83- WALLACE A., NAUDE C.J., MULLER R.T. et ZIDAN Z.I., 1962.** The rootstock-scion influence on inorganic composition of citrus. Proc. Amer. Soc. Sci., 59 : 133 – 142.
- 84- MARCHAL J., MARTIN-PREVEL P., BLONDEL L., CASSIN J. et LOSOIS P., 1974.** Influence des porte-greffes sur la composition foliaire du clémentinier et d'autres espèces d'agrumes sous différents climats. Fruit n° 2, 29: 131 – 147.
- 85- WALLACE A., MULLER R.T. et SQUIER M.G., 1952.** Variability in orange leaves of the same age and collected from a single tree. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci., 60: 51 -54.
- 86- CARPENA O., MONLLOR E., et HELLIN E., 1974.** Nuevo metodo de muestreo en Citrus naranjo. Rev. agronomica, tecnologia alimenta, 14: 255 – 263.
- 87- EMBALTON T.W., JONES W.W., LABANAUSKAS C.K. et REUTHER W., 1973.** Leaf analysis as a diagnostic tool and guide to fertilization, in: the citrus Industry, 3: 183 – 210, REUTHER W., Ed. Univ. Calif.
- 88- STEYN W J A, 1961.** The errors involved in the sampling of citrus and pineapple plants for leaf analysis purposes, in: Plant analysis and fertilizer problems, REUTHER W., Ed. Amer. Inst. Boil. Sci., Washington, 8: 409 – 430.
- 89- MARCHAL J., LACOEUILHE J.J., 1969.** Bilan minéral du mandarinier "Wilking". Influence de la production et de l'état végétatif de l'arbre sur sa composition minérale. Fruits, 24: 299 – 318.

- 90- EPSTIEN, 1972.** Mineral Nutrition of plants: principals and perspectives, NewYork: Weiley. In: Introduction to Plant Physiology, Second edition by WILLIAM G. Hopkins © 1995, 1999 John WILEY et SONS, Inc. Traduit par RAMBOUR S., 2003, Révision scientifique de Charles-Marie Evrard, pp 335 – 365.
- 91- ARNON D.I. et STOUT P.R., 1939.** The essentiality of certain in minute quantity for plants with special reference to copper. *Plant Physiology*, 14: 371 – 375.
- 92- BROUNELL et WOOD, 1972.** Les éléments minéraux: la composition minérale des végétaux. In: Introduction to Plant Physiology, Second edition by WILLIAM G. Hopkins © 1995, 1999 John WILEY et SONS, Inc. Traduit par RAMBOUR S., 2003, Révision scientifique de Charles-Marie Evrard, ch. 4.
- 93- MAZLIAK P., 1974.** Physiologie végétale : Nutrition et métabolisme. ed. 5645, Ed. Harmann, collection méthodes, Paris, 350p.
- 94- STOREY R. et WALKER R. R., 1999.** Citrus and salinity. Merbien,Victoria Australia. *Scientia Horticultura*, 78 : 39 – 81.
- 95- PARLORAN J.C., 1981.** Observation sur la croissance des clémentines en Corse. *Fruits*, 12(36) : 755 – 767.
- 96- CASSIN J., FAVREAU P., MARCHAL J., LOSOIS P. et MARTIN-PREVEL P., 1978.** Principaux résultants concernant l'étude de la fertilisation du clémentinier en Corse. *Rev. Fruit*, 91: 71-80.
- 97- MARCHAL J., CASSIN J., FAVREAU P., LOSOIS P. et MARTIN-PREVEL P., 1978.** Diagnostic foliaire du clémentinier en Corse. *Fruits*, 33 : 822 – 827.
- 98- MARTINAS C., 1979.** Alimentation minérale par les racines dans le sol. *Techniques agricoles*, 2 : 1 – 16.
- 99- COPPENET M., 1980.** Amendement calcique: chaulage. *Techniques agricoles*, 5: 2 – 44.
- 100- BONNEAU M. et SOUCHIER B., 1979.** Pédologie : Constituants et propriétés du sol, pp 358 – 371.
- 101- GAUCHER J., 1968.** Traité de pédologie agricole : Les propriétés chimiques du sol, Ed. Masson, 450 p.
- 102- DOUCHAUFORD P., 1991.** Sol-Végétation. Environnement-pédologique, Edition Masson, 3 : 92 – 99.
- 103- PRALORAN J.C., 1971.** Les agrumes. Collection technique agricole et production tropicale. ed 22, Ed. G. P. Maisonneuve et la rose, Paris 5, 21: 565 p.

- 104- KHELIL A., 1989.** Nutrition et fertilisation des arbres fruitiers et de la vigne. Office des Publications Universitaires, Ben Aknoun, Alger., 67 p.
- 105- BERNE L., 1958.** La nutrition minérale des agrumes. Institut international de la potasse. Librairie LAVOISIER, 71 p.
- 106- MARTIN-PREVEL P., 1978.** Rôle des éléments minéraux chez les végétaux. Rev. Fruit, 7(33) : 521 – 529.
- 107- HELLER R., ESNAULT R. et LANCE C., 2004.** Physiologie végétale: Nutrition. 6^{ème} édition, Ed. Dunod, Paris, 323 p.
- 108- LASNIER I., 1973.** Fertilizing for high yield Citrus. I.P.I bulletin n°4 international potash institutu, 42 p.
- 109- GAUCHER J., 1966.** Agronomie nouvelle. Collection de la terre. Flammarion et cl., editeur n° 7889, 347 p.
- 110- EMBALTON T. W., JONES W. W. et LABANAUSKAS C. K., 1971.** Leaf analysis and phosphorus fertilization of oranges. Citrograpg, 56 : 101 – 124.
- 111- DOTHIL J., 1963.** Elements d'écologie et d'agronomie. Vol 3, édition J. B. Baillière, 400 p.
- 112- MARTIN PREVEL P., GAGNARD J., GAUTIER P., 1984.** l'Analyse Végétale dans le Contrôle de l'Alimentation des Plantes Tempérées et Tropicales., Editions technique et documentation, Lavoisier, Paris., 810 p.
- 113- MARME D. 1989.** The role of calcium and calmodulin in signal transduction. In BOSS W. F. et MORRE D. J. (eds), Second Messagers in plant Growth and Development. New York, A. R. Liss, pp 57 – 80.
- 114- CASSIN P. J., MARCHAL J. et FAVREAU P., 1979.** La fertilisation et l'entretien du sol des vergers du clémentinier en Corse. SOMIVAC, Juillet, 91 : 71 – 80.
- 115- A. N. R. H., 2010.** Donnes climatiques de la Mitidja, statistiques 2006 et 2010. Bureau statistique ANRH Blida.
- 116- LEBDI GRISSA K., 2010.** Etude de base sur les cultures d'agrumes et de tomates en Tunisie. Regional Integrated Past Managment Programm in the Near Est, GTFS. REM. 070. ITA., 93 p.
- 117- LABANAUSKAS C. K., 1966.** Effect of orange leaf washing techniques on removal of surface contaminants and nutrient losses. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci., 89: 201

- 118- LABANAUSKAS C. K., 1968.** Washing citrus leaves for leaf analysis. Calif.agric., 22 : 13 p.
- 119- SMITH P. F. et ROUTHER W., 1950.** Mineral composition of chlorotic orange leaves and some observations on the relation of sample preparation technique to the interpretation of results. Plant Physiol., 25 : 496 – 506.
- 120- LABANAUSKAS C. K. et HANDY J., 1975.** Dry ashing temperature, time and sample size as variables influencing nutrient concentration in Citrus leaf analysis. Hortiscience, 10 : 386 – 388.
- 121- AMMERMAN C. B., MARTIN F. G. et ARRINGTON C., 1970.** Mineral contamination of feed samples by grinding. J. dairy. Sci., 53 : 1514 – 1515.
- 122- VERONIQUE N., 1990.** Interpretation d'une fiche d'analyse du sol. Communication personnelle. Département des sciences du sol. Montpellier, pp 1 – 5.
- 123- DESCALAPON R., 1990.** Les agrumes et les fruits exotiques, comment les planter, les cultiver, les soigner. Edition solar, 151 p.
- 124- CHAPMAN H. D., 1968.** Le diagnostic foliaire et l'analyse du sol dans la plantation d'agrumes comme moyen de guider les pratiques de fertilisation du sol. Fruits et primeurs de l'Afrique du nord, 318 p.
- 125- CASSIN J., MARCHAL J., JUDTE C., TRIBOI A. M. FAVREAU P., LOSOIS P., PERRIER X. et BRUN P., 1981.** A molybdenum deficiency in citrus in Corsica increased by sulfate application. Citrus Congress, Tokyo 1981, 19 p.
- 126- HAMDIPACHA A., 1976.** Diagnostic foliaire chez les agrumes, Mise à point des méthodes d'échantillonnages, Recherche de définitions de "Standards", Applicables à la culture des agrumes en Algérie., Thèse Ing, Agro, INA, Alger., 60 p.
- 127- BENTCHIKOU M., 1981.** Recherche sur la nutrition minérale du vignoble d'appellation d'origine Garantie (V. A. O. G) de la région de Mascara., Thèse Magistère, Institut national Agronomique Hassan-Badi, Alger., 74 p.
- 128- HATATBA R., 1977.** Etat nutritionnelle de quelques vergers du Clémentinier de la Mitidja et du Sahel par la méthode du diagnostic foliaire. PFE, Ingénieur, INA, El Harrach, 65 p.

- 129- HALITIM A., DOGAR A., GANGARAJ U., SELVANATHAN G., RAYER et DIXIT., 1978.** Etablissement des besoins en éléments nutritifs des agrumes dans la Mitidja pour le diagnostic foliaire, Journées d'études CERAG. V III., pp 413-437.
- 130- KHELIL A. et BENTCHIKOU M. E., 1978.** Variations de la composition minérale des feuilles de clémentinier, Premier essai de détermination de la période de stabilité. Fruits, 9(1) : 34 p.
- 131- ELALAOUI A. C., 2007.** Fertilisation minérale des cultures: Les éléments minéraux secondaires et oligo-éléments. Transfert fr Technologie en Agriculture PNTTA, 165 : 4 p.
- 132- KHELIL A. et HAMDY PACHA A., 1976.** Diagnostic sur l'état nutritionnel de quelques vergers de clémentinier de la Mitidja, par l'analyse foliaire. Département Cultures Perennes, INA. HASSAN Badi, Alger. 24 p.
- 133- DE VILLIERS J. I., 1969.** The effect of differential fertilization on the yield, fruit quality and leaf composition of Navel oranges. Proc. First Internat. Citrus Symp., 3 : 1668 – 1668.
- 134- CHAPMAN H. D., 1949.** Citrus leaf analysis. Nutrient deficiencies, excesses and fertilizer requirements of soil indicated by diagnostic aid. Calif. Agr., 3 : 10 – 14.
- 135- MARCHAL J., 1982.** Techniques du diagnostic foliaire des agrumes. Agrumes, 8 : 361 – 398.
- 136- KHELIL A., 1979.** Influence du nitrate de calcium sur la croissance, la composition minérale et les équilibres ioniques du clémentinier alimenté avec une solution nutritive enrichie en chlorure de sodium. Fruits, 3(34) : 179 – 188.
- 137- AGUSTI M., GARCIA MARIE et GUARDIOLA J.L., 1982.** The influence of intensity on the shedding of reproductive structures in sweet orange. Soc. Hort., 17 : 343 – 352.
- 138- EL AMAMI S., 1974.** Contribution à l'étude de l'évolution des pousses de l'année et des inflorescences chez l'oranger Maltaise de Tunisie et son effet sur le calibre du fruit. Annales de l'Institut National de la Recherche Agronomique de Tunisie, fasc. 1, 47: 25 p.
- 139- DANIEL M., 1975.** Substance de croissance, métabolisme glucidique et port des tiges chez *Periploca graaeca* L. Planta (Berl.), 125 : 91-103.

- 140- **TEPPAZ-MISSON C. et GENDRAUD M., 1970.** Activité saccharasique mesurable dans les extraits de tiges de Topinambour cultivés in vitro en relation avec leur mode de croissance. Influence de l'A.G. sur cette activité. C.R. Acad. Sci., D (Paris) 270 : 489- 492.
- 141- **JONES R. A. et KAUFMAN P. B., 1971.** Regulation of growth in Avena stem segments by gibberellic acid and kinetin. *Physiol. Plant.*, 24: 491- 497.
- 142- **MOLL A., 1971.** Lösliche Saccarase bei normalen und durch Gibberellin stimuliertem Längen- wachstum von Zwergerbseninternodien. *Biochem. Physiol. Pflanz.*, 162 : 334 – 344.
- 143- **GENDRAUD M. et PREVOT J. C., 1972.** Etude des adénosine-5'mono, di et triphosphates des pousses de Topinambour (*Helianthus tuberosus* L. var. D. 19.) cultivées in vitro. C. R. Acad. Sci., D (Paris) 274 : 2049 – 2052.
- 144- **COURDUROUX J.C., GENDRAUD M. et TEPPAZ-MISSON C., 1972.** Action comparée de l'acide gibbérellique exogène et du froid sur la repousse et la levée de dormance de tubercules de Topinambour (*Helianthus tuberosus* L.) cultivés in vitro. *Physiol. vég.*, 10 : 503 – 514.
- 145- **BLONDEL L., 1979.** Les facteurs de productivité du clémentinier de Corse. *SOMIVAC.*, 91 : 45 – 47.
- 146- **BOUDERBALA A., 1979.** Influence de trois porte-greffes sur le comportement du clémentinier. Thèse de magister INA, 97 p.
- 147- **MARCHAL J., MARTIN-PREVEL P., BLONDEL L. et CASSIN J., 1975.** Influence de trois porte-greffes et de la fertilisation sur la croissance, le rendement et la composition minérale des feuilles du clémentinier en Corse. *Fruit*, 12(30) : 757 – 771.
- 148- **FOURTASSI M., 1998.** Récolte des agrumes pour déverdisage et conditionnement et importance des écarts de triage. Département de Sidi Kacem, RMT 98-2 : 4 p.
- 149- **BLONDEL L. et JACKMOND C., 1986.** Contribution à l'étude des porte-greffes des agrumes : *Poncirus trifoliata*. *Fruit*, 5(41) : 303 – 464.
- 150- **BLONDEL L., 1982.** Etat des travaux sur les porte-greffes des agrumes à la station de recherches agronomiques de Corse. Colloque international d'agrumiculture le 26 – 28 Avril, pp 70 – 78.
- 151- **BLONDEL L., 1986.** Etat des travaux sur les porte-greffes des agrumes en Corse. *Fruit*, 2(41) : 99 – 111.

- 152- SANCHEZ C. D., BLONDEL L. et CASSIN J., 1978.** Influence du climat sur la qualité des clémentines de Corse. *Fruit*, 12(33) : 811 – 814.
- 153- GREENBERG J., OREN Y., ESHEL G. et GOLDSCHMIDT E.E., 1992.** Gibberellin A₃ (GA₃) on *Minneola tangelo*: Extension of the harvest season and improvement of fruit quality. *Proc. Int. citrus congress, Italy*, 1: 456 – 458.
- 154- MONSELIS S. P., 1985.** Citrus. In handbook of flowering (A.H.Halvey ed., CRC), 2 : 275 – 294.
- 155- RITENOUR M. A. et STOVER E., 2000.** Effects of gibberellic acid on the harvest and storage quality of Florida citrus fruit. *Proc. Florida State Hort. Soc.*, 112 : 122 – 125.
- 156- NODIYA M. G. et MIKABERIDZE, 1991.** Effect of éthylene-producing agents and gibberellic acid on ripening and quality of Unshiu mandarins of ler harvest. *Acta. Hort.*, 553 : 73 – 75.
- 157- BAEZ6SNOUDO R., ZACARIAS L. et PRIMO MILO E., 1992.** Effect of gibberellic acid and benzyladenine an tree-storage of Clementine mandarin fruit splitting in Valencia orange. *J. Hort. Sci.*, 50 : 85 – 90.
- 158- FORNES F., VAN RENSBURG P. J. J., SANCHEZ6PERALES M. et GUARDIOLA J.L., 1992.** Fruit setting treatments effect on two clementine mandarin CVS. *Proc. Int. Doc. Citric., Italy*, 1 : 489 – 492.
- 159- GREENBERG J. et GOLDSCHMIDT E.E., 1988.** The effectiveness of GA₃ applied to Citrus fruit. *Proc. 6 th Int. Citrus Congress*, 3 : 339 – 342.
- 160- GILFILLAN I. M. et CUTTING J. G. M., 1992.** Creasing reduction in navel oranges: Lower efficacy of gibberellic acid in spray mixture containing petroleum oil. *Proc. Int. Soc. Citric., Italy*, 1 : 527 – 529.
- 161- HENNING G. L. et COGGINS J. C. W., 1988.** Bioassay used to determine the impact of surfactants on the biological effectiveness of exogenous gibberellic acid. *Proc. 6 th .Int. citrus congress*, 3 : 325 – 331.
- 162- HELLER R., ESNAULT R. et LANCE C., 1998.** *Physiologie Végétale : Nutrition*. 6^e ed., Edition Dunod, Paris, 323 p.
- 163- NASR Z., 2002.** Une méthode simple de pilotage des irrigations basée sur une estimation simple de l'évapotranspiration par température maximale cas des vergers d'agrumes au Nord-est de la Tunisie. in *Irrigation advisory services and participatory. Extension in Irrigation Management – Workshop organised by FAO-INID.*, 7 p.

LISTE DES ABREVIATIONS

% A : Acidité titrable
% C : Teneur du carbone total
% CaCO₃ : Teneur du calcaire total
% CE : Conductivité électrique
% E : Extrait sec soluble
% H : Humidité hygrométrique
% MO : Teneur de la matière organique
% MS : Pourcentage de la matière sèche
% N : Teneur de l'azote total
2.4.D. : Acide 2.4 dichlorophenoxyacétique
ABA : Acide abscissique
AG₃ : Acide gibbérelline 3
AIA : Acide indol 3 acétique
AIB : Acide indol 3 butyrique
ANA : Acide naphthyl acétique
A.N.R.H : Agence National des Ressources Hydrauliques
ATP : Adénosine triphosphate
°C : Degré Celsius
CE : Coopération Européenne
Ca : Calcium
CaO : Oxyde de calcium
C.T.V. : Cellule Territoriale de Vulgarisation
Cu : Cuivre
CuCO₄ : Carbonate de cuivre
DO : Densité Optique
E / A : L'extrait sec / acidité (l'indice de maturité)
Ed : Edition
FAO : Food Agriculture Organization
HCl : Acide chlorhydrique
HNO₃ : Acide nitrique
H₂O₂ : l'eau oxygénée
H₂SO₄ : acide sulfurique
I.A.V.H. II : Institut Agricole et Vétérinaire Hassan II Maroc
I.T.A.F.V : Institut technique de l'arboriculture fruitière et de la vigne
I.N.R.A. : Institut National des Recherches Agronomiques Corse
K : Potassium
KCl : Chlorure de potassium
K₂O : Oxyde de potassium
K₂CO₃ : Carbonate de potassium
LF : Limons fins
Meq : Milliéquivalent
Mg : Magnésium
mg : Milligramme
Moy. : Moyenne
MT : Mille Tonne
m/s : mètre par seconde

N : Normalité
Na : Sodium
NaOH : Soude
NaHCO₃ : Bicarbonate de sodium
NH₄⁺ : Ammonium
NH₄OH : Hydroxyde d'ammonium
nm : Nanomètre
NO₃⁻ : Nitrate
P : Phosphore
P : Pluviométrie
P.N.D.A. : Programme National du Développement Agricole
pH : Potentiel hydrogène
ppm : Partie par million
q.s.p. : Quantité suffisante pour...
S.A.R. : Station de Recherche Agronomique Corse
S.A.U. : Surface agricole utile
SASMA : Association Marocaine des Services Agricoles
SG : Sable grossier
SF : Sable fin
T° : Température
T₁ : Traitement AG₃ (Laboratoire)
T₂ : Traitement AG₃ (Commercial)
T₃ : Traitement AG₃ (Témoin)
U.S.D.A. : Union des Subdivisions Agricoles Brésil
μmol : Micromole
λ : Longueur d'Onde
C.I.R.A.D : Centre de coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le développement
D.S.A : Direction des Services Agricoles

ANNEXES

I- Etude du sol

Annexe 1 : caractéristiques analytiques du sol

Horizons	Profil (1) : El Affroun			Profil (2) : Mouzaia					
	0- 20 Cm	20-50 cm	50 -80 cm	0 -10 cm	10 – 25 cm	25-41 cm	41-58 cm	58-78 cm	78-100 cm
Granulométrie %									
Argile	53,69	55,05	53,53	44,91	45,35	42,71	46,44	51,24	47,90
Limon fin	0,20	0,23	0,15	0,065	0,10	0,09	0,18	0,13	0,11
Limon grossier	41,4	41,82	43,91	29,68	27,11	31,29	25,78	25,67	42,95
Sables fins	3,19	2,22	1,80	10,54	13,03	11,83	14,31	12,14	5,58
Sables grossiers	1,52	0,68	0,61	14,81	14,41	14,08	13,29	10,82	3,46
Type de sol	Argilo- limoneux	Argilo- limoneux	Argilo- limoneux	Argilo- limoneux	Argilo- limoneux	Argilo- limoneux	Argilo- limoneux	Argilo- limoneux	Argilo- limoneux
Composition chimique									
Humidité %	1,02	1,03	1,03	1,02	1,03	1,03	1,03	1,02	1,03
Matière organique:%	3,17	0,25	1,63	1,85	2,48	2,69	2,80	1,85	1,38
Carbone : %	1,84	0,14	0,95	1,07	1,44	1,56	1,62	1,07	0,80
Calcaire total:%	21,49	25,97	22,83	8,28	8,51	2,91	10,29	19,25	14,32
Calcaire actif:%	18,8	17,8	18,8	18,2	18,6	19,8	19,7	18,9	19
K (meq /100g)	0,11	0,08	0,15	0,25	0,19	0,16	0,16	0,15	0,15
Phosphore (ppm)	35	25	29	34	28	36	24	30	40
Azote total %	2,41	0,81	3,94	1,87	1,8	1,62	1,68	1,68	2,4
Ph	8,08	7,49	8,20	8	8,10	8,16	8,10	8,16	8,04
Conductivité électrique (mmohs/cm)	2,55	1,89	2,79	1,90	2,78	2,57	2,58	2,19	2,2
Rapport C/N	0,76	0,17	0,24	0,57	0,8	0,96	0,96	0,63	0,33

Annexe 2: Les normes de la méthode ANNE de la matière organique.

Les normes	Matière organique (%)
Sol très pauvre	<0,5
Sol pauvre	0,5-1,5
Sol moyennement pauvre	1,5-2,5
Sol riche	2,5-5
Sol très riche	6-15

Annexe 3 : Les normes d'interprétation du calcaire total (CaCO₃ total)

Les normes	CaCO₃ total (%)
Sol peu calcaire	< 5
Sol moyennement calcaire	5-15
Sol calcaire	16-30
Sol très calcaire	>30

Annexe 4 : Les normes de la méthode électrique du pH

Les normes	pH
Sol très fortement acide	4,5<pH<5
Sol fortement acide	5<pH<5,5
sol moyennement acide	5,5<pH<6
Sol légèrement acide	6<pH<6,5
Sol neutre	6,5<pH<7,5
Sol légèrement basique	7,5<pH<8
Sol fortement basique	8<pH<8,5
Excessivement basique	pH>8,5

Annexe 5 : Les normes de la méthode de la conductivité électrique (CE).

Les normes	Conductivité électrique (mmhos/cm)
Sol non sale	CE< 2
Sol peu sale	2<CE<4
Sol sale	4<CE<8
Sol très sale	8<CE<16
Sol extrêmement sale	CE>16

Annexe 6 : Normes d'interprétation pour l'azote (CALVET et VELLEMIN, 1986)

Les normes	Azote (%) KJELDAHL
Sol très pauvre	< 0,05
Sol pauvre	0,05 - 0,1
Sol moyen	0,1 - 0,15
Sol riche	0,15 - 0,25
Sol très riche	> 0,25

Annexe 7 : Echelle des teneurs en P₂O₅ et K₂O assimilables (LOUSSERT, 1985)

Les normes	P₂O₅ assimilable en % de la matière sèche	K₂O assimilable en % de la matière sèche
Terre très pauvre	Moins de 0,12	Moins de 0,12
Terre pauvre	De 0,12 à 0,20	De 0,12 à 0,20
Terre moyenne	De 0,20 à 0,32	De 0,20 à 0,30
Terre riche	De 0,32 à 0,50	De 0,30 à 0,45
Terre très riche	Supérieur à 0,50	Supérieur à 0,45

II- Effet de l'âge de l'arbre sur la composition minéral des feuilles

Annexe 8 : Normes d'analyse foliaires pour orangers d'après H.D.CHAPMAN (1961) sur feuilles du cycle printanière, âgées de 5 à 10 mois, prélevées sur rameaux terminaux fructifères.

Elément	carence	Bas	optimum	Elevé	excès
En % de la matière sèche des feuilles					
Azote	0,60-1,90	1,90-2,10	2,20-2,70	2,80-3,50	>3,60
Phosphore	<0,07	0,07-0,11	0,12-0,18	0,19-0,29	>0,30
Potassium	0,15-0,30	0,40-0,90	1,00-1,70	1,80-1,90	>2,00
Calcium	<2,0	2,0-2,9	3,0-6,0	6,1-6,9	>7,0
Magnesium	0,05-0,15	0,16-0,20	0,30-0,60	0,70-1,0	>1,0
Sodium	*	0,01-0,06	0,06-0,15	0,20-0,25	>0,25
En PPM de la matière sèche des feuilles					
Magnésium	5,0-20,0	21,0-24,0	25,0-100	100,0-200,0	300,0-1000
Cuivre	<4,0	4,1-5,0	5,1-15,0	15,0-20,01	>20,0
Fer	<40	40,0-60,0	60,0-150,0	>150,0	?

Annexe 9 : Valeurs de référence pour l'analyse des feuilles de rameaux terminaux "NF", de la pousse de printemps, âgées de 5 à 7 mois en Californie, d'après EMBALTON et al.(1973).

Elément	Déficient	Bas	Optimum	Elevé	Excessif
% MS N	< 2,2	2,2 – 2,3	2,4 – 2,6	2,7 – 2,8	> 2,8
P	< 0,09	0,09 – 0,11	0,12 – 0,16	0,17 – 0,29	> 0,30
K	< 0,40	0,40 – 0,69	0,70 – 1,09	1,10 – 2,00	> 2,30
Ca	< 1,6	1,6 – 2,9	3,0 – 5,5	5,6 – 6,9	> 7,0 ?
Mg	< 0,16	0,16 – 0,25	0,26 – 0,6	0,7 – 1,1	> 1,2 ?
S	< 0,14	0,14 – 0,19	0,2 – 0,3	0,4 – 0,5 ?	> 0,6
Cl			< 0,3	0,4 – 0,6	> 0,7
Na			< 0,16	0,17 – 0,24	> 0,25 ?
ppm M.S B	< 21	21 – 30	31 – 100	101 – 260	> 260
Cu	< 3,6	3,6 – 4,9	5 – 16	17 – 22 ?	> 22 ?
Mn	< 36	36 – 59	60 – 120	130 – 200 ?	> 250 ?
Fe	< 16	16 – 24	25 – 200	300 – 500 ?	> 1000 ?
Mo	< 0,06	0,06 – 0,09	0 – 0,29 ?	0,3 – 0,4 ?	?
Zn	< 16	16 – 24	25 – 100	110 – 200	300

Annexe 10 : La composition minérale des feuilles dans les deux vergers

Zone	Mouzaia						El Affroun					
	N	P	K	Na	Ca	Mg	N	P	K	Na	Ca	Mg
1	5,03	0,073	0,2	0,8	6,31	1,27	1,25	0,13	3,5	1,75	5,62	1,14
2	3,94	0,067	7,85	2,35	6,06	0,31	1,06	0,102	10,45	2,05	6,05	1,74
3	4,77	0,069	7,4	0,045	5,75	2,01	3,23	0,14	8,7	1,5	6,75	1,97
4	4,38	0,066	3,6	4,45	6,43	2,82	3,67	0,12	1,15	0,4	6,97	1,25
5	4,35	0,05	8,05	5,5	6,18	2,26	3,43	0,15	9,5	0,045	7,03	1,82
6	3,85	0,058	3,5	0,35	6,34	2,23	3,73	0,089	3,3	0,1	5,80	1,73
7	3,89	0,18	13,05	3,65	6,09	6,71	3,09	0,089	0,8	1,55	5,79	1,99
8	3,94	0,108	1,7	0,4	5,84	3,75	3,95	0,071	2,4	2,2	6,32	2,21
9	3,97	0,09	7,45	1,6	7,37	3,29	3,17	0,09	5,15	0,45	6,93	0,54
10	4,05	0,12	3,95	1	6,75	1,15	3,75	0,072	2,4	0,045	6,75	1,84

Annexe 11: Effet de l'âge des arbres sur la composition du l'Azote (N)

Source de Variance	S.C.E	DDL	Carres moyennes	Test F	Proba	E.T	C.V	Signification
Var. Totale		19						
Var. Facteur 1	257,02	1	13,53	22,05	0,0002			
Var. Résiduelle 1	141,51	18	141,51			2,53	10,7%	S
	115,50		6,42					

Annexe 12 : Classement

Zone	El Affroun	Mouzaia
Moyenne	3,03	4,22
Groupes homogènes	B	A

Annexe 13 : Effet de l'âge des arbres sur la composition du Phosphore (P)

Source de Variance	S.C.E	DDL	Carres moyennes	Test F	Proba	E.T	C.V	Signification
Var. Totale		19						
Var. Facteur 1	0,02	1	0,00	0,10	0,7563			
Var. Résiduelle 1	0,00	18	0,00			0,04	40,4%	NS
	0,02		0,00					

Annexe 14 : Classement

Zone	El Affroun	Mouzaia
Moyenne	0,11	0,088

Annexe 15 : Effet de l'âge des arbres sur la composition du Potassium (K)

Source de Variance	S.C.E	DDL	Carres moyennes	Test F	Proba	E.T	C.V	Signification
Var. Totale		19						
Var. Facteur 1	220,93	1	11,63	1,09	0,3108			
Var. Résiduelle 1	12,64	18	12,64			3,40	69,7%	NS
	208,29		11,57					

Annexe 16 : Classement

Zone	El Afroun	Mouzaia
Moyenne	4,74	5,68

Annexe 17 : Effet de l'âge des arbres sur la composition du Sodium (Na)

Source de Variance	S.C.E	DDL	Carres moyennes	Test F	Proba	E.T	C.V	Signification
Var. Totale		19						
Var. Facteur 1	45,32	1	2,39	3,02	0,0962			
Var. Résiduelle 1	6,50	18	6,50			1,47	101,7%	S
	38,81		2,16					

Annexe 18 : Classement

Zone	El Affroun	Mouzaia
Moyenne	1,09	2,02
Groupe	B	A

Annexe 19 : Effet de l'âge des arbres sur la composition du Calcium (Ca)

Source de Variance	S.C.E	DDL	Carres moyennes	Test F	Proba	E.T	C.V	Signification
Var. Totale								
Var. Facteur 1	122,00	19	2,60	0,09	0,9113			NS
Var. Résiduelle 1	13,04	1	13,04			1,60	95,9%	
	108,97	18	2,57					

Annexe 20 : Classement

Zone	El Afroun	Mouzaia
Moyenne	6,4	6,312

Annexe 21 : Effet de l'âge des arbres sur la composition du Magnésium (Mg)

Source de Variance	S.C.E	DDL	Carres moyennes	Test F	Proba	E.T	C.V	Signification
Var. Totale		19						
Var. Facteur 1	48,12	1	2,39	0,29	0,9761			NS
Var. Résiduelle 1	3,02	18	6,50			4,49	78,8%	
	45,10		2,16					

Annexe 22 : Classement

Zone	El Afroun	Mouzaia
Moyenne	1,62	2,58

Annexe 23: Effet de l'élévation des teneurs d'un élément sur les teneurs des autres éléments d'après EMBALTON et al.

- + accroissement 0 effet variable
 - dépression ? effet incertain ou inconnu

Réalisateur EMBELTON et al. = **a**

Référence de cours de SMITH = **b**

Eléments dont le taux foliaire s'accroît	Influence sur les autres éléments										
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Fe	Mn	Zn	Cu
N		-	-	$\begin{cases} a+ \\ b 0 \end{cases}$	+	-	$\begin{cases} a- \\ b 0 \end{cases}$	0	$\begin{cases} a 0 \\ b - \end{cases}$	$\begin{cases} a 0 \\ b - \end{cases}$	$\begin{cases} a 0 \\ b - \end{cases}$
P	$\begin{cases} a- \\ b 0 \end{cases}$		-	+	$\begin{cases} a+ \\ b - \end{cases}$?	$\begin{cases} a- \\ b 0 \end{cases}$	0	+	$\begin{cases} a- \\ b + \end{cases}$	-
K	-	0		-	-	?	$\begin{cases} a+ \\ b - \end{cases}$?	$\begin{cases} a- \\ b 0 \end{cases}$	0	0
Ca	+	0	-		-	?	?	?	?	?	?
Mg	0	0	-	-		?	0	?	+	+	-
S	-	-	-	+	-		?	?	?	?	?
B	0	-	+	-	-	0		?	-	0	0
Fe	?	-	+	+	?	?	?		?	?	?
Mn	0	0	$\begin{cases} a 0 \\ b + \end{cases}$	0	-	?	0	0		0	-
Zn	0	0	+	-	-	?	0	0	$\begin{cases} a 0 \\ b - \end{cases}$		-
Cu	0	0	+	0	0	?	0	?	-	-	

Annexe 24 : Influence de doses croissantes de K sur les teneurs des feuilles du clémentinier dans une expérimentation en Corse. (MARCHAL, 1982)

Signification : à 5 % *

à 1 % **

% MS	K	N	P	Ca	Mg
K ₀	0,72	2,49	0,128	7,14	0,320
K ₁	0,84	2,54	0,133	7,08	0,280
K ₂	0,91	2,58	0,134	6,90	0,267
K ₃	1,05 **	2,64 *	0,136 N S	6,80 *	0,242 **

Annexe 25 : Les valeurs des proportions entre les éléments minéraux dans des deux vergers

Les proportions	Vergers d'El Affroun	Vergers de Mouzaia
Na/Ca	0,17	0,32
Ca/Na	5,87	3,19
Na/K	0,23	0,36
K/Ca	0,74	0,89
Na/Mg	0,67	0,78
P/N	0,036	0,021

III- Effet du traitement sur le rendement de la *clémentine*

Annexe 26 : Analyse de la Variance de l'effet du traitement sur le rendement (par logiciel Paste et statistica)

Source	Sum-of-Squares	df	Mean-Square	F-ratio	P
TRT\$	1,327	2	0,663	0,034	0,966
Error	346,303	18	19,239		
Durbin-Watson D Statistic 1,348					
First Order Autocorrelation 0,257					

Annexe 27: Analyse de la variance de l'effet de l'interaction entre l'activité du traitement et la composition minérale (par logiciel Paste et statistica)

Source	Sum-of-Squares	Df	Mean-Square	F-ratio	P
TRT\$	5,168	2	2,584	0,509	0,603
MM\$	420,808	4	105,202	20,712	0,000
Error	497,780	98	5,079		
Case 78 is an outlier (Studentized Residual = 8,932)					

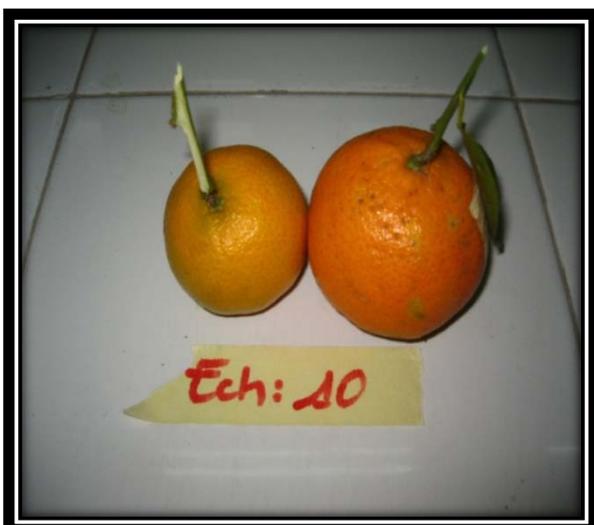
Annexe 28 : Résultats d'analyse de fruits de l'acidité, l'extrait soluble et l'indice de maturité.

Echantillon	N° des fruits	Poids total des fruits	Poids du jus	N° de pépins	E	A	E / A
1	6	320	168	< 3	12,6	1,06	11,88
2	6	459	188	4- 8	12,8	1,0	12,8
3	6	471	225	3- 6	12,8	0,99	12,92
4	6	483	249	1 sans	12	0,89	13,48
5	6	621	295	1- 3	12,8	0,98	13,06
6	6	594	295	1-4	13	0,92	14,13
7	6	470	256	2 sans	13,5	1,0	13,5
8	6	706	340	Sans	10,75	1,01	10,64
9	6	461	235	1-2	13,5	1,09	12,38
10	6	997	395	sans	13,6	1,1	12,36

Annexe 29 : Résultats d'analyse de fruits de la vitamine C et de la matière sèche.

Echantillons	Vitamine C		Matière sèche					
	Volume	Mg / 100 g	Tare	Tare + 20 g	Poids sec (g)	Poids d'eau (g)	% matière sèche	% d'eau
1	0,79	66,91	8,76	11,63	2,57	17,43	12,85	85,15
2	0,85	72,91	15,61	18,48	2,61	17,39	13,05	86,95
3	0,83	70,91	18	20,74	2,57	17,43	12,85	87,15
4	0,85	72,91	14,39	16,77	2,18	17,82	10,9	89,1
5	0,96	83,91	13,69	16,49	2,55	17,45	12,75	87,25
6	1,03	90,91	13,61	16,38	3	17	15	85
7	0,99	86,91	14,36	17,13	2,56	17,44	12,8	87,2
8	1,03	90,91	13,58	16,38	2,54	17,46	12,7	87,3
9	1,06	93,91	13,97	17,19	2,96	17,04	14,8	85,2
10	1,06	93,91	15,33	18,36	2,76	17,24	13,8	86,2

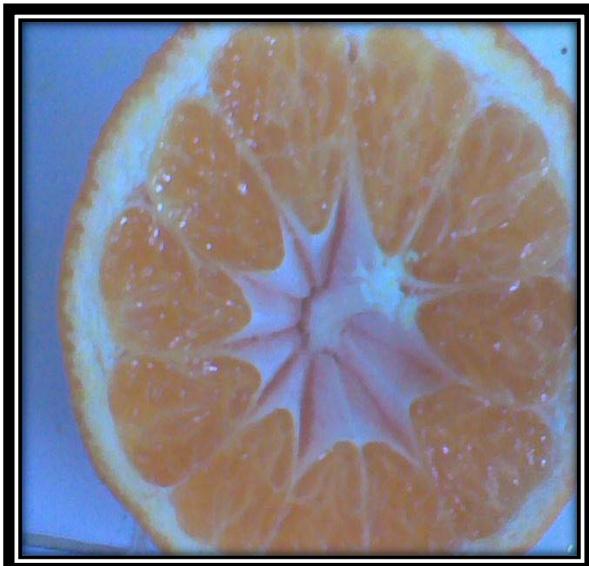
Annexe 30 : Les illustrations présentent les échantillons récoltés







Annexe 31: Présentation d'une coupe horizontale des fruits du clémentinier



Annexe 32 : Fiche descriptive de la variété *clémentinier* ordinaire

(*Citrus reticulata* Blanco) / clone 2748

greffée sur *bigaradier*

- **Espèce** : Agrumes
- **Variété** : Clémentinier ordinaire
- **Clone** : 2748
- **Origine** : Station expérimentale de Boufarik
- **Localisation** : Station Annexe II / parcelle 10

I- Caractères Morphologiques de l'arbre :

- **Vigueur** : Moyenne
- **Port** : Erigé
- **Feuille** : Longue, étroite et vert-foncé
- **Productivité** : Faible

II- Caractères Phénologiques :

- **Epoque de la floraison** : Mars - Avril
- **Epoque de maturité** : Novembre
- **Echelonnement de la récolte** : 45 jours

III- Caractères Pomologiques :

- **Calibre** : 57,50 mm
- **poids moyen** : 60,50 g
- **Coloration** : Orange
- **Forme** : Arrondie
- **Cavité pédonculaire** : Superficielle
- **Base** : Superficielle
- **Peau** : Fine peu rugueuse
- **Adhérence de la peau** : Adhérente
- **Nombre de quartiers** : 10
- **Couleur de la pulpe** : Orange
- **Nombre de pépins** : /

IV- Caractères technologiques :

- **Qualité gustative** : sucrée
- **Taux de jus** : 41,27 %
- **Arôme** : parfumée
- **Indice de maturité** : 08,82 %

V- Appréciations Générales :

- **Aptitude à la manipulation** : Moyenne
- **Aptitude à la conservation** : Moyenne
- **Résistance au transport** : Moyenne
- **Destination** : En frais, en jus

