

DESCRIPTION DU GAUFRAGE,
ETAT ACTUEL DES RECHERCHES
CONCERNANT CETTE ANOMALIE ET RESULTATS
INDICATIFS OBTENUS AU MAROC
PERMETTANT DE LIMITER LE POURCENTAGE
DES FRUITS GAUFRES

M. NADIR *

Introduction

Le gaufrage est un trouble physiologique des fruits de Citrus qui se rencontre dans tous les pays producteurs d'agrumes.

Ce trouble cause une très grande perte aux pays exportateurs d'agrumes. Au Maroc, le pourcentage de l'écart de triage causé par le gaufrage n'est pas connu d'une manière exacte ; en général, à l'écart de triage, sont groupés ensemble les fruits gaufrés et boursofflés. Certaines années, ces troubles provoquent un écart de triage très important dans certaines régions agrumicoles marocaines.

Le gaufrage apparaît sur les fruits de façon extrêmement variable selon les régions et l'année ; il varie également beaucoup dans les diverses régions, au cours d'une même année.

* Chef du laboratoire général de chimie, DRA, Rabat.

Al Awamia, 38, pp. 71-91, janvier, 1971

De plus, dans un même verger, des arbres très voisins sont atteints de façon tout à fait différente et, sur la même branche d'un arbre, on trouve à la fois des fruits sains et des fruits gaufrés.

Le gaufrage se rencontre chez les variétés à peau fine comme Clémentine, Hameline ainsi que chez les oranges tardives comme Vernia et Valencia. Sur ces deux dernières variétés en particulier, le trouble peut apparaître avant que les fruits ne soient mûrs ; cet indice dans le temps est très important ; il permet de distinguer le gaufrage de la boursouffure. De plus, les fruits gaufrés se prêtent difficilement à l'épluchage.

En raison de l'importance de ce trouble, les grands pays producteurs d'agrumes ont étudié ce problème ; malheureusement, la cause fondamentale de cette anomalie n'a pas encore été trouvée.

Dans le but d'une étude approfondie, il était nécessaire de faire une récapitulation des recherches menées depuis fort longtemps dans les pays producteurs d'agrumes. Ce travail a été réalisé en collaboration avec le Département de Physiologie Végétale de la Faculté des Sciences de Rabat et Gagnaire J. en particulier.

Nous passerons en revue successivement : la description du gaufrage, de la boursouffure, les signes distinctifs de ces deux anomalies, les recherches concernant ce trouble et enfin, les résultats indicatifs obtenus au Maroc.

Description

1. *Gaufrage*

Le gaufrage est une altération de l'écorce des fruits de Citrus. Le fruit gaufré (photo 1) présente extérieurement un réseau plus ou moins dense de sillons étroits qui couvrent l'épiderme. Quand le réseau est formé de plusieurs sillons entrecroisés, le fruit a un aspect bosselé (voir photo 1) ; cet aspect est à l'origine de l'appellation « gaufrage ».

Dans cette anomalie, on constate par endroits l'affaissement de l'épicarpe (flavedo) ; ce phénomène est dû à une diminution de l'épicarpe et du mésocarpe (albedo), en particulier, moins épais surtout pour ce dernier ; il ressort que l'épicarpe adhère fortement à l'endocarpe ; la coupe à travers l'albedo révèle, en certains points, la réduction de celui-ci (voir photo 1).

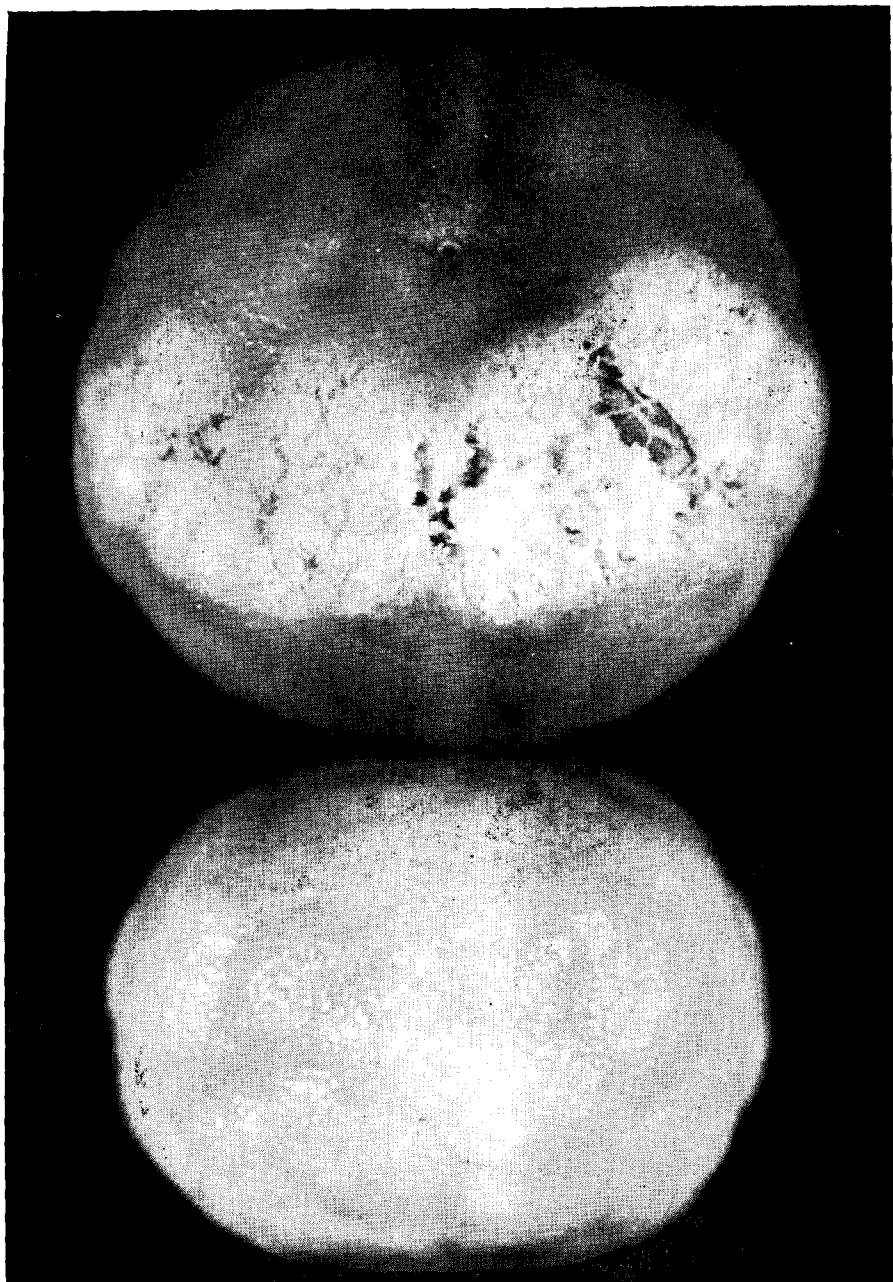


PHOTO : 1. — Fruits gaufré
(remarquer le réseau de sillons)

A ces niveaux de moindre résistance, les fruits gaufrés éclatent (photo 2). L'éclatement des fruits gaufrés peut se produire au cours de la fermeture des colis destinés à l'exportation. Ces fruits éclatés pourrissent, provoquant ainsi la contamination des autres fruits.

2. *Boursouflure*

La boursouflure ou le boursoufflement est un phénomène naturel, chez certaines espèces, mandarines et bigarades), lié à la surmaturation des fruits ; en conséquence, la boursouflure apparaît quand les fruits sont mûrs ; ce caractère permet aisément de différencier cette anomalie du gaufrage. De plus, microscopiquement, on observe un décollement du mésocarpe, permettant à l'air de s'accumuler entre l'écorce proprement dite et l'endocarpe ; l'écorce se détache facilement, alors que le fruit est mou et supporte mal le transport.

Historique des recherches sur le gaufrage

Le gaufrage a fait l'objet de recherches depuis de nombreuses années, dans la plupart des pays agrumicoles du monde, particulièrement en Californie et en Afrique du Sud. Dès 1907, en Californie, l'importance de ce problème a été signalée par PELTON S.D. (17), comme le rapportent JONES W.W., EMBLETON T.W. et leurs collaborateurs en 1967 (12) ; CUENOT G., dans l'introduction du rapport sur le gaufrage des agrumes de CHARNOT A., 1954 (4), signale qu'au Maroc, dès 1949-1950, les répercussions économiques du gaufrage ont été très sérieuses. Cet auteur insiste sur la nécessité de bien identifier les malformations et de ne pas confondre deux maladies graves et répandues, le gaufrage proprement dit et la boursouflure.

L'étude anatomique comparée du fruit gaufré et sain, a été faite au Maroc, en 1954, par CHARNOT A. (4), sur les fruits mûrs de la variété Valencia. Cet auteur signale des malformations importantes à la fois au niveau de l'épicarpe et au niveau des grains.

En particulier, l'épicarpe du fruit gaufré est réduit ; certaines cellules de l'épicarpe externe (épiderme) sont déformées et leurs membranes s'épaississent ; ces déformations s'accroissent dans la partie interne (Hypoderme) : les cellules sont moins organisées, les poches sécrétrices deviennent plus importantes, les vaisseaux sont moins nombreux.

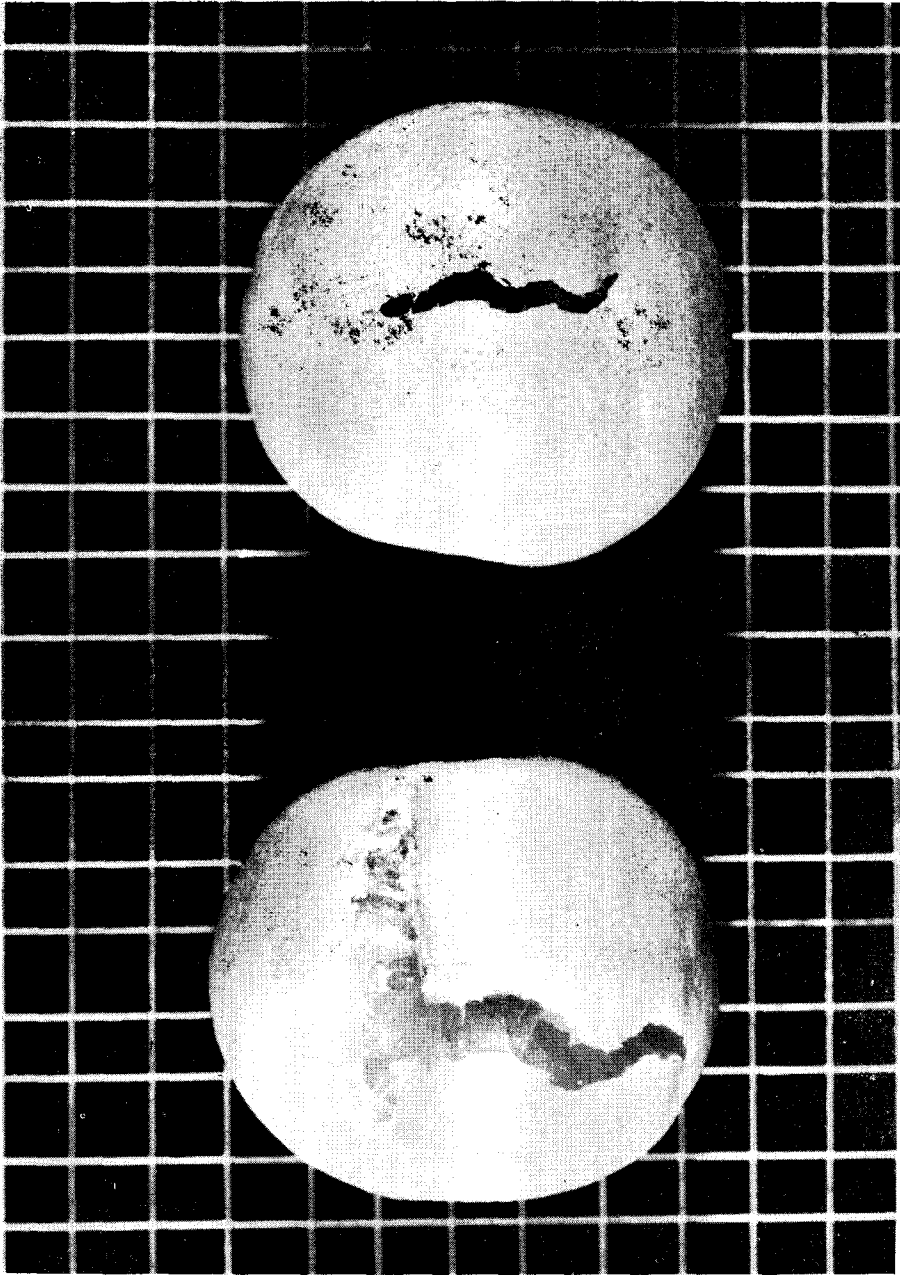


PHOTO : 2. — Fruits gaufrés éclatés

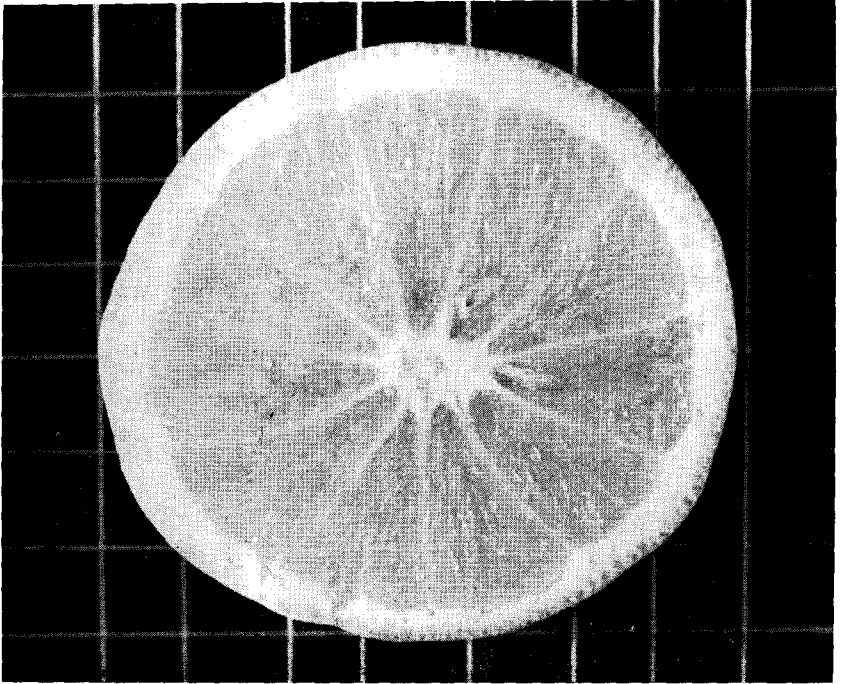


PHOTO : 3. — Coupe d'un fruit gaufré

Au niveau du mésoderme, le tissu est plus lâche avec des méats géants, (voir photo 3), séparés par un petit nombre de cellules à *membrane cellulosique* d'allure, parfois *gélatineuse*.

Les cellules de l'endocarpe sont très déformées, peu différenciées. Dans les graines, les vaisseaux libéro-ligneux sont peu nombreux et les réserves sont absentes.

JONES W.W., EMBLETON T.W. et leurs collaborateurs, en 1967 (12), soulignent fortement la variabilité extrême du phénomène à étudier, ce qui entraîne de très grandes difficultés dans l'analyse statistique des effets des traitements étudiés et dans l'interprétation des résultats.

De très nombreux facteurs semblent liés à l'apparition du gaufrage :

— *Les uns sont relatifs à la morphologie du fruit, à sa position et à son orientation.*

Dès 1938, LE ROUX J.C. et CROUS P.A. (13), ont signalé qu'en

Afrique du Sud, le gaufrage est plus important sur la face du fruit tournée vers l'intérieur de l'arbre.

Au Maroc, CUENOT G. en 1954, confirme ces observations.

En Californie, JONES W.W., EMBLETON T.W. et leurs collaborateurs, en 1967 (12), après trois années d'expérimentation précisent que le gaufrage se développe d'abord sur la face du fruit tournée vers le tronc et qu'il est moins sévère du côté opposé. Ils émettent l'hypothèse que le développement du gaufrage est lié au gradient radial de la température à travers le fruit et à une tension différentielle de l'eau.

CHARNOT A. et CUENOT G., dès 1954, notent qu'au Maroc, le gaufrage est plus important sur les parties Nord de l'arbre qu'au Sud, ce qui est en contradiction avec les observations faites par JONES W.W. et EMBLETON T.W. au Sud de la Californie, en 1967 (12). Ils ont établi que les fruits exposés au Sud étaient généralement gaufrés plus sévèrement que ceux qui sont exposés au Nord et que le gaufrage y apparaissait plus précocement. Ces auteurs ont mis en évidence également que le gaufrage était plus important sur les variétés à écorce fine que sur celles qui ont une écorce épaisse.

— *Le développement saisonnier* paraît avoir une importance dans l'apparition du gaufrage. Les retards de récolte entraînent une aggravation du gaufrage.

— *Le nombre de fruits et l'importance de la récolte.* MILLER E.V. et ses collaborateurs (16), en 1945, ont observé qu'en Californie, le gaufrage était plus sévère lorsque la récolte est plus élevée.

— *La variété du greffon et du porte-greffe, ainsi que certains caractères particuliers de l'arbre considérés isolément* semblent liés au gaufrage.

Les observations de CHEVALIER G. en 1952 (5), montrent que dans les mêmes conditions climatiques et nutritionnelles, certaines variétés comme « Valencia late » sont peu sensibles au gaufrage.

LOMBARD P.B., en 1963 (14), met également en évidence l'importance du porte-greffe. En Californie, il a constaté que les oranges de la variété Valencia, greffées sur « Citrange Troyer » étaient moins sensibles au gaufrage que la même variété greffée sur d'autres porte-greffes.

Dans un même verger, l'altération peut être très apparente sur certains arbres et très peu importante sur les arbres voisins, ce qui

semble montrer une résistance individuelle de certains arbres à la maladie. En 1967, les observations de JONES W.W. et EMBLETON T.W. (12), qu'ils ont soumises à une analyse statistique rigoureuse leur font supposer qu'un facteur génétique est vraisemblablement lié au gaufrage ; ils suggèrent de sélectionner des lignées très productives et peu sensibles au gaufrage.

— *La composition minérale des fruits gaufrés est modifiée de façon significative.* En 1967, JONES W.W. et EMBLETON T.W. (12), déjà cités, signalent que l'écorce du fruit est plus mince et qu'elle contient plus de potassium. Ils concluent cependant que l'apparition du gaufrage semble davantage liée à la faible épaisseur de l'écorce qu'à l'augmentation des taux de potassium.

De plus, les taux d'acides organiques sont également plus faibles, ce qui leur fait supposer qu'il s'agit de fruits mûris plus précocement.

— *De très nombreux auteurs ont essayé d'établir des relations entre le gaufrage et l'alimentation en eau ou en éléments minéraux de l'arbre.*

En Floride, MILLER E.V. et ses collaborateurs (16), dès 1948, ont mis en évidence que le gaufrage était lié à l'augmentation de l'irrigation. Cette observation est en désaccord avec celles que LE ROUX J.C. et CROUS P.A. avaient faites en 1938 en Afrique du Sud. Ces auteurs n'ont pas pu mettre en évidence une influence de l'irrigation sur le gaufrage.

Il nous paraît vraisemblable que des différences dans la composition minérale de l'eau utilisée pour l'irrigation puisse expliquer cette apparente contradiction. Nos résultats indicatifs révèlent que, même en l'absence d'irrigation, le gaufrage peut persister dans un verger.

L'influence de l'azote, du phosphore et du potassium sur le gaufrage a été étudiée par de nombreux auteurs.

Selon REITZ H.J. et KOO R.J. en 1960 (18), en Floride, le gaufrage des oranges Valencia est plus sévère dans les parcelles qui reçoivent peu d'azote que dans celles qui reçoivent des apports moyens ou élevés. Les observations faites par LE ROUX J.C. et CROUS P.A. en 1938, en Afrique du Sud sont en accord avec celles de REITZ H.J. et KOO R.J. Mais par contre, les travaux de SALERNO M. et PACETTO M. (20, 21, 22, 23) en Italie, révèlent que l'excès d'azote provoque le gaufrage et la boursouffure. Il est à signaler que les auteurs italiens ne font pas la distinction entre ces deux malformations.

Les travaux de JONES W.W. et EMBLETON T.W. déjà cités montrent clairement qu'en Californie, lorsqu'on apporte en même temps des taux élevés d'engrais potassiques, les apports d'azote n'ont aucune incidence sur le gaufrage. Par contre, lorsque les engrais azotés sont apportés seuls, sans engrais potassiques, une augmentation des taux d'azote réduit le gaufrage.

Les effets des apports d'azote sur le gaufrage ne sont pas constants. Il semble cependant que les apports d'engrais azotés doivent être faits de préférence en été, ou tout au long de l'année.

Les études de LE ROUX J.C. et CROUS P.A. déjà cités, en 1938, en Afrique du Sud, de CHAPMAN H.D. et de ses collaborateurs en Californie, en 1951 (3), de FOURIE S. et de ses collaborateurs en Afrique du Sud, en 1957 (9), ont cherché à mettre en évidence l'influence des apports d'engrais phosphatés sur le gaufrage.

Les essais de HAAS A.R.C., en 1950 (10), en Californie, sur la variété Valencia greffée sur « Rough Lemon », semblent montrer que le gaufrage est plus important lorsque les taux de phosphates sont plus élevés.

Les travaux de JONES W.W. et EMBLETON T.W., déjà cités, montrent clairement que l'application au sol d'engrais phosphatés augmente le gaufrage alors que l'application d'engrais potassiques le diminue. Selon ces auteurs, l'interaction des engrais potassiques et phosphatés sur le gaufrage est hautement significative. En effet, lorsque les engrais phosphatés ne sont pas appliqués en même temps que les engrais potassiques, la diminution de la récolte est significative. Lorsque les engrais phosphatés sont appliqués en quantité suffisante pour assurer une récolte normale, l'apport d'engrais potassiques diminue le gaufrage de façon significative.

De très nombreux résultats obtenus dans différentes régions comme l'Afrique du Sud, l'Afrique du Nord, la Californie, montrent que le gaufrage diminue lorsque les taux de potassium augmentent : CHEVALIER G., en 1952 (5), FOURIE S. et ses collaborateurs en 1957 (9), REITZ H.J. et KOO R.J.C. en 1960 (18), VAN NIEKERK O.T., en 1955 (24).

Les travaux de JONES W.W. et EMBLETON T.W. en 1967 en Californie, montrent clairement que le gaufrage est réduit de façon très significative par des applications foliaires de nitrate de potassium faites à l'automne lorsque les anomalies sont déjà visibles sur les fruits. Les applications de sels de potassium au sol n'agissent que

beaucoup plus lentement, mais diminuent de façon significative le gaufrage.

— *Des facteurs climatiques ont aussi une incidence significative sur le gaufrage.*

Les travaux de JONES W.W. et EMBLETON T.W. en 1967, montrent nettement qu'en Californie, l'intervalle entre la température moyenne maximale en juillet et la température moyenne minimale en juin, ainsi que l'intervalle entre la température maximale du 15 janvier au 15 février, et la température minimale du 15 décembre au 15 janvier, sont directement liées au gaufrage. La première période correspond à la chute des fruits de juin et à la croissance rapide des fruits restés sur l'arbre dans les conditions climatiques de la Californie.

Il semble important d'établir pourquoi ces deux périodes sont critiques et quels phénomènes importants pour la constitution de l'écorce de l'orange se produisent à ce moment précis du cycle négatif.

Résultats indicatifs obtenus au Maroc

Sur le plan de la recherche biochimique, le travail est confié au département de Physiologie Végétale de la Faculté des Sciences de Rabat.

Mais, au point de vue agronomique, notre but immédiat est de limiter le pourcentage de gaufrage des vergers atteints de cette anomalie.

Nous venons de voir que les éléments minéraux avaient une influence pour atténuer ou aggraver le gaufrage. Afin de vérifier l'effet de certains éléments minéraux dans les conditions marocaines, dans un verger où les fruits gaufrent tous les ans avec une estimation de 60 à 80 % de fruits gaufrés selon les années, nous avons apporté des éléments fertilisants (azote, acide phosphorique et potasse). Le tableau 1 indique les formes et les quantités de ces éléments apportés par arbre et par an.

Il y a 10 arbres pour chaque traitement ; les éléments minéraux sont apportés en surface dans les cuvettes.

Par suite d'un manque d'eau, ce verger est irrigué très peu, deux à trois fois par an, avec de très faibles quantités d'eau. Malgré cette insuffisance d'irrigation, il présente un pourcentage de gaufrage pouvant atteindre 80 %. Cette observation ne permet cependant pas d'éliminer complètement l'excès d'eau comme pouvant exercer une

influence sur l'intensité du gaufrage ; il peut arriver, en effet, que certaines années à pluviosité élevée et concentrée, les arbres puissent se trouver pendant un certain temps dans des conditions d'humidité excessive.

En conséquence, il reste encore à déterminer pour le Maroc le rôle de ce facteur sur l'intensité du gaufrage. Un élément qui semble devoir également être pris en considération dans le même ordre d'idées, serait la qualité de l'eau d'irrigation. Celle-ci pourrait avoir une influence sur le gaufrage par sa composition minérale.

TABLEAU 1

Les formes et les quantités d'éléments minéraux apportées par arbre et par an, pour les différents traitements

Traitements	Eléments minéraux (formes, quantités)				Dates d'application
	N en Kg sous forme ammoni-trate	N en Kg sous forme ammonia-cale	P ₂ O ₅ en Kg sous forme phosphate d'ammonia-que	K ₂ O en Kg sous forme Sulfate de potasse	
Témoin	—	—	—	—	
Azoté	3	—	—	—	
Phosphaté	—	0,3	2,5	—	14.2.1966
Potassique	—	—	—	2,4	
Témoin	—	—	—	—	
Azoté	3,3	—	—	—	
Phosphaté	—	1,8	5	—	28.10.1966
Potassique	—	—	—	2,4	
Témoin	—	—	—	—	
Azoté	—	—	—	—	
Phosphaté	—	1,8	5	—	21.4.1967
Potassique	—	—	—	—	
Témoin	—	—	—	—	
Azoté	1,6	—	—	—	
Phosphaté	—	1,8	5	—	14.12.1967
Potassique	—	—	—	4,8	
Témoin	—	—	—	—	
Azoté	3,3	—	—	—	
Phosphaté	—	1,8	5	—	2.2.1970
Potassique	—	—	—	4,8	

Mais, par contre, nous avons remarqué, d'une part, que pour les années à forte production dans ce verger, il y avait un pourcentage élevé de fruits gaufrés, d'autre part, que les fruits de l'intérieur de l'arbre étaient plus gaufrés que ceux de l'extérieur, de plus, la face du fruit se trouvant à l'ombre (c'est-à-dire, la face tournée vers le tronc) montrait des signes de gaufrage. Il semble que la lumière et l'intensité solaire aient une influence bénéfique sur le gaufrage.

Pendant les campagnes 1970-1971, avant les récoltes, nous avons observé les arbres de ce verger. Pour la campagne 1969-1970, nous avons constaté une diminution de l'ordre de 35 % de fruits gaufrés pour les traitements avec le sulfate de potassium ; pour la campagne 1970-1971, cette diminution était encore plus forte, de l'ordre de 51 %, en comparaison des arbres témoins. Par contre, nous avons remarqué une augmentation de l'ordre de 16 % de gaufrage pour les traitements avec le phosphate d'ammoniaque. Dans ces traitements au phosphate, certains arbres avaient pratiquement 100 % de fruits gaufrés.

Nous avons prélevé des échantillons de feuilles et de fruits sur chaque arbre, afin d'analyser les éléments minéraux dans les feuilles, les fruits entiers, les écorces. Sur ces fruits, nous avons déterminé les pourcentages de gaufrage pour chaque traitement.

Pour la campagne 1969-1970, les analyses ont porté sur les échantillons moyens de chaque traitement ; mais pour la campagne 1970-1971, les prélèvements d'échantillons sont effectués sur les arbres individuellement, afin de vérifier les résultats des analyses statistiquement.

Nous venons de voir que la fumure potassique tendrait à diminuer le pourcentage de gaufrage ; ce phénomène n'est pas nouveau ; il a déjà été démontré par les chercheurs américains et par d'autres chercheurs ; mais nos résultats, dans les conditions marocaines, confirment ceux obtenus par ces chercheurs.

En ce qui concerne l'aggravation du gaufrage constatée avec les traitements au phosphate d'ammoniaque, est-elle due à l'effet du phosphore ou bien à celui de l'azote ?

Pour répondre à cette question, nous vous donnons d'abord, dans le tableau 2, les pourcentages des éléments minéraux dans les feuilles, les fruits entiers et les écorces par rapport à la matière sèche, pour les différents traitements.

Les résultats des analyses foliaires, des fruits et des écorces, ne révèlent pas de différences des taux de phosphore dans les différents traitements, malgré l'apport important et régulier de phosphate d'ammoniaque depuis 1966. Ce phénomène peut être expliqué par la lente migration du phosphore apporté en surface et sa rétrogradation dans les sols lourds à pH élevé.

Par contre, si nous faisons la somme des quantités d'azote apportées dans les traitements au phosphate d'ammoniaque, on constate

TABLEAU 2

Pourcentage des éléments dans les feuilles, les fruits entiers et les écorces par rapport à la matière sèche, pour les différents traitements. Echantillonnage du 16.12.1969

Traitements	Organes	% N	% P	% K	% Ca	% Mg
Témoins		2,02	0,12	0,62	7,9	0,29
NO ₃ NH ₄	Les feuilles	2,14	0,12	0,55	7,4	0,30
PO ₄ (NH ₄) ³		2,53	0,12	0,60	7,4	0,37
SO ₄ K ₂		2,00	0,12	1,24	6,3	0,19
Témoins		0,85	0,10	0,93	0,53	0,08
NO ₃ NH ₄	Les fruits entiers	0,82	0,10	0,90	0,61	0,08
PO ₄ (NH ₄) ³		1,19	0,10	0,96	0,52	0,08
SO ₄ K ₂		0,72	0,10	1,09	0,53	0,07
Témoins		0,74	0,05	0,55	1,03	0,10
NO ₃ NH ₄	Les écorces	0,67	0,05	0,50	1,03	0,10
PO ₄ (NH ₄) ³		0,99	0,05	0,57	0,88	0,10
SO ₄ K ₂		0,60	0,05	0,73	1,03	0,09
Témoins		0,74	0,05	0,55	1,03	0,10

que pour 1967, chaque arbre a reçu 3,6 kg d'azote pur, contre 1,6 kg pour les traitements azotés (voir le tableau 1).

Voici ci-après les pourcentages moyens des fruits gaufrés pour chaque traitement pour les campagnes 1969-1970 et 1970-1971.

Traitement	% des fruits gaufrés en 1969-1970	% des fruits gaufrés en 1970-1971
Témoin	70	71
Azoté	72	73
Phosphaté	74	85
Potassique	45	35

D'ailleurs, les analyses des feuilles, des fruits et des écorces révèlent, dans ces organes, une augmentation sensible des niveaux d'azote, aux traitements de phosphate d'ammoniaque, comparativement aux autres traitements.

Dans cet exemple, il ressort que l'analyse foliaire peut être considérée comme un guide très précieux pour vérifier si la plante utilise réellement la fumure mise à sa disposition ou non.

Il semble donc que l'aggravation du gaufrage aux traitements de phosphate d'ammoniaque est due à l'azote et non au phosphore. Ce résultat confirme les travaux de SALERNO M. et PACETTO M. en Italie qui considèrent que l'excès d'azote accentue le gaufrage.

Toutes ces observations ne résolvent pas pour autant la cause fondamentale du gaufrage.

TABLEAU 3

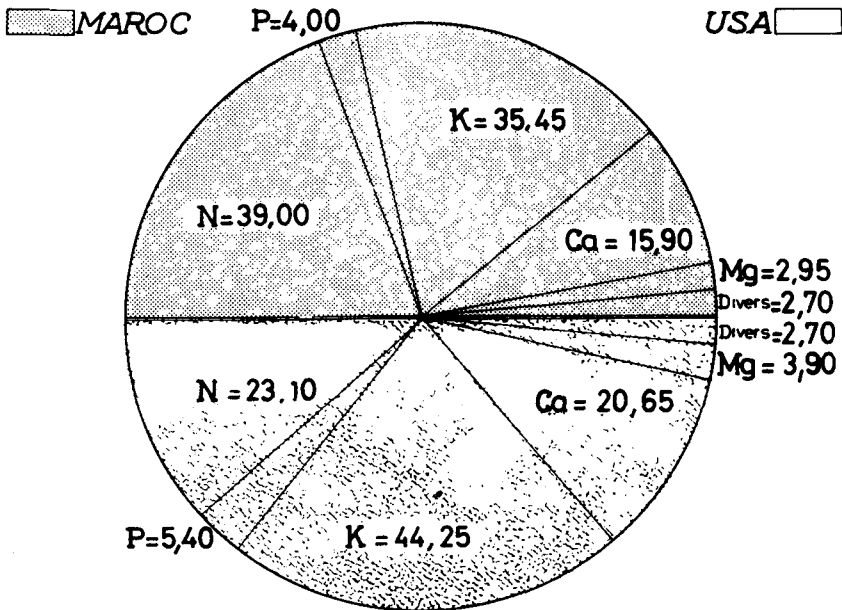
Répartition des pourcentages des éléments minéraux dans le fruit de chaque traitement

Eléments minéraux	Témoins	Traitement d'ammoniaque d'ammoniaque (NO_3NH_4)	Traitement avec phosphate d'ammoniaque ($\text{PO}_4(\text{NH}_4)^3$)	Traitement avec sulfate de potasse (SO_4K_2)
Azote (N)	33,1	31,6	40,6	27,8
Phosphore (P)	3,9	3,9	3,4	3,9
Potassium (K)	36,2	34,8	32,8	42,1
Calcium (Ca)	20,6	23,5	17,7	20,5
Magnésium (Mg)	3,1	3,1	2,7	2,7
Divers	3,1	3,1	2,7	3,1

TABLEAU 4

Répartition des pourcentages moyens des éléments minéraux dans un fruit d'agrumes

	N	P	K	Ca	Mg	Divers
% moyen par rapport au poids sec	1,148	0,118	1,044	0,468	0,087	—
Répartition des % au Maroc	39,00	4,00	35,45	15,90	2,95	2,70
Répartition des % aux USA	23,10	5,40	44,25	20,65	3,90	2,70



Pour connaître les rapports des éléments minéraux dans les fruits, nous avons calculé la répartition des pourcentages des éléments majeurs dans les fruits de chaque traitement (voir TABLEAU 3).

Les résultats du tableau 3, comparés à ceux du tableau 4, (répartition des pourcentages moyens des éléments minéraux dans un fruit d'agrumes aux Etats-Unis et au Maroc), ne révèlent pas d'anomalies

pouvant expliquer la cause du gaufrage sauf l'augmentation du potassium dans le traitement avec SO_4K_2 et celle de l'azote dans le traitement de $\text{PO}_4(\text{NH}_4)^3$.

Il semble que les quantités et les rapports des éléments minéraux dans les fruits aient peu d'influence sur le gaufrage. Il est possible que ce soit la qualité et les rapports qualitatifs des éléments minéraux entrant dans la matière organique qui jouent un rôle important quant à la cause fondamentale du gaufrage, rôle qui mériterait d'être approfondi.

Conclusions

Les modifications anatomiques importantes constatées dans les fruits gaufrés nous conduisent à penser que la synthèse des macromolécules glucidiques et tout particulièrement celles de substances pectiques, ainsi que la formation des membranes cellulaires, en particulier du mésocarpe (albedo), sont perturbées.

Ces perturbations, pour une grande part, semblent dépendre d'un déséquilibre de la nutrition minérale, concernant à la fois, l'absorption et la migration de l'eau et des sels minéraux, notamment du potassium en relation avec le métabolisme de l'azote et des conditions climatiques.

ملخص

ان الطبع على فواكه السيتروس Citrus قد تعتبر كخلال فيزيولوجي. ولهذا التشويه عواقب وخيمة فيما يخص فواكه التصدير

والسبب الرئيسي لهذا الخلل هو في الوقت الحاضر مجهول نظرا للعوامل المختلفة المتدخلة في تكوين هذا الخلل .

وفي المغرب، يبين فحص النتائج المحصلة عنها في أبحاثنا والتي تخص الكمية وتوازن العناصر المعدنية في الفواكه المطبوعة والفواكه السالمة - أي حدث يذكر لتوضيح سبب هذا الطبع على الفواكه.

ويظهر على أن كثرة مياه انسقى لن ترفع من النسبة المئوية
للفواكه المطبوخة .

ومن المحتمل أن التغير الغذائي لبعض المواد العضوية وخصوصا
السكرية التي تتدخل في تكون أخشية خاوية تكون مختلفة .

لكن التأثير المجدى لبعض المواد العضوية وخصوصا البوتاسيوم
لا يمكن انكاره .

RÉSUMÉ

Le gaufrage est considéré comme un trouble physiologique des fruits de Citrus. Cette malformation a une conséquence néfaste pour les fruits destinés à l'exportation en particulier.

La cause fondamentale de ce trouble est, pour le moment, inconnue, étant donné la diversité des facteurs intervenant dans cette anomalie.

Au Maroc, l'examen des résultats obtenus dans nos recherches, concernant les quantités et les rapports des éléments minéraux dans les fruits gaufrés et sains, ne révèle pas de phénomène particulier qui expliquerait la cause du gaufrage. L'excès d'eau d'irrigation ne semble pas augmenter le pourcentage des fruits gaufrés.

Il est probable que le métabolisme de certains composés organiques, spécialement les glucidiques, intervenant dans la formation des membranes cellulaires, est perturbé.

Néanmoins, l'influence bénéfique de certaines éléments minéraux, principalement le potassium, est incontestable.



RESUMEN

La vusosidad de la piel es considerado como una turbación fisiológica de la frutas del citrus esta malformación tiene una consecuencia nefasta para las frutas destinadas a la exportación en particular.

La causa fundamental de esta turbación es, por el momento desconocida, dada la diversidad de los factores que intervienen en esta anomalía.

En Marruecos, el exámen de los resultados obtenidos en nuestras investigaciones, concermientes a las cantidades y relaciones de los elementos minerales en las frutas de piel riguso y sanas, no revela ningún fenómeno particular que explicaría la causa de esta rugosidad. El exceso de agua de irrigación no parece aumentar el porcentaje de las frutas de piel rugosa es probable que sea perturbado el metabolismo de ciertos compuesto orgámicos, pecialmente los comprestos glúcidicos que intervenin en la formación de las membrasas celulares.

Sin embargo, la influéncia benéfica de ciertos elementos minerales principalmente el potasio, es incontestable.

SUMMARY

The stamping is considered as a physiological disorder of citrus fruits. This malformation has a baneful consequence over the fruits in particuly exported.

The principle cause of this trouble is, now un knowed, because the diversity of factors intervening in this anomaly.

In Marroco, the stadly of results obt eind in ours recherches, over the quantities and the rations of the mineral elements in the stamped and Dealty fruits, does not let out a particulary phenomene wich would elucidat the stamping cause.

The watrences in irrigation does not seemed to increas the percentage of stamping fruits. It is probaly that the metabolism of any organic compounds, specially the glucides, entrance in the formation of the cellular membrane, is disturbed.

For all that the good influence of any mineral elements, principally potassium, is undeniable.

BIBLIOGRAPHIE

1. BAIN, J.M. — 1958. Changements morphologiques, atomiques et physiologiques au cours du développement des oranges « Valencia ». — *Osbeck. Aust. Jour. Bot.*, **6**, 1-24.
2. BARTHOLOMEW, E.T. et H.S. REED — 1946. *The Citrus Industry*. — Vol. 1, chap. VI: General morphology, histology and physiology, Univer. of California Press, Berkeley.
3. CHAPMAN, H.D. et D.S. RAYNER — 1951. Effect various maintained levels of phosphate on the growth, yield, composition and quality of Washington navel oranges. — *Hilgardia*, **20** (17), pp. 325-58.
4. CHARNOT, A. — 1954. Rapport sur le gaufrage des oranges. — *Fruits et primeurs de l'Afrique du Nord*, **225** (15), pp. 147-64.
5. CHEVALEIR, G. — 1952. La boursouffure des agrumes. — *Fruits et primeurs de l'Afrique du Nord*, **22**, pp. 339-43.
6. DUNCAN, D.B. — 1955. Multiple range and multiple F tests. — *Biometrics*, **11**, pp. 1-42.
7. EMBLETON, T.W., J.D. KIRKPATRICK et F.R. PARKER — 1952. Visible response of phosphorus deficient orange trees to phosphatic fertilizers and seasonal changes in mineral constituents of leaves. — *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, **60**, pp. 55-64.
8. EMBLETON, T.W., J.D. KIRKPATRICK, W.W. JONES et C.B. CREE — 1956. Influence of applications of dolomite, potash and phosphate on yield and size of fruit and on composition of leaves of Valencia orange trees. — *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, **67**, pp. 183-90.
9. FOURIE, S. et G.F. JOUBERT — 1957. Effect of potash on yield and creasing of navel oranges in the Citrusdal area. — *Citrus Grower, South Africa*, **277**, pp. 1-3.
10. HAAS, A.R.C. — 1950. The relation of phosphorus to creasing and puffing in Valencia oranges. — *California Citrog.*, **35**, pp. 277-78, 298-300.

11. JONES, W.W., T.W. EMBLETON et C.B. CREE — 1957. Number of replications and plot sizes required for reliable evaluation of nutritional studies and yield relationships with Citrus and Avocado. — Proc. Amer. Hort. Sci., **69**, pp. 208-16.
12. JONES, W.W., T.W. EMBLETON, M.J. GARBER et C.B. CREE — 1967. Creasing of orange fruit. — Hilgardia, **38** (6), pp. 231-44.
13. LE ROUX, J.C. et P.A. CROUS — 1938. Effect of fertilizer on creasing of mediterranean sweet oranges. — Farming in South Africa, **13**, pp. 66-68, 85.
14. LOMBARD, P.B. — 1963. Late harvested of Valencia strains compared. — California Citrog., **48**, pp. 139-40.
15. MILLER, E.V. — 1945. Some observations on creasing in Floride oranges. — Proc. Florida State Hort. Soc., **58**, pp. 159-160.
16. MILLER, E.V. et J. TURNBULL — 1948. Relation of irrigation to creasing in oranges in Florida. — Citrus Industry (Florida), **29** (4), pp. 16-17.
17. PELTON, S.D. — 1907. Mimeographed reports, addresses and suggestions relative to the Experiment Station at Riverside, Californie. — Special Citrus fruit Growers Institute, Bureau of farmers Institute, Edited by R.E. SMITH, University of California, Berkeley.
18. REITZ, H.J. et C.J. KOO — 1960. Effect of nitrogen and potassium fertilization on yield, fruit quality and leaf analysis of Valencia orange. — Proc. Amer. Soc. Hort. Sci., **75**, pp. 244-252.
19. REUTHER, W. et P.F. SMITH — 1952. Relation of nitrogen, potassium and magnesium fertilization to some fruit qualities of Valencia oranges. — Proc. Amer. Soc. Hort. Sci., **59**, pp. 1-12.
20. SALERNO, M. — 1963. Il « Raggrinzimento della buccia » : Grave alterazione dei frutti di limone. — Estratto da Tecnica Agricola, n° **6**, anno XV.
21. SALERNO, M. — 1964. Un biennio di ricerche sulla « Spigatura » dei frutti di arancio. — Rivista di patologia vegetale, Ser. III, Vol. IV.

22. PACETTO, M. et M. SALERNO — 1965. Risultati di trattamenti anticrittogamici preraccolta dell'adozione di diverse modalità di raccolta per la prevenzione dei « marciumi » dei frutti di limone. — Estratto della « Revista dell'ortoflorofruitticoltura italiana », Anno 90. Vol. XLIX, n° 2.
23. SALERNO, M. — 1965. Osservazioni sulla eziologia del « Raggrinzimento della buccia » dei frutti di limone. — Rivista di patologia vegetale. Ser. IV, Vol. I.
24. VAN NIEKERK, O.T. — 1955. Report activities of the South Africa Cooperative citrus exchange field department. — Citrus Grower (Africa), 257, pp. 7-9, 12.