

# Variations de la composition minérale des feuilles de clémentinier.

## Premier essai de détermination de la période de stabilité.

A. KHELIL et M. BENTCHIKOU\*

### INTRODUCTION

Les études ayant trait à l'évolution des éléments minéraux au cours de l'année, sur feuilles d'agrumes sont assez nombreuses et il n'est pas dans notre intention de faire une mise au point bibliographique sur la question.

Il conviendra toutefois, de citer les travaux de chercheurs qui ont essayé d'établir une relation entre cette évolution et différents facteurs comme : la variété (3, 8, 13), le stade phénologique (9) où l'état nutritionnel serait à déterminer, l'époque qui convient le mieux pour le prélèvement foliaire aux fins d'analyses (12), l'apport d'éléments fertilisants (1, 5, 16).

Nous avons cherché à connaître l'état nutritionnel d'un verger pilote (Station expérimentale de Boufarik) situé dans la Mitidja et à déterminer, pour des conditions climatiques données, la période de stabilité en éléments minéraux qui reste à définir au cours des années suivantes.

En Californie et selon CHAPMAN (4, 5, 6, 7) la composition minérale des feuilles devient stable dès l'âge de quatre mois et jusqu'à l'âge de dix mois sur rameaux fructifères.

En France (Corse) - MARCHAL et al. (12) - c'est durant le mois d'octobre (les feuilles ont alors environ six mois), avec débordement sur septembre et début novembre, que la composition minérale devient stable.

Au Maroc, NADIR (14) a pu constater que la composition minérale des feuilles issues de rameaux fructifères, varie peu entre septembre et décembre. La stabilité est obtenue avec

des feuilles de cinq mois et se prolonge jusqu'à la cueillette des fruits.

Cependant, pour des raisons pratiques, l'auteur préconise des prélèvements de feuilles de début septembre à la fin d'octobre pour les variétés précoces, de début novembre à la fin de décembre pour les variétés de demi-saison et enfin de début janvier à la fin de février pour les variétés tardives.

En Espagne, GARCIA-MARTINEZ et al. (10) ont montré que dans les feuilles de Washington navel et de Valencia late issues de rameaux fructifères la période de stabilité se situe entre octobre et décembre pour le phosphore, entre juillet et décembre pour le potassium et le calcium et entre septembre et décembre pour l'azote.

En Algérie, aucun travail de ce genre n'a été entrepris et il nous a donc semblé intéressant d'étudier la dynamique des éléments minéraux pour juger de l'état nutritionnel de ce verger et d'essayer de préciser la période de stabilité qui reste à vérifier dans d'autres situations pédoclimatiques, sur d'autres variétés et au cours de plusieurs années.

### MATÉRIEL ET METHODES

Pour la réalisation de ce travail nous avons choisi le clémentinier (*Citrus reticulata* sp.) greffé sur bigaradier (*Citrus aurantium* L.) en raison de son importance économique (30 p. 100 des agrumes de la Mitidja).

Le verger retenu se trouve à la Station expérimentale d'Agrumiculture de Boufarik et est indemne de viroses connues.

\* - Institut national agronomique - Département des Cultures pérennes - Laboratoire d'Horticulture - Alger (El-Harrach) Algérie

A l'intérieur de ce verger, on a effectué des prélèvements foliaires tous les quinze jours du premier septembre 1977 (feuilles âgées de six mois) au premier mars 1978 (feuilles âgées de douze mois) sur rameaux fructifères périphériques de la pousse du printemps à raison de quatre feuilles par arbre et aux quatre points cardinaux.

Le nombre d'arbres échantillonnés est de 25.

Les pousses sur lesquelles on a fait les prélèvements foliaires, ont été marquées.

Les arbres âgés de dix-sept ans ont reçu une fumure azotée sous forme d'ammonitrate 33,5 p. 100 à raison de 1 kg par arbre et par an en trois fois (1/2 à la floraison, 1/4 à la nouaison et 1/4 en septembre) et une fumure phosphopotassique à raison de 1,2 kg de sulfate de potassium et 0,6 kg de superphosphate 46 p. 100 par arbre et par an.

Les échantillonnages de sol ont été effectués sur trois horizons : 0 à 20 cm, 20 à 40 cm et 40 à 70 cm. On a ensuite procédé à une percolation à l'aide d'une solution d'acétate d'ammonium à pH 8,2.

Sur la matière sèche des feuilles on a fait une incinération jusqu'à l'obtention des cendres blanches ou gris clair qui furent ensuite solubilisées en milieu acide.

On a ensuite déterminé les teneurs en éléments minéraux dans les sols et les feuilles.

Le phosphore est dosé par la méthode colorimétrique de réduction du complexe phosphomolybdique par l'acide ascorbique à 1 p. 100 (méthode JORET - HEBERT).

Le potassium et le sodium sont déterminés par spectrophotométrie de flamme.

Le calcium, le magnésium, le fer, le cuivre, le zinc et le manganèse sont déterminés par spectrophotométrie d'absorption atomique après addition d'un tampon spectrale (chlorure de lanthane à 1 p. 1000).

L'azote est déterminé par la méthode KJEDALL.

Le calcaire total est dosé par le calcimètre de BERNARD.

## RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

### Analyses de sol.

Nous avons regroupé dans le tableau I les données de l'analyse des sols des trois horizons.

A la lumière de ces résultats et par comparaison aux normes de SOLTNER, le sol semble assez bien pourvu en azote. Ceci était prévisible en raison de l'expérimentation de fertilisation azotée et phosphopotassique qui a précédé notre étude.

Le phosphore semble être localisé dans l'horizon de surface en raison du mauvais enfouissement de la fumure phosphopotassique observé dans les vergers agrumicoles de la Mitidja, de la faible lixiviation de cet élément et de la diminution de son assimilabilité en raison d'un pH élevé.

Dans les horizons inférieurs c'est-à-dire dans la zone exploitée par les racines, les teneurs demeurent faibles.

De même que le phosphore, le potassium présente une tendance à l'accumulation dans l'horizon superficiel et une réduction dans les horizons sous-jacents.

Le sol de cette parcelle semble être assez bien pourvu en calcaire total. De tous les éléments majeurs c'est le magnésium qui est le mieux réparti dans les horizons avec cependant un niveau moyen qui peut rendre difficile l'assimilation de cet élément par la plante en raison de l'antagonisme calcium, magnésium.

Malgré le mauvais drainage au niveau de cette parcelle, les valeurs de la conductivité électrique et le S.A.R. indiquent une salinité faible.

### Analyses foliaires.

*Evolution des éléments minéraux dans les feuilles âgées de six à douze mois.*

Dans tous les graphiques qui suivent, nous avons comparé la teneur moyenne de chacun des éléments pour des feuilles de six à douze mois aux normes établies par CHAPMAN.

TABLEAU I - Résultats des analyses de sol.

horizons (cm)	pH	C.E.	N p. 100	P p. 100	K p. 100	Ca p. 100	Mg p. 100	Na p. 100	CaCo <sub>3</sub> p. 100	SAR
0-20	8,0	3,03	1,20	0,099	0,19	2,28	0,41	0,069	2,42	1,60
20-40	8,0	4,48	0,99	0,029	0,079	2,98	0,38	0,075	2,90	1,59
40-70	7,8	3,86	0,10	0,019	0,069	2,18	0,38	0,085	2,66	2,04

C.E. : conductivité électrique de la solution du sol exprimée en micromhos.

$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca + Mg}{2}}}$$

● Azote.

A l'examen de la courbe d'évolution de cet élément, on constate que le niveau augmente progressivement depuis l'âge de six mois de la feuille jusqu'à l'âge de huit mois et demi, c'est-à-dire juste avant la récolte des fruits qui se situe entre le 30 novembre et le 15 décembre. On observe une tendance à la stabilité entre le 15 novembre et le 15 décembre (feuilles âgées de huit mois et demi à neuf mois et demi). Au-delà de cette période le niveau diminue.

Chez le clémentinier, en Corse, MARCHAL et al. (12) situent en octobre (feuilles de six mois) la période la plus favorable pour le diagnostic de l'état nutritionnel azoté.

La diminution du niveau d'azote observée après la récolte peut s'expliquer par une migration de cet élément vers les autres organes de l'arbre (accumulation de réserves).

En Espagne, GARCIA-MARTINEZ et al. (10) ont trouvé pour cet élément une période de stabilité qui s'étend de septembre à décembre pour la variété Washington navel et d'octobre à décembre pour la variété Valencia late.

La comparaison des teneurs par rapport aux niveaux établis par CHAPMAN en Californie pour des feuilles de même âge, montre que l'azote est optimum. Ceci semble être dû au fait que le sol de ce verger en est assez bien pourvu, probablement en raison de la fertilisation azotée qui a précédé cet essai.

● Phosphore.

L'allure de la courbe est moins régulière que celle de l'azote et à partir de six mois, on observe des fluctuations de teneurs avec une augmentation de huit mois et demi à neuf mois. La période de stabilité pour le phosphore pourrait se situer entre le 30 novembre et le 15 décembre (feuilles âgées de huit mois et demi à neuf mois).

Dans les feuilles de clémentinier de Corse (12), la période de septembre à décembre correspond à une phase de stabilité convenant au diagnostic de cet élément.

GARCIA-MARTINEZ et al. (10) ont trouvé que la période de stabilité pour le phosphore, se situe entre septembre et décembre pour la variété Washington navel et d'octobre à décembre pour Valencia late.

Comparés aux niveaux de CHAPMAN il n'est pas surprenant que le niveau en cet élément soit bas puisque l'analyse du sol a révélé une carence en phosphore dans les horizons inférieurs c'est-à-dire dans la zone exploitée par les racines.

● Potassium.

L'accumulation plus rapide et l'évolution plus nette de la courbe pour cet élément par comparaison à tous les autres

éléments souligne le rôle important que joue le potassium dans la croissance du fruit chez le clémentinier.

Le niveau en cet élément augmente plus rapidement et atteint un maximum au stade fruit mi-mûr, ce qui correspond à l'âge des feuilles de huit mois. Il diminue ensuite sensiblement jusqu'à la récolte des fruits probablement en raison de son utilisation par le fruit qui termine sa maturation et plus brutalement au-delà de cette période.

Comme pour le phosphore, le niveau en potassium demeure assez bas, ce que nous avons déjà montré, KHELIL et HAMDI-PACHA (11) bien que la parcelle ait reçu une fumure NPK l'année qui a précédé cette étude.

La mauvaise qualité des fruits récoltés cette année pourrait être en relation avec le manque de potassium qui joue un rôle important dans le métabolisme des fruits, ou au déficit hydrique observé.

La période de stabilité pour cet élément se situerait dans l'intervalle compris entre le 30 octobre et le 30 novembre (feuilles âgées de huit à neuf mois) alors qu'en Corse on ne met pas en évidence d'époque absolument satisfaisante (12) ; la période d'octobre-novembre est la moins défavorable.

● Calcium.

Chez les feuilles âgées de six mois à neuf mois, on observe de légères fluctuations des teneurs qui sont plus élevées dans les feuilles plus âgées.

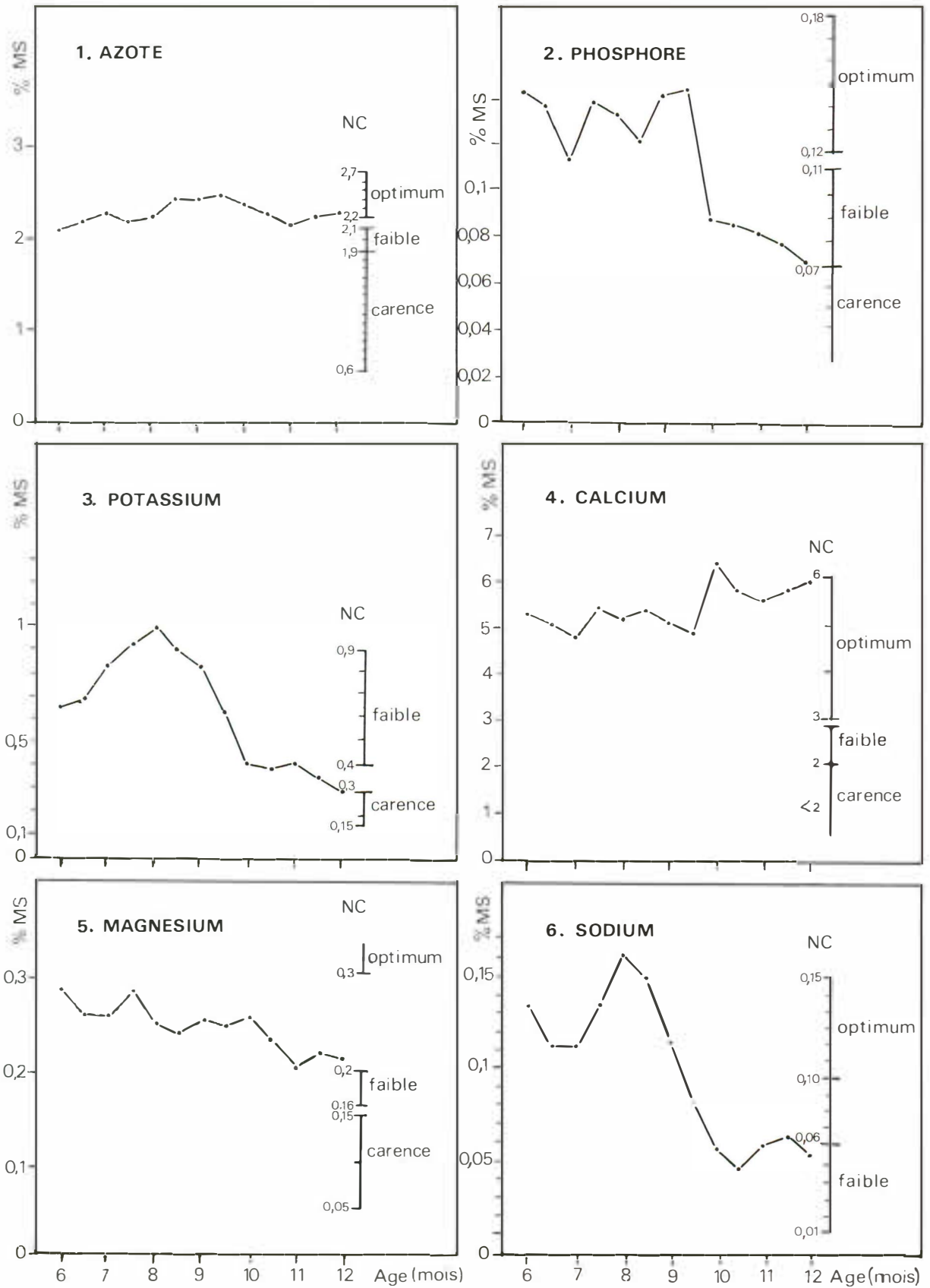
Ceci est en accord avec les résultats de GARCIA-MARTINEZ et al. (10) obtenus sur les variétés Washington navel et Valencia late.

Pour le calcium, la période de stabilité pourrait se situer entre le 15 octobre et le 15 novembre (feuilles âgées de sept mois et demi à huit mois et demi).

En Corse, les niveaux du calcium des feuilles de clémentinier (12) ont évolué différemment d'une année à l'autre et il n'est pas toujours possible de déterminer une période stable.

Contrairement à tous les autres éléments dont les teneurs diminuent après la récolte des fruits, pour le calcium, les niveaux augmentent au-delà de cette période. Ceci peut expliquer peut-être en partie, la réduction des niveaux en potassium sous un effet d'antagonisme entre ces deux éléments.

Le sol étant assez bien pourvu en cet élément, le niveau dans les feuilles se situe à l'optimum de CHAPMAN. Ceci confirme les résultats que nous avons déjà obtenus avant d'entreprendre cette étude, KHELIL et HAMDI-PACHA (11).

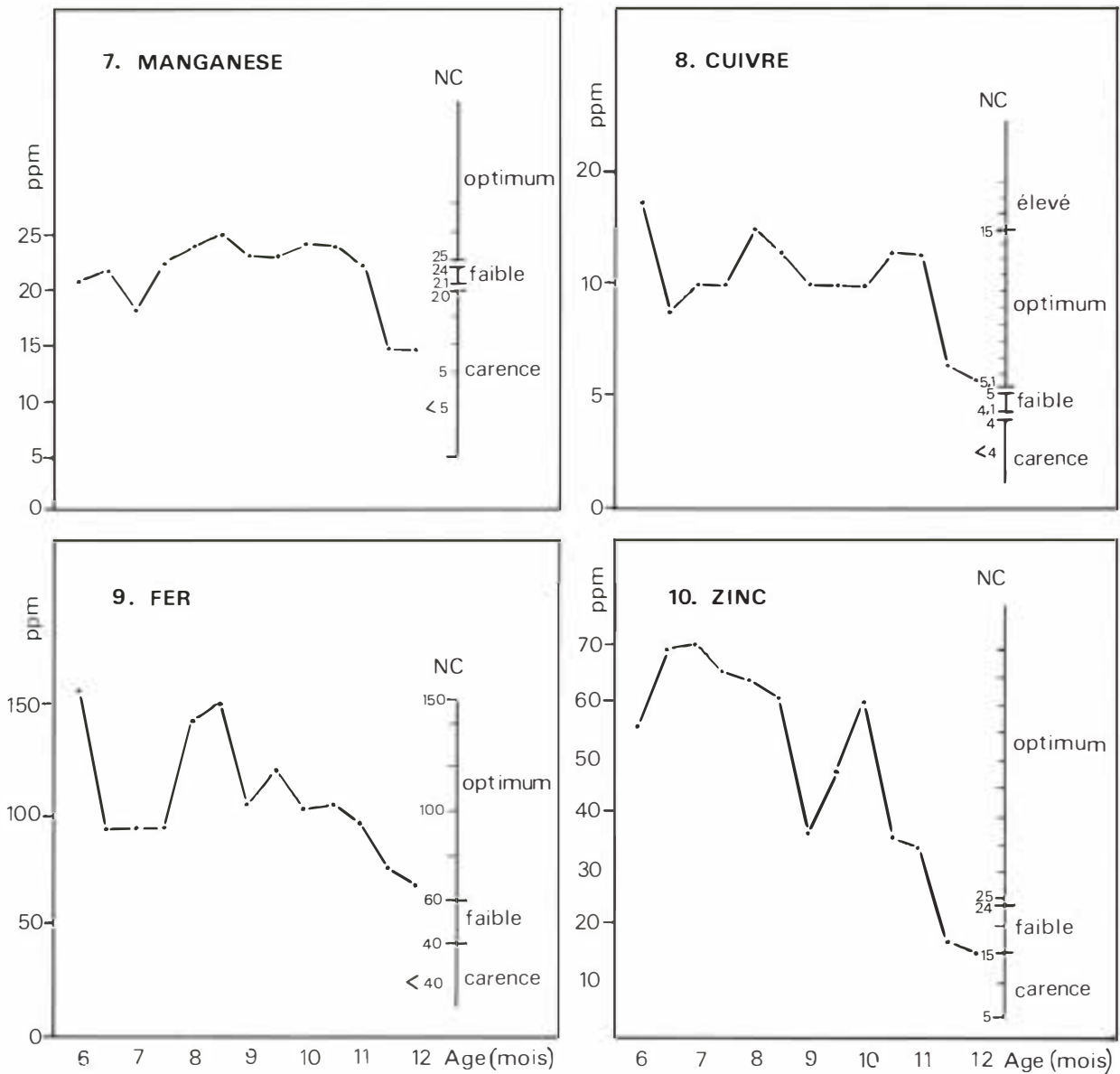


**Figure 1 à 10.**  
**TENEURS EN ELEMENTS MINERAUX DANS LES FEUILLES**  
**AGEES DE 6 A 12 MOIS.**

NC = normes de CHAPMAN

- 1. AZOTE
- 2. PHOSPHORE
- 3. POTASSIUM
- 4. CALCIUM
- 5. MAGNESIUM
- 6. SODIUM

- 7. MANGANESE
- 8. CUIVRE
- 9. FER
- 10. ZINC





● Magnésium.

La teneur en magnésium dans les feuilles décroît au fur et à mesure que le fruit se développe, ce qui semble indiquer la migration de cet élément vers les fruits.

La période de stabilité pour cet élément pourrait se situer entre décembre et janvier (feuilles âgées de neuf à dix mois) avec une diminution des niveaux après la récolte des fruits.

Cette période est décalée d'environ deux mois par comparaison avec le cas de la Corse (12). Comme pour l'azote et le phosphore, la réduction du niveau en magnésium est moins brutale que celle du potassium.

Il a aussi, le niveau bas déjà signalé (11) se retrouve dans les conditions de cette étude.

● Sodium.

On peut rapprocher la courbe d'évolution du sodium de celle du potassium puisque comme pour ce dernier, on note une élévation du niveau qui atteint son maximum au stade fruit mi-mûr puis diminue au-delà de ce stade. La période qui pourrait être la plus favorable serait celle de janvier-février, dans ce cas.

Le niveau en sodium dans les feuilles qui est à l'optimum pourrait évoluer au cours des années si le drainage déficient observé dans ce verger, n'est pas amélioré.

En effet, le taux de salinité du sol, quoique faible (SAR = 1,74 et CE = 3,79 micromhos/cm) pourrait augmenter par suite d'accumulation de sodium en sol mal drainé.

● Manganèse.

Pour cet élément, la courbe d'évolution montre une accumulation progressive jusqu'au stade de maturité des fruits, une stabilité entre le 30 novembre et le 30 décembre et comme pour la plupart des autres éléments minéraux une chute brutale des niveaux en cet élément dans les feuilles âgées de onze à douze mois.

La déficience en manganèse serait en relation avec le pH élevé du sol qui entraînerait une insolubilisation ou un blocage de cet élément.

● Cuivre.

Le niveau du cuivre qui est à l'optimum atteint un maximum début novembre pour décroître et atteindre un niveau stable durant les mois de décembre et janvier, pour diminuer ensuite après une légère hausse. La suffisance en cet élément pourrait s'expliquer par l'emploi de produits anti-cryptogamiques, à base de cuivre.

● Fer.

C'est l'oligo-élément qui fluctue le plus. Après le début de la récolte où le niveau est au maximum, on constate une réduction des teneurs dans les feuilles âgées de huit mois et demi à douze mois.

Le pH élevé et la présence du calcium en quantité importante dans le sol ne semblent pas entraîner une insolubilisation de cet élément dont le niveau dans les feuilles est à l'optimum.

La période la plus stable serait celle comprise entre le 15 septembre et le 15 octobre.

● Zinc.

Contrairement aux autres oligo-éléments, le niveau en zinc dans les feuilles décroît au fur et à mesure que le fruit grossit. Après la récolte la réduction des niveaux est plus importante. Comme pour le cuivre les quantités fournies par l'emploi des produits anti-cryptogamiques font qu'il n'y a pas de risque de carence pour cet élément dont le niveau est à l'optimum.

La période de stabilité pour le zinc correspondrait à l'intervalle compris entre le 15 octobre et le 15 novembre.

## CONCLUSIONS

Cette première étude sur les variations saisonnières de la composition minérale du clémentinier a montré que l'âge de la feuille a une grande importance. Ceci a également été signalé par NADIR (14), MARCHAL et al. (12) ainsi que beaucoup d'autres auteurs.

Sur Washington navel et Valencia late, GARCIA-MARTINEZ et al. (10), et sur clémentinier, MARCHAL et al. (12), ont montré que la période de stabilité est variable d'un élément minéral à un autre.

Dans les conditions de cet essai, la période de stabilité pour l'azote et le phosphore se situe entre le 30 novembre et le 15 décembre ; pour le potassium entre le 30 octobre et le 30 novembre ; pour le magnésium entre le 30 novembre et le 30 janvier ; pour le sodium entre le 30 décembre et le 28 février ; pour le calcium entre le 15 octobre et le 15 novembre ; pour le manganèse entre le 30 novembre et le 30 décembre ; pour le cuivre entre le 30 novembre et le 30 janvier ; pour le fer entre le 15 septembre et le 15 octobre et enfin pour le zinc, entre le 15 octobre et le 15 novembre.

La période qui semble la plus favorable au diagnostic de

l'état nutritionnel de N, P, Mg, Ca, Mn et Cu se situe entre le 30 novembre et le 15 décembre (feuilles âgées de neuf mois à neuf mois et demi) autrement dit juste avant la récolte des fruits.

Celle qui convient le mieux pour l'ensemble : K, Na, Zn et Fe serait comprise entre le 15 et 30 janvier.

Les périodes de stabilité des éléments pouvant varier selon les conditions climatiques, la variété et le type de sol, il nous paraît hasardeux de les retenir comme définitives.

Cette étude serait à poursuivre avec différentes combinaisons de porte-greffe x greffon, dans différentes situations pédoclimatiques et sur plusieurs années.

#### BIBLIOGRAPHIE

1. BITCOVER (H.H.) et WANDER (I.W.). 1950.  
Some observations on nitrite formation and the absorption of N by Citrus.  
*Plant Physiol.*, 25, 461-468.
2. CARPENA (O.), ALCARAZ (C.) et LEON (A.). 1968.  
Balance nutritive del limonero Verna.  
*Contrôle de la fertilisation des plantes cultivées. IIe Colloque européen et méditerranéen, Séville*, 423-433.
3. CARPENA (O.), LORENTE (S.) et ALCARAZ (C.). 1968.  
Influencia de la variedad de Citrus en la evolución foliar NPK.  
*Contrôle de la fertilisation des plantes cultivées. IIe Colloque européen et méditerranéen, Séville*, 481-490.
4. CHAPMAN (H.D.) et BROWN (S.M.). 1950.  
Analysis oranges leaves for diagnosing nutrient status with reference to potassium.  
*Hilgardia*, 19, 501-540.
5. CHAPMAN (H.D.) et FULLMER (F.). 1951.  
The potassium and phosphorus question.  
*California Citrograph*, 36, 6.
6. CHAPMAN (H.D.). 1960.  
Leaf and soil analysis in Citrus orchards.  
*Division of agricultural Sciences, Univ. of California*.
7. CHAPMAN (H.D.). 1961.  
Le diagnostic foliaire et l'analyse du sol dans les plantations d'agrumes comme moyen de guider les pratiques de fertilisation du sol.  
*Fruits et primeurs de l'Afrique du nord*, 318.
8. COSTA (F.) et CARPENA (O.). 1963.  
Influencia de la variedad de Citrus sobre la evolución annual del nitrogeno foliar.  
*Agrochimica*, 7, 62-74.
9. DEIDDA (P.) et VIRDIS (M.). 1969.  
Variazioni di alcuni macroelementi nelle foglie e nei frutti di diverse specie di agrumi in relazioni alle fasi biologiche del ciclo annuale.  
*Studi sassaresi*, 17, 217-240.
10. GARCIA-MARTINEZ (J.L.), COTOLI (A.) et PICO (F.). 1973.  
Evolución del contenido en macroelementos en hojas y frutos de Washington navel y Valencia late, a lo largo del año.  
*Congrés mondial de Citriculture, Murcia-Valencia*, 177-184.
11. KHELIL (A.) et HAMDI-PACHA (A.). 1976.  
Diagnostic sur l'état nutritionnel de quelques vergers de clémentiniers de la Mitidja, par l'analyse foliaire.  
*Département des Cultures pérennes - INA, Alger*.
12. MARCHAL (J.), CASSIN (J.) et MARTIN-PRÉVEL (P.). 1975.  
Variations saisonnières de la composition minérale des feuilles de clémentinier greffé sur bigaradier, citrange Troyer ou Poncirus trifoliata, en Corse.  
*Fruits*, 30, 5, 329-337.
13. MIELLA (A.). 1968.  
Variazioni dell'azoto, fosforo e potasio nelle foglie di arancio.  
*Contrôle de la Fertilisation des Plantes cultivées - IIe Colloque européen et méditerranéen, Séville*, 449-460.
14. NADIR (M.) et GAGNAIRE (J.). 1973.  
Variations de la composition des feuilles d'orangers au Maroc selon leur orientation, leur situation et leur position sur l'arbre.  
*Congrés mondial de la Citriculture, Murcia-Valencia*, 129-138.
15. PAGE (A.L.), GANJE (T.S.) et EMBLETON (T.W.). 1968.  
Soil factors influencing the correction of K deficiencies on Citrus in California.  
*Proc. First Inter. Citrus Symposium, Riverside*, vol. III, 1605-1612.
16. SMITH (P.F.). 1966.  
Leaf analysis of Citrus.  
*Fruit nutrition Ed. por N.F. Childers, Somerset Press, Somerville, New Jersey*, 208-228.