

# METHODES D'ECHANTILLONNAGE DES FEUILLES D'AGRUMES AU MAROC POUR LE DIAGNOSTIC FOLIAIRE

par M. NADIR \*

## Historique

Dans toute recherche scientifique, afin de rendre hommage aux chercheurs et, en particulier, aux promoteurs qui ont contribué au développement d'un problème scientifique, il est indispensable d'en tracer les grandes lignes et d'illustrer le rôle de chacun dans sa contribution à l'évolution de ce problème.

Les promoteurs du diagnostic foliaire ont été deux français, LAGATU et MAUME (1), qui l'ont appliqué à la vigne en 1924 ; ils sont arrivés à la conclusion suivante : « Le but du diagnostic foliaire consiste à permettre de déceler les causes d'une mauvaise nutrition correspondant à un rendement défectueux et à déterminer les moyens pratiques d'y remédier ».

D'autre part, un chercheur suédois, LUNDEGARTH (2), proposa en 1934 une méthode pour déterminer le besoin en engrais des sols cultivés ; cette méthode fut nommée « Triple analyse » parce qu'au début, cet auteur se proposait de la baser sur l'analyse parallèle du sol, du sous-sol et de la plante. Au cours de recherches étendues, LUNDEGARTH constata que l'analyse de la plante suffisait et il renonça à celles du sol et du sous-sol. Il conserva cependant le nom de « triple analyse » à cette technique, car elle déterminait les trois éléments : azote, phosphore et potassium de la feuille.

Depuis cette époque, d'autres chercheurs ont mis au point l'analyse foliaire sur un grand nombre de plantes.

---

\* Chef du Laboratoire Général de Chimie.  
Al Awamia, 23, pp. 101-123, avril, 1967.

Les chercheurs américains ALDRICK, CHAPMAN, EMBLETON, JONES, REUTHER, SMITH, WANSELOW ainsi que beaucoup d'autres ont travaillé sur l'analyse foliaire des agrumes. Certains ont même établi des normes pour les éléments minéraux se trouvant dans les feuilles.

En ce qui concerne les premières recherches sur le diagnostic foliaire au Maroc, nous rendons hommage aux travaux de PRALORAN (3). Malheureusement ces travaux ont été interrompus.

### Introduction

Actuellement, le diagnostic foliaire est un outil très précieux qui permet de déterminer des états carencés, satisfaisants ou excessifs, des divers éléments absorbés par les *Citrus*.

Dans beaucoup de pays, l'analyse foliaire constitue un guide pour la détermination du besoin en engrais. Mais il ne faut pas sous-estimer les analyses du sol et de l'eau d'irrigation qui donnent des indications très précieuses pour l'interprétation des résultats d'analyse foliaire.

Etant donné la diversité des méthodes d'échantillonnage, nous nous sommes intéressé au problème du prélèvement des feuilles ; nous avons recherché les méthodes les mieux adaptées au Maroc. Mis à part l'âge des feuilles, qui modifie les différents modes d'échantillonnage pour l'établissement des normes propres à chaque pays, il existe actuellement deux méthodes : la première est basée sur des feuilles de 4-7 mois du cycle printanier, prises aux extrémités des rameaux non-fructifères (4,5), la deuxième est basée sur des feuilles de 4-7 mois, également du cycle printanier, mais prises aux extrémités des rameaux fructifères (6).

Nous avons adopté la méthode préconisée par CHAPMAN, c'est-à-dire le prélèvement des feuilles aux extrémités des rameaux fructifères. Dans la pratique, il est plus simple de choisir les feuilles sur ce type d'extrémité où l'on est sûr de l'âge de la feuille, alors que sur les extrémités non-fructifères il est plus difficile de déterminer l'âge avec certitude, par suite des vagues successives de croissance végétative chez les *Citrus*.

Nous passerons en revue successivement : position, orientation, situation et âges des feuilles.

### 1. *Position des feuilles*

Pour ne pas faire d'erreur d'âge, nous avons décidé de faire les prélèvements de feuilles sur les branches fruitières. Il est en effet difficile de préciser l'âge des feuilles sur rameaux ordinaires, (à moins de les avoir marqués), car il y a plusieurs poussées végétales en cours d'année et, après quelques mois, les feuilles sont toutes très semblables entre elles.

Pour comparer les feuilles sur rameaux végétatifs et sur rameaux fructifères, nous avons marqué, sur le même arbre, les feuilles qui apparaissent au cycle printanier (mars-avril), aux extrémités des rameaux non-fructifères. Fin mai, nous avons marqué d'autres feuilles qui venaient d'apparaître et qui n'appartenaient pas au cycle printanier. Au début d'octobre, nos prélèvements ont porté à la fois sur ces différentes sortes de feuilles et sur d'autres se trouvant à côté des fruits, c'est-à-dire appartenant au cycle printanier ; ces dernières ont donc le même âge que le fruit.

A l'analyse de ces différentes feuilles, on a constaté que celles âgées de 4 mois (feuilles du cycle d'été) et celles âgées de 6 mois (feuilles du cycle printanier) n'appartenant donc pas au même cycle, présentaient entre elles des différences importantes (14 % pour N, 29 % pour P et 30 % pour K), alors qu'en apparence, elles sont semblables et pouvaient facilement être confondues par l'échantillonneur.

Par contre, sur les rameaux fruitiers, on peut dater les feuilles avec certitude. On remarque toutefois que, dans certains cas, les fruits se trouvent immédiatement sur le bois le plus vieux ; les feuilles se trouvant à côté de ces fruits sont plus âgées que les fruits ; il faut donc éviter de prélever ces feuilles que l'on peut reconnaître par un examen attentif. Il convient de prélever les feuilles uniquement sur les rameaux fructifères et de bien vérifier qu'elles se trouvent sur la pousse de l'année.

### 2. *Orientation et situation des feuilles*

L'orientation des feuilles par rapport au tronc et leur situation par rapport à l'arbre pourraient avoir également une influence sur les teneurs en éléments minéraux.

Pour étudier l'effet de l'orientation et de la situation sur la composition minérale des feuilles dans les différentes régions agrumicoles du Maroc, nous avons fait des prélèvements dans 7 régions agrumicoles importantes, à savoir :

1. région côtière, près de Rabat ;
2. région de Meknes ;
3. région du Gharb ;
4. plaine du Tadla ;
5. Marrakech ;
6. vallée du Souss ;
7. dans le nord, à Larache.

Nos prélèvements ont porté sur 40 arbres apparemment sains, dans chaque verger précité ; le nombre de feuilles de mêmes dimensions n'étant pas suffisant dans certaines orientations, nous avons mélangé, en nombre égal, les feuilles homologues prélevées sur 2 arbres ; donc, dans chaque verger, il y avait 20 répétitions pour les 4 directions. De plus, dans certains vergers, nous avons prélevé des feuilles des branches non-fructifères et celles se trouvant à l'intérieur de l'arbre. Nous signalons qu'en général, la plantation est de  $7 \times 7$  mètres ou de  $7 \times 6$  mètres.

Avant d'exprimer nos résultats, nous indiquons que certains chercheurs prélèvent les feuilles se trouvant du côté nord (7,8) ; ils ont constaté que les feuilles orientées vers le nord ont une concentration plus faible en azote que pour les autres directions. OPPENHEIMER (9) pense que les feuilles exposées au soleil sont plus riches en azote et en phosphore.

Cette hypothèse est peut-être valable, mais nous formulons quelques réserves sur la mise en évidence des différences d'orientation par ces auteurs pour la raison suivante : au mois de mai, ils avaient défolié un arbre Schamouti et, par la suite, d'autres arbres ; ils avaient séparés 6 directions : sommet, intérieur, N, S, E, O ; les feuilles de ces directions étaient divisées en deux catégories : l'une, pour les feuilles jeunes et l'autre pour les vieilles feuilles.

A notre avis, cette manière de séparer les feuilles en deux catégories est très arbitraire, étant donné les vagues de croissance chez les *Citrus* ; la proportion de feuilles très jeunes et très vieilles, dans chaque direction, n'est pas la même ; par conséquent, ce rapport peut augmenter ou diminuer considérablement le pourcentage d'éléments minéraux dans ces deux catégories de feuilles. Nous signalons également que certaines orientations, par suite du vent ou d'autres facteurs climatiques, produisent moins de fruits par branche ; les feuilles prises dans ces directions sont différentes des autres.

Quant à l'hypothèse de OPPENHEIMER sur la richesse en azote et phosphore des feuilles exposées au soleil, nous avons remarqué, au Ma-

roc, que les feuilles se trouvant au nord et à l'intérieur de l'arbre ont des dimensions plus grandes que pour les autres orientations. Nous nous demandons s'il n'y a pas un effet de phototropisme, les feuilles se trouvant aux endroits ombragés de l'arbre ayant une élongation cellulaire plus importante ; de ce fait, la matière organique croît plus vite que la matière minérale.

Nos résultats ont été soumis aux épreuves statistiques ; nous pensons publier les résultats complets ultérieurement. Les premiers dépouillements effectués pour l'azote montrent que la différence de concentration en azote, pour les quatre orientations, dans cinq vergers sur sept, n'est pas significative, alors que pour les deux vergers restants, la concentration est plus faible côté nord que pour les autres orientations.

Par suite d'une insuffisance de moyens, PRALORAN (3), en 1953, avait fait un seul prélèvement, au mois de juillet, dans une seule région et pour un seul élément (l'azote) ; il avait trouvé que les feuilles exposées au nord étaient plus riches en azote.

### 3. Age des feuilles

Le but essentiel de cette étude est de fixer la date à laquelle il convient d'effectuer les prélèvements de feuilles d'agrumes pour les analyses foliaires destinées à la détermination d'une fumure rationnelle des vergers marocains.

Les études ont porté sur deux vergers : l'un, dans la région côtière, près de Rabat-Salé, l'autre, à l'intérieur, près de Meknes. Dans ces deux vergers, à part la variété du greffon et du porte-greffe, (Washington navel sur bigaradier), qui était la même, les autres facteurs étaient absolument différents, à savoir : la plantation de Rabat était âgée de 20 ans, sur sol léger, avec système de cover-cropage et irrigation par cuvette ; le verger de Meknes, quant à lui, était âgé d'une trentaine d'années, il était planté sur sol argilo-limoneux plus ou moins lourd, avec système de non-culture à couverture verte permanente.

Les renseignements et les résultats d'analyse mécanique, pH des sols, analyse des eaux d'irrigation ainsi que les quantités et les formes de fumure apportées depuis 1961, ont été publiés dans Al Awamia (10) et, en ce qui concerne les résultats complets de cette étude, ils sont en cours de publication.

Pour les prélèvements de feuilles, nous avons adopté le procédé CHAPMAN (6) pour les raisons que nous venons d'expliquer. Nous

en avons prélevé en outre sur le pourtour de l'arbre et à mi-hauteur de la frondaison. Nous avons effectué ces échantillonnages environ tous les 15 jours, de mi-avril 1965 (feuilles âgées d'environ 1 mois), à mi-décembre 1965 (feuilles âgées d'environ 9 mois) période de la cueillette des fruits. Dans le verger de Meknes, nous avons choisi 8 arbres ; par contre, dans le verger de Rabat-Salé, les prélèvements ont porté sur 20 arbres (ces prélèvements ont eu lieu jusqu'à la chute des feuilles), tous apparemment sains, le total de ces feuilles étant de 80 dans les deux cas.

Nous avons étudié successivement : les variations des cendres, du calcium, de l'azote, du phosphore, du potassium et du magnésium en fonction de l'âge, dans les feuilles âgées de 1 à 9 mois.

## Cendres

### 1. Verger de Rabat-Salé

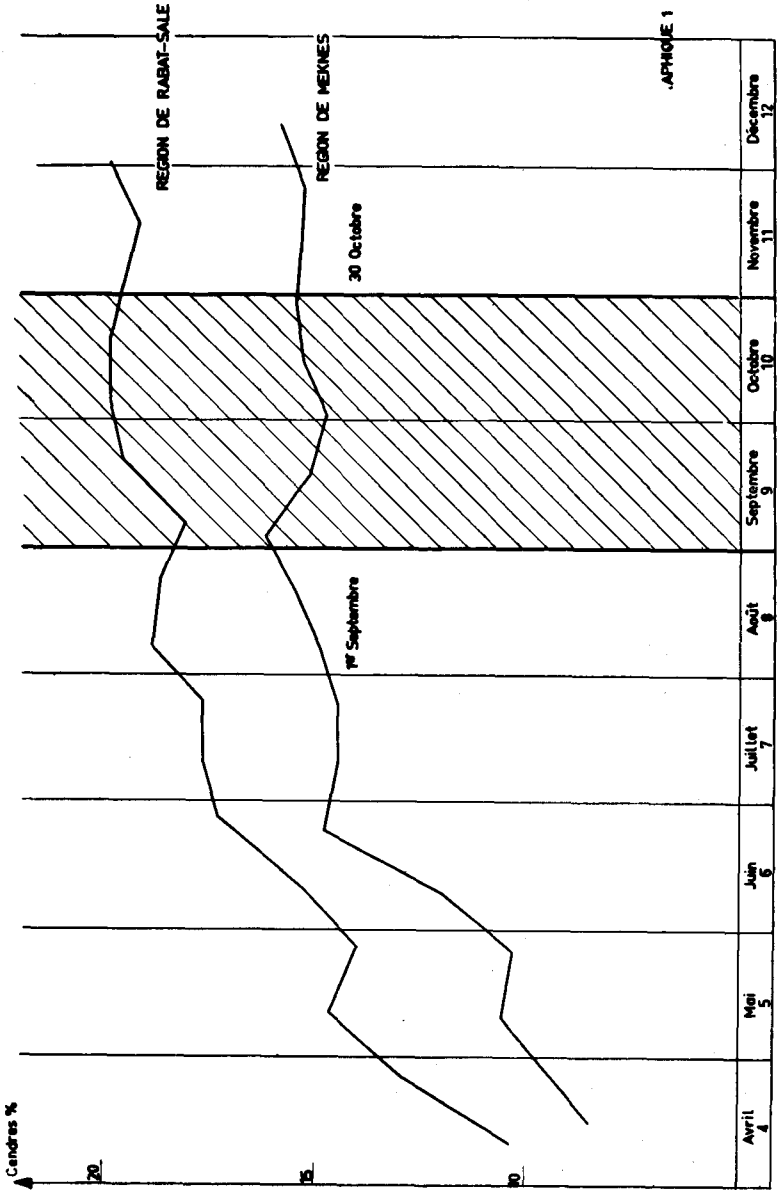
Le pourcentage de cendres (cendres carbonatées) par rapport au poids sec des feuilles, s'accroît avec l'âge des feuilles (GRAPH. 1). Mais ce taux d'augmentation n'est pas toujours régulier ; on constate que de 1 à 5 mois, le pourcentage de cendres par rapport au poids sec augmente ; cette augmentation va de 10,4 % à 18,9 %, (élévation de 8,5 %). On peut dire que le poids des cendres double de 1 à 5 mois ; par contre, de 5 à 9 mois, il y a presque un palier. Les pourcentages correspondants pour ces deux dates sont respectivement : 18,9 et 19,9 % ; cette augmentation du taux de cendres entre ces deux époques est de 1 %, ce qui est vraiment négligeable par rapport à l'accroissement constaté entre 1 et 5 mois.

### 2. Verger de Meknes

On observe le même phénomène que pour le verger de Rabat. Voici les variations du taux de cendres de 1 à 5 mois et de 5 à 9 mois :

Age des feuilles en mois	% de cendres par rapport au poids sec	% d'augmentation de 1 à 5 mois	% d'augmentation de 5 à 9 mois
1	8,5		
5	15,5	7,0	
9	15,9		0,4

GRAPHIQUE 1  
Evolution des cendres en fonction de l'âge



De même, ici, les variations du taux de cendres sont négligeables de 5 à 9 mois.

*Remarques* : a. Nous verrons que les variations des cendres sont dues essentiellement aux variations du calcium qui est l'élément dominant dans ces cendres.

b. En regardant le graphique 1, on constate que le pourcentage de cendres marque une petite diminution vers le mois de mai ; celle-ci est accompagnée ou suivie d'une baisse plus ou moins importante de certains éléments minéraux indispensables.

## Calcium

### 1. Verger de Rabat-Salé

Les variations du calcium, comme celles des cendres, sont fonction de l'âge des feuilles, ce qui est tout à fait normal étant donné le taux élevé de calcium dans celles-ci (GRAPH. 2). Le pourcentage de calcium varie du simple au double de 1 à 5 mois, comme pour les cendres, tandis que de 5 à 9 mois l'augmentation est négligeable.

Age des feuilles en mois	% de Ca par rapport au poids sec	% d'augmentation de 1 à 5 mois	% d'augmentation de 5 à 9 mois
1	3,2		
		3,3	
5	6,5		
			0,7
9	7,2		

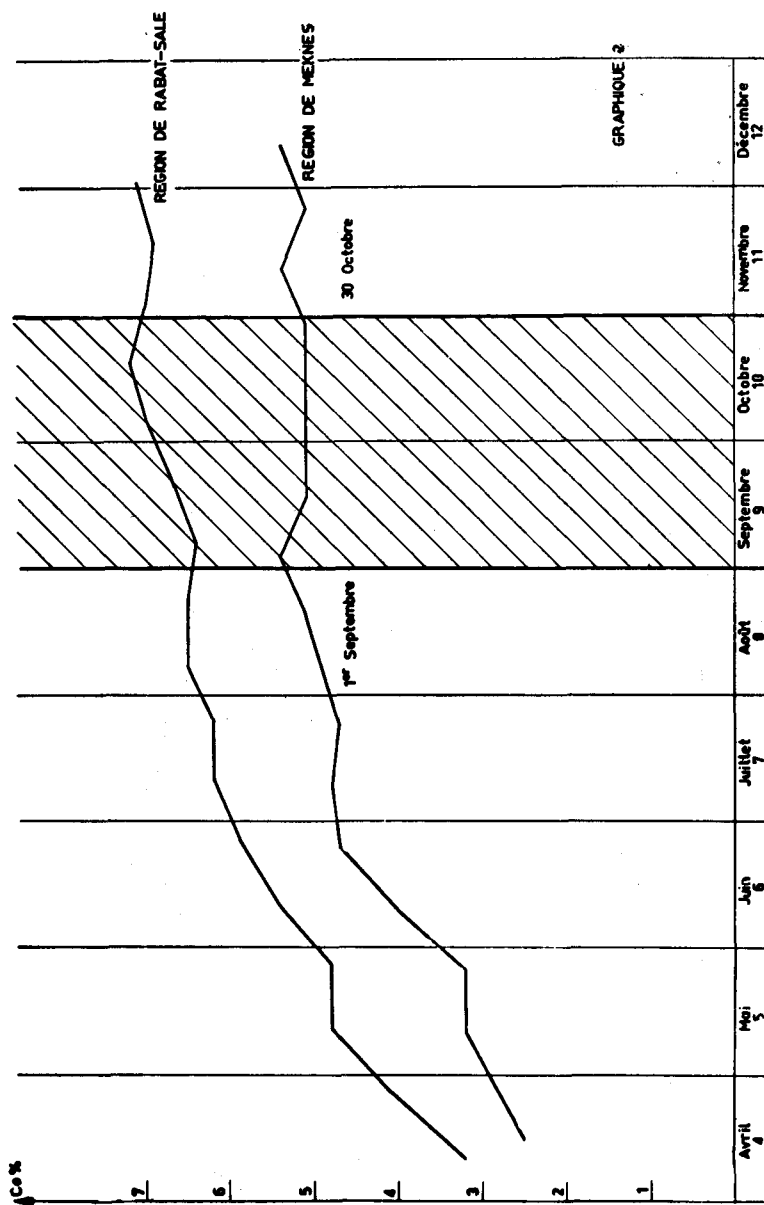
Pendant la période de 5 à 9 mois, ces petites variations du pourcentage de calcium sont dues à divers facteurs, en particulier, aux conditions météorologiques, à l'irrigation, etc...

### 2. Verger de Meknes

Comme pour le verger de Rabat, le taux de calcium augmente avec l'âge (GRAPH. 2) ; ce taux passe du simple au double de 1 à 5 mois, tandis que de 5 à 9 mois l'augmentation est insignifiante.



GRAPHIQUE 2  
Evolution du Calcium en fonction de l'âge



Age des feuilles en mois	% de Ca par rapport au poids sec	% d'augmentation de 1 à 5 mois	% d'augmentation de 5 à 9 mois
1	2,5		
		2,6	
5	5,1		
			0,3
9	5,4		

## Azote

### 1. Verger de Rabat-Salé

En raison du rôle primordial que joue l'azote dans la plante, cet élément subit des variations importantes au cours de la végétation.

En observant le graphique 3, on constate que le taux d'azote diminue jusqu'à fin mai-début juin ; à cette époque, le pourcentage d'azote par rapport au poids sec des feuilles est minimum (2,13 %) pour les feuilles âgées de 1 à 9 mois ; le taux d'azote augmente ensuite pour atteindre le maximum vers le début juillet, puis il se produit de nouveau une baisse modérée et enfin le taux reste à peu près constant.

### 2. Verger de Meknes

Nous constatons à peu près le même phénomène que pour le verger de Rabat-Salé (GRAPH. 3).

### *Comparaison entre les données obtenues au Maroc et ailleurs pour les variations saisonnières de l'azote*

Tout d'abord, nous signalons que la courbe de variation saisonnière de l'azote obtenue par PRALORAN (3) est presque identique à nos courbes. Mais ces dernières diffèrent de la courbe obtenue par MAILLARD (11) en Tunisie ; cette différence est due probablement à l'échantillonnage des feuilles. En effet, il avait échantillonné tous les rameaux, sauf les gourmands ; une seule feuille était prélevée sur chaque rameau. Cette méthode, nous semble-t-il, ne permet pas d'être sûr de l'âge de la feuille à prélever.

La différence essentielle qui existe entre nos résultats et ceux obtenus aux U.S.A. (12, 13) porte sur le taux maximum d'azote : pour les U.S.A., il se situe au mois de septembre, alors que pour le Maroc, il se situe fin juin-début juillet. Cette augmentation du taux d'azote fin juin-début juillet est-elle la conséquence d'une activité intense des bactéries nitrifiantes ou bien est-ce l'exigence de certains organes de la plante vis-à-vis de l'azote qui diminue ? Pour le moment, nous pensons que les deux phénomènes peuvent se conjuguer.

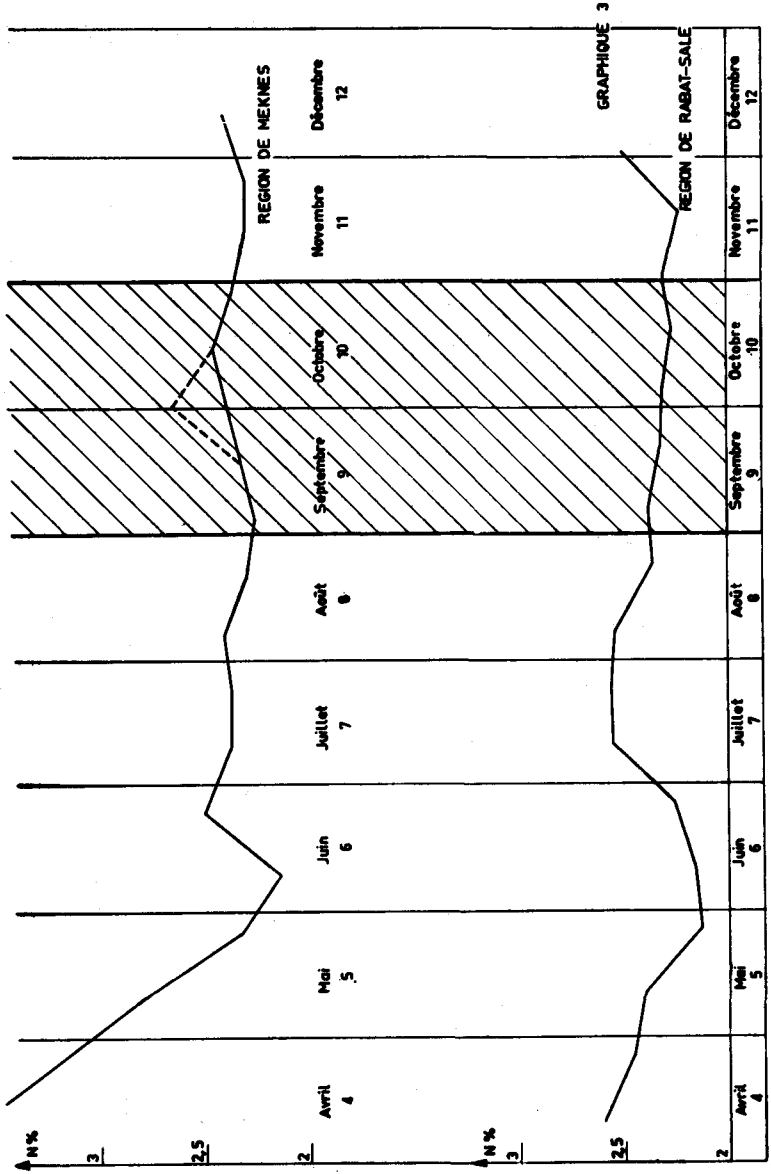
PRALORAN (14) avait étudié « Les besoins saisonniers en azote des orangers d'après la teneur des feuilles en cet élément ». Sur certains points, nous ne sommes pas tout à fait d'accord. Il s'étonne et trouve anormal que la nitrification soit plus intense en juin qu'en décembre, alors que la teneur des feuilles en azote est plus faible à cette époque qu'en décembre. Nous pensons, par contre, qu'il est tout à fait normal que le taux d'azote ou des autres éléments minéraux dans les feuilles diminue en juin, en raison du besoin accru de certains organes de la plante pour l'élément considéré ; par exemple, quand il y a appel d'un élément se trouvant dans les feuilles par les fruits, il est normal que le taux de cet élément baisse dans les feuilles. Nous reviendrons sur ce point.

Nous avons analysé les oranges, et nous avons été surpris de voir que l'élément dominant n'est pas toujours le potassium, comme il était admis jusqu'à maintenant, mais l'azote, en ce qui concerne le Maroc. Nous signalons ce fait important ; les résultats complets, en ce qui concerne ce problème, seront publiés ultérieurement.

Cette dominance de l'azote dans les fruits peut perturber les résultats du diagnostic foliaire par rapport aux normes mondiales communément admises, à savoir que le potassium est l'élément majeur intervenant pour 40 % environ dans la composition du fruit. Nous verrons, à propos du potassium, qu'il est indispensable de connaître l'exportation d'un ou de plusieurs éléments minéraux par les fruits ou par tout autre organe de la plante, pour étudier les relations entre ces éléments.

Nous avons parlé d'un taux minimum d'azote dans les conditions de nos recherches ; nulle part ailleurs qu'au Maroc, ce pourcentage minimum n'est signalé. Pour avoir l'assurance que ce phénomène n'est pas unique pour une année et pour une variété donnée, nous avons fait des prélèvements sur d'autres variétés en 1966 et 1967 ; nous avons examiné également les résultats antérieurs ; tous ces résultats ont montré que le pourcentage minimum d'azote se situe, en général, vers fin mai-début juin, exception faite pour les variétés tardives.

**GRAPHIQUE 3**  
**Evolution de l'Azote en fonction de l'âge**



Cette époque coïncide, en principe, avec des chutes importantes de fruits, appelées « chutes de juin » ou « june drop » par les anglosaxons, ou encore « chutes d'été » observées chez les oliviers (15). Mais, au Maroc, les chutes les plus importantes se produisent au mois de mai ; cette observation est en accord avec les données publiées par BALLOT et PRALORAN (16).

Nous avons déjà vu que les taux de cendres et de calcium subissaient une faible baisse, à cette époque ; nous constatons que les autres éléments sont touchés également dans la même proportion.

Si l'azote baisse dans les feuilles en deçà du taux critique, il est certain que le rendement sera influencé. Du point de vue pratique, l'apport de la fumure azotée est nécessaire, avant cette époque, pour satisfaire le besoin de la plante en azote et pour éviter une chute importante de fruits.

*Remarque* : si nous nous reportons au graphique 3 de l'azote, nous constatons à la date du 1/10/65, à Meknes, un pic. En général, du début septembre à la fin octobre, il n'y a pas de variations de cette amplitude au Maroc. Nous pensons que ce pic est dû, en particulier, à la pluie ; à l'intérieur du Maroc, au mois de septembre, les précipitations ne sont pas importantes, mais en septembre 1965, on a enregistré 36 mm de pluie.

## Phosphore

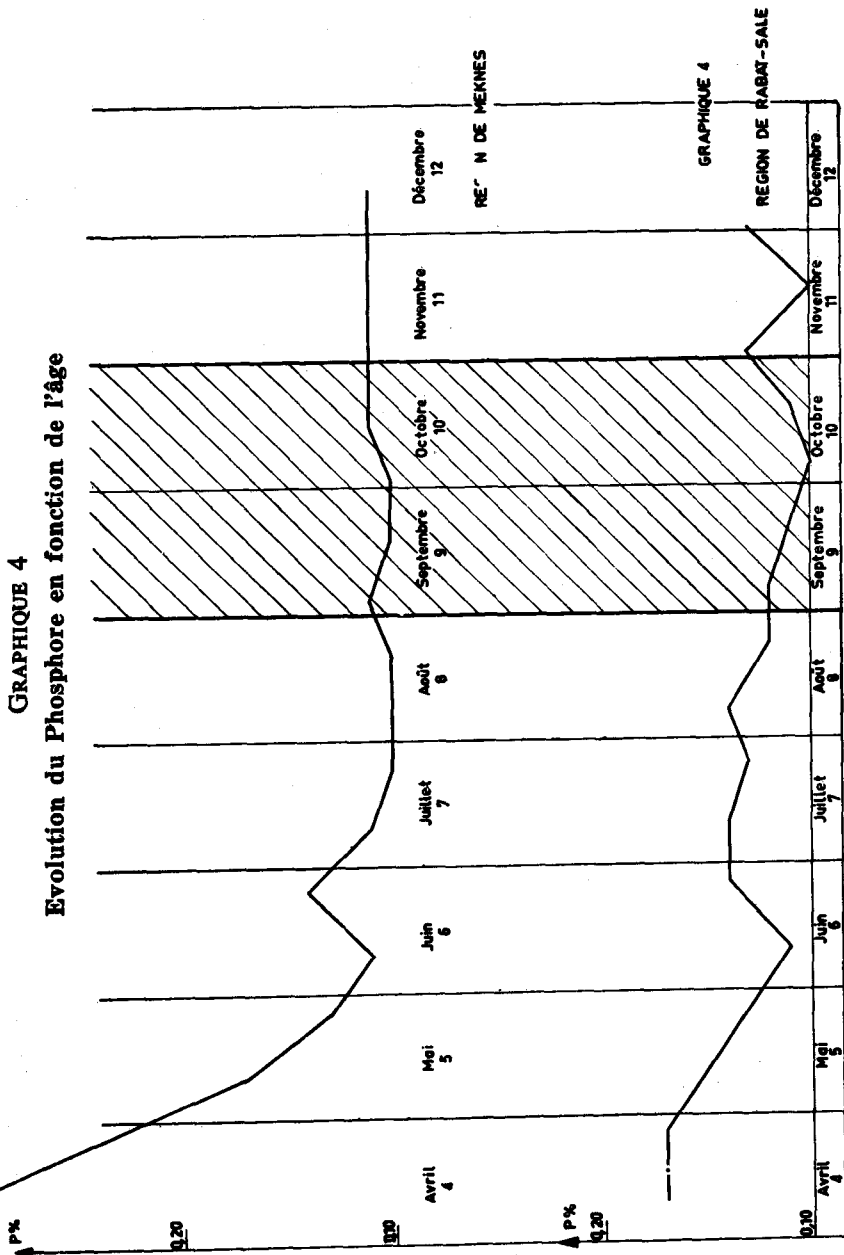
### 1. Verger de Rabat-Salé

La variation du phosphore est presque identique à celle de l'azote. Le taux de phosphore diminue dans les feuilles de 1 à 5 mois, tandis que, de 5 à 9 mois, les variations du phosphore sont moins importantes (GRAPH. 4).

### 2. Verger de Meknes

On observe le même phénomène que pour le verger de Rabat, mais ici, le taux du phosphore diminue des 2/3 de 1 à 5 mois, alors que de 5 à 9 mois les variations sont négligeables (GRAPH. 4).

GONZALEZ SICILIA et KOEN MOSSE (17), signalent l'existence d'un effet antagoniste entre la teneur en phosphore des feuilles et le sulfate d'ammoniaque employé comme engrais. Il est probable que cet antagonisme existe, mais nous ne pensons pas que ce soit le cas pour les *Citrus*. L'apport d'azote intensifie le phénomène vital



de la plante, à savoir : fructification, floraison et, probablement, rendement par rapport aux témoins. En conséquence, l'exportation du phosphore par les fleurs et les fruits se fait au détriment des feuilles, donc, la baisse du taux de phosphore dans les feuilles ne signifie aucunement l'antagonisme entre l'azote et le phosphore dans ce cas.

Pour la mise en évidence des phénomènes d'antagonisme et de synergie des ions chez les arbres fruitiers, il est indispensable de connaître la répartition de ces ions dans les différents organes de la plante, en particulier dans les fleurs, les fruits et les racines, etc...

## Potassium

### 1. Verger de Rabat-Salé

Le taux de potassium diminue constamment de 1 à 9 mois (GRAPH. 5). Ce phénomène est connu depuis fort longtemps ; on sait que le pourcentage de potassium diminue tandis que celui de calcium augmente avec l'âge des feuilles. Mais la diminution, en valeur absolue, de 1 à 5 mois est plus importante que de 5 à 9 mois.

### 2. Verger de Meknes

Le pourcentage de potassium baisse de 1 à 9 mois, comme pour le verger de Rabat, mais l'amplitude de diminution de 1 à 5 mois est plus importante ; elle est de l'ordre de 0,58 %, c'est-à-dire, plus de 1/3, alors que de 5 à 9 mois, cette diminution est négligeable. On remarque, ici, une baisse du taux de potassium vers fin mai-début juin, comme pour les autres éléments (GRAPH. 5).

## Observations

Nous avons voulu démontrer, dans beaucoup de vergers marocains, la corrélation entre la teneur en potassium des feuilles et le rendement ; nous n'avons pas obtenu cette corrélation. Considérant les arbres d'un même verger, individuellement nous avons constaté que l'arbre produisant le plus avait un taux plus faible de potassium dans ses feuilles que l'arbre produisant le moins. Nous avons pensé que l'antagonisme K-Ca, la migration lente du potassium et la rétrogradation de cet élément en étaient la cause. Toutefois, connaissant ces facteurs, nous n'avons pas résolu pour autant le problème.

Récemment, nous avons récolté tous les fruits d'un arbre, en même temps que toutes les feuilles (jeunes et vieilles). Nous avons pesé

les fruits et les feuilles immédiatement après la récolte ; la pesée faite, toutes les feuilles ont été mélangées ; sur ce mélange, nous avons effectué nos analyses. Nous avons analysé également les fruits.

L'arbre en question avait une production de 184 kg pour 27,5 kg de feuilles à l'état frais.

100 kg de fruits ———→ exportent ———→ 142 g de K  
 100 kg de feuilles sèches emmagasinent → 500 g de K

Le pourcentage d'eau dans les feuilles était de 55,2 %, donc :

27,5 kg de feuilles à l'état frais correspondent à 12,32 kg de feuilles sèches.

184 kg de fruits exportent —————→ 261 g de K  
 27,5 kg de feuilles emmagasinent ———→ 62 g de K

De nombreux exemples mettent en évidence le fait que la réserve du fruit en potassium représente, en moyenne, plus de 4 fois la réserve des feuilles en cet élément.

Donc, l'augmentation du rendement se traduit par une baisse du niveau de potassium dans les feuilles, en particulier dans les vergers où le potassium du sol n'est pas suffisant par suite du manque de potassium ou de l'antagonisme K-Ca, etc.

Nous pensons résoudre le problème du potassium dans les agrumes, problème qui a fait couler beaucoup d'encre, surtout en Amérique.

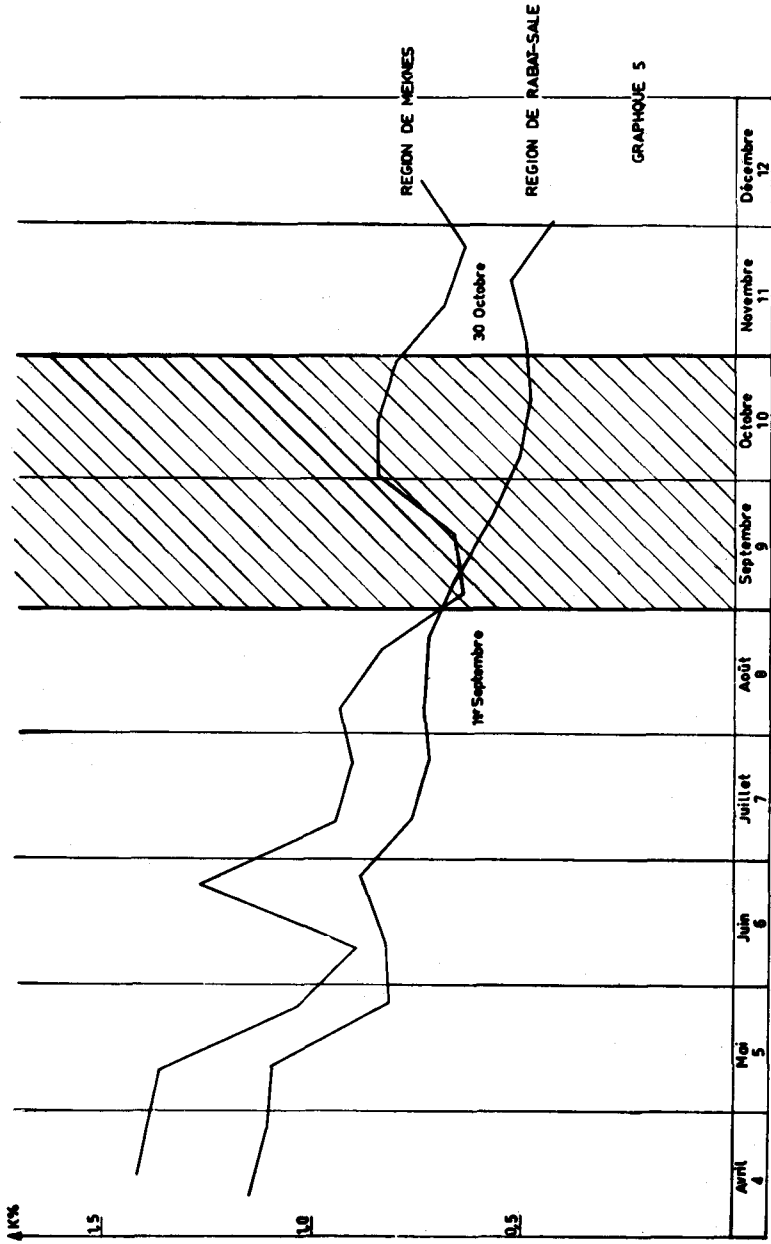
Dans un verger homogène, il est relativement aisé d'évaluer le besoin en potassium, en se basant sur les standards établis actuellement ; mais, malheureusement, il est plus difficile d'évaluer correctement le besoin en potassium d'un verger hétérogène. Pour les vergers marocains, la dominance de l'azote par rapport aux autres éléments minéraux, dans les fruits, pose un problème supplémentaire.

Nous jugeons indispensable de connaître le rendement d'un verger pour donner des conseils utiles, à la suite du diagnostic foliaire.

Nous avons recherché une autre époque de prélèvement pour évaluer le niveau de potassium, sans que le rendement intervienne sur ce niveau. L'étude de l'évolution des éléments minéraux, en fonction de l'âge des feuilles, dans plusieurs vergers nous a montré



GRAPHIQUE 5  
Evolution du Potassium en fonction de l'âge



que le pourcentage de potassium dans les feuilles très jeunes, (environ 1 mois), était en général le double de celui des feuilles âgées de 6 à 7 mois. En conséquence, le prélèvement des feuilles d'un mois pourrait nous indiquer si la réserve en potassium est suffisante pour le verger considéré.

Revenons encore une fois sur l'article de GONZALEZ SICILIA et KOEN MOSSE (17) qui signalent l'existence d'un effet antagoniste entre la teneur en potassium des feuilles et le sulfate d'ammoniaque employé comme engrais. Nous pensons que l'azote a augmenté certainement le rendement ; en conséquence, l'exportation de potassium par les fruits s'est faite au détriment des feuilles.

### Magnésium

#### 1. Verger de Rabat-Salé

Le taux de magnésium passe par un minimum vers fin mai, comme pour les autres éléments (GRAPH. 6) ; il augmente ensuite pour atteindre le maximum au mois d'août ; enfin, il diminue et devient à peu près stable jusqu'à fin novembre.

#### 2. Verger de Meknes

Ici, le taux de magnésium est élevé, au départ, dans les jeunes feuilles ; mais ce pourcentage diminue, comme pour le verger de Rabat, pour atteindre son minimum vers fin mai. Cette évolution est semblable à celle du verger ci-dessus (GRAPH. 6).

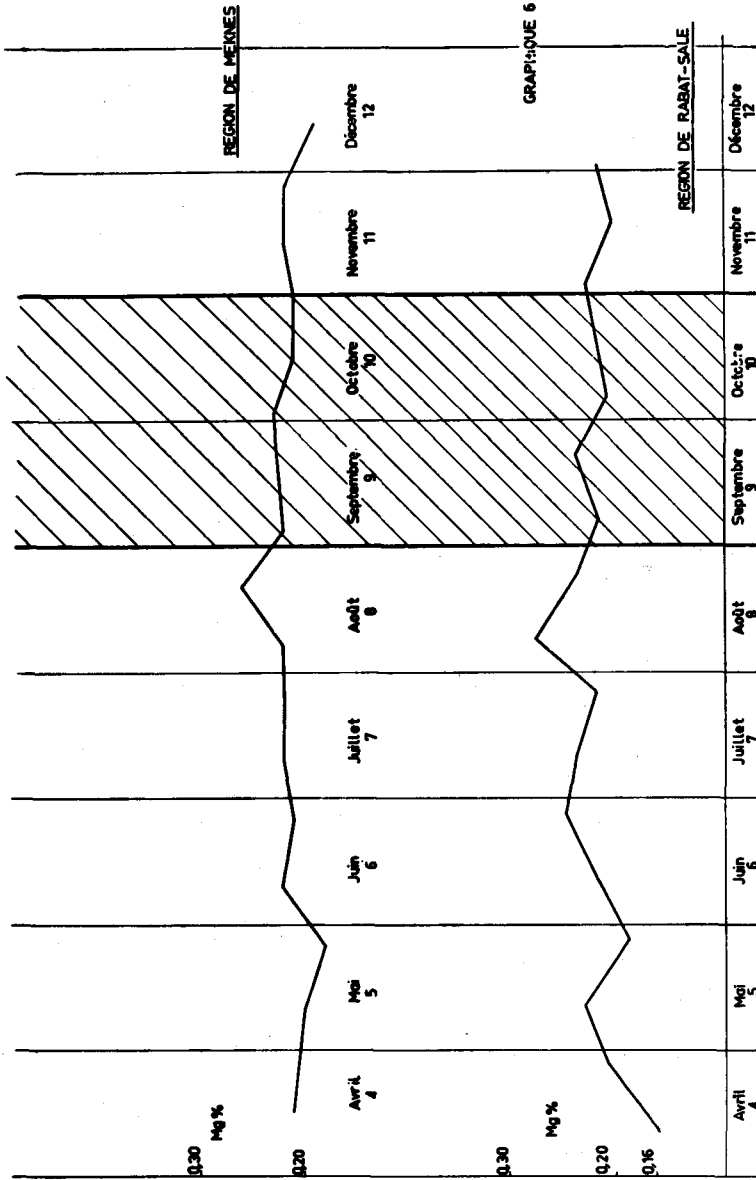
On peut dire que la variation du magnésium est considérable pour les deux vergers, de 1 à 5 mois ; par contre, de 5 à 9 mois, elle reste sensiblement stable.

Nous avons vu que dans les deux cas, le magnésium atteint son point culminant au mois d'août ; JONES et PARKER (12) ont observé également que le magnésium accède à son pourcentage maximum dans les feuilles de 5 à 6 mois.

### Conclusion

Malgré les multiples différences qui existent entre ces deux vergers, nous constatons que les variations du taux des éléments majeurs, dans les feuilles âgées de 5 à 9 mois, sont faibles ; par contre, les amplitudes de ces variations sont beaucoup plus importantes dans celles âgées de 1 à 5 mois.

**GRAPHIQUE 6**  
**Evolution du Magnésium en fonction de l'âge**



Pour pallier à un éventuel retard ou avance de la floraison, nous effectuons les prélèvements de feuilles entre le 1<sup>er</sup> septembre et la fin octobre ; les feuilles sont alors âgées de cinq mois et demi à sept mois et demi environ. Avant cette période, on risquerait de commettre des erreurs, car les variations des éléments minéraux sont encore trop importantes. Au-delà de fin octobre, nous n'aurions plus le temps de corriger les carences ou les excès par un apport de fumure, avant la pousse de printemps.

Pour la recherche de l'antagonisme ou de la synergie des ions, il est souvent indispensable de connaître le taux de distribution des ions dans les différentes parties de la plante.

Manuscrit déposé le 17.6.68

## ملخص

### طرق اخذ نماذج أوراق الحوامض بالمغرب للتشخيص الورقي

قد توبعت هذه الدراسات قصد تحديد التاريخ الذى تكون فيه تغيرات العناصر المعدنية فى الاوراق قليلة وبالخصوص العناصر الغالبية فى نماذج الاوراق .

قد سمحت هذه الابحاث بملاحظة تغيرات العناصر الغالبية حيث تعتبر همة فى الاوراق التى يتراوح سنها بين 1 و 5 شهور، وعلى العكس فان هذه التغيرات تكاد لا تعتبر فى الاوراق التى يتراوح سنها بين 5 و 9 شهور لاجل استبعاد كل خطأ فى تقديم او تأخير التزهيز من جهة وقصد اخذ الوقت اللازم لاصلاح النقص الناتج من جهة اخرى، وان عملية ازالة الاوراق قد اجريت فى بداية شتبر حتى نهاية اكتوبر وبذلك تكون الاوراق ذات سن يتراوح بين شهر ونصف وسبعة أشهر تقريبا، ومن ناحية اخرى تد لوحظ انخفاض فى مستوى بعض العناصر المعدنية عند سقوط الفواكه . ونظرا لاهمية نقل البوتاسيوم بواسطة الفواكه فان عملية ازالة الاوراق التى يقرب سنها من الشهر الواحد تعتبر واجبة قصد تحديد انخار البوتاسيوم فى النبات .

## RÉSUMÉ

Ces études ont pour objet de déterminer, en vue de l'échantillonnage des feuilles, l'époque à laquelle les variations des teneurs en éléments minéraux des feuilles, en particulier en éléments majeurs, sont minimales.

Ces recherches ont permis de constater que les variations des éléments majeurs sont très importantes dans les feuilles âgées de 1 à 5 mois ; par contre, ces variations sont négligeables de 5 à 9 mois. Pour éviter, d'une part, toute erreur provenant d'une avance ou d'un retard de la floraison, et, d'autre part, afin d'avoir le temps de corriger une carence éventuelle, les prélèvements de feuilles sont effectués dès le début septembre jusqu'à fin octobre ; les feuilles sont alors âgées de cinq mois et demi à sept mois environ.

En outre, une baisse de niveau de certains éléments minéraux, au moment de la chute des fruits, a été observée.

Étant donné l'exportation importante de potassium par les fruits, un prélèvement supplémentaire de feuilles âgées d'environ un mois est indispensable pour la détermination de la réserve de potassium dans la plante.

#### RESUMEN

##### Métodos de toma de muestras de hojas de agrios para análisis foliar en Marruecos

Con el objeto de determinar el mejor momento para tomar muestras de hojas el autor ha indagado la época en la cual el contenido de los elementos minerales, particularmente los elementos mayores, de las mismas presenta menos variaciones.

Las investigaciones permiten averiguar que las variaciones de los elementos mayores son muy importantes en las hojas de 1 hasta 5 meses de edad; en cambio son despreciables a los 5 hasta 9 meses. Para evitar todo error procedente de un adelanto o retraso de la floración, así como para disponer del tiempo necesario para corregir una carencia eventual, la toma de muestras se efectúa desde el comienzo de septiembre hasta el fin de octubre; entonces las hojas son de edad de cerca 5,5 a 7 meses.

Además se ha observado una baja del nivel de algunos elementos minerales en el momento de la caída de los frutos jóvenes.

En consideración de la cuantía importante de potasio sacada del árbol por los frutos una toma adicional de hojas de cerca 1 mes de edad es indispensable para determinar la reserva de potasio en la planta.

## SUMMARY

## Sampling methods of citrus leaves for foliar analysis in Morocco

The objective of the investigation was to determine, with a view to sampling for foliar analysis, the time when mineral nutrients, particularly the major elements, vary least. The variations of the major nutrients proved very important in leaves of 1 to 5 but negligible in those of 5 to 9 months. In order to avoid any error resulting from early or late flowering, as well as to spare the time for correcting and eventual deficiency, samples are taken from the beginning of September to the end of October; the age of the leaves is then about 5,5 to 7 months.

Moreover, at the time the young fruit drops a decrease of the level of certain mineral elements has been observed.

The removal of potassium by the fruit being considerable, an additional sampling of leaves of about 1 month of age is essential in determining the potassium status of the plant.

## BIBLIOGRAPHIE

1. LAGATU, H. et L. MAUME — 1926. Diagnostic de l'alimentation d'un végétal par l'évolution chimique d'une feuille convenablement choisie. — C.R. Acad. Sc., **182**.
2. LUNDEGARDH, H. — 1941. Lantbrukshögskolans Annaler.
3. PRALORAN, J.C. — 1955. Premières recherches sur le diagnostic foliaire des agrumes. — Bull. Soc. Sci. nat. Maroc, **35**.
4. REUTHER, W. et P.F. SMITH — 1954. in : Fruit nutrition, ed. by N. CHILDERS. — pp. 257-294.
5. REUTHER, W., W.W. JONES, T.W. EMBLETON et C.K. LABANAUSKAS — 1962. Better Crops with plant food. **46** (3), pp. 44-49.
6. CHAPMAN, H.D. — 1960. Univ. of California, div. agr. Sci. Manual n° **25**.

7. MONSELISE, S.P. et L. HEYMANN-HERSCHBERG — 1953. Proc. amer. Soc. Hort. Sci. **62**, pp. 67-74.
8. HYMANN-HERSCHBERG, L. — 1954. Leaf composition in relation to nitrogen and phosphorus requirements of citrus trees in Israël. — VIII Cong. Int. Bot. I.R.H.O., Paris, pp. 191-202.
9. OPPENHEIMER, H.R. — 1945. Pales. J. Bot. Rehovot ser. **5** (1), pp. 86-95.
10. NADIR, M. — 1965. Contribution à la détermination d'une fumure rationnelle des agrumes par l'analyse foliaire. — Al Awamia, n° **16**, pp. 123-147, Rabat.
11. MAILLARD, S. — 1957. Rapport présenté au 4<sup>e</sup> Congrès de l'Agriculture méditerranéenne sur le diagnostic foliaire. — Fruits et Primeurs, **27**, 289 p.
12. JONES, W.W. et E.R. PARKER — 1940. Seasonal variations in mineral composition of oranges leaves as influenced by fertilizer practices. — Proc. amer. Soc. Hort. Sci., **55**, pp. 92-100.
13. JONES, W.W. et *al.* — 1955. Leaf analyses, a guide to fertilizer need Calif. — Citrogr., **40**, 9 p.
14. PRALORAN, J.C. — 1955. Note préliminaire sur les besoins saisonniers en azote des orangers d'après la teneur des feuilles en cet élément. — Fruits et Primeurs, **25**, 268 p.
15. BOUAT, A., P. RENAUD et J. DULAC — 1953. Etude sur la physiologie de la nutrition de l'olivier. Annal. Agron., **4**, pp. 599-628.
16. BALLOT, R. et J.C. PRALORAN — 1954. Rapport sur la chute des jeunes fruits des agrumes. — Fruits et Primeurs, **24**, 255 p.
17. GONZALEZ, SICILIA de JUAN, E. et J. KOEN MOSSE — 1963. Anales del Inst. Nac. de Invest. Agron., XII, **3**, 177 p.

