

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR

ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

INSTITUT NATIONAL AGRONOMIQUE EL HARRACH ALGER

المعهد الوطني للعلوم الفلاحية الحراش الجزائر

MEMIORE PRESENTE

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE MAGISTER EN SCIENCE
AGRONOMIQUE

Option: Pédosphère

Thème

Evaluation de l'état nutritionnel en
éléments majeurs essentiels d'un verger
agrumicole de la plaine de la Mitidja

Présenté par:

OTHMANI ZAHIA

Devant le jury composé de

Président: M^r DJILLI K. Professeur

Promoteur: M^r DAOUD Y. Professeur

Examineurs: M^r DRIDI B. Maître de conférence

M^{me} KOURGLI N. Chargée de cours

Année universitaire 2005 - 2006

Remerciements

Remerciement

Grâce à Dieu qui m'a donné le courage et la volonté, le mémoire a été achevé.

Il m'est très agréable en cette heureuse occasion de fin d'étude d'exprimer mes plus vifs remerciements à toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont participé à l'élaboration de ce travail.

D'abord, à tous les professeurs et enseignants du département de pédologie de l'INA El Harrach, qui ont contribué à ma formation, et surtout, je remercie vivement monsieur DAOUD Y, pour avoir accepté de diriger cette mémoire de magister, pour sa patience, son aide, son suivi et ses conseils durant le travail.

A M^r DJILI K., pour avoir bien voulu présider le jury.

A M^r DRIDI B., et M^{me} KOURGLI, qui ont accepté de faire partie de mon jury, qu'ils en soient remerciés.

Je vous remercie également Mr REZIG A., mon enseignant et mon promoteur à Blida.

Sans oublier tous les employés et responsable de la station expérimentale de l'institut technique de l'arboriculture fruitière et de la vigne de Tessala El Merdja et leur bibliothèque, et toutes les personnes et responsable du laboratoire de la station expérimentale de l'institut national de la recherche agronomique (INRA), ainsi que les personnels des bibliothèques centrale de l'INA, et de Blida.

Résumé

Les agrumes représentent la première production fruitière dans le monde.

Ce travail consiste à évaluer l'état nutritionnel d'un verger d'agrumes de la plaine de la Mitidja, par le diagnostic foliaire.

Les analyses concernent les éléments majeurs essentiels, l'azote, le phosphore, et le potassium.

Les principaux résultats obtenus montrent que, toutes les variétés présentent des teneurs faibles en azote, en phosphore, et en potassium.

L'espèce affecte la teneur foliaire pour l'azote et le phosphore, elle n'affecte pas la teneur foliaire en potassium.

L'effet du porte-greffe sur la teneur foliaire en azote et en phosphore est significatif.

Le sol présente un bon état de fertilité concernant les éléments majeurs essentiels. Il existe une corrélation significative entre la teneur foliaire et la teneur du sol pour le phosphore et le potassium.

Pour le phosphore, la teneur foliaire semble indépendante de la teneur assimilable du sol.

Mots clés: éléments majeurs, agrumes, diagnostic foliaire.

Summary

Citrus fruits represent the first fruit production in the world.

This work consists in valuing the nutritional state of an orchard of the plain of the Mitidja, by the method of the diagnosis foliaire.

The analyses concern the essential major element.

The main gotten results go up that

All varieties present weak contents in nitrogen, in phosphor, and in potassium.

The species affect the content foliaire for nitrogen and the phosphor, it doesn't affect the content foliaire in potassium.

The effect foliaire in nitrogen and in phosphor is meaningful.

Soil presents a good state of fertility concerning the elements major essentials.

A meaningful interrelationship exists between the content foliaire and the content of soil for nitrogen and potassium. For the phosphor the content foliaire seems independent of the assimilated content.

Key words: major elements, Citrus fruits, diagnosis foliaire.

Sommaire

SOMMAIRE

Introduction.....1

CHAPITRE I. ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

1. Les agrumes dans le monde.....3
2. Les agrumes en Algérie.....4
3. La nutrition minérale des agrumes.....7
3.1. Les exigences des agrumes.....7
3.2. Les besoins en eau.....7
3.3. Les besoins en éléments minéraux.....8
4. Les éléments majeurs essentiels.....10
4.1 Leur rôle physiologique.....10
4.2. Les symptômes de carence.....11
4.3. Les interactions entre les éléments.....12
5. Les porte-greffes utilisés en Algérie.....12
6. L'état nutritionnel des vergers d'agrumes
en Algérie.....13
7. Le diagnostic foliaire.....15
7.1. Définition.....16
7.2. Les principales méthodes d'échantillonnage.....16
7.3. Les facteurs influençant la composition des
feuilles.....18
Conclusion.....19

CHAPITRE II. MATERIELS ET METHODES

1. Le climat de la zone d'étude.....22
2. Matériel d'étude.....23
2.1 La parcelle expérimentale.....23
2.2 Le matériel végétal.....23
3. Méthode d'étude.....25
3.1. Le végétal.....25

3.1.1 L'échantillonnage du végétal.....	25
3.1.2. Méthode d'analyse du végétal.....	25
3.2. Le sol.....	26
3.2.1. Les caractéristiques du sol.....	26
3.2.2. Méthode d'échantillonnage du sol.....	27
3.2.3. Méthode d'analyse.....	27
4. La conduite du verger.....	28

CHAPITRE III. RESULTATS ET DISCUSSION

1. Evaluation de l'état nutritionnel.....	29
1.1. Les teneurs foliaires en azote.....	29
1.2. Les teneurs foliaires en phosphore.....	31
1.3. Les teneurs foliaires en potassium.....	33
Conclusion et discussion.....	35
2. Influence de l'espèce agrumicole sur l'état nutritionnel.....	35
2.1. Les teneurs foliaires en azote.....	36
2.2. Les teneurs foliaires en phosphore.....	38
2.3. Les teneurs foliaires en potassium.....	38
Conclusion et discussion.....	42
3. Effet du porte-greffe sur l'état nutritionnel....	42
3.1. Effet du porte-greffe sur les teneurs foliaires en azote.....	42
3.2. Effet du porte-greffe sur les teneurs foliaires en phosphore.....	43
3.3. Effet du porte-greffe sur les teneurs foliaires en potassium.....	44
Conclusion et discussion.....	48
4. Evaluation de l'état de fertilité du sol.....	49

4.1. La caractérisation du sol.....	49
4.2. La teneur en élément majeurs essentiels.....	49
4.2.1. La teneur du sol en azote total.....	50
4.2.2. La teneur du sol en phosphore assimilable....	52
4.2.3. La teneur du sol en potassium assimilable....	54
Conclusion et discussion.....	56
5. Relation entre l'état nutritionnel et l'état de fertilité.....	56
5.1. L'azote.....	56
5.2. Le phosphore.....	57
5.3. Le potassium.....	57
Conclusion et discussion.....	57
CONCLUSION GENERALE.....	61
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	

Introduction

Introduction

Les agrumes occupent la première place des productions fruitières dans le monde (FAO, 1995). Une moyenne de 95 millions de tonnes par an ces dernières années (LURO, 2004).

L'ancienneté de la culture des agrumes ne permet pas de définir précisément leur zone d'origine. D'après PRALORAN (1971) ils seraient originaires de l'Asie du Sud Est.

Le terme agrumes correspond à trois genres botaniques, Citrus, Poncirus et Fortunella, ils appartiennent à la famille des Rutacées (GIAMMARI, 1995).

Parmi les zones de culture les plus importantes, le bassin méditerranéen se situe au second rang et présente une grande diversité des conditions pédoclimatiques, il est spécialisé dans la production et la commercialisation de fruits frais. Leur culture s'étend sur plus de 3 millions d'hectares cultivés au tour du monde, entre 40° de latitude nord et de latitude sud (SALETTE, 2000).

Les agrumes sont considérés comme des arbres de climat chauds, ils craignent en effet les gelées (ITAF, 1995).

Les basses températures hivernales et printanières sont souvent un facteur limitatif à l'extension de leur culture (LOUSSERT, 1989).

Durant toute la vie du verger, il est souhaitable d'évaluer périodiquement les teneurs en éléments minéraux du sol et de l'arbre (PATRICK et PIERRE, 1999).

Une fertilisation optimale, avec un bon équilibre entre les éléments nutritifs, est indispensable pour assurer de haut rendement et une bonne qualité (DAOUD, 1987).

Les agrumes représentent la part la plus importante des exportations végétales de notre pays, la majorité de nos plantations se situe dans les zones intérieures.

L'agrumiculture Algérienne passe par une période critique, avec un rendement moyen de 10 tonnes/Ha, ce dernier est

faible par rapport à la moyenne mondiale de 18 à 20 tonnes/Ha (YONSSI, 1990). La chute progressive du rendement est due à plusieurs facteurs tels que l'état sanitaire déplorable et le vieillissement des vergers ; plus de deux tiers du verger ont un âge supérieur à 30 ans (BNEDER, 1985). Par ailleurs, l'une des causes de la baisse de rendement est l'absence

d'une technique de fertilisation adaptée aux conditions locales (ITAF, 1995).

Selon le BNEDEP (1985) C'est sur 38 528Ha que la fumure minérale est utilisée par rapport à l'ensemble du verger. Cependant 5,8 % soit 2 233 Ha seulement reçoivent une fertilisation correcte; c'est-à-dire en quantité suffisante et à la bonne période; Les 36 295 Ha restant sont mal fertilisés.

D'après KHELIL (1989) les vergers d'agrumes en Algérie présentent des teneurs faibles en phosphore, et en potassium, avec des carences en Zinc, et en Manganèse. L' IDAF (1976) a montré qu'il y a des carences en Potassium, en zinc, en magnésium, et en phosphore.

Ce travail a pour objectif d'évaluer l'état nutritionnel en éléments majeurs essentiels d'un verger d'agrumes de la station de démonstration de l'ITAF (Tessala EL Merdja Mitidja).l'influence de l'espèce, ou la variété, et du porte-greffe sur l'état nutritionnel sera étudiée.

Etude bibliographique

CHAPITRE I. ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

1 Les agrumes dans le monde

La production mondiale des agrumes frais a doublé en 25 ans, passant de 48 millions de tonnes pour la décennie 1970 - 1980 et atteignant le maximum de 93 millions de tonnes pour la campagne 1997 - 1998, cette évolution mondiale recouvre des variations très contrastées dans chaque région (tableau I).

Aux Etats-Unis d'Amérique, la production d'agrumes est la plus importante du monde, elle est comparable à celle du Bassin méditerranéen. Parmi les pays du pourtour de la méditerranée, c'est l'Espagne qui est le premier producteur d'agrumes (GRIFFON, 2000).

Tableau I. La production d'agrumes frais (moyenne de la période 1970 - 1980)

Pays ou Ensembles géographiques	Production (millions de tonnes)
Etats-Unis	11,9
Méditerranée	11,9
Espagne	2,7
Maroc	0,8
Turquie	0,8
Italie	2,7
Chine	3,7
Mexique	2
Cuba	0,2
Argentine	1,4
Brésil	7,4
Uruguay	0,1
Australie	0,4
Algérie	0,42
Afrique du sud	0,6

Les agrumes ont donc été diffusés dans le monde entier, l'aire agrumicole est très vaste. Leur culture s'étend sur 3 millions d'hectares, des zones tempérées chaudes aux zones tropicales, entre 40° de

latitude Nord et de latitude Sud (INRA, 2003).

Les Oranges représentent la plus grande part de la production d'agrumes avec 71%, les Citronniers et les Limes avec 13% arrivent en seconde position, les Petits agrumes avec 10%, les Mandariniers et les Pomélos avec 6% (FAO, 1995).

En l'an 2000, la production méditerranéenne annuelle a été de l'ordre de 18 millions de tonnes, dont 80% sont destinés au marché du fruit frais (PATRICK, 2002). En 2003-2004, la production méditerranéenne a diminué de -5% à 16.2 millions de tonnes, malgré une récolte espagnole abondante, la production a chuté nettement en Grèce (à cause du gel) et à un moindre degré en Italie et au Maroc (sécheresse durant l'été 2003) (FAO, 2004).

2. Les agrumes en Algérie

Ce sont les Arabes qui, au début du VII^{ème} siècle, ont introduit le bigaradier et le citronnier en Algérie. Mais ce n'est qu'avec l'arrivée des colons français que cette culture a connu un essor considérable, particulièrement dans la région de Boufarik qui a produit les premières exportations vers 1948 (ROBERT, 1966).

Vers les années 1950, l'agrumiculture algérienne a connu une extension considérable, le niveau de la production a atteint 350 à 400 000 tonnes dont 250 à 300 000 tonnes étaient destinées à l'exportation (BLONDEL, 1970). En 1980, la production nationale était de 420 000 de tonnes, elle est passée à 279 000 de tonnes en 1990. Cette diminution de la production est due à de nombreux facteurs :

- Le vieillissement des vergers agrumicoles, l'âge moyen des plantations est voisin de 30 ans (tableau II) (BNEDER, 1985

Tableau II. Répartition du verger d'agrumes Par groupe d'âge

(BNEDER, 1985)

Classes d'âges	Superficie (ha)	En % de la superficie totale
0 à 5 ans	2 568	6,7
6 à 10 ans	2 080	5,4
11 à 30 ans	8 920	23,2
31 à 50 ans	20 350	52,8
+50ans	4 606	11,9
Total	38 528	100,00

En 1985, plus des deux tiers du verger (64,7%) ont un âge supérieur à 30 ans. Les jeunes plantations de 0 à 10 ans représentent 12 % seulement.

- L'état sanitaire du verger est défavorable, la plupart des vergers sont atteints de nombreuses maladies à virus et à mycoplasmes.

- Le déficit hydrique constitue un facteur limitant de la production agrumicole en Algérie qui nécessite des irrigations importantes en période estivale.

La production agrumicole a connu une certaine variation entre 1990 et l'an 2000 pour les quatre espèces d'agrumes (Tableau III).

1^{ère} Partie: Etude bibliographique

Tableau III. Evolution de la production agrumicole en Algérie (en tonnes) (Statistiques du ministère de l'agriculture, série B 2003)

Espèces Années	Orangers	Mandarines	Clémenti nes	Citrons	Pomélo s
1990	1838300	223230	599600	119210	29190
1991	2219650	153780	756180	92030	14060
1992	2519370	160820	759930	155950	22820
1993	2498420	166640	725740	192540	24990
1994	2528780	205490	789760	211770	24100
1995	2267160	178390	600430	156660	24840
1996	2367240	171380	631880	145380	21560
1997	2432840	175370	726590	154410	14830
1998	2803930	193450	915500	253140	13840
1999	3073490	202250	952620	290820	16370
2000	2995830	182670	841250	292810	13790

Au cours de ces dernières années, les superficies des cinq espèces, les Oranges, les Mandariniers, les Clémentiniers, les Citronniers et les Pomélos, ont connu une stagnation. Les Oranges, les Mandariniers et les Clémentiniers, occupent des superficies plus importantes que les Citronniers, et les Pomélos. En l'an 2000, la superficie totale occupée par le verger agrumicole est de l'ordre de 46 000 hectares (Tableau IV).

Tableau IV. Evolution de la superficie agrumicole en Algérie (hectares) (Statistiques du ministère de l'agriculture, série B 2003)

Espèces Années	Orangers	Mandarinie rs	Clémentini ers	Citronni ers	Pomélos
1990	24290	2530	9610	1010	290
1991	23600	2150	10040	1170	180
1992	25840	1980	9530	1490	330
1993	27590	1970	9900	1740	260
1994	26810	2220	10130	1770	250
1995	25420	2400	10320	1880	260
1996	25020	2060	9630	1890	210
1997	25710	2200	10200	1960	170
1998	27130	1910	9590	2330	150
1999	26740	1890	9450	2560	140
2000	30500	1950	10110	3300	150

3. La nutrition minérale des agrumes

3.1. Les exigences des agrumes

Le sol et le climat constituent des facteurs importants pour les agrumes qui se développent dans des zones où le gel est absent. Le gel peut affecter dangereusement le feuillage, la charpente est détruite, l'activité de croissance commence à 13°C et se poursuit jusqu'à 36 ° C.

Les agrumes se développent sur des sols de texture diverse. En règle générale, il faut éviter les sols trop lourds ou très limoneux dans lesquels les Orangers présentent des fruits petits à épiderme grossier, moins juteux et moins sucrés qu'en sol sableux (WALALI et SKIREDJ, 2003). D'après ASHOK et ALVA DAVID (1999) le pH idéal serait compris entre 5,5 et 7.5.

La disponibilité de l'eau constitue le facteur le plus important pour la production des agrumes. Les irrigations sont pratiquement toujours nécessaires étant donné qu'une partie du cycle de développement se produit pendant la saison sèche.

3.2. Les besoins en eau

En général, pour éviter tout stress hydrique, la teneur en eau du sol ne doit pas être inférieure à 60 ou 70 % de la capacité au champ.

Les besoins en eau des agrumes varient selon les climats entre 1 200 et 2 400 mm/an. Pour un même climat, les besoins en eau varient selon la densité de plantation, les variétés, l'âge des arbres, la pratique de la fumure, et la conduite du verger.

Les agrumes sont sensibles aux sels solubles, les eaux d'irrigation utilisées ne doivent pas contenir plus de 700 mg de sels/litre.

3.3. Les besoins en éléments minéraux

D'après les travaux de CHAPMAN (1968), SMITH (1957), LABANAUSKAS (1975), la SASMA (société agricole de service du Maroc (1975)) a déterminé les teneurs en éléments minéraux d'arbres entiers adultes en pleine production, exprimées en kg d'élément par tonne de fruits, et qui seraient les suivantes :

N : 1,15 à 1,85 kg/ tonne de fruits

P : 0,17 à 0,27

K : 1,79 à 2,65

Mg : 0,17 à 0,19

Ca : 0,86 à 1,04

Le tableau V donne les valeurs obtenues par la SASMA sur les différentes parties d'un arbre adulte de Valencia âgé de 20 ans.

Tableau V. Teneurs en éléments nutritifs (kg d'élément/ tonne de matière fraîche) (SASMA, 1975)

Parties du végétal	N	P2O5	K2O	MgO
Feuilles	8,4	1,44	2,5	1,40
Rameaux	3,2	0,39	2,0	0,90
Tronc	3,3	0,30	1,2	0,44
Racines	3,5	0,41	1,3	0,31
Organes végétatifs	4,2	0,45	1,8	0,64
Fruit	1,4	0,37	1,8	0,40
Arbre entier	2,8	0,41	1,8	0,40

Dans les organes végétatifs, la teneur en azote est toujours plus élevée que celle du potassium. En revanche c'est l'inverse qui se produit dans les

1^{ère} Partie: Etude bibliographique

fruits. L'azote agit beaucoup plus sur la croissance de l'arbre que le potassium, mais ce dernier a un rôle essentiel dans la production des fruits (SAURAT, 1988).

Concernant la pratique de la fumure minérale, les recommandations des différents pays sont les suivants :

- **En Espagne** : les doses suivantes sont recommandées sur des vergers adultes en pleine production :

400 à 600 kg N / ha
120 à 200 kg P₂O₅ / ha
300 à 400 kg K₂O / ha

Des apports de matière organique à raison de 10 à 20 tonnes /ha de fumier tous les 2 à 3 années sont recommandés. La fumure azotée est fractionnée en deux apports pour les variétés précoces (la moitié avant la floraison, l'autre moitié en Juillet ou Août), et en trois apports pour les variétés tardives (la moitié est apportée en Février 2 à 3 semaines avant la floraison, le 1/4 à la fin du mois d'Août, et le reste est apporté début Octobre). La fumure phosphatée et la fumure potassique sont apportées en Février avec le premier apport d'azote. Les éléments secondaires (Ca, Mg, S) et les oligo-éléments (Fe, Zn, Cu, Mn) sont parfois apportés selon les situations, l'apport se fait par pulvérisation foliaire.

- **Aux Etats - Unis** : les doses recommandées pour des vergers adultes en pleine production sont les suivantes :

100 à 300 kg N / ha
100 kg P₂O₅ / ha
100 à 200 kg K₂O / ha
50 à 100 kg MgO / ha

- **Au Maroc** :

Sur les jeunes arbres âgés de 1 à 9 ans, les doses recommandées sont les suivantes :

80 à 100 g N/arbre
60 à 80 g P₂O₅
80 à 100g K₂O

1^{ère} Partie: Etude bibliographique

Sur des arbres adultes, les doses recommandées sont les suivantes :

300 à 350 kg N / ha
250 à 300 kg P₂O₅ / ha
300 à 400 kg K₂O / ha

- Au Brésil :

Pour des arbres adultes âgés de plus de 8 ans, les doses recommandées sont les suivantes :

200 kg N / ha
100 kg P₂O₅ / ha
200 kg K₂O / ha

- En Algérie:

Selon l'ITAF (1995) les doses recommandées pour un verger d'agrumes sont les suivants

250Kg N / ha
80 Kg P₂O₅ / ha
160 Kg K₂O / ha

4. les éléments majeurs essentiels

4.1. Leur rôle physiologique

L'azote constitue 1 à 5 % de la matière sèche, il rentre directement dans la composition des protéines, des acides nucléiques, et surtout dans la chlorophylle, ce qui explique son abondance dans les feuilles (PREVEL, 1966). Dans le cas des agrumes, les feuilles, qui ne présentent que 20% du poids total de l'arbre, renferment 41 % de l'azote total contenu dans un arbre (NADIR, 1971). C'est l'élément qui influence le plus la croissance et le rendement (LOUSSERT, 1989).

Le phosphore constitue 0,1 à 0,6 % de la matière sèche. Il exerce des rôles à la fois plastiques et métaboliques (PRALOANT, 1971). En effet, il joue un rôle primordial au cours de la floraison et de la fructification ainsi que dans les processus de respiration, de photosynthèse, et de l'assimilation de l'azote (PREVEL, 1978). Chez les agrumes, où les besoins en cet élément sont peu élevés, il a été démontré par NADIR (1971) que les racines peuvent accumuler

1^{ère} Partie: Etude bibliographique

des quantités importantes de phosphore au cours du repos végétatif.

Le Potassium est le principal constituant minéral des fruit (il constitue 4 % de leur matière sèche) (PREVEL, 1978). Il se concentre dans les organes jeunes et en croissance, il est très mobile et il contrôle le potentiel osmotique de la plante (GOBAT, 1998). Sa teneur chez les agrumes est très variable (entre 0,3 et 2% de la matière sèche), elle est fortement dépendante des variétés et des porte-greffes (PRALORAN, 1971).

4.2. Les symptômes de carence

Une carence en azote provoque le jaunissement et le dessèchement des feuilles. Lorsque les carences sont prolongées, on assiste à la chute des feuilles qui peut être suivie de la mort de l'arbre (PREVEL, 1978).

Les carences en phosphore affecteraient en particulier l'aptitude des fruits à la conservation. Dans le cas des agrumes, les fruits deviennent mous et spongieux, leur teneur en jus est réduite, et leur maturation est retardée (PREVEL, 1978).

Les symptômes de carences en Potassium se manifestent par les signes de deshydratation, les jeunes feuilles sont déformées et de couleur jaune bronzée, l'arbre est affaibli à la suite d'un manque d'assimilation des éléments fertilisants (PREVEL, 1978)

En Algérie, on ne rencontre jamais de déficiences en Calcium, car les sols en contiennent des quantités importantes (KHELIL, 1989).

Les symptômes de carences en magnésium sont caractéristiques sur les feuilles. Il ne reste qu'un triangle vert situé à la base de la feuille et à cheval sur la nervure centrale, la partie décolorée prend une couleur jaune bronzée. La carence en magnésium provoque aussi une grande sensibilité au froid, une réduction de la récolte et de sa qualité, et une diminution de la croissance des racines (PRALORAN, 1971).

La carence en soufre se manifeste par la perturbation de la synthèse des protéines, et par des parois cellulaires épaisses.

4.3. Les interactions entre les éléments

L'absorption de certains éléments peut gêner celles des autres éléments, il existe donc des antagonismes entre éléments (SOLTNER, 1988). Un niveau foliaire élevé en azote est souvent lié à de mauvaises conditions de végétation ou à des carences en d'autres éléments.

L'état de nutrition azotée influence plus le taux du phosphore que des fumures phosphatées. Une faible teneur en azote s'accompagne fréquemment de taux élevés en phosphore, en potassium et en soufre. A l'opposé, un niveau élevé d'azote provoque une faible teneur en phosphore, en potassium, en soufre, en manganèse, en cuivre, et en zinc.

Un taux excessif de phosphore peut accentuer ou provoquer des déficiences en zinc, ou en cuivre chez les agrumes.

Dans les feuilles, les équilibres en K - Ca - Mg est fortement influencés par la richesse du sol en cations. Lorsque le sol est riche en calcium, les antagonismes K - Ca sont accentués. L'absorption du potassium serait plus dépendante de l'état nutritionnel en calcium qu'en magnésium. Une carence en K peut entraîner de plus faibles teneurs en phosphore (MARTIN-PREVEL et GAGNARD, 1984). La forte présence du Potassium dans le sol diminue la teneur en magnésium dans les feuilles (KHELIL, 1989).

5. Les porte-greffes utilisées en Algérie

Ils doivent assurer l'adaptation des agrumes aux différentes conditions pédoclimatiques de l'aire de culture et apporter des résistances à de nombreux agents pathogènes (Phytophthora sp, Tristeza, Nématodes). Leurs interactions avec les cultivars déterminent également la qualité des fruits qui constitue un facteur de sélection important (PATRICK, 2000).

Les trois principaux porte-greffes utilisés en Algérie sont le Bigaradier, les Citranges et le Poncirus.

Le Bigaradier est le porte-greffe de la plupart des orangerais en production dans la région méditerranéen. C'est un porte-greffe dense, ayant des rameaux épineux et un pétiole largement ailé, la pulpe est amère (REBOURT,

1^{ère} Partie: Etude bibliographique

1966). Il est très résistant au froid et à l'excès d'eau (PRALORAN, 1971). D'après LOUSSERT (1989), le bigaradier présente une grande adaptation aux différents types de sol, une bonne résistance au calcaire, une tolérance relative aux sels solubles. Il présente une bonne affinité avec les principales variétés cultivées, et une résistance à la gommose et au Phytophthora.

Les Citranges sont représentés par le Citrange Carrizo et le Citrange Troyer. Ce sont des hybrides de Poncirus Trifoliata et de l'oranger Washington Navel.

Le Citrange troyer supporte les sols moyennement humides et résiste à une teneur en calcaire supérieure à celle tolérée par le poncirus. Il est sensible aux chlorures et craint les sols secs.

Le Citrange troyer n'améliore que légèrement la résistance au froid. Il induit rapidement la mise à fruit et assure une production élevée. Les fruits sont souvent de petit calibre mais de bonne qualité, notamment dans le cas de l'association Clémentinier/Citrange troyer.

Le Citrange Carrizo est semblable à celui du Citrange troyer. Ses aptitudes de porte-greffe sont supérieures, ou au moins égales, à celles de ce dernier. Aujourd'hui, le Citrange Carrizo devient l'un des porte-greffes les plus utilisés dans plusieurs grands pays agrumicoles de la zone tropicale et subtropicale. Ce porte-greffe a les mêmes aptitudes que le Citrange troyer, mais il est plus résistant aux chlorures. Leur productivité est très élevée, sans diminution du calibre des fruits (AUBERT, et VULLIN, 1997).

Le Poncirus trifoliata possède une grande résistance au froid (jusqu'à -15 °C), supporte bien les terres humides et l'asphyxie, mais il craint les sols secs. C'est un porte-greffe mal adapté aux régions chaudes et arides. Il résiste très bien à la gommose à phytophthora, et tolérant aux nématodes, et il forme des associations tolérantes à la tristezza, mais il est sensible à l'exocortis (AUBERT, et VULLIN, 1997).

6. L'état nutritionnel des agrumes en Algérie

Sur la base du diagnostic foliaire réalisé selon la méthode CHAPMAN (1960), KHELIL (1989) montre que les vergers d'agrumes en Algérie présentent des carences en zinc dans

1^{ère} Partie: Etude bibliographique

13 vergers sur 18 vergers étudiés, des carences en manganèse dans 10 vergers sur 18, un niveau faible en phosphore dans 3 vergers sur 18, un niveau faible en potassium dans 16 vergers sur 18, et un niveau faible en magnésium dans 7 vergers sur 18 (Tableau VI).

Tableau VI. Etat nutritionnel des vergers d'agrumes en Algérie (KHELIL, 1989)

Zones	Etat nutritionnel des vergers		
	Satisfaisant	Faible	Carencé
Mohammadia	N-P-Mg-Ca-Bo-Cu	K	Zn-Mn
Mostaganem	N-P-K-Mg-Ca-Cu-Bo	Mn	Zn
Relizane	N-Mg-Bo-Cu	P-K-Mn	Zn
El-Asnam	N-Ca-Bo-Cu-Zn	P-K-Mg	Zn
Bouguirate	N-Mg-Bo-Cu-Mn	P-K	Zn
Boufarik (station)	N-P-Mg-Ca-B-Cu-Zn-Mn	K	
Boufarik	N-P-Ca-B-Cu	K-Mg	Zn-Mn
Birtouta	N-P-B-Cu-Zn-Mn	K-Mg	
Blida	N-P-Mg-B-Cu	K	Zn-Mn
Bougara	P-Mg-B-Cu-Zn	N-K	Mn
Sidi moussa	N-P-Cu-Ca	K-Bo-Mn	Zn
Larba	N-P-B-Cu-Ca	K	Mg-Zn-Mn
La Chiffa	N-P-B-Cu	K-Mg	Zn-Mn
Chebli	N-P-K-Ca-B-Cu	Mg-Zn	Mn
Mouzaïa	N-P-Bo-Cu	K-Mg	Zn-Mn
El Affroun	N-P-Mg-Ca-Bo-Cu	K	Zn-Mn
Oued-El Alleug	N-P-Mg-Bo-Cu	K-Zn	Mn
Ameur-El-Ain	N-P-Bo-Cu-Ca	K-Mg	Zn-Mn

1^{ère} Partie: Etude bibliographique

L'IDAF (1976) a mis en évidence des carences très fréquentes en potassium et zinc, quelques carences en magnésium et en manganèse, et une carence rare en phosphore. L'état nutritionnel azoté est généralement convenable (Tableau VII).

Tableau VII. Les carences des agrumes en Algérie

Régions vergers	et	Etat nutritionnel convenable	Etat nutritionnel carence
Mohammedia		N, P, Mg, Ca, B	K
Double Fine			
Mostaganem		N, P, K, Mg, Ca,	Zn
Clémentiniers		B, Cu, Mn	
El-Asnam			
Double Fine		N, B, Cu, Mn	P, K, Mg, Zn
Relizane			
Sanguine		N, P, Mg, Ca, B,	
Boufarik		Cu, Mn	K, Zn
Washington Navel			
Blida		N, P, Ca, B, Cu	
Sanguine			K, Mg, Zn
Birtouta		N, P, Mg, Ca, B,	Mn
Thompson Navel		Cu	
		N, P, Ca, B, Cu,	K, Zn, Mn
		Zn, Cu	K, Mg

7. Le diagnostic foliaire

Les analyses du sol sont d'une utilité limitée pour les arbres fruitiers dont les racines s'enfoncent profondément dans le sol, il est alors difficile de constituer des échantillons de sol représentatifs de leur rhizosphère. En outre, les analyses du sol ne permettent pas de quantifier

1^{ère} Partie: Etude bibliographique

correctement l'azote assimilable, qui est souvent l'élément nutritif le plus important, et dont l'évolution est très rapide dans le temps. Par ailleurs, le dosage du potassium du sol ne permet pas toujours de déduire avec précision la teneur en potassium effectivement accessible aux racines des arbres qui n'explorent pas totalement le volume de terre de la rhizosphère (FAEDY, 2002). Mais ces analyses restent indispensables pour l'évaluation des besoins en engrais.

L'analyse de tissus végétaux permet de mieux évaluer l'état nutritionnel des agrumes.

7.1. Définition du diagnostic foliaire

Le diagnostic foliaire est une méthode qui permet d'évaluer l'état nutritionnel des végétaux en éléments nutritifs en utilisant la plante elle-même comme indicatrice de son état nutritionnel (KHELIL, 1989).

D'après RYSER (2000) l'analyse foliaire sert à contrôler le niveau nutritionnel des plantes durant la saison. Durant toute la vie du verger, il est souhaitable d'évaluer périodiquement les teneurs en éléments minéraux du sol et de l'arbre (PATRICK, 2000).

Le diagnostic foliaire constitue donc un moyen pour mesurer efficacement les teneurs en éléments nutritifs des végétaux à un stade donné de leur cycle végétatif, il permet de juger de la nécessité éventuelle de modifier le programme de la fumure pratiquée. En effet, les analyses foliaires intègrent tous les facteurs qui peuvent influencer sur la disponibilité et l'absorption des éléments nutritifs par le végétal. Elles permettent également de déceler d'éventuelles déséquilibres nutritionnels provoqués par des antagonismes (CLINE et MCHEIL, 1996).

7.2. Les principales méthodes d'échantillonnage

Le diagnostic foliaire a été pratiqué dans de nombreux pays agrumicoles en vue d'améliorer leur production. Parmi les méthodes d'échantillonnages proposées par différents auteurs, les deux méthodes

les plus utilisées sont les suivantes :

1^{ère} Partie: Etude bibliographique

- La méthode REUTHER et SMITH (1954) : cette méthode, utilisée par REUTHER et SMITH (1954) en Floride, limite la période d'échantillonnage à des feuilles âgées de 4 à 7 mois sur les rameaux non fructifères. En ce qui concerne le nombre de feuilles à échantillonner par arbre, ils préconisent de prélever 10 feuilles terminales, à la périphérie, tout au tour de la couronne entre 0,9 et 2,9 mètre de hauteur. Des échantillons de 50 à 100 feuilles par groupe de 5 arbres sont recommandés. En grande exploitation, les mêmes auteurs travaillent sur des groupes de 20 arbres par unité de 2 à 5 hectares.

- La méthode de CHAPMAN : cette méthode a été mise au point et appliquée par CHAPMAN en Californie (CHAPMAN, 1960). Cet auteur recommande de prélever des feuilles du cycle printanier, âgées de cinq mois et demi à sept mois et demi. Il faut prélever sur des rameaux fructifères issus de la pousse de printemps, prélever sur le pourtour de l'arbre entre 0,80 mètre et 1,80 mètre, prélever de 10 à 25 feuilles par arbre choisi, l'échantillon est composée de 150 à 200 feuilles par unités échantillonnées.

CHAPMAN (1960) a mis au point des normes à la suite des observations et des essais portant sur plusieurs années en Californie. Ces normes fixent les niveaux de carences, d'optimum et d'excès, et permettent de situer pour un échantillonnage donné, le niveau critique, le taux de déficience et le taux d'optimum (Tableau VIII).

Tableau VIII. Les normes d'analyses des feuilles (CHAPMAN, 1960)

Eléments	Niveau dans les feuilles				
	Carence	Faible	Optimum	Elevé	Excessif
N % MS	0,60-1,90	1,90-2,10	2,20-2,70	2,80-3,50	3,60
P % MS	0,07	0,07-0,11	0,12-0,18	0,19-0,29	0,30
K % MS	0,15-0,30	0,40-0,90	1,00-1,70	1,80-1,90	2,00
Mg % MS	0,05-0,15	0,16-0,20	0,30-0,60	0,70-1,00	1,00
Ca % MS	2,00	2,00-2,9	3,0 - 6,0	6,1- 6,9	7,00
Na % MS	-	0,01-0,06	0,06-0,15	0,20-0,25	0,25
Mn ppm	5,0-20,0	21,0-24,0	25,0-100	100 - 200	300- 1000
Cu ppm	4,0	4,1 - 5,0	5,1- 15,0	15,0-20,0	20,0
Fe ppm	40,0	40 - 60	60 - 150	150	> 150
Zn ppm	4 - 15	15 - 24	25 - 100	110 - 200	200

7.3. Les facteurs influençant la composition des feuilles

Le climat et le sol sont les deux principaux facteurs qui influencent la composition minérale des feuilles, et donc l'état nutritionnel des agrumes (LEVY, 1979 ; KHELIL, 1989). Par ailleurs, dans les mêmes conditions climatiques et dans un même type de sol, l'état nutritionnel des agrumes peut être influencé par d'autres facteurs tels que :

- La variété : selon MARCHAL et al. (1975) l'influence du patrimoine génétique fait que deux espèces différentes poussant sur une même solution nutritive ou sur un même sol, n'aura pas au bout d'un certain temps la même composition. LEVY (1958) a montré que, dans les mêmes conditions de culture, les feuilles de la variété Washington Navel sont systématiquement plus riches en azote, en phosphore et en potassium, et plus pauvres en calcium que les feuilles de la Valencia Late.

- Le porte-greffe : les porte-greffes ont une influence sur les teneurs en éléments fertilisants au niveau des feuilles. D'après MARCHAL et al. (1975), la teneur des feuilles du Clémentinier en azote, en potassium et en magnésium est plus faible sur Citrange Troyer que sur le Mandarinier Cléopâtre est très efficace pour l'absorption du phosphore et du potassium. KHELIL (1979) a montré que pour une même variété de Clémentinier greffée sur différents porte-greffes, les analyses des feuilles montrent que les teneurs en sodium sont plus importantes avec le porte-greffe Citrange qu'avec le Bigaradier, tandis que la teneur en chlore est plus importante sur le Citrange que sur Poncirus ou Bigaradier. GORTON (1954) a remarqué que les feuilles du Pomélo greffé sur Mandarinier Cléopâtre accumulent plus le calcium, le potassium, et le magnésium que les feuilles du Pomélo greffé sur Sour Oranger.

- La nature du rameau : dans la pratique du diagnostic foliaire, l'échantillonnage des feuilles se fait soit sur rameau fructifère (CHAPMAN, 1968), soit sur rameau non fructifère (EMBLETON et JONES, 1963 ; REUTHER et SMITH, 1954). NADIR et GAGNAIRE (1973) montrent que les feuilles des rameaux fructifères contiennent moins d'azote, de

1^{ère} Partie: Etude bibliographique

phosphore et de potassium que des feuilles situées sur rameaux non fructifères.

- L'âge des feuilles : les teneurs moyennes en éléments nutritifs varient dans les feuilles avec le stade de la végétation. Au Maroc, NADIR (1973) a remarqué que les teneurs en Zinc et en cuivre diminuent avec le temps, tandis que celles du manganèse et du Bore augmentent avec l'âge des feuilles. C'est la raison pour laquelle, il est conseillé de ne pas mélanger les feuilles présentant un âge différent pour ne pas fausser l'interprétation de l'analyse foliaire. Il a été constaté que les teneurs en éléments varient entre le premier et le cinquième mois, se stabilisent entre cinq et dix mois, puis varient au-delà de cet âge.

- L'orientation et la situation des feuilles : L'orientation des feuilles par rapport au tronc et leur situation par rapport à l'arbre pourrait avoir une influence sur les teneurs en éléments minéraux. MARTIN (1965) a remarqué que l'orientation influence la teneur en calcium et en potassium des feuilles. NADIR (1967) note que les teneurs en phosphore et en azote sont plus faibles dans le côté Nord par rapport aux autres orientations. RODRIGUEZ et al. (1973) ont étudié, l'influence de la hauteur sur la composition minérale de feuilles d'oranger en choisissant trois positions (basale, intermédiaire, apicale), les résultats des expériences montrent des différences dans les teneurs de chaque élément dans chacune des positions. MARTIN (1965) note que les feuilles de l'intérieur de la frondaison sont pauvres en potassium contrairement aux feuilles de l'extérieur.

Conclusion

La production mondiale des agrumes a connu une évolution importante durant ces dernières années. Dans notre pays la production agrumicole a fortement diminué au cours des trente dernières années à cause de nombreux facteurs tels que l'âge avancé des vergers agrumicoles, la conduite aléatoire des vergers, et la pratique non raisonnée de la fumure minérale.

L'état nutritionnel du verger agrumicole national est peu connu. Les rares données disponibles montrent que tous les

1^{ère} Partie: Etude bibliographique

vergers présentent des insuffisances nutritionnelles généralisées en potassium, assez fréquentes en phosphore, l'azote ne semble pas présenter de déficience.

Les pays agrumicoles utilisent une fertilisation raisonnée sur la base du diagnostic foliaire et de l'analyse du sol. En Algérie, cette pratique est très limitée, elle est encore au stade expérimental. Elle fera l'objet de ce travail.

Matériels et méthodes

2^{ème} partie: Matériels et méthodes

CHAPITRE II. MATERIELS ET METHODES

Notre travail a pour objectif d'évaluer l'état nutritionnel en éléments majeurs essentiels d'un verger d'agrumes par la méthode du diagnostic foliaire, selon la méthode de CHAPMAN (1960). Ce verger est situé dans la plaine de la Mitidje, au niveau de la station expérimentale de l'Institut Technique de l'Arboriculture fruitière et de la Vigne à Tassala El Merdja

1. Le Climat de la zone d'étude

Les données climatiques (t° , P) sont présentées au tableau IX. Elles concernent l'année agricole durant laquelle cette recherche est réalisée.

Tableau IX Les données climatiques de la campagne 2003 - 2004 - station de Boufarik.

Mois	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	juil	Août
t° max	34.5	34	26	22.5	27	30	28	30	36	40	44.5	31.3
t° mini	13.5	8.5	7	0.5	-1	1	1	4	4.5	12	14	16
t° moy	24.3	20.9	16.5	11.9	11.6	13.1	13	15	17.5	23.7	25.9	27.9
P mm	17.8	16.5	85.6	123.9	71.9	24.9	101.7	67.9	118.7	12.4	1.3	10
Précipitations moyenne des 40 ans (1947-1987) mm	44.1	61.8	130.2	115	102	93.2	78.5	36.8	19.2	16.6	8.1	6.1

Au niveau de la région, les pluies sont irrégulières et mal réparties sur l'année. La pluviométrie annuelle dans la zone varie entre 600 et 900 mm. Elle est de 652.55 mm pour l'année agricole Septembre 2003 - Août 2004 cette valeur est relativement faible par rapport à la moyennes des précipitations de 40 ans qui est de 707.1 mm. Le mois le plus pluvieux est Décembre (123,9 mm), le mois le plus sec est Juillet (1,3mm). La température moyenne varie entre 11,61°C et 27.89 °C, la température moyenne du mois le plus chaud (Août) est de 27.9 °C et celle du mois le plus froid (Janvier) est de 11.6°C. Les températures minimales du mois le plus froid est de -1 °C (Janvier). La moyenne maximale du mois le plus chaud (juillet) est de 44,5 °C.

2^{ème} partie: Matériels et méthodes

2. Matériel d'étude

2.1. La parcelle expérimentale

Notre travail a été réalisé au niveau de la station de démonstration de l'ITAFV qui se situe à Tessala El Merdja (Mitidja centre). La parcelle d'étude a une superficie de 2.71 ha, elle est occupée par 10 variétés d'agrumes (figure 1).

2.2. Le matériel végétal

Nous avons évalué l'état nutritionnel de trois espèces d'agrumes et qui sont les Orangers (Washington navel, Valencia late olinda, Valencia campbell, et la Double fine améliorée), les Citronniers (Citrons Fimminélo, Citrons eureka, Citrons lisbonne 06, Citrons lisbonne 16), et les Mandariniers (Avana Apérino, Avana tardivo).

La Double fine améliorée, la Washington navel, la Valencia late olinda, et les Citronniers sont greffés sur le porte-greffe Citrange Troyer. La Valencia campbell est greffée sur Citrange carrizo, et les Mandariniers sont greffées sur Poncirus trifoliata.

Les arbres échantillonnées sont présentées dans la figure N1 par les numéros 1, 2, 3, 4.

Pour chaque variété nous avons le nombre comme il indique le tableau X.

Tableau X. Les composantes variétales du verger

Variétés	Porte-greffe	Nombre de plants
Washington navel	Citrange troyer	150
Double fine améliorée	Citrange troyer	173
Valencia late -olinda	Citrange troyer	94
-campbell	// carrizo	100
Citronnier -fimminélo	Citrange troyer	35
-euréka	// //	32
-lisbonne 06	// //	19
-lisbonne 16	// //	18
Mandarinier -Avana apérino	Poncirus	47
-Avana tardivo	trifoliata	42

2^{ème} partie: Matériels et méthodes

3. Méthodes d'étude

3.1. Le végétal

Ce travail a porté sur trois espèces d'agrumes, des Orangers, des Citronniers et des Mandariniers, représentées par 10 variétés.

3.1.1. L'échantillonnage du végétal

L'échantillonnage des feuilles a été réalisé selon la méthode de CHAPMAN (1960) qui consiste à prélever les feuilles issues de la pousse de l'année sur rameaux fructifères tout autour de la couronne entre 0,80 et 1,80 mètre de hauteur. Pour chaque variété, 4 arbres bien portant et apparemment sains sont échantillonnés. Nous avons prélevé entre 75 et 100 feuilles par arbre choisi. Les feuilles prélevées sont lavées d'abord avec l'eau de robinet pour éliminer toutes les impuretés (poussière, produit de traitement) puis rincées à l'eau distillé. Les feuilles sont mises à égoutter, puis séchées à l'étuve à 65 °C pendant 24 heures. Ces deniers sont séchées, broyées, puis tamisées à 0,5 mm, et conservées dans des tubes bien fermés jusqu'au moment des analyses.

3.1.2. Méthodes d'analyse du végétal

L'analyse des tissus végétaux porte sur les principaux constituants minéraux, l'azote, le phosphore, le potassium. Pour analyser les éléments minéraux contenus dans les feuilles, il faut les passer à l'état de sels minéraux solubles, que l'on dose ensuite par les méthodes classiques de la chimie minérale.

Pour notre travail, nous avons utilisé la minéralisation par voie sèche, qui consiste à faire passer la poudre végétale à la calcination au four à une température de 470°C pendant 16 heures. La cendre obtenue est solubilisée par l'acide chlorhydrique. A partir de la solution obtenue par la minéralisation, nous avons dosé le potassium, le phosphore.

Le phosphore est dosé par Colorimétrie, le potassium est dosé par Spectrophotométrie à Flamme, l'azote est dosé par distillation au Büchi.

2^{ème} partie: Matériels et méthodes

3.2. Le sol

Pour localiser notre parcelle et identifier son type de sol, nous avons utilisé la carte pédologique de la Mitidja centre réalisée par l'ANRH-SOUMAA (1992), à un échelle de 1/25 000. Le profil 950 de cette étude correspond à notre station de recherche.

3.2.1. Les caractéristiques du sol

- Description morphologique du profil 950

Localité : Tessala El Merdja

Topographie : Plane

Géomorphologie : Terrasse alluvial

Occupation du sol : verger

Classification du sol :

Classe : sol Calcimagnésique

Sous Classe : sol Carbonaté

Groupe : Brun Calcaire

Sous Groupe : Modal

Famille : sur alluvions calcaires

Série : Profond

- | | |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 0 - 35cm | Frais, 10YR 4/4, texture limono- argileuse, structure grumeleuse, bonne porosité, friable, chevelu radicalaire, charbon de bois en décomposition, concrétions ferro-magésiques, débris de coquilles, présence de gravillons, HCl + + +, transition nette. |
| 35 - 75cm | Frais, 7,5YR 4/4, texture limono- argileuse, structure polyédrique fine, poreux, friable, quelques radicelles fines, débris organiques décomposés, présence de gravillons, quelques modules calcaires, HCl+ + +, transition nette. |
| 75 -120cm | Frais, 2,5YR 4/2, texture argileuse, structure polyédrique moyenne, très faible porosité, peu friable et peu plastique, débris de coquilles, tâches verdâtres, HCl + + +. |
-

2^{ème} partie: Matériels et méthodes

3.2.2. Méthode d'échantillonnage du sol

Pour le végétal, nous avons choisi 4 arbres par variété. L'échantillonnage du sol se fait autour de l'arbre, sur 4 points opposés et à l'aide d'une tarière, à une profondeur comprise entre 0 et 25 Cm, dans la zone couverte par la couronne de l'arbre. Pour chaque arbre, le mélange des 4 prélèvements donnera un échantillon moyen.

3.2.3. Méthodes d'analyse du sol

Pour les analyses de caractérisation du sol de la parcelle, nous avons retenu 5 échantillons moyens résultant chacun du mélange de 16 sondages. Les méthodes utilisées sont les suivantes :

- La granulométrie: Méthode international à la pipette de Robinson
- pH : Méthode potentiométrique sur une suspension terre/liquide égale à 1/2,5
- Carbone organique : Méthode WALKEY-BLACK, la matière organique est calculée par la formule suivante : Matière organique % = 2 * % Carbone organique
- Calcaire total : Méthode Volumétrique au calcimètre de BERNARD.
- Capacité d'échange cationique : extraction des cations échangeables par l'acétate d'ammonium à pH 7, déplacement de l'ammonium par l'acétate de potassium. Le pH de nos échantillons est proche de 8, cette solution présente le risque de sous-estimer la CEC, elle a été utilisée pour sa commodité car elle permet d'obtenir le potassium assimilable.

Pour l'azote total, le phosphore assimilable, et le potassium assimilable, les analyses ont porté sur les 40 échantillons moyens (soit un échantillon moyen résultant de 4 sondages par arbre). Les méthodes utilisées sont les suivantes :

- L'azote total est dosé par la méthode KEDJEDAL.
 - Le phosphore assimilable est dosé par la méthode OLSEN
 - Le potassium assimilable est extrait par l'acétate d'ammonium, il est dosé par Spectrophotométrie à Flamme.
-

2^{ème} partie: Matériels et méthodes

Les méthodes d'analyse utilisées pour le sol et le végétal sont décrites dans JACKSON (1968).

4. La conduite du verger

Le verger étudié a été mis en place en Mars 1984. Il est soumis à différents travaux culturaux et à une certaine protection phytosanitaire avec LANAT (150g/hl) a été effectué le 9 septembre 2003. Des irrigations par rigole puis par micro-asperssion sont réalisées en été. La fumure minérale habituellement pratiquée consiste à apporter l'urée avec une dose de 11,5qx / verger et fractionné en fusant le 01/09/2003 et le 02/12/2003. Le 2 septembre 2003, un épandage d'engrais du type 20-25 à raison de 13qx /verger est réalisé. Ces doses sont très faibles par rapport aux doses recommandées par l'ITAF (1995), et par rapport aux recommandations données par le Maroc.

La taille est pratiquée après la récolte, c'est une taille d'éclaircissage de la frondaison.

Résultats et discussions

CHAPITRE III. RESULTATS ET DISCUSSIONS

1. Evaluation de l'état nutritionnel

1.1. Les teneurs foliaires en azote

Les résultats obtenus sont portés au tableau XII.

En comparaison avec les normes de CHAPMAN (1960), les résultats obtenus montrent que les teneurs en azote foliaire varient entre un état nutritionnel faible et un état nutritionnel très faible. La teneur optimale en azote foliaire doit être comprise entre 2,20 et 2,80 % de matière sèche.

La valeur la plus élevée est enregistrée pour la variété Avana apérino sur Poncirus trifoliata avec une teneur en azote foliaire de 2.08% de matière sèche, et la plus faible valeur est enregistrée pour les variétés Citronnier lisbonne 06 sur Citrange troyer et Citronnier lisbonne 16 sur Citrange troyer avec 1,50 % de matière sèche (Figure 2).

La valeur du coefficient de variation montre une homogénéité entre les individus pour 6 variétés, et 4 variétés présentent une hétérogénéité entre les individus (CV > 12 %) (VAUCLIN, 1982).

Tableau XII. La teneur foliaire en azote en % de MS

Variétés	Teneurs foliaires	CV %	Etat nutritionnel	
Washington navel/Citrange troyer	1.93	1.07	2.20-2.70	Faible
Doublefine améliorée/Citrange troye	1.81	22.41	2.20-2.70	Très faible
Valencia late olinda/Citrange troyer	1.90	5.54	2.20-2.70	Faible
Valencia campbell/Citrange carrizo	1.80	8.80	2.20-2.70	Très faible
Citronnier lisbonne06/Citrange troyer	1.50	13.67	2.20-2.70	Très faible
Citronnier lisbonne16/Citrange troyer	1.50	3.66	2.20-2.70	Très faible
Citronnier eurêka/Citrange troyer	1.54	11.06	2.20-2.70	Très faible
Citronnier fimminélo/Citrange troyer	1.71	34.30	2.20-2.70	Très faible
Avana apérino/Poncirus trifoliata	2.08	7.33	2.20-2.70	Faible
Avana tardivo/Poncirus trifoliata	1.71	28.91	2.20-2.70	Très faible

3^{ème} Partie: Résultats et discussion

1.2. Les teneurs foliaires en phosphore

Les résultats obtenus sont portés au tableau XIII.

Ces résultats montrent que les teneurs des feuilles en phosphore correspondent entre un état nutritionnel faible et un état nutritionnel très faible. La teneur optimale en phosphore des feuilles doit être comprise entre 0.12 et 0.18 % de matière sèche (figure 3). La teneur la plus élevée est enregistrée pour les variétés Citronnier fimminélo sur Citrange troyer, Avana apérino sur Poncirus trifoliata et Avana tardivo sur Poncirus trifoliata avec une teneur de 0.083 % de matière sèche. Les variétés Double fine amélioré sur Citrange troyer, Citronnier lisbonne 16 sur Citrange troyer, et Citronnier eurêka sur Citrange troyer présente les teneurs les plus faibles avec 0.069 % de matière sèche.

Le coefficient de variation indique une homogénéité intra variétale pour 6 variétés, tandis que 4 variétés sont caractérisées par une hétérogénéité intra variétale pour leur comportement vis-à-vis de l'assimilation du phosphore.

Tableau XIII. La teneur foliaire en phosphore en % de MS

Variétés	Teneurs foliaires	CV %	Etat nutritionnel	
Washington navel/Citrange troyer	0.075	62.54	0.12-0.18	Faible
Doublefine améliorée/Citrange troye	0.069	52.18	0.12-0.18	Très faible
Valencia lateolinda/Citrange troyer	0.082	47.43	0.12-0.18	Faible
Valencia campbell/Citrange carrizo	0.074	46.39	0.12-0.18	Faible
Citronnier lisbonne06/Citrange troyer	0.083	0.00	0.12-0.18	Faible
Citronnier lisbonne16/Citrange troyer	0.069	40.57	0.12-0.18	Très faible
Citronnier eurêka/Citrange troyer	0.069	23.43	0.12-0.18	Très faible
Citronnier fimminélo/Citrange troyer	0.083	0.00	0.12-0.18	Faible
Avana apérino/Poncirus trifoliata	0.083	0.00	0.12-0.18	Faible
Avana tardivo/Poncirus trifoliata	0.083	0.00	0.12-0.18	Faible

3^{ème} Partie: Résultats et discussion

3^{ème} Partie: Résultats et discussion

1.3. Les teneurs foliaires en potassium

Les résultats sont données au tableau XIV.

A partir de ces résultats, nous remarquons que les teneurs en potassium des feuilles sont faibles pour 4 variétés, très faible pour 5 variétés et excessivement faible pour 1 variété. La teneur optimale en potassium des feuilles est comprise entre 1.00 et 1.70 % de matière sèche.

La teneur la plus élevée est enregistrée pour la Double fine améliorée greffée sur Citrange troyer avec 0.76 % de matière sèche. La valencia late olinda sur Citrange troyer présente la plus faible teneur avec 0.14 % de matière sèche (figure 4).

Le coefficient de variation est élevé (CV > 12 %) indique une hétérogénéité intra variétale pour 9 variétés, tandis que une variété se caractérise par une homogénéité intra variétale pour l'assimilation du potassium.

Tableau XIV. La teneur foliaire en potassium en % de MS

Variétés	Teneur foliaire	CV %	Etat nutritionnel	
Washington navel/Citrage troyer	0.52	23.87	1.00-1.70	Faible
Doublefine améliorée/Citrage troyer	0.76	21.58	1.00-1.70	Faible
Valencia lateolinda/Citrage troyer	0.54	15.17	1.00-1.70	Faible
Valencia campbell/Citrage carrizo	0.14	55.33	1.00-1.70	Excessivement faible
Citronnier lisbonne06/Citrage troyer	0.16	23.23	1.00-1.70	Très faible
Citronnier lisbonne16/Citrage troyer	0.30	23.43	1.00-1.70	Très faible
Citronnier eurêka/Citrage troyer	0.33	52.78	1.00-1.70	Très faible
Citronnier fimminélo/Citrage troyer	0.39	20.09	1.00-1.70	Très faible
Avana apérino/Poncirus trifoliata	0.36	15.67	1.00-1.70	Très faible
Avana tardivo/Poncirus trifoliata	0.50	10.29	1.00-1.70	Faible

3^{ème} Partie: Résultats et discussion

Discussion et conclusion

Les résultats d'analyse foliaire obtenus dans notre travail révèlent que les teneurs en azote et en phosphore sont faibles à très faible. Pour le potassium, nous avons distingué trois niveaux d'états nutritionnels qui sont faible, très faible, et excessivement faibles. Les faibles teneurs en azote peuvent s'expliquer, selon MAURI (1956), par sa forte mobilité et sa faible rétention dans le sol.

En Algérie Selon KARA (1984) il rapporte que les feuilles prélevées sur rameaux fructifères sont moins pourvues en azote, en phosphore et en potassium que celle prélevées sur rameaux non fructifères.

LEVY (1958) a montré que les feuilles de Washington navel sont plus riches en azote, en phosphore et en potassium et plus pauvre en calcium, que les feuilles de Valencia lat.

Concernant le potassium, sa faible teneur enregistrée au niveau des feuilles peut s'expliquer, selon NADIR (1967), par les phénomènes de rétrogradation et l'existence d'une antagonisme entre le calcium et le potassium, qui peuvent influencer la mobilité et la migration de cet élément dans le sol.

2. Influence de l'espèce agrumicole sur l'état nutritionnel

Nous avons évalué l'influence de trois espèces (Oranger, Citronnier et Mandarinier) sur les teneurs moyennes foliaires en azote, en phosphore et en potassium. Les résultats présentés dans les tableaux XII, XIII, XIV sont repris est traités selon les trois principales espèces étudiées.

Les valeurs moyennes pour chaque espèce sont obtenues sur la base des résultats relatifs à :

- 4 variétés dont chacune est représentée par 4 arbres, soit 16 arbres au total, pour les Orangers,
 - 4 variétés dont chacune est représentée par 4 arbres, soit 16 arbres pour les Citronniers,
 - 2 variétés dont chacune est représentées par 4 arbres, soit 8 arbres pour les Mandariniers.
-

3^{ème} Partie: Résultats et discussion

2.1. Les teneurs foliaires en azote

Les résultats d'analyse foliaire obtenus sont les suivants :

- Oranger : 1.86 ± 0.17 % de MS
- Citronnier : 1.56 ± 0.61 % de MS
- Mandarinier : 1.90 ± 0.32 % de MS

La comparaison de ces valeurs moyennes avec les normes de CHAPMAN (1960) montre que les Orangers et les Citronniers présentent des niveaux très faibles en azote foliaire, et les Mandariniers présentent un niveau faible. Les Mandariniers présentent donc des teneurs relativement plus élevées en azote foliaire par rapport aux Orangers et aux Citronniers (figure 5).

L'analyse de la variance a porté sur les Orangers et les Citronniers qui présentent 16 arbres par variété, les mandariniers représentées seulement par 8 individus, ne sont pas pris en considération dans le calcul de la variance sur des populations qui doivent être caractérisées par un même nombre d'individus. Les résultats obtenus montrent qu'il y a une différence significative entre les orangers et les citronniers (tableau XV), les teneurs foliaires en azote des Orangers sont donc supérieures à celles des Citronniers.

Tbleau XV. Résultats de l'analyse de la variance

Sources de variation	SCE	Degré de liberté	Moyenne des carrés	Fobservé	Fcritique
Entre groupes	0.70	1	0.708	10.44	4.17
À l'intérieur des groupes	2.03	30	0.067		
Total	2.74	31			

3^{ème} Partie: Résultats et discussion

3^{ème} Partie: Résultats et discussion

2.2. Les teneurs foliaires en phosphore

Les résultats obtenus sont les suivants :

- Oranger : 0.075 ± 0.039 % de MS
- Citronnier : 0.076 ± 0.011 % de MS
- Mandarinier : 0.083 ± 0.00 % de MS

A partir de ces résultats, nous remarquons que les teneurs en phosphore foliaire sont faibles pour les trois espèces.

Les Mandariniers présentent une teneur relativement plus élevée par rapport aux 2 autres espèces, les Citronniers et les Orangers présentent des teneurs comparables (figure 6).

L'analyse de la variance montre qu'il n'y a pas de différence significative entre les Orangers et les Citronniers (tableau XVI).

Tableau XVI. Résultats de l'analyse de la variance

Source de variation	SCE	Degré de liberté	Moyenne des carrés	Fobservé	Fcritique
Entre groupes	7.81	1	7.8125	0.0010	4.17
À l'intérieur des groupes	0.02	30	0.0007		
Total	7.83	31			

2.3. Les teneurs foliaire en potassium

Les résultats obtenus sont les suivants :

- Oranger : 0.49 ± 0.11 % de MS
- Citronnier : 0.30 ± 0.09 % de MS
- Mandarinier : 0.43 ± 0.05 % de MS

Ces résultats correspondent un état nutritionnel faible à très faible. Les Orangers et les Mandariniers présentent des teneurs faibles en potassium foliaire, tandis que les Citronniers présentent une teneur très faible. Les Orangers présentent des teneurs foliaires supérieures à celles des Citronniers (figure 7).

3^{ème} Partie: Résultats et discussion

L'analyse de la variance montre qu'il y a une différence significative entre les Orangers et les Citronniers (tableau XVII).

Tableau XVII. Résultats d'analyse de la variance

Sources de variation	SCE	Degré de liberté	Moyenne des carrés	Fobservé	Fcritique
Entre groupes	0.30	1	0.308	7.53	4.17
À l'intérieur des groupes	1.22	30	0.040		
Total	1.53	31			

3^{ème} Partie: Résultats et discussion

3^{ème} Partie: Résultats et discussion

Discussion et conclusion

Les résultats d'analyse foliaire montrent que, qualitativement, les Mandariniers présentent un meilleur état nutritionnel puisque ces teneurs foliaires sont relativement plus élevées en azote, en phosphore, et en potassium par rapport aux Citronniers et aux Orangers.

La comparaison statistique des teneurs foliaires des Orangers et des Citronniers montre que ces deux espèces présentent des teneurs comparables en phosphore, les orangers présentent des teneurs foliaires plus élevées en azote et en potassium que les Citronniers.

En Turquie TUZCU.Ö, et al. (1986) ont montré que les teneurs en phosphore, et en potassium pour les Orangers, les Mandariniers, et Les Citronniers sont faibles, alors que l'azote présente des teneurs élevées pour les trois espèces.

LEVY (1958) a montré que les feuilles de Washington navel sont systématiquement plus riches en azote, en phosphore, en potassium et plus pauvre en calcium que les feuilles de Valencia late.

3. Effet du porte-greffe sur l'état nutritionnel

L'effet du porte-greffe sur l'état nutritionnel en éléments majeurs essentiels est étudié en comparant deux variétés d'Orangers qui sont la Valencia Late olinda sur Citrange troyer et la Valencia Campbell sur Citrange carrizo. Ces deux variétés sont comparables et permettent donc de considérer que les différences du comportement du végétal seraient attribuées à la nature du porte-greffe (INRA - CIRAD, 2003).

3.1. Effet du porte-greffe sur la teneur foliaire en azote

Les résultats obtenus sont les suivants :

- Valencia Late olinda sur Citrange Troyer : 1.90 % MS
- Valencia Campbell sur Citrange Carrizo : 1.80 % MS

D'après ces résultats, nous remarquons que la Valencia late olinda greffée sur Citrange troyer présente la valeur la plus élevée que la Valencia campbell sur Citrange carrizo (figure 8).mais l'analyse de la variance montre qu'il n y a pas de

3^{ème} Partie: Résultats et discussion

différence significative entre les Porte-greffes (Tableau XVIII).

Tableau XVIII. Résultats d'analyse de la variance

Sources de variation	SCE	Degré de liberté	Moyenne des carrés	F _{Observé}	F _{critique}
Entre groupes	0.02	1	0.02	1.10	5.98
A l'intérieur des groupes	0.10	6	0.018		
Total	0.12	7			

3.2. Effet du porte greffe sur la teneur foliaire en phosphore

Les résultats obtenus sont les suivants :

- Valencia late olinda sur Citrange troyer : 0.082 % MS
- Valencia compbell sur Citrange carrizo : 0.074 % MS

Ces résultats montrent que la valeur la plus élevée est enregistrée par la variété Valencia late olinda greffée sur Citrange troyer, alors que la variété Valencia compbell greffée sur Citrange carrizo présente la valeur la plus faible (figure 9). Mais l'analyse de la variance montre qu'il n'y a pas de différence significative entre les deux porte-greffes (tableau XIX).

Tableau XIX. Résultats d'analyse de la variance

Sources de variation	SCE	Degré de liberté	Moyenne des carrés	F _{Observé}	F _{critique}
Entre groupes	0.00012	1	0.00012	0.87	5.98
A l'intérieur des groupes	0.0082	6	0.00136		
Total	0.0083	7			

3^{ème} Partie: Résultats et discussion

3.3. Effet du porte-greffe sur la teneur foliaire en potassium

Les résultats obtenus pour le potassium sont les suivants :

- Valencia late olinda sur Citrange troyer : 0.54 % MS
- Valencia compbell sur Citrange carrizo : 0.14 % MS

D'après ces résultats, nous remarquons que la valeur la plus élevée est enregistrée par la variété Valencia late olinda sur Citrange troyer, cette valeur correspond à un état nutritionnel déficient. La Valencia compbell greffée sur Citrange carrizo présente la valeur la plus faible, cette valeur correspond à un état nutritionnel très déficient (figure 10).

L'analyse de la variance indique qu'il y a une différence significative entre les deux porte-greffes (tableau XX)

Tableau XX. Résultats d'analyse de la variance

Sources de variation	SCE	Degré de liberté	Moyenne des carrés	Fobservé	Fcritique
Entre groupes	0.328	1	0.3280	51.12	5.98
A l'intérieur des groupes	0.038	6	0.0064		
Total	0.36	7			

3^{ème} Partie: Résultats et discussion

3^{ème} Partie: Résultats et discussion

3^{ème} Partie: Résultats et discussion

Discussion et conclusion

Pour une même variété d'agrumes, une forte influence des porte-greffes se manifeste sur les niveaux foliaire surtout en azote et en phosphore (MARCHAL et al, 1974). Pour notre cas, c'est avec le porte-greffe Citrange troyer (Valencia late greffée sur Citrange troyer), que nous avons obtenu les bonnes résultats pour l'azote, phosphore et potassium.

En corse CASSIN (1976) ont montré que la composition, la croissance, et le rendement du Clémentinier sont très significativement influencés par les porte-greffes tels que le Bigaradier, le Citrange troyer, et le Poncirus trifoliata. Ainsi GORTON (1954) a remarqué que les feuilles du pomélo greffé sur Mandarinier Cléopâtre accumulent plus le calcium, le potassium, le magnésium que les feuilles du pomélo greffé sur sour orange.

Des travaux réalisés en Algérie par KHELIL (1979), ont montré que les teneurs en sodium sont plus importantes avec le porte-greffe Citrange troyer, qu'avec le Bigaradier.

MARCHAL et al. (1975) montrent que la composition des feuilles de Clémentinier en azote, potassium et magnésium est plus faible sur Citrange troyer, qu'avec le porte-greffe Mandarinier cléopâtre.

En Algérie GHEZALI (1993) a constaté que l'oranger donne de meilleurs résultats lorsqu'il est greffé sur Citrange troyer que sur Bigaradier.

Pour notre travail, le porte-greffe Citrange troyer donne les meilleurs résultats pour l'azote, le phosphore et le potassium. A partir de l'analyse de la variance, il n y a pas d'effet du porte-greffe sur la teneur foliaire en azote et en phosphore, mais il est significatif pour le potassium. L'effet du porte-greffe sur les teneurs foliaires des Orangers Valencia semble donc dépendre de l'élément nutritif considéré.

Les Citranges sont des hybrides de Poncirus trifoliata et Citrus sinensis. Les Citranges troyer et carizzo auraient des caractéristiques génétiques relativement proches (LOUSSERT, 1989), ce qui explique la faible différence de comportement lors de la nutrition des agrumes en éléments majeurs essentiels.

4. Evaluation de l'état de fertilité du sol

4.1. La caractérisation du sol

L'horizon de surface du sol est analysé. Les résultats obtenus sont portés au tableau XXI et concernent les valeurs moyennes de 5 échantillons moyens (un échantillon moyen est le mélange de 4 échantillons prélevés autour des 4 arbres d'une variété).

Tableau XXI. Les principales caractéristiques de
L'horizon 0-30 Cm du sol

Paramètres	Résultats
Composition granulométrique	
Eléments grossiers %	3
Argile %	41.98
Limons fins %	22.40
Limons grossiers %	12.70
Sables fins %	8.16
Sables grossiers %	13.66
pH	7.5
CaCO ₃ %	0.25
Carbone %	1.7
Azote %	0.116
Phosphore ppm	24.4
Taux de saturation en K %	2.81
Matière organique%	2.89
Rapport C/N	14.65
C.E.C Cmol (+)/kg	20.07

Les résultats de ce tableau, montre que cet horizon de surface du sol de la parcelle étudiée se caractérise par une texture argileuse, avec un pourcentage faible en éléments grossiers, un pH neutre, il est non calcaire, riche en matière organique, le rapport C/N est élevé (C/N>12) indique que la matière organique est peu décomposée, cet horizon a une CEC élevée

4.2. La teneur en éléments majeurs essentiels

Les analyses portent sur 40 échantillons moyens, un échantillon moyen est le mélange de 4 sondages réalisés autour de chaque

3^{ème} Partie: Résultats et discussion

arbre à une profondeur comprise entre 0 et 30 cm. Chaque variété (ou association greffon/porte-greffe) est représentée par 4 échantillons moyens (un échantillon moyen par arbre). Les résultats présentés sont donc la moyenne de 4 échantillons.

4.2.1. La teneur du sol en azote total

La teneur du sol en azote total est donnée par le tableau XXII. Ces résultats montrent que l'horizon analysé est bien pourvu en azote total pour l'ensemble de la parcelle (à l'exception de la surface située autour de la variété Double fine améliorée). La teneur optimale est comprise entre 0.10 et 0.15 % (JACKSON, 1968). C'est autour de la variété Avana apérino sur Poncirus trifoliata que se localise la plus faible valeur (figure 11)

Le coefficient de variation est important ($CV > 12\%$) autour de 4 variétés.

La teneur moyen en azote total de la parcelle est de 0.115 %, et le coefficient de variation est de 15.26 % indique une hétérogénéité de la parcelle étudiée.

Tableau XXII. La teneur du sol en azote total (Nt %)

Variétés	Teneurs du sol	CV %	Etat de fertilité du sol	
Washington navel/Citrage troyer	0.134	1.87	0.10-0.15	Bien pourvu
Doublefine améliorée/Citrage troyer	0.084	55.35	0.10-0.15	Pauvre
Valencia lateolinda/Citrage troyer	0.124	6.87	0.10-0.15	Bien pourvu
Valencia campbell/Citrage carrizo	0.124	19.58	0.10-0.15	Bien pourvu
Citronnier lisbonne06/Citrage troyer	0.124	16.53	0.10-0.15	Bien pourvu
Citronnier lisbonne16/Citrage troyer	0.105	11.09	0.10-0.15	Bien pourvu
Citronnier eurêka/Citrage troyer	0.116	3.17	0.10-0.15	Bien pourvu
Citronnier fimminélo/Citrage troyer	0.104	21.65	0.10-0.15	Bien pourvu
Avana apérino/Poncirus trifoliata	0.140	4.74	0.10-0.15	Bien pourvu
Avana tardivo/Poncirus trifoliata	0.129	11.82	0.10-0.15	Bien pourvu

3^{ème} Partie: Résultats et discussion

3^{ème} Partie: Résultats et discussion

4.2.2. La teneur du sol en phosphore assimilable

Les résultats du phosphore assimilable sont donnés au tableau XXIII.

A partir de ces résultats, nous remarquons que cet horizon de surface du sol de notre parcelle a une teneur élevée en phosphore assimilable extrait par la méthode Olsen ($P > 22.9$ ppm) dans 50 % des cas (OLSEN, 1954 ; cité par JACKSON, 1968).

La teneur la plus élevée est enregistrée autour la variété Avana tardivo sur Poncirus trifoliata, et la plus faible teneur autour la variété Citronnier lisbonne 6 sur Citrange troyer (figure 12).

La valeur moyen du phosphore assimilable de la parcelle est de 24.4 ppm, cette parcelle est donc bien pourvue en phosphore assimilable. Le coefficient de variation moyen à l'échelle de la parcelle est de 24.72 %, ce coefficient de variation est élevé et indique une hétérogénéité spatiale de la distribution de la teneur en phosphore assimilable dans la parcelle étudiée.

Tableau XXIII. La teneur du sol en phosphore assimilable (P ppm)

Variétés	Teneurs du sol	CV %	Etat de fertilité du sol	
Washington navel/Citrage troyer	26.75	29.96	22.9	Teneur élevée
Doublefine améliorée/Citrage troyer	22.5	45.11	22.9	Teneur faible
Valencia lateolinda/Citrage troyer	21.75	32.81	22.9	Teneur faible
Valencia campbell/Citrage carrizo	29.75	13.27	22.9	Teneur élevée
Citronnier lisbonne06/Citrage troyer	18.25	10.37	22.9	Teneur faible
Citronnier lisbonne16/Citrage troyer	24.50	21.47	22.9	Teneur élevée
Citronnier eurêka/Citrage troyer	23.00	11.23	22.9	Teneur élevée
Citronnier fimminélo/Citrage troyer	21.25	3.52	22.9	Teneur faible
Avana apérino/Poncirus trifoliata	26.25	29.41	22.9	Teneur élevée
Avana tardivo/Poncirus trifoliata	30.00	40.09	22.9	Teneur élevée

3^{ème} Partie: Résultats et discussion

3^{ème} Partie: Résultats et discussion

4.2.3. La teneur du sol en potassium assimilable

Les résultats obtenus sur le potassium assimilable sont portés au tableau XXIV.

A partir de ces résultats, et en comparaison avec les normes de MUTSCHER (1978) qui utilise le taux de saturation en potassium, l'horizon de surface du sol de notre parcelle des teneurs élevés en potassium assimilable. La teneur optimale du taux de saturation en potassium assimilable est comprise entre 1.20 et 2.30%. La teneur la plus élevée est enregistrée autour la variété Valencia compbell sur Citrange carrizo, et la valeur la plus faible est observée autour la variété Double fine améliorée sur Citrange troyer (figure 13).

La valeur moyenne du potassium assimilable enregistrée pour la parcelle est de 2,81%, et le coefficient de variation moyen est de 28,63 %, indique une hétérogénéité de la parcelle

Tableau XXIV. La teneur du sol en potassium assimilable(VK %)

Variétés	Teneurs du sol	CV %	Etat de fertilité dusol	
Washington navel/Citrange troyer	2.04	13.60	1.20-2.30	Teneur élevée
Doublefine améliorée/Citrange troye	1.84	12.48	1.20-2.30	Teneur à l'optimum
Valencia lateolinda/Citrange troyer	3.48	44.84	1.20-2.30	Teneur élevée
Valencia campbell/Citrange carrizo	4.38	44.04	1.20-2.30	Teneur élevée
Citronnier lisbonne06/Citrange troyer	3.73	71.49	1.20-2.30	Teneur élevée
Citronnier lisbonne16/Citrange troyer	2.39	51.03	1.20-2.30	Teneur élevée
Citronnier eurêka/Citrange troyer	2.34	15.04	1.20-2.30	Teneur élevée
Citronnier fimminélo/Citrange troyer	2.34	17.13	1.20-2.30	Teneur élevée
Avana apérino/Poncirus trifoliata	2.69	12.69	1.20-2.30	Teneur élevée
Avana tardivo/Poncirus trifoliata	2.93	4.00	1.20-2.30	Teneur élevée

3^{ème} Partie: Résultats et discussion

Discussion et conclusion

Les résultats obtenus montrent que notre sol est bien pourvu en azote total et en potassium assimilable. Le phosphore présente des teneurs faibles autour de 5 variétés et des teneurs élevées autour des 5 variétés restantes, mais sa valeur moyenne dans la parcelle correspond à un sol bien pourvu en phosphore assimilable.

Les teneurs élevées en azote peuvent s'expliquer par les apports d'engrais de type Urée avec une dose de 11.5 q/ha réalisés avant nos prélèvements, ainsi que par la richesse du sol en matière organique.

Concernant le potassium, sa teneur élevée est due à un apport d'engrais de type 0-20-25 avec une dose de 13 q/ha.

Pour le phosphore, sa teneur élevée peut s'expliquer par des apports d'engrais du type 0-20-25, les valeurs relativement faibles observées autour de 5 variétés pourraient s'expliquer par la mauvaise répartition de l'engrais dans le verger.

5. Relation entre l'état nutritionnel et l'état de fertilité

Il s'agit de tenter d'établir une relation statistique entre les teneurs foliaires (Y) et les teneurs du sol (X).

5.1. L'azote

Le meilleur modèle obtenu est linéaire, l'équation obtenue est la suivante (figure 14):

$$y = 14.64 x \quad n = 10, R^2 = 0.5991, \text{ddl} = 8$$

La comparaison du r observé (0.774) (coefficient de corrélation) au r critique (0.631 pour un ddl = à 8, et $\alpha = 0.05$) montre qu'il y a une corrélation significative entre les teneurs foliaires en azote et la teneur du sol en azote total. La variation des teneurs foliaires dépend de 59.91 % des variations de la teneur du sol. 40.09% de la variation dépend d'autres facteurs.

5.2. Le phosphore

Le meilleur modèle obtenu est linéaire, l'équation obtenue est la suivante (figure 15):

$$y = 0.0003x + 0.1841 \quad n = 10 \quad R^2 = 0.0058 \quad \text{ddl} = 8$$

La comparaison du r observé (0.076) (coefficient de corrélation) au r critique (0.631 pour $\text{ddl} = 8$, et $\alpha = 0.05$) montre que la corrélation n'est pas significative entre les teneurs foliaires en phosphore et les teneurs du sol en phosphore assimilable. La variation des teneurs foliaires dépend seulement de 0.58 % des variations de la teneur du sol. 99.42 % de cette variation sont dus à d'autres facteurs.

5.3. Le potassium

Le meilleur modèle obtenu est linéaire, l'équation obtenue est la suivante (figure 16)

$$y = -0.7397x + 0.8249 \quad n = 10 \quad R^2 = 0.4062 \quad \text{ddl} = 8$$

La comparaison du r observé (0.6373) (coefficient de corrélation) au r critique (0.631 pour un $\text{ddl} = 8$, et $\alpha = 0.05$) montre que la corrélation est significative entre les teneurs foliaires en potassium et les teneurs du sol en potassium assimilable. La variation des teneurs foliaires dépend de 40.62% des variations de la teneur du sol. 59.38% de cette variation sont dus à d'autres facteurs.

Discussion et conclusion

La variation de la teneur foliaire en azote est due à 60 % de la variation de la teneur du sol en azote total, et les 40.09 % restant sont dus selon MAURI (1956) à la forte mobilité de l'azote dans le sol.

Concernant le phosphore, la variation des teneurs foliaires est indépendante des teneurs en phosphore assimilable dans le sol.

Pour le potassium foliaire, sa variation est due pour 60 % à sa variation dans le sol. Le reste des variations seraient dues à d'autres facteurs tels que la présence d'une texture argileuse qui favorise le phénomène de rétrogradation du potassium, et l'antagonisme entre le calcium et le potassium à cause de la richesse de notre sol en calcium.

Conclusion générale

Conclusion générale

Ce travail a pour but d'évaluer l'état nutritionnel d'un verger d'agrume de la station de démonstration de Tessala El Merdja, par la méthode du diagnostic foliaire.

- Toutes les variétés présentent des valeurs inférieures à l'optimum pour l'azote, le phosphore, et le potassium.
 - Le sol présent un état de fertilité convenable en azote total, en potassium assimilable, et en phosphore assimilable.
 - L'influence de l'espèce sur les teneurs foliaires est significative pour l'azote et le potassium, elle est non significative pour le phosphore.
 - l'effet du porte-greffe est non significatif pour l'azote et le phosphore, et significatif pour le potassium.
 - La relation entre la teneur foliaire et la teneur du sol est significative pour l'azote et le potassium, elle est non significative pour le phosphore.
 - La relation sol-plante dans ce système s'avère très complexe et nécessite un complément des travaux pour rechercher les causes de la faible assimilabilité des éléments majeurs essentiels par le végétal.
-

Références bibliographiques

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

ASHOK K. et ALVA DAVID P.H. - 1999: soil and Citrus nutrition
In Revue Citrus Health management.
Edited by: L. W. TIMMER and LARRY, P61.

AUBERT B. et VULLIN G. - 1997: Pépinière et plantation
d'agrumes.
Edition: CIRAD 184p.

BLONDEL L. - 1970 : Quelques aspect généraux de remplacement du
Bigaradier et l'utilisation de porte-greffes nouveaux.

Revue Fruits. Vol 22, N° 1, pp19-25.

BNEDER, 1985 : Etude sur la restructuration et la rénovation du
verger Agrumicole.

*Rapport 1^{ère} phase relatif à la description et au diagnostic
du verger. Bureau national d'Etude pour le Développement
rural, 32p.*

CHAPMAN H.D. - 1960 : Diagnostic foliaire et analyse du sol des
Plantations d'agrumes comme moyen de guider les pratiques des
fertilisations du sol.

Revue Fruits. Vol 15, N° 10, 435-441.

CLINE R.A. Et MCMEIL B. - 1996:Les analyses foliaires pour les
cultures fruitières.

Edition: E.F, Postach, 185p.

CASSIN P.J. - 1976: Variation saisonnière de la composition
minérale des feuilles de Clémentine sur Bigaradier, Citrange
troyer, Poncirus trifoliata en Corse.

Revue Fruits, Vol 30, N° 5, pp 329 - 337.

Références bibliographiques

DAOUD. Y. - 1987: Séminaire national sur la fertilisation
Chelef 27, 28, 29 décembre pp 1-11.

EMBLETON T.W. ET JONES W.N. - 1963: Leaf analysis fertilizer
program for Oranges.

California, Citrigrph, 48, pp 339 - 350.

FAEDY L. - 2002: Prélèvement - Echantillonnage

Diagnostic foliaire des vergers.

SADAF - PÔLE D'ASPACHE, pp 1-12.

FAO, 2004: Agrumes examen du marché

Station de recherches Agronomiques INRA-CIRAD San Giuliano, pp
1-3.

FAO, 1995: Ressource génétique, végétales, organisation agrumes.

Station de recherches Agronomiques INRA-CIRAD 20230 San
Giuliano, pp 1-6.

GHEZALI N.E. - 1993: Contrôle par le diagnostic foliaire de
l'état nutritif de Satsuma oari Citrus unshur greffée sur le
Bigaradier Citrus aurantium et Citrange troyer Citrus sinensis
Var Washington navel * Poncirus trifoliata.

Thèse ingénieur Blida, 67p.

GIAMMARI M. - 1995: symposium international sur les Mandarines
en Méditerranée.

Station de recherche agronomique - INRA - CIRAD SAN GIULIANO,
N° 20, 230p.

GRIFFON M. - 2000: Production et consommation d'agrumes dan le
monde. Evolution et élément de prospective

Comptes rendus de l'Académie d'Agriculture de France.

Références bibliographiques

Vol 86, PP 255-271.

GOBAT J.M. ARAGNO M. et MATTHEY W. - 1998: Le sol vivant
Base de pédologie, Biologie des sols.

Edition, Presse polytechniques et universitaires ROMANDES,
519p.

GORTON B. - 1954: Relation of Calcium and Potassium accumulate
in Citrus as influenced by rootstock a Salinity of irrigation
water Proc. Am. Soc.

Hort. Sci, N° 10, 66p.

IDAF, 1976: Les carences des agrumes en Algérie.

Ed LA QUINOLEINE, 57p.

INRA-CIRAD, 2003: les agrumes.

Service de recherche agronomique, SAN GIULIANO, N° 20, 230p.

ITAF, 1995: Les agrumes.

Création d'un verger d'agrumes.

Ministère de l'agriculture Nov 1995, 60p.

JACKSON M.L. - 1968: Soil chemical
Analysis.

Madison wiscour, 498p.

KARA Y.- 1984: Essai de fertilisation sur Clémentine à la
station expérimentale de BOUFARIK mémoire de fin d'étude INA,
43p.

KHELIL A. - 1979: Influence du nitrate de Calcium sur la

Références bibliographiques

Croissance et les équilibres ioniques Du Clémentinier alimenté avec une solution Nutritive enrichie en chlorure de sodium.

Revue Fruits. Vol 34, N° 3, PP 119-188.

KHELIL A. - 1989: Nutrition et fertilisation des arbres fruitiers et de la Vigne

Polycopie O.P.U, 67p.

LEVY J.F. - 1958: Les applications du diagnostic foliaire au agrumes

Revue fruit, Vol 13, N° 9-10, pp 387 - 388.

LOUSSERT R. - 1989: Les agrumes.

Arboriculture.

Edition: LAVOISIER, 136p.

LURO F. - 2004: Le concept de diversité génétique chez les agrumes; une perception de l'évolution et des Relations inter et intraspecificques par l'approche Du marquage moléculaire de l'ADN.

Station de recherches agronomiques INRA-CIRAD 20230 SAN GIULIANO, pp 1-6.

MAURI N. - 1956: Fumure des agrumes et rationalisme culturel.

Revue Fruits primeurs de l'Afrique du nord, 276, pp 85-91.

MARCHAL J. MARTIN-PREVL P. BLONDEL L. CASSIN J. et LOSSOIS P. - 1974: Influence des porte-greffes sur Composition foliaire du Clémentinier et d'autres espèces d'agrumes sous différents climats.

Revue Fruits, Vol 29, N° 2, PP 131-147

Références bibliographiques

MARCHAL J. CASSIN P.J. et MARTIN-PREVEL P. - 1975: Variations saisonnières de la composition minérale des feuilles de Clémentinier greffé sur Bigaradier, Citrange troyer ou Poncirus trifoliata en Corse.

Revue Fruit, Vol 30, N° 5, pp 329-337.

MARTIN P. - 1965: Contrôle des nutriments et de la fertilisation.

Revue Fruits, Vol 20, N° 5, pp 211-235

EL-AWAMIA, pp51-55.

MARTIN P. et GAGNARED J. - 1984: L'analyse végétale dans le Contrôle de l'alimentation des plantes tempérées et Tropicales.

Edition: LAVOISIER Paris 810p.

MINISTERE DE L'AGRICULTURE, 2003: Evolution des superficies en rapport des cultures arboricoles et viticoles périodes 1990-2000 Série B.

MINISTERE DE L'AGRICULTURE, 2003: Evolution des productions fruitières

Période 1990-2000 Série B.

MOREL R. - 1989: Les sols cultivés

Edition: LAVOISIER 331p.

MUTSHER H. - 1978: Recherche sur le régime du potassium dans les sols du nord de l'Algérie.

Revue de la potasse, Berne, N° 4, pp 1-17

NADIR M. - 1967: Méthode d'échantillonnage des feuilles au Maroc pour le diagnostic foliaire

EL-Awamia, N° 23, pp 101-123.

Références bibliographiques

NADIR M. - 1971: Rapport entre les éléments exportés par les fruits et par les feuilles dans les Citrus.

El-Awamia, N° 39, pp 37 - 42.

NADIR M. et GAGNAIRED J. - 1973: Variation de la composition des feuilles d'oranges au Maroc selon leur orientation, leur situation et leur position sur arbre.

Congrè mondial de Citriculture, pp 129-137.

NADIR M. - 1973: Répartition et taux des éléments minéraux dans les différents organes et parties des Citrus en production.

Congrès mondial de Citriculture Espagne, 250p.

PATRICK O. - 2000: La diversité des agrumes ; structuration et exploitation par hybridation somatique.

Comptes rendus de l'Académie d'Agriculture de France

Vol 86, N° 8, pp 197-219.

PATRICK S. et PIERRE V. - 1999: Fertilisation des vergers: environnement et qualité.

Edition: Paris, 57p.

PATRICK O. - 2002: Agriculture en méditerranée

Revue Afrique agriculture, N° 14, pp 1-18.

PRALORAN J.C. - 1971: Les agrumes

Edition: Maison neuve et la Rose Paris, 530p.

PREVEL P.M. - 1966: Echantillonnage des agrumes pour le diagnostic foliaire, influence du caractère fructifère et non fructifère, de leur hauteur et de leur ombrage sur la composition minérale.

Revue Fruits, Vol 21, N 11, pp 295 - 605.

Références bibliographiques

PREVEL P.M. - 1978: Rôle des éléments minéraux chez les agrumes.

Revue Fruits, Vol 33, N 7-8, pp 521 - 527.

ROBERT P. - 1966: Les agrumes dans le monde et le développement de leur culture en Algérie. 555p

REBOURT P. - 1966: Les agrumes en Afrique du Nord.

Edition Barbut, 360p.

RODRIGUEZ S. et al, 1973: Effet de la précision et de l'orientation en analyse foliaire.

Congre mondial de Citriculture. PP 221 - 225.

RYSER J.P. - 2000: Donnée de base pour la fumure en arboriculture fruitière.

Edition: E F, postach 185p.

REUTHER W. ET SMITH PF. - 1954: Leaf analysis of Citrus fruits nutrition.

Edition: By children, pp 257 - 294

SALETTE J. - 2000: Les agrumes Citrus

Comptes rendus de l'Académie d'Agriculture de France

Vol 86, N 8, pp 191-196.

SOLTNER D. - 1988: Les bases de la production végétale.

Tome 1, le sol 16^e Edition, 446p.

SAURAT A. - 1988: Base de la fertilisation raisonnée des agrumes.

Polycopié, pp 1-18.

TUZCU Ö. KAPLANKIRAN M. ÖZSCAN M. GEZEREL Ö. et HIZAI AY.

Références bibliographiques

- 1986: Etat nutritionnel des vergers d'agrumes dans la région méditerranéenne de la Turquie.

Revue Fruit, Vol 41, N 1, PP 40-60.

YOUNSI M. - 1990: Amélioration variétale: sélection nucellaire de Valencia late (Citrus sinensis l. OSBEK). Mémoire de fin d'études Blida 68p.

VAUCLIN M. - 1982: Méthodes d'étude de la variabilité spatiale des propriétés d'un sol.

Les colloques INRA, N° 15, pp 6-43.

WALALI L. et SKIREDJ, 2003: Réseau international sur les Agrumes.

Institut agronomique et vétérinaire Hassan II, Rabat octobre 2003, 109p.
