

La protection des Agrumes contre les moisissures à *Penicillium*

par **M^{lle} F. LAURIOL**

LICENCIÉE ÈS SCIENCES,
PHYTOPATHOLOGISTE A L'I. F. A. C.

Faisant suite à un article paru en 1951 dans la revue Fruits (vol. 6, n° 10), l'étude de M^{lle} LAURIOL apporte les derniers résultats des travaux effectués au Laboratoire de Défense des Cultures de l'Institut des Fruits et Agrumes Coloniaux à Paris.

Les principaux aspects de la lutte contre les *Penicillium* des Agrumes ont été abordés. De nombreux problèmes nouveaux sont soulevés qui seront étudiés dans un avenir proche. Il est cependant intéressant de noter que dès maintenant, l'on est armé, pour réduire considérablement les pertes importantes que provoquent chaque année ces parasites.

Les recherches se poursuivant, on peut espérer prochainement simplifier les méthodes de lutte et accroître encore leur efficacité.

J. CUILLÉ.

Les *Penicillium* : *P. italicum* WEHMER et *P. digitatum* (Pers.) SACC., agents des moisissures vertes et bleues des agrumes provoquent la perte de très fortes proportions de fruits. Cependant, malgré les nombreuses expériences effectuées, les moyens de lutte dont on dispose n'ont qu'une efficacité partielle due à la nature même de ces parasites. Ils semblent particulièrement résistants, tant aux facteurs physiques qu'aux agents chimiques connus à l'heure actuelle.

Dans une note précédente nous avons vu quelles méthodes de lutte la biologie des champignons permettait d'envisager pour empêcher la contamination des plaies, la germination des spores et le développement du parasite sur les fruits. Nous avons pu noter alors quelles améliorations apportaient les procédés mécaniques, physiques ou chimiques lors du transport et de la conservation et quels en étaient les inconvénients. De nouveaux essais nous permettent d'apporter de plus amples précisions sur ces points.

Nous remercions bien vivement les Directions des Sociétés ABEL, la CECA, le BORAX FRANÇAIS, LUZZATO et FIGLIO, SOLOR, SINNOVA et des papeteries DARBLAY pour leur précieux concours à ces travaux ainsi que MM. JOURDAN et MONZIES, Citriculteurs au Maroc, dont la collaboration nous est particulièrement utile.

Importance des traumatismes.

Il est certain que *P. digitatum* est uniquement un parasite de blessure, en effet il ne se produit pas de contamination par le seul contact des spores avec l'écorce saine d'une orange ou d'un citron. Mais il suffit d'une plaie de très petite taille pour que le parasite puisse s'installer sur les fruits : nous avons fait plusieurs tests pour déterminer l'influence de la nature des blessures de la peau sur le développement du champignon.

Les écorces des citrons et des oranges étaient soumises aux traitements suivants :

— résection d'un morceau d'écorce ;
— blessure à l'emporte-pièce de 6 à 2 mm de profondeur ;

— piqûre à l'aiguille de 4 à 6 mm de profondeur ;
— ouverture des glandes essentielles. (Fig. 1 et 2.)

Dans le dernier cas une dizaine de glandes contiguës sont percées à l'aide d'une aiguille fine, les gouttes d'essence libérées par cette opération sèchent rapidement à l'air libre.

Toutes les surfaces lésées étaient contaminées par des spores de *Penicillium*, les fruits étaient ensuite

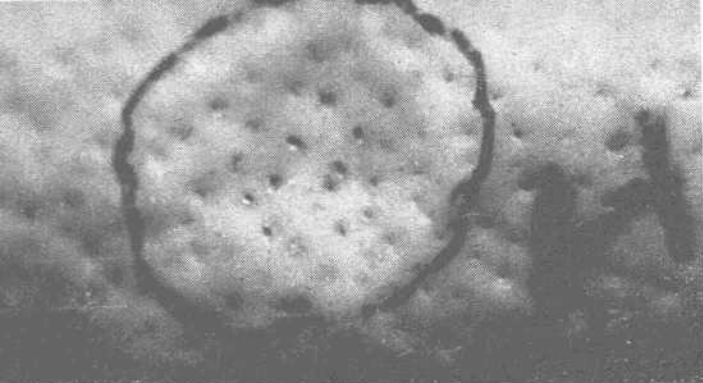


FIG. 1. — Contamination artificielle d'un citron par ouverture des glandes à essence (Photo A. Comelli, I. F. A. C.).

placés à 25° C et 80 % d'humidité relative. Dans tous les cas la contamination des fruits s'est produite : nous avons vu ainsi qu'une blessure faite à l'emporte-pièce à 2 mm de profondeur est suffisante pour provoquer l'apparition du mycélium sur le fruit dès le 3^e jour. Quand un fragment d'écorce a été enlevé, la période d'incubation a la même durée.

Avec les piqûres en profondeur et les ruptures des glandes essentielles la période d'incubation peut être augmentée et parfois même la contamination ne se fait pas. Ce cas est rare et se produit surtout quand l'humidité atmosphérique est insuffisante, 10 % des fruits échappent alors à l'attaque de *Penicillium*. La surface de la partie endommagée semblerait avoir plus d'importance que sa profondeur. A la suite de piqûres la zone de pénétration du parasite est très restreinte et la cicatrisation peut se produire rapidement avant que des spores ne se soient trouvées exactement à l'endroit où les conditions nécessaires à la germination sont réalisées.

Il n'en demeure pas moins que dans la majorité des cas la moindre petite blessure peut servir de porte d'entrée à la moisissure verte. (Fig. 3.)

Pour la moisissure bleue, *P. italicum*, une blessure de l'écorce n'est pas toujours nécessaire. Un fruit placé au contact d'un autre fruit attaqué et déjà couvert de spores est lui-même contaminé en quelques jours (6 jours environ). (Fig. 4.) Les autres modes de contamination donnent le même résultat qu'avec *P. digitatum*. (Fig. 5.)

Protection contre les traumatismes.

Puisque les blessures les plus faibles suffisent, même pour *P. digitatum*, à assurer la pénétration des parasites, il est évident que la protection des écorces des fruits contre les traumatismes, même les plus légers, a une grande importance. Tel est le rôle des papil-

lotes de papier qui diminuent de façon très sensible l'attaque des moisissures pendant le transport et le stockage. Le tableau n^o 1 résume les observations faites sur deux lots de citrons expédiés en billets du Maroc. Les pourcentages de fruits atteints sont calculés le jour de l'arrivée, 15 jours et 21 jours après. Les fruits étaient tous de la même variété, tous cueillis le même jour, mais la moitié seulement était emballée dans des papillotes, ils étaient conservés à 19° C, 80 % H.

TABEAU I.

	% FRUITS MOISIS	
	CITRONS PAPILOTTÉS	CITRONS NON PAPILOTTÉS
Arrivée	1	5
Du 1 ^{er} au 15 ^e jour ...	12	33
Du 16 ^e au 21 ^e jour ..	13	42

Le nombre moindre de citrons atteints dans le lot papilloté montre la protection exercée par cet emballage.

Il semble que l'enrobage des agrumes dans des émulsions de cires ou de paraffines puisse avoir également une action protectrice sensible : il s'interposerait en effet un film, entre les glandes essentielles des fruits et l'extérieur, pouvant ainsi éviter certaines lésions.

Il faut cependant remarquer que ni les cires, ni les papillotes ne permettent de lutter contre les infections qui se produisent entre la cueillette et l'emballage, malgré les soins que l'on a pu y apporter. Il

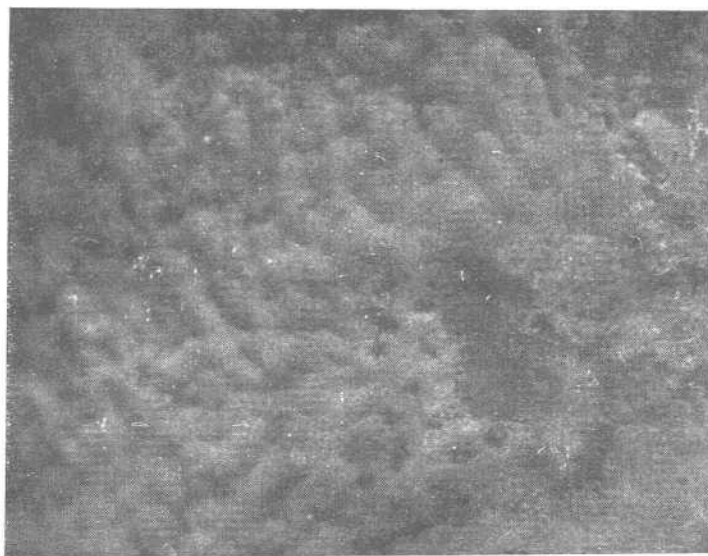
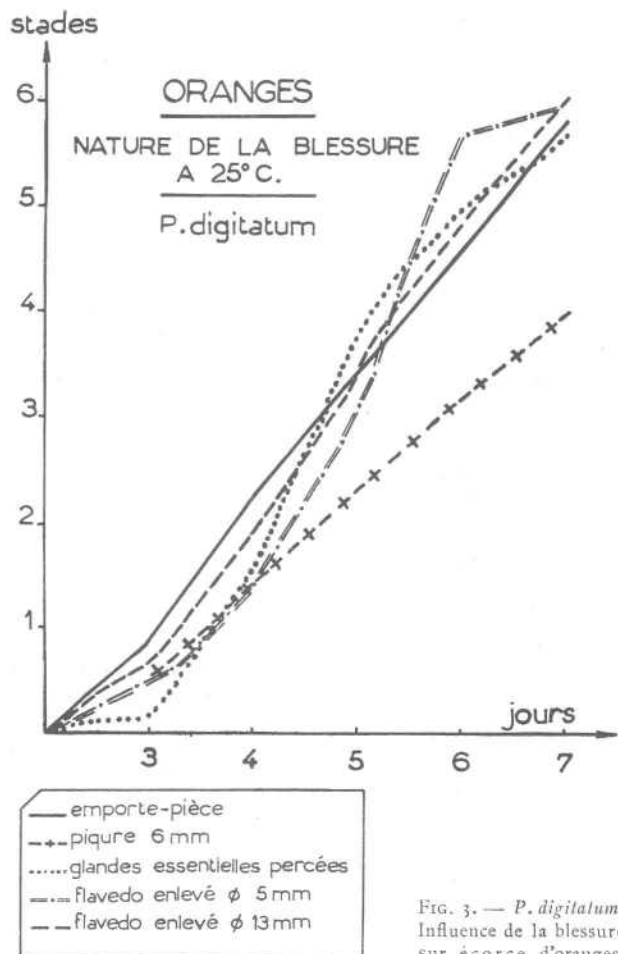


FIG. 2. — Mycélium de moisissure verte se développant sur un citron après l'ouverture des glandes à essences.

(Photo A. Comelli, I. F. A. C.).



est donc nécessaire d'adopter des mesures complémentaires pour la lutte contre le parasite lui-même. Nous avons vu que l'on peut envisager deux caté-

gories de procédés de lutte : l'action de facteurs physiques sur la physiologie du champignon et l'action de produits chimiques.

Importance des facteurs physiques.

Il semblerait naturel que, comme la plupart des champignons, les *Penicillium* soient particulièrement sensibles à l'humidité et à la température ambiante ainsi qu'au manque d'oxygène. En modifiant ces facteurs on devrait mettre les parasites dans des conditions telles que leur développement s'en trouverait inhibé ou retardé. De nombreux essais ont été faits dans ce sens, mais on se heurte toujours à l'action de ces mêmes facteurs sur les fruits.

Les fortes humidités sont très favorables aux champignons. Cependant dans la pratique il est impossible de conserver les fruits à de basses hygrométries, la déshydratation qui se produit alors devient trop forte. Les fruits, oranges ou citrons, perdent beaucoup de leur poids, en se desséchant et prennent finalement un aspect momifié aussi peu souhaitable que les moisissures. Les conditions qui permettent un rapide développement des parasites seraient encore moins dangereuses pour les fruits.

Il semble cependant que l'on puisse protéger les fruits contre cette déshydratation. Nous avons fait des essais de traitements avec quelques émulsions cireuses. Après trempages dans ces émulsions, la pellicule formée sur le fruit est relativement imperméable à l'eau et réduit considérablement la déshydratation des fruits au cours de la période de conservation (voir le tableau n° 2).

TABLEAU 2.

	% PERTE DE POIDS DE LOTS D'ORANGES TRAITÉES AVEC DES ÉMULSIONS CIREUSES								
	DURÉE DE LA CONSERVATION :								
	3 jours	6 jours	9 jours	10 jours	13 jours	14 jours	17 jours	18 jours	21 jours
1 ^{re} émulsion	0,97	1,96	2,94		2,94		4,31		5,49
Témoin 1	2,16	4,15	7,05		8,67		10,48		12,29
2 ^e émulsion	0,36	0,73	1,10		1,28		1,83		1,83
Témoin 2	2,96	4,85	6,79		8,73		11,26		14,17
3 ^e émulsion	1,75	2,13		4,03		6,72		8,06	
Témoin 3	2,16	4,06		5,69		6,5		12,73	

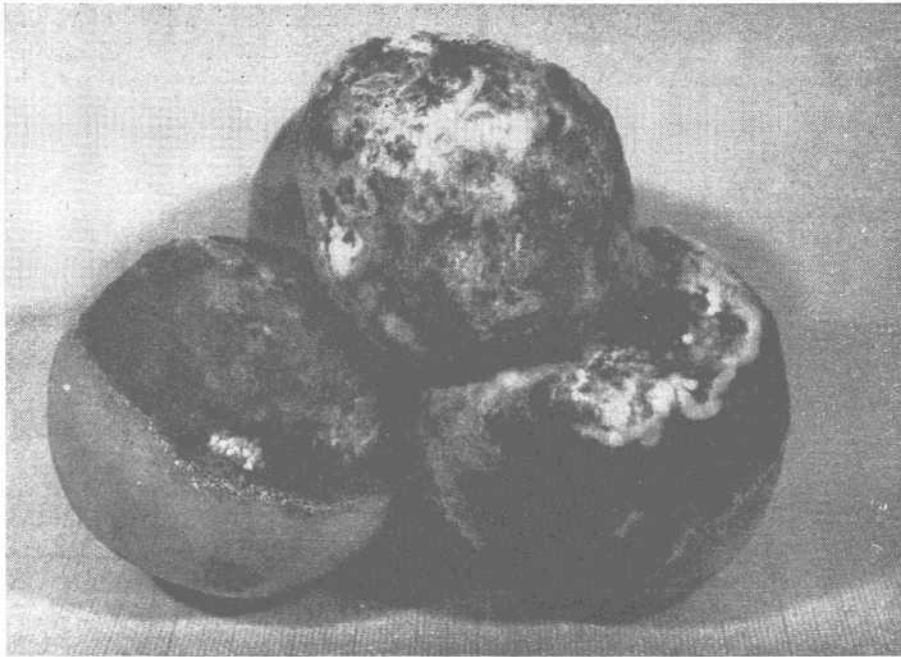


FIG. 4. — Moisissure bleue sur oranges. Contamination par contact d'une orange moisie avec trois oranges saines. (Photo A. Comelli, I. F. A. C.).

Il est important que la pellicule formée par l'émulsion ne supprime pas totalement les échanges gazeux, les fruits très sensibles à l'asphyxie ne se conserveraient pas dans ces conditions.

L'action du manque d'oxygène est beaucoup plus violente pour les fruits eux-mêmes que pour les *Penicillium* : de ce fait il est impossible d'utiliser ce facteur pour la lutte contre ces parasites. Bien au contraire la proportion de fruits moisies est plus importante dans les locaux mal aérés et certains *Penicillium* peuvent encore vivre à des pressions d'oxygène de 0,01 atmosphères (selon HAWKER).

C'est l'action de la température qui est la plus utilisée actuellement. En effet les *Penicillium* sont plus sensibles à son action qu'à celle de l'humidité dans des limites supportables par les fruits. On a pu ainsi obtenir des résultats intéressants de conservation par le froid. Nous avons vu en effet que les basses températures retardaient fortement l'incubation et le développement des *Penicillium* (Revue *Fruits* 1951), mais avec des citrons ou des oranges blessés à l'emporte-pièce nous n'avions jamais obtenu l'arrêt total de la germination ni du développement. Nous avons fait d'autres essais avec les autres modes de blessure : à 5° C jamais un arrêt total n'est obtenu, même quand les lésions de l'écorce sont les plus légères. Pour *P. italicum*, la contamination par contact peut se produire même dans ces conditions : on constate le même nombre de fruits moisies qu'à des

températures plus élevées (fig. 6 et 7), seul le délai d'apparition des spores est plus long.

L'influence de la température est d'ailleurs différente pour chacun des deux champignons. Le retard apporté au développement de *P. digitatum* par les basses températures est beaucoup plus sensible, de sorte qu'à 5° C on peut observer le recouvrement complet d'un fruit par *P. italicum*. A 25° C au contraire, température où la vitesse de croissance est la plus grande pour les deux parasites, la moisissure verte se développe plus rapidement que la bleue : dans ce cas, *P. digitatum* utilise la porte d'entrée ouverte par *P. italicum* et recouvre rapidement de ses spores toute la surface du fruit laissée encore intacte par ce dernier. (Fig. 8.)

De très nombreuses expériences ont été faites pour l'utilisation de l'action des basses températures sur les moisissures des agrumes.

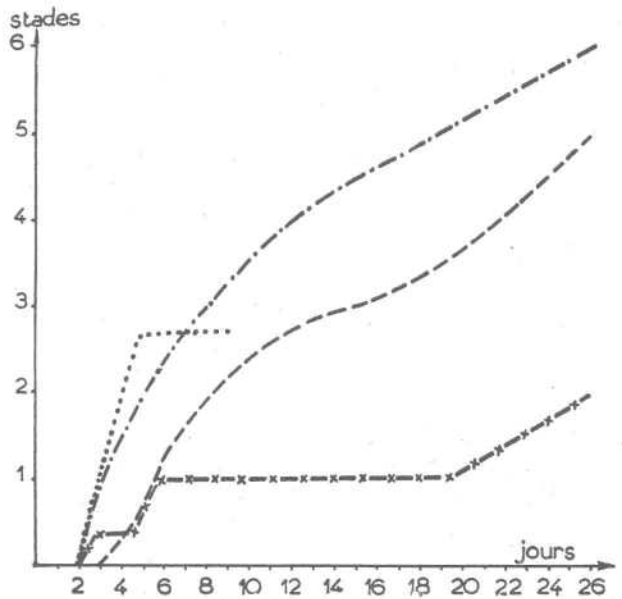
Récemment J. R. WINSTON a observé le comportement des fruits au cours du stockage à 3° C et du transport dans des wagons réfrigérés ou prérefrigérés. Dans tous les cas les pertes par moisissures sont plus faibles dans les lots conservés au froid que dans ceux tenus à 21° C pendant la même période. Mais lorsque les fruits primitivement refroidis, sont replacés à la température ordinaire, les pertes augmentent et sont du même ordre de grandeur que pour le lot resté constamment à cette température. Les champignons, dès qu'ils se retrouvent dans des conditions favorables, continuent leur développement. (Tableau 3.)

TABLEAU 3 D'APRÈS WINSTON.

ESSAIS DE TRANSPORT DE MANDARINES : % MOISSURES			
DURÉE DE CONSERVATION	FRUITS CONSERVÉS 5 JOURS AU FROID	DURÉE DE CONSER- VATION	FRUITS CONSERVÉS A 21° C
3° C — 5 jours ...	0,4 %		
21° C — 3 jours ...	8,3 %	5 jours	16,5 %
— 7 jours ...	24,4 %	8 jours	27,8 %

Pour tuer *P. digitatum*, ou arrêter son développement sur les fruits, il faudrait les maintenir à la température de 1° C : il est impossible de maintenir les fruits à cette température sans provoquer de grands dommages, il ne semble donc pas possible d'espérer obtenir un jour de meilleurs résultats par l'utilisation du froid.

Nous avons vu précédemment qu'avec les hautes températures on ne peut pas non plus obtenir d'amélioration, car lorsque l'activité des champignons est ralentie, les fruits sont desséchés, momifiés et n'ont plus de valeur commerciale. Ce ne serait donc pas en agissant sur les conditions ambiantes que l'on pourra perfectionner la lutte contre les moisissures des agrumes. Température, hygrométrie ou aération peuvent être plus ou moins défavorables pendant un certain temps, mais jamais apporter un résultat total.



P. italicum
SUR CITRONS A 25° C.

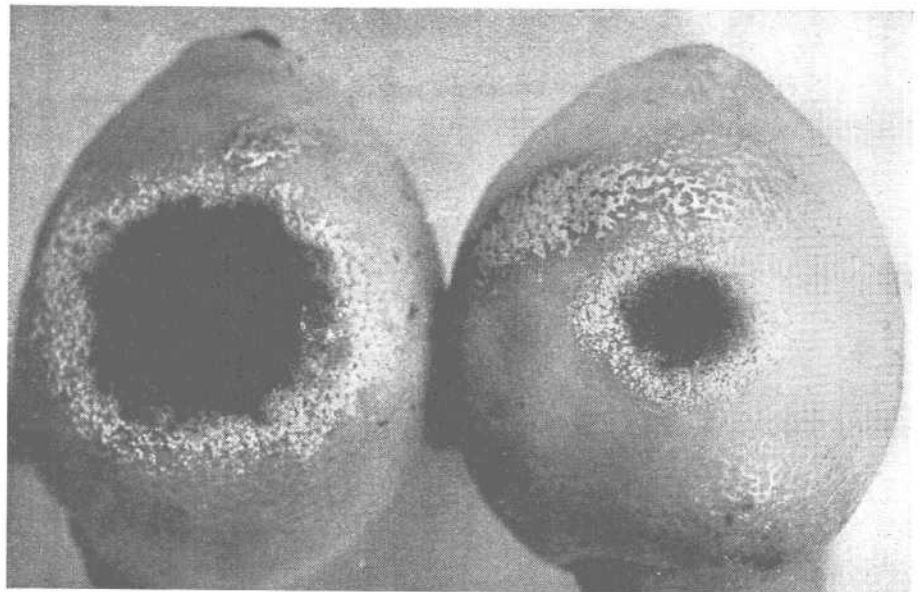
— — — contamination par contact
- - - - - piqure 6mm.
- x - x - glandes essentielles percées
..... errpote-pièce

FIG. 6. — *P. italicum* : développement à 25° C sur citrons.

Lutte chimique.

Dans ce domaine on peut espérer que la sensibilité des hôtes et des parasites est différente, l'écorce pourrait dans certains cas les protéger contre la toxicité des produits fongicides déposés à sa surface.

FIG. 5. — Moisissure bleue sur citrons : contamination artificielle par piqure de 6 mm de profondeur.
(Photo A. Comelli, I. F. A. C.).



Pour l'étude des procédés chimiques nous avons employé des tests de laboratoire rapides et constants déjà décrits (*Fruits*, nov. 51). A 25° C et saturation d'humidité, après des blessures à l'emporte-pièce de 2 mm de profondeur, *P. digitatum* apparaît le 3^e jour sur les oranges et les citrons. Tout le fruit est recouvert en 6 jours pour les citrons, 7 jours pour les oranges. L'importance de la région couverte de mycélium et de spores permet d'établir 6 stades dans le développement de l'attaque. Le développement de

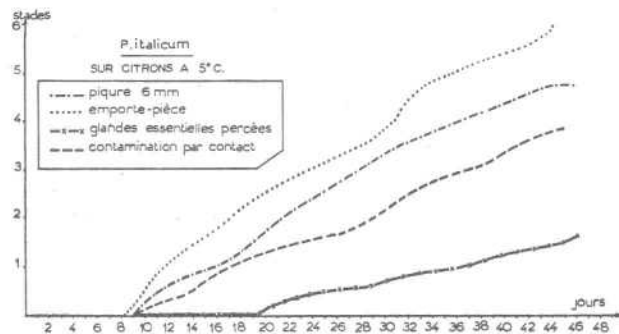


FIG. 7. — *P. italicum* : développement à 4-5° C sur citrons.

P. italicum est un peu différent de celui de *P. digitatum* : la zone molle qui entoure la région attaquée par le mycélium est très étendue, sa surface est en général double de celle de la partie recouverte de spores. Le fruit se ramollit complètement sans qu'extérieurement plus de la moitié du fruit soit couverte de spores et de mycélium. C'est pourquoi pour *P. italicum* les stades utilisés n'ont pas une valeur aussi rigoureuse que pour *P. digitatum* qui ne produit qu'une zone de ramollissement très restreinte.

Nos tests de produits chimiques ont été faits sur *P. digitatum* : nous avons dit en effet qu'à 25° C le développement de *P. digitatum* ne permettait pratiquement pas d'observer celui de *P. italicum*. Dès que la plaie est faite, elle est contaminée artificiellement avec des spores, les fruits sont ensuite traités dans le quart d'heure qui suit. Trois catégories de traitement ont été essayées :

- les papillotes traitées qui réuniraient la protection mécanique et la protection chimique ;
- l'aérolisation d'une solution de fongicides dans l'atmosphère contenant les fruits ;
- le trempage dans des solutions fongicides.

Les papillotes traitées. — Les plus connues sont les papillotes au diphényle dont nous avons dernièrement étudié l'efficacité réelle par des tests de laboratoire.

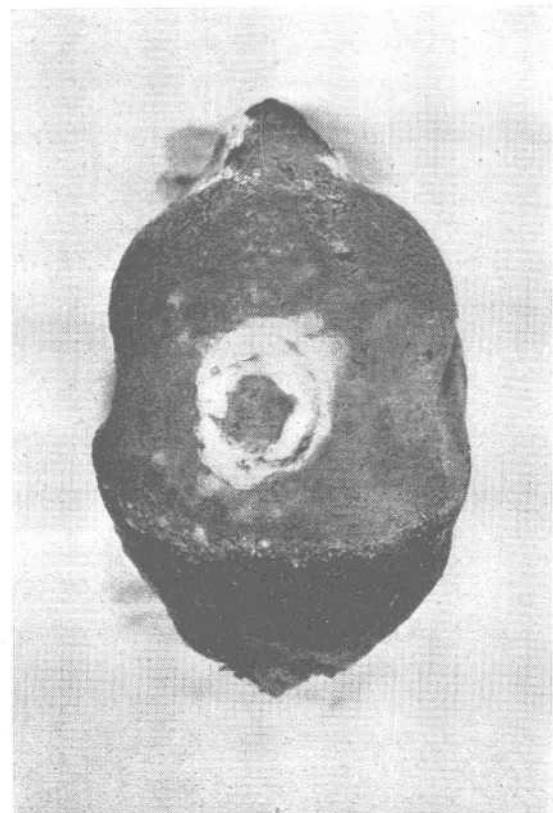
Nous avons pu faire depuis un essai de transport de citrons emballés dans des papillotes au diphényle et les comparer avec des lots de citrons non papillotes et papillotes avec du papier non traité. A l'arrivée, puis aux observations suivantes, on voit que les lots traités au diphényle présentent un plus faible pourcentage de moisissures que les lots à papillotes ordinaires et surtout les lots sans papillotes. (Tableau 4.)

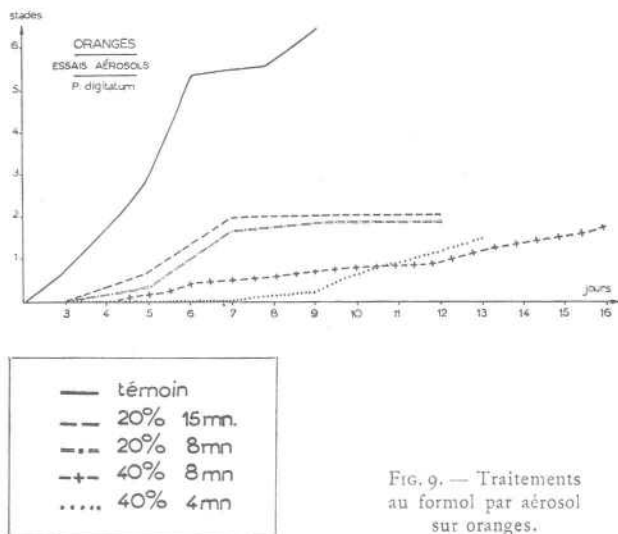
TABLEAU 4.

	% MOISSURES		
	SANS PAPILOTES	PAPILOTES ORDINAIRES	PAPILOTES DIPHÉNYLE
Arrivée	43,0	23,9	17
8 jours après	55,5	38	29,5
13 jours après	78,8	46	37

Mais on remarque dans cet envoi très attaqué par les *Penicillium*, donc particulièrement favorable aux observations, que la protection mécanique a eu un

FIG. 8. — Citron contaminé avec *P. italicum* à 25° C : développement de *P. digitatum* sur une partie du fruit. (Photo A. Conelli I. F. A. C.)





cette méthode nous n'avons encore obtenu que des résultats moins significatifs ou moins utilisables dans la pratique que par le trempage. Nous avons testé ainsi : le formol, le borate de sodium, plusieurs ammonium quaternaires, l'acide acétique et l'acide lactique.

Avec un ammonium quaternaire actif par trempage, mais inhibant le développement des moisissures à une concentration pour laquelle les fruits sont endommagés, on n'obtient par aérosol qu'un très léger retard du développement des parasites, mais pas de brûlure. Lorsqu'on augmente la concentration de la solution dans l'appareil à aérosol, l'écorce des citrons est attaquée.

L'emploi du borax par cette méthode de traitement n'est pas possible pour le moment : en effet les solutions sont saturées en borax, à la température ordinaire, à une concentration trop faible pour avoir une action sur les moisissures des agrumes.

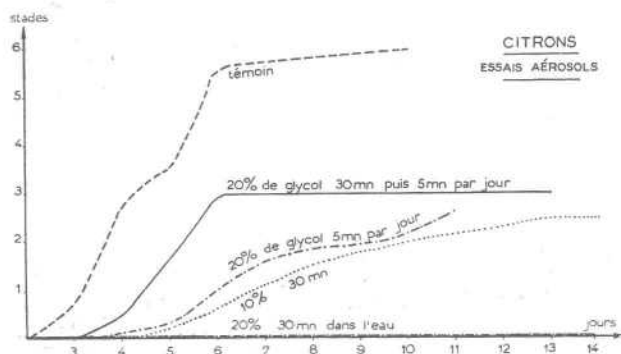
L'acide acétique qui ralentissait considérablement le développement des parasites en trempages, à la concentration de 2 % d'acide cristallisable, employé en aérosol à 10 % ou pur détériore totalement les fruits : les citrons deviennent mous et de couleur brune, la blessure contaminée est à peine visible.

L'acide lactique n'a aucune action.

Avec le formol nous avons obtenus des résultats intéressants (Fig. 9, 9 bis) : les concentrations du produit et la durée du traitement ont une grande importance. Des mélanges de formol et d'eau à 20 et 40 % de formol, de formol et glycol à 20 et 40 % de formol également, ont été employés pour ces essais. Nous avons fait des traitements en aérosolisant 1/2 heure au moment de la contamination, puis 5 minutes par jour ; d'autres traitements ne comprenant qu'une 1/2 heure, 15 mn ou 8 mn au moment de la contamination pour une enceinte de 0,98 m³ et un appareil qui débite 80 cm³ de liquide par heure. Avec le mélange de

rôle plus important que l'action chimique. Il y a plus de différences, en effet, entre les lots sans papillotes et avec papillotes ordinaires, qu'entre les lots à papillotes ordinaires et papillotes traitées. De nombreux essais, faits dans différents pays, donnent toujours des résultats voisins ; les améliorations apportées en général militent en faveur de l'utilisation de ce produit (HOPKINS et LOUCKS, J. DEL MATTO, etc...). D'autres produits ont été testés par cette méthode : les papiers étaient, suivant les cas, imprégnés des deux côtés, ou bien on pulvérisait une solution sur une face du papier qui était appliquée sur le fruit lors de l'emballage. Le plus souvent, aux mêmes concentrations que par trempage, les produits ainsi utilisés ont beaucoup moins d'action, l'orthophénylphénol, le borate, la thiourée notamment. Plusieurs ammonium quaternaires qui par trempages provoquent des brûlures, aux concentrations où ils seraient efficaces, n'ont aucune action sur papillote. Le pentachlorophénol est inefficace également. Selon TOMKINS l'iode serait plus intéressant. Des essais avec un sulfite n'ont pas donné de résultats satisfaisants (*Citrus News*, juin 52). Ce mode d'application des traitements chimiques semblerait donc *actuellement* peu rentable.

Aérosols. — Un appareil à aérosol contenant la solution à utiliser était placé dans l'enceinte à 25° C et 90 % d'H avec les fruits contaminés à l'emporte-pièce selon la méthode habituelle. On peut obtenir par ce procédé une très forte concentration de vapeur dans l'atmosphère, l'air repassant plusieurs fois de suite dans l'appareil. Le traitement terminé, nous avons toujours laissé l'étuve où se trouvaient les fruits fermée pendant trois jours. Ensuite elle était ouverte chaque jour pendant la durée des observations. Par



formol et de glycol, à 20 % de formol, on arrête totalement la germination des spores sur les citrons quand la durée du traitement est de 30 mn. A une plus faible concentration les résultats sont moins absolus. Des traitements de 5 mn chaque jour n'ont aucune action : le formol agit seulement avant la germination des spores et empêche l'installation du parasite sur le fruit. La blessure faite à l'emporte-pièce se cicatrise parfaitement : les lèvres de la plaie se dessèchent et sont entourées d'une zone cicatricielle brun sombre, large et très dure. (Fig. 10.) Les fruits ne sont pas gravement endommagés mais sur la partie supérieure qui reçoit les vapeurs de formol on observe quelques affaissements brunnâtres de l'écorce ; les brûlures, quand elles se produisent, sont assez légères et ont souvent un aspect ponctué. Sur un fruit traité encore vert, les zones qui entourent les parties brûlées ne mûrissent plus et l'écorce des citrons reste verte par endroits, alors que le reste du fruit a pris sa couleur jaune. (Fig. 11.) Sur oranges un traitement au formol à 40 %, pendant 15 mn donnait le même résultat, des traitements de 8 mn à 4 mn ne sont plus efficaces, ainsi qu'un aérosol de 15 mn à 20 %. Ce n'est donc que dans certaines conditions bien définies que le formol a une action sur les moisissures, et dans ce cas encore, il attaque les fruits eux-mêmes : c'est le seul produit actif, parmi ceux que nous avons testés, pour ce mode d'application. Il est possible que son activité soit due à ses

FIG. 10. — Action des vapeurs de formol : cicatrisation de la plaie. (Photo A. Comelli, I. F. A. C.)

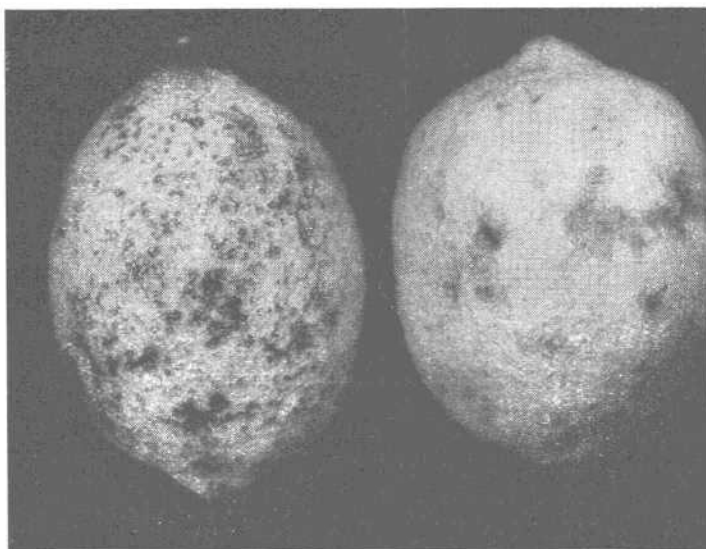
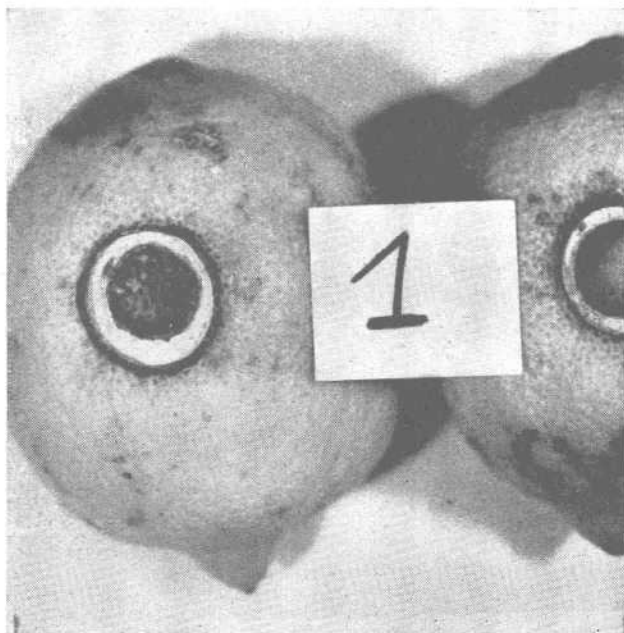


FIG. 11. — Action des vapeurs de formol sur citrons mûr (à droite) et vert (à gauche) : brûlures de l'écorce. (Photo A. Comelli, I. F. A. C.)

propriétés de volatilité ou à un pouvoir fixateur qu'il est seul à posséder parmi les produits que nous avons étudiés. De toute manière son application dans la pratique semble délicate, sauf pour la désinfection des locaux avant l'entreposage des fruits.

Trempages. — Les traitements par trempage restent malgré tout les plus efficaces : si un produit n'a pas d'action, lorsqu'il est appliqué ainsi, il n'en aura certainement pas avec d'autres procédés.

Nous avons fait de nombreux tests, tant sur oranges que sur citrons avec de nombreux produits dont nous avons pu évaluer et comparer l'activité. Le développement des parasites est noté en stades ; en calculant comme précédemment le stade moyen de chaque lot en fonction du temps, on a pu obtenir les graphiques (Fig. 12) et le tableau suivant (Tableau 5) où les traitements sont classés par ordre d'activité croissante : seuls les 6 premiers produits pour les citrons et les 5 premiers pour les oranges ont une certaine activité.

Tous les ammonium quaternaires que nous avons testés n'avaient aucune action intéressante, en tout cas aux concentrations où les fruits n'étaient pas fortement brûlés et ce même en milieu alcalin.

Parmi les autres produits, le borate et la thiourée sont à retenir. Avec une solution de borate à 10 % l'apparition de *Penicillium* est complètement supprimée pendant 12 jours et avec la thiourée le même résultat est obtenu pendant 9 jours, alors qu'elle commence dès le 3^e jour sur les témoins. Cette activité est supérieure même à celle du formol, du chlo-

TABLEAU 5.

CITRONS	ORANGES
<ol style="list-style-type: none"> 1. Borate 10 %. 2. Ammonium quaternaire à 5 % + 0,75 % NaOH, support propylène glycol et eau. 3. Même ammonium 5 % + 0,45 % NaOH, support propylène glycol et eau, chauffé. 4. Borate 5 % trempage 15 mn. 5. Borate 5 % trempage 2 mn. 6. Borate 10 % + glycérine. 7. Chloramine T à 20 %. 8. Pentachlorophénol. 9. Bromure de diméthyl lauryl benzyl ammonium à 1 % dans eau. 10. Borate 5 % + glycérine. 11. Chlorure de diméthyl alkyl benzyl ammonium à 3 %, support propylène glycol et eau. 12. Bromure de diméthyl lauryl benzyl ammonium à 1 %, support propylène glycol et eau. 13. Ammonium quaternaire de (2) à 1 % support propylène glycol. 14. Acide lactique au 1/3. 15. Eau chaude. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Borate 10 %. 2. Thiourée 2 %. 3. Métaborate 10 %. 4. Pentaborate 10 %. 5. Acide déshydracétique 1/1.000. 6. SO₄ Mn 2 gr/litre. 7. SO₄ Mn 0,4 gr/litre + mouillant. 8. SO₄ Mn 0,8 gr/litre. 9. CO₃ Mn 2 gr/litre. 10. Acide déshydracétique 1/5.000. 11. CO₃ Mn sec. 12. Acide déshydracétique 1/10.000. 13. Acide déshydracétique 6/100.000.

rure de laurylammonium et du nitrate de phénylmercure, qui s'étaient révélés efficaces lors de nos expériences précédentes (réf. citée). De plus et surtout, ces corps sont utilisables pratiquement: en effet ni la thiourée à 2 % ni le borax à 10 % n'ont d'action nocive sur les fruits. Des citrons traités au borate de soude ne présentent pas de brûlure: la plaie cicatrisée est seulement bordée d'une marge subérisée brune, plus étroite qu'avec le traitement au formol. (Fig. 13.) Ils sont peut-être un peu plus desséchés que les fruits témoins, mais selon un article anonyme (Papers World) et Tindale, il serait possible de remédier à ce défaut en ajoutant 10 % d'acide borique au borax. Selon L. BLONDEL, la thiourée en solution à 5 % donne de très bons résultats, mais on risquerait un brunissement des fruits au bout de 28 jours.

L'emploi courant du borax est limité par son manque de solubilité. Nous n'avons observé une action certaine des solutions de ce produit qu'à une concentration de 10 %, or cette quantité de produit n'est soluble dans l'eau qu'à chaud (45-50°). C'est donc à ces températures que l'on doit faire les traitements. Le borate est soluble dans la glycérine, mais la solution obtenue avec ce solvant est acide et le borate

perd alors ses propriétés fongicides. Selon TOMKINS, l'action du borate augmenterait avec le pH: le milieu acide est particulièrement favorable aux *Penicillium* des agrumes. FILDER et TOMKINS ajoutent de la soude caustique au borax pour augmenter son action: cela permettrait de diminuer la concentration de la solution de borate. L'activité fongicide propre du borate dans ce dernier cas ne peut être mise en doute, car ni le traitement à l'eau chaude, ni la soude seule n'ont donné satisfaction. De plus, il semble que ce ne soit pas une propriété du bore, mais de la molécule de borate elle-même; en effet les pentaborate et métaborate, plus alcalins que le borate, ne donnent pas de résultats aussi satisfaisants. Il y aurait donc une action spécifique du borate sur *Penicillium* bien que, dans la plupart des autres cas, l'activité fongicide du borax ne soit pas très importante. Étant sans action néfaste sur le fruit lui-même, ces deux produits, borax et thiourée, sont les seuls parmi les corps testés qui nous paraissent avoir une action assez importante pour être utilisés actuellement pour la lutte contre les moisissures des agrumes. J. R. WINSTON recommande l'emploi de l'orthophénylphénate de sodium qui offre une certaine protection à ces fruits. Dans

nos tests précédents (réf. citée) l'orthophénylphénol n'avait pas eu une activité notable, mais nous n'avons pas pu tester le sel de soude.

* * *

Il résulte des nombreux essais de traitements qui ont été faits jusqu'à présent, que *Penicillium digitatum* est un parasite particulièrement résistant,

trouvant dans son milieu naturel des substances spécifiques particulièrement favorables. Nous avons pu constater que *P. digitatum* qui se cultive facilement sur un extrait d'écorce de citrons, pousse difficilement par contre sur des milieux synthétiques, le milieu de Czapeck par exemple. La germination des spores se fait très bien en cultures, mais le champignon se développe très peu et ne forme que quelques spores. THOM et RAPPER attribuent ce phénomène à l'absence

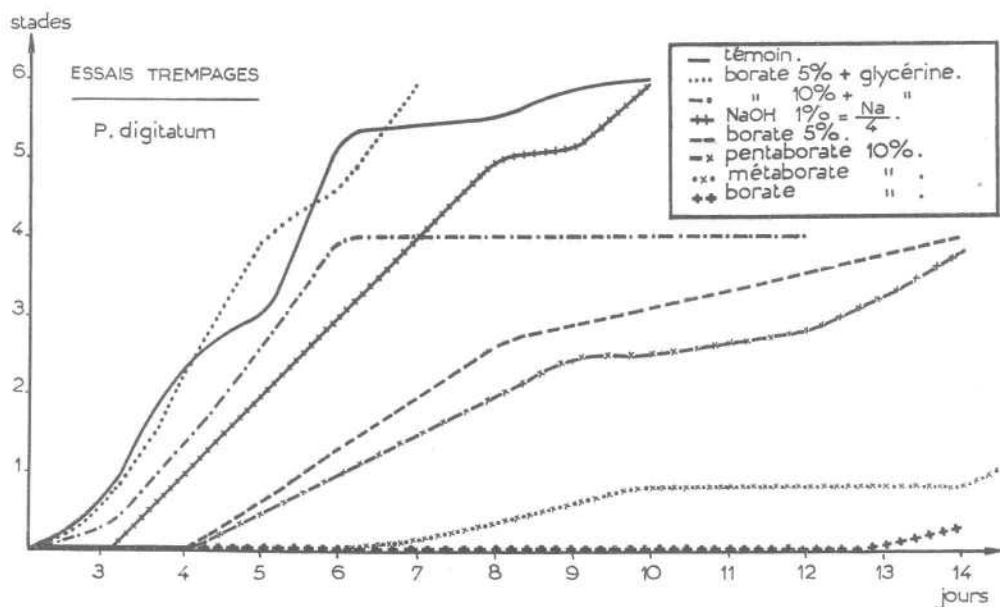


FIG. 12. — Action de quelques traitements par trempage.

de thiamine dans de tels milieux de culture. Il se pourrait en effet que *P. digitatum* utilise pour son métabolisme une substance contenue dans l'écorce des agrumes. Elle serait peut-être en quantité plus ou moins importante selon la maturité des fruits et leur variété, ce qui pourrait expliquer les différences de sensibilité relative des fruits dans ces différents cas. Nous avons pu remarquer sur des lots de citrons, récoltés pendant les mois d'hiver et qui nous parvenaient 15 jours après leur départ du Maroc, que l'une des deux variétés de citrons Eureka que nous recevions contenait toujours un plus fort pourcentage de fruits moisis.

TABLEAU 6.

	VARIÉTÉ A	VARIÉTÉ B
A maturité commerciale.	18,5 %	5 %
Vert clair.....	8 %	3 %

Les expéditions étaient faites avec des lots de maturité différentes, on pouvait constater que les fruits les moins mûrs étaient le moins atteints par les *Penicillium*.

TABLEAU 7

	CITRONS MURS	CITRONS VERT CLAIR
Arrivée	4,7	0
15 jours	3,2	4,7
21 jours	42,5	8

Dans ces conditions, la lutte contre *P. digitatum*, seul étudié jusqu'ici, pourrait consister en une action contre la substance nécessaire au développement de ce champignon : elle aurait pour but soit de la détruire, soit d'empêcher le parasite de l'utiliser.

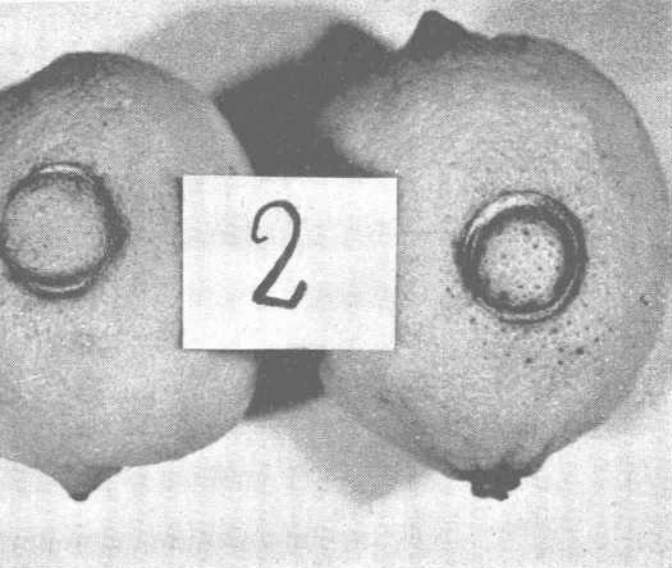


FIG. 13. — Aspect de citrons traités au borate de soude.
(Photo A. Comelli, I. F. A. C.)

De plus, ce phénomène étant en relation avec la respiration des fruits selon RUBIN et collaborateurs on aurait là une possibilité d'action supplémentaire.

Conclusion.

Il semble, d'après nos connaissances actuelles, que l'application simultanée de toutes les catégories de procédés de lutte, permettant d'inhiber l'attaque des moisissures ou de diminuer la vitesse de leur évolution, doit avoir un intérêt pratique. Malgré leurs inconvénients ces procédés de lutte peuvent entraîner une amélioration réelle de l'état des fruits au cours du transport et du stockage. Beaucoup de soins lors de la cueillette, un traitement chimique par trempage dans une solution de borate, suivi de l'enrobage dans

une émulsion protectrice et de l'emballage dans des papillotes si l'enveloppe de cire se révèle insuffisante, apporteront des résultats certains. Peut-être sera-t-il possible, en ajoutant le fongicide à l'émulsion cireuse, de ne faire qu'un seul traitement, on obtiendrait alors un bain protecteur à la fois contre les meurtrissures, la déshydratation et les moisissures bleues et vertes elle-mêmes. Ce serait, de plus, le moyen de supprimer les inconvénients dus à l'insolubilité du borate jusqu'à ce que d'autres produits efficaces, plus facilement utilisables, soient découverts.

Comme il semble difficile d'empêcher ou même diminuer le développement des moisissures par la seule action des basses températures ou d'autres agents physiques, chaque fois que l'on voudra stocker les agrumes dans des entrepôts réfrigérés, pendant une longue période, on aura soin de faire subir aux fruits les traitements que nous indiquons ci-avant. La réfrigération est destinée à permettre une plus longue conservation du fruit, en ralentissant l'évolution naturelle des parasites mais, économiquement, ce procédé de conservation ne se justifie que si, auparavant, l'état sanitaire des fruits est rendu parfait par des traitements appropriés.

Laboratoire de Défense des Cultures
de l'Institut des Fruits et Agrumes Coloniaux.

BIBLIOGRAPHIE

- ANONYME. Orange storage small scale W. A. test with Navels. *Citrus News*, juin 1952.
- ANONYME. Diphenyl impregnated wrapper acid to preservation of citrus fruit. *The world paper trade review*, 19 juin 1952.
- BLONDEL (L.). Expériences sur l'action de la thiourée sur la conservation des oranges. Station Expérimentale d'arboriculture de Boufarik.
- HARDING (P. L.), WIAN (J. S.), HRUSCHKA (H. W.), BRYAN SUNDAY (N.) et KAUFMAN (S.). Control of Decay of Florida Oranges During storage. *The citrus Industry*, août 1952.
- HAWKER (L. E.). Physiology of fungi. *Londres* 1950.
- JORDAN (E. J.). Borate treatment of oranges in Californian packing houses, January 21, 1949.
- RUBIN (B. A.), ARTZIKHOVSKAIA (E. V.) et IVANOVA (J. M.). Échanges gazeux dans la respiration des citrons et leur rôle dans les phénomènes de résistance des fruits aux moisissures. *C. R. Académie Sciences U. R. S. S.*, t. 60, n° 3, p. 425-427.
- Participation des divers groupes d'oxydases dans les réactions de protection des Citrus contre les moisissures. *C. R. Académie Sciences U. R. S. S.*, t. 72, n° 1, p. 89-92.
- VON SCHELHORN (M.). Control of Microorganisms causing spoilage in Fruit and vegetable Products. *Advance in food Research*, volume III. Academie Press, New York 10.
- THOM (C.) et RAPPER (K. B.). Manual of the Penicillia, 1949, Baltimore.
- TINDALE. Orange storage experiments. Department of Agriculture Victoria, 1948.
- TOMKINS. 1934. Iodized wraps for the prevention of rotting fruits *J. Pomol. Hort. Sci.*, 12, 311.
- 1936. Treated wraps for the prevention of rotting. Rept. Food Invest. Board 1935. London, 129-131.
- WINSTON (J. R.). Reducing Decay in Citrus fruits with Borax. Department of Agriculture. Washington, octobre 1935.
- WINSTON (J. R.), HRUSCHKA (H.), CUBBEDGE (R.). Effect of various treatments of Decay in tangerines. *The Citrus industry*, juin-juillet et août 1952.