

Les traitements chimiques des *Penicillium* des agrumes

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

LICENCIÉE ÈS SCIENCES,
PHYTOPATHOLOGISTE A L'INSTITUT
DES FRUITS ET AGRUMES COLONIAUX

*Cet article de M^{lle} F. LAURIOL est le troisième et le dernier d'une série de trois articles publiés par la revue « Fruits » (1). Dans les deux premières publications, l'auteur s'était attaché à définir les conditions de l'attaque des Agrumes par les moisissures à *Penicillium* et à passer en revue tous les procédés de lutte possibles. Dans la présente étude, tout en continuant les recherches de fongicides nouveaux, M^{lle} LAURIOL traite spécialement des possibilités et des limites des traitements actuellement connus et dès maintenant utilisables.*

Les recherches sur les émulsions cireuses ont abouti à la mise au point de formules nouvelles dont doivent bénéficier grandement les utilisateurs futurs.

Les traitements avec les sels de bore, étant mieux connus, pourront être appliqués dans de meilleures conditions et seront complétés par d'autres mesures de lutte chaque fois que la nécessité s'en fera sentir.

J. CUILLÉ.

Il a été montré précédemment (1) que la réduction des dégâts occasionnés aux agrumes par les pourritures à *Penicillium* dépendait bien plus d'un ensemble de mesures que de tel ou tel traitement particulier.

L'influence des basses températures sur le développement du champignon, la réduction des possibilités de blessure des fruits sont deux circonstances permettant d'améliorer l'état sanitaire des agrumes au moment où ils sont livrés à la consommation. Il faut cependant reconnaître que si les basses températures ralentissent l'évolution du champignon (LITTAUER et COL.), le développement se produit néanmoins, et des pertes importantes en résultent lors des longs stockages.

Tous les soins que l'on peut prendre pour éviter les lésions de l'écorce des fruits depuis la cueillette jusqu'à la vente au détail sont souvent insuffisants. Ils méritent d'être pris néanmoins, le papillotage, par exemple, a une importance dont nous avons pu montrer les effets incontestables. Les *Penicillium* sont des parasites des blessures, comme l'a montré Tosco, la lutte doit donc

être orientée avant tout vers la réduction des dommages mécaniques.

Les traitements chimiques.

Des traitements chimiques semblent nécessaires pour éviter la contamination des fruits. Plus les agrumes seront manipulés avec soin, moins ces traitements n'auront de raison d'être, mais, dans les conditions actuelles et avec le matériel d'emballage dont on peut disposer, des actions mécaniques préjudiciables sont impossibles à éviter. Il faudrait donc, soit maintenir les fruits dans une atmosphère exempte de spores de *Penicillium*, soit réaliser sur les fruits un dépôt fongicide ou fongistatique suffisant pour éviter l'ensemencement des plaies.

Le traitement de l'atmosphère par aérosols, expérimenté déjà par MOREAU, et par nous-même, répond à la première conception de la lutte chimique. Pour être vraiment efficace ce procédé de lutte doit être appliqué à tous les stades du transport et du stockage. Il nécessite un équipement des locaux de stockage et de conditionnement ainsi que des navires et véhicules utilisés pour le transport.

(1) *Fruits*, vol. 6, n° 10, p. 412-420 ; vol. 7, n° 10, p. 465-475.

Les traitements de contact sont d'une beaucoup plus grande facilité d'exécution ne nécessitant qu'une application unique, lors du conditionnement des fruits.

Parmi les traitements expérimentés par de nombreux auteurs et plus récemment par TINDALE, seuls ceux qui sont faits avec le borax ont connu une certaine généralisation, surtout aux États-Unis. Dans la présente étude, nous nous sommes attachés à définir l'efficacité et les limites des traitements boraciques. Ces traitements présentant cependant un certain nombre d'insuffisances, nous avons recherché l'activité sur les *Penicillium* de toute une série de fongicides. En troisième lieu, nous avons abordé l'étude de substances cireuses, tant pour la protection mécanique qu'elles peuvent apporter que pour leur influence sur la dessiccation des fruits.

Étude des fongicides à base de Bore.

Pour les tests d'activité des produits chimiques, nous avons utilisé la méthode déjà décrite précédemment :

les fruits, oranges ou citrons, sont blessés artificiellement au moyen d'un emporte-pièce, l'écorce étant attaquée sur profondeur de 3 mm environ. La blessure est ensuite saupoudrée de spores de *P. digitatum*. Placés à l'étuve à 25° C., en atmosphère saturée d'humidité, les fruits présentent les premiers symptômes de l'attaque le troisième jour ; le 6^e ou le 7^e jour le fruit entier est recouvert par le champignon. Selon la surface du fruit couverte nous avons distingué 6 stades de développement.

Les fruits à traiter sont plongés pendant 3 à 4 minutes dans la solution du produit testé. Ce trempage a lieu en général quelques minutes après la contamination, mais, dans certaines expériences, nous avons été amenée à traiter les fruits à différents intervalles de temps après la contamination.

Avec une solution de borax à 10 %, la blessure de l'emporte-pièce se cicatrise et l'on n'observe pas de développement de *Penicillium*, avant 15 jours.

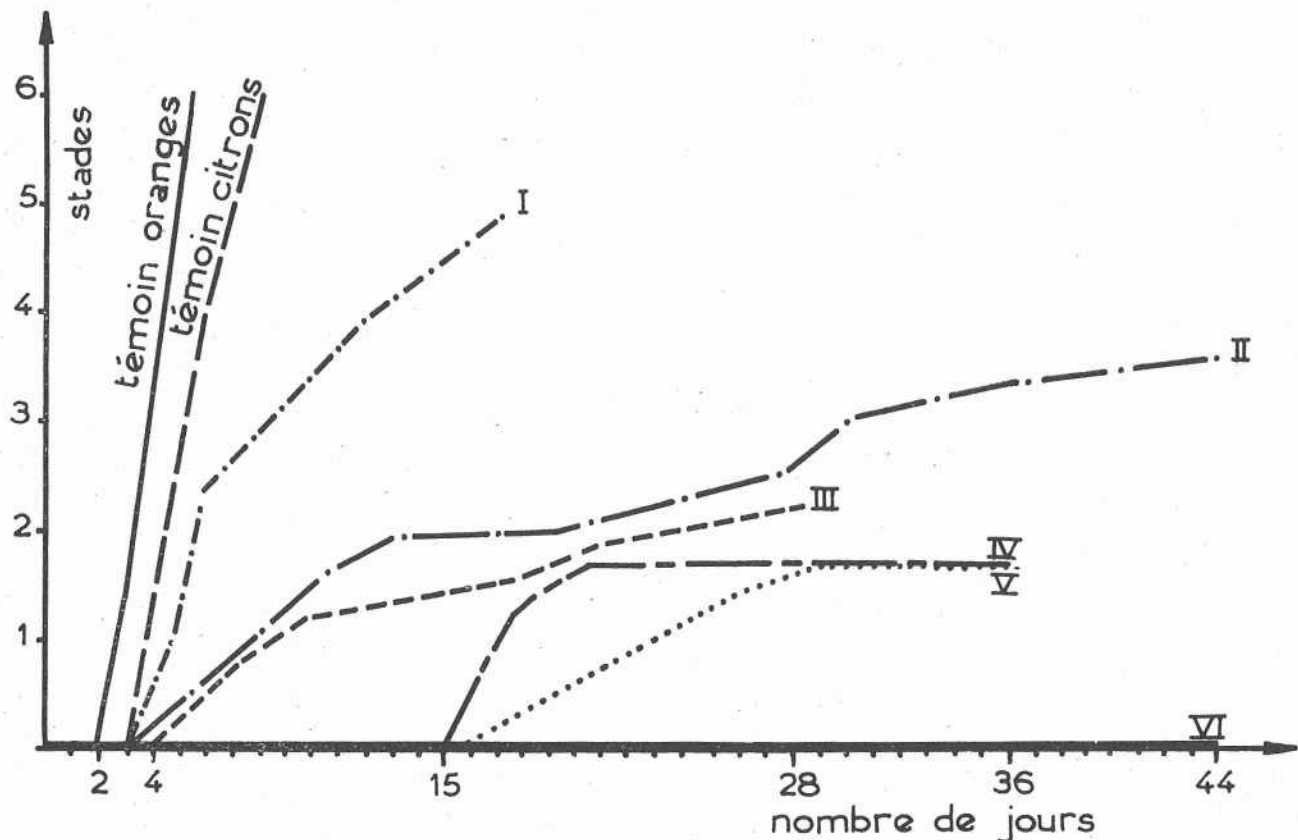


FIG. 1. — Étude de l'activité de différents composés du Bore sur *Penicillium digitatum*.

- | | |
|--|--|
| Témoins oranges. | IV. Borax 10 % (citron). |
| Témoins citrons. | V. Borax 10 % (orange). |
| I. Acide borique 5 % (citron). | Acide borique 10 % (citron). |
| II. Métaborate 10 % (orange). | VI. Acide borique 5 % + Borate 6 % (citron). |
| III. Borax 6 % + Acide borique 2 % (citron). | Métaborate 10 % (citron). |
| | Pentaborate 10 % (orange). |

Les différents composés du Bore que nous avons testés sont :

- l'acide borique, $B(OH)_3$,
- le borax, $2 B_2O_3 - Na_2O, 10 H_2O$,
- le métaborate de sodium, $B_2O_3Na, 4 H_2O$,
- et le pentaborate de sodium (Pentabor), $5 B_2O_3 - Na_2O, 10 H_2O$.

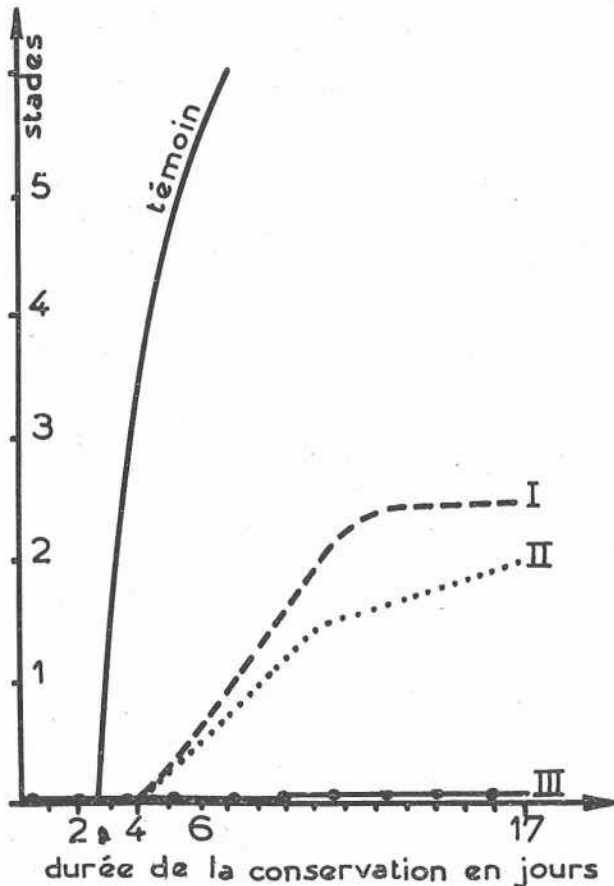


Fig. 2. — Influence de différentes concentrations des solutions de Pentaborate.

Traitement par trempage à la température ordinaire.

- Témoin.
- I. Pentabor 3 %.
- II. Pentabor 6,2 %.
- III. Pentabor 10 %.

Les tests furent faits à la fois sur citrons et sur oranges, le borax, le métaborate, le pentabor étant en solution à 10 %, l'acide borique à 5 %, 10 % et mélangé au borax dans des solutions contenant l'une 6 % de borax + 2 % d'ac. borique et l'autre 5 % d'ac. borique + 5 % de borax.

Les résultats de ces tests sont résumés par le graphique, fig. 1. Toutes les solutions testées ont une activité égale ou supérieure à la solution de borax à 10 %, qui nous sert de référence, à l'exception de l'acide bo-

rique à 5 % du métaborate à 10 % sur orange et du mélange borax 6 % + ac. borique 2 %.

Pour la pratique des traitements le pentabor présente un grand avantage sur le borax : sa plus grande solubilité. Alors qu'avec le borax une température de 45° est nécessaire pour que 10 % de borax soient solubilisés, avec le pentabor à 20°, 15 % entrent en solution.

Comme la teneur en B_2O_3 du pentabor est très supérieure à celle du borax nous avons tenté de diminuer

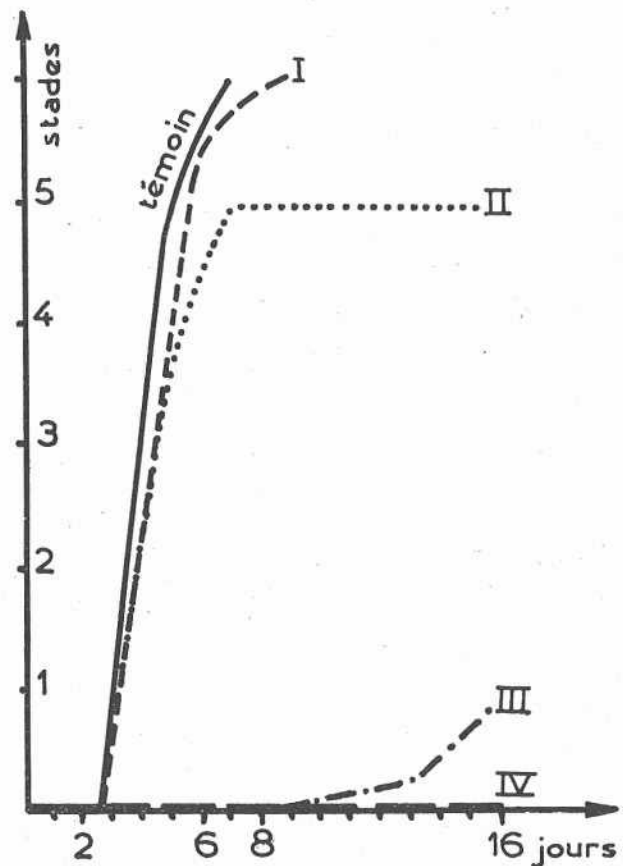


Fig. 3. — Influence de la durée : contamination-traitement sur l'efficacité des traitements au Borax à 10 % et au Pentaborate à 10 %.

Témoin.

- I. Borax : traitement après 48 h.
- II. Pentaborate : traitement après 48 h.
- III. Borax : traitement après 36 h.
- IV. { Pentaborate : traitements, immédiatement, 8 h, 15 h, 24 h et 36 h après contamination.
- } Borax : traitements, immédiatement, 8 h, 15 h, et 24 h après contamination.

la concentration des solutions de ce premier produit en supposant que l'activité des produits boraciques était liée à ce groupement. Les résultats, résumés à la fig. 2, montrent qu'il n'en est rien. La concentration de pen-

tabor nécessaire est supérieure à 6,2 % et voisine ou égale à 10 %.

Nous avons vérifié que la température du bain de trempage était sans influence sur l'efficacité du traitement au pentabor, contrairement aux résultats obtenus avec le borax et le mélange borax + ac. borique (Anonyme 2).

Possibilités et limites du borax et du pentabor : Dans les tests précédents le traitement intervient immédiatement après la contamination, dans la pratique la contamination peut se produire avant le traitement ou après. Il importait donc de connaître, d'abord, l'action du bain boracique sur les fruits ayant subi une inoculation avant le traitement. Des fruits furent contaminés à un moment donné et différents lots furent traités aussi bien au borax qu'au pentabor, 2 h., 8 h., 15 h., 24 h. et 48 h. après l'inoculation. Les bains de trempage, pour l'un et l'autre des produits, étaient à la même concentration de 10 %.

Les résultats schématisés par la figure 3 montrent que 36 heures après la contamination le traitement cesse d'avoir une activité.

Ce résultat est important pour les traitements qui doivent avoir lieu après la cueillette. Il faut traiter les fruits dans les 24 heures suivant la récolte, 36 heures au maximum, ou bien attendre de trois à cinq jours, selon la température ambiante, afin que les attaques soient visibles et que les fruits atteints puissent être éliminés au cours d'un tri.

Si les bains boraciques ont une certaine action curative pendant la période d'incubation, il est nécessaire de savoir s'ils possèdent une activité rémanente. Les dépôts qui subsistent sur les fruits après trempage sont-ils susceptibles d'enrayer une attaque ultérieure de *Penicillium* ?

Pour répondre à cette question deux séries d'expériences étaient nécessaires ; dans l'une, les fruits étaient lavés à l'eau pure après le traitement, dans la seconde, des inoculations étaient pratiquées sur des fruits recouverts de leurs dépôts de produits boraciques.

Dans la première série d'expérience des citrons contaminés selon notre méthode habituelle étaient lavés, les uns 5 mn après le traitement au borax à 10 %, les autres 1 h. après le traitement alors que les fruits étaient ressuyés et les cristaux nettement visibles sur les fruits. Comparés au traitement des fruits trempés dans le borax mais non lavés, fig. 4, ces deux traitements ont eu sensiblement la même efficacité.

Le rinçage des fruits dans l'eau, après le bain boracique, est une pratique qui ne présente pas d'inconvénient sur l'activité du traitement dirigé contre les contaminations antérieures. Il nous reste à évaluer l'acti-

tivité possible des dépôts de borax ou de pentabor sur les contaminations se produisant après le traitement.

Pour cette étude, plusieurs lots de citrons reçurent leur habituelle contamination à l'emporte-pièce, suivie du traitement par trempage. Une heure après le traitement, les fruits étaient contaminés à nouveau en un autre point, soit par piqûre profonde, soit par éclatement de plusieurs glandes à huile essentielle. Nous avons montré précédemment que ce mode de contamination entraînait souvent une plus longue durée de l'incubation, il faut tenir compte de ce fait pour l'interprétation de la fig. 5, résumant les résultats de ces essais.

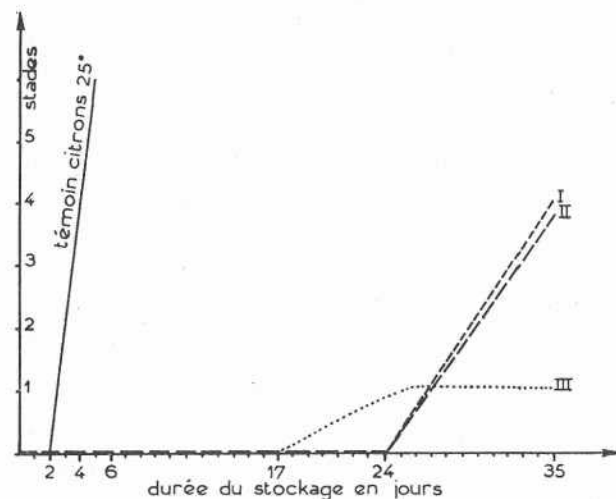
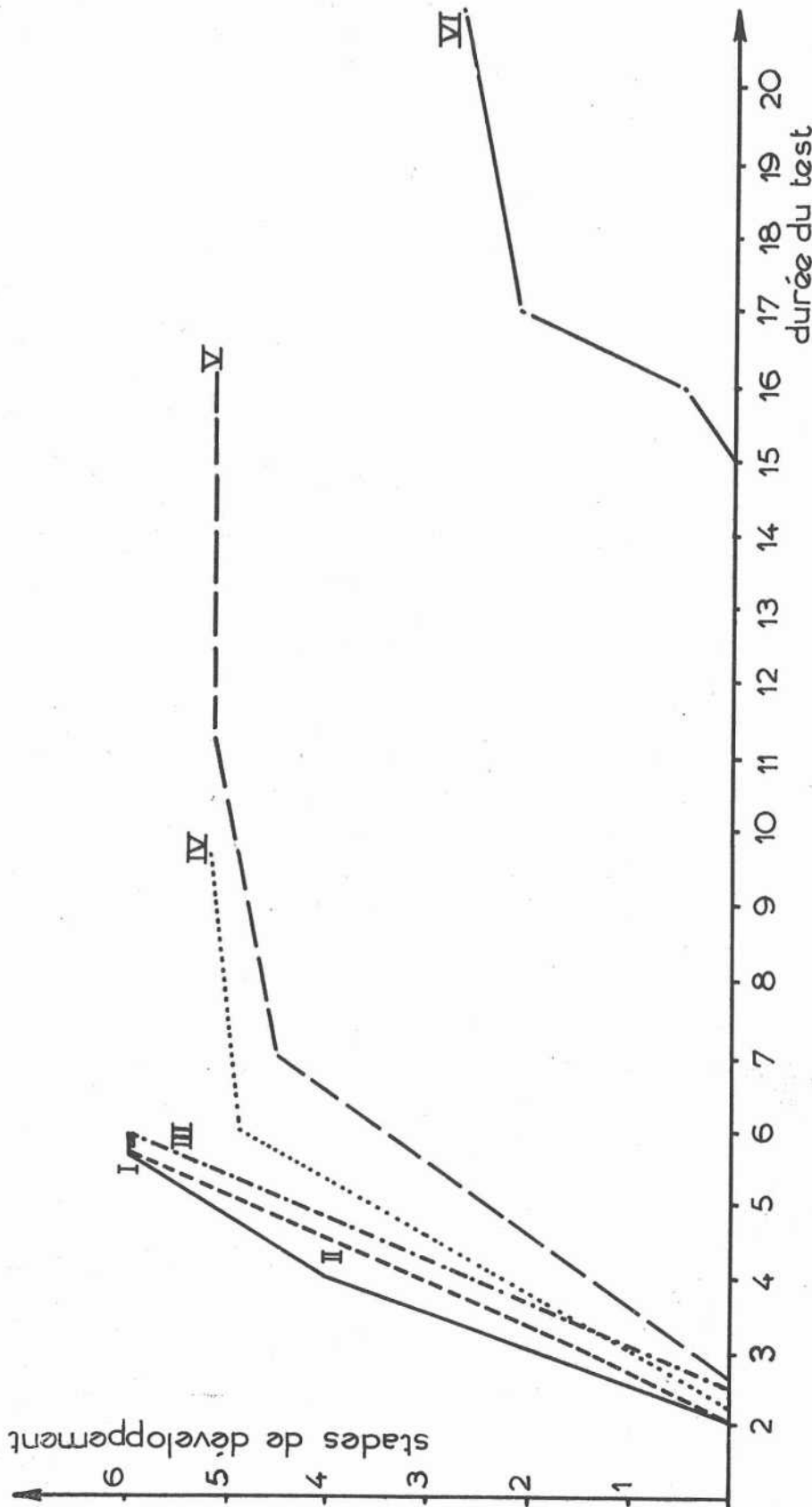


FIG. 4. — *Lavage du Borax* : protection contre les contaminations précédant le traitement.

- Témoins (citrons).
 I. Lavage 5 minutes après le traitement.
 II. Lavage 1 h après le traitement.
 III. Fruits non lavés.

Les premières contaminations, pratiquées avant le traitement, n'ont donné lieu à aucun développement, alors que les secondes, faites une heure après, ont toutes évolué sensiblement comme si aucun traitement n'avait eu lieu. Avec le pentabor le résultat fut du même ordre, une très légère influence du dépôt a cependant pu être mise en évidence sans que ce fait présente un intérêt pratique suffisant.

L'activité rémanente du borax et du pentabor est donc négligeable. Les fruits blessés après le traitement ne bénéficient d'aucune protection. Malgré les traitements qui ont lieu lors du conditionnement des agrumes dans les pays exportateurs, les répercussions de toutes les blessures se produisant au cours du transport se manifesteront de 3 à 9 jours après, dans les centres de consommation.



Le pourcentage de pertes sera plus faible pour les fruits traités que pour les fruits non traités mais une perte appréciable est inévitable.

Jusqu'à présent nous n'avons envisagé que l'influence des traitements au borax et au pentabor sur des fruits maintenus à 25°, il nous a semblé intéressant de suivre le devenir des fruits conservés à basse température.

Quatre lots de citrons furent placés dans une glacière (6-10° C. 80 % H.). Ces quatre lots furent contaminés à l'emporte-pièce, l'un non traité, l'autre traité, de suite après la contamination, par trempage dans une solution de borax à 10 %. Le troisième et le quatrième lot furent traités huit heures après la contamination par trempage dans la même solution de borax, mais, alors que le troisième lot demeurerait à 22° pendant cette période, le quatrième lot était placé à 10°.

Les résultats de ces expériences, résumés à la fig. 6, permettent de déceler une

FIG. 5. — Contamination 1 h après le traitement au Borax.

Après la première contamination à l'emporte-pièce, les fruits ont reçu une seconde blessure consistant soit en des piqûres profondes, soit en la rupture de glandes à huiles essentielles. Après le traitement certains lots ont été lavés, d'autres non.

- I. Témoin non traité : contamination ordinaire (avant traitement).
- II. 2° contamination par piqûre (fruits lavés).
- III. 2° contamination par rupture de glande (fruits non lavés).
- IV. 2° contamination par rupture de glande (fruits lavés).
- V. 2° contamination par piqûre (fruits non lavés).
- VI. 1° contamination.

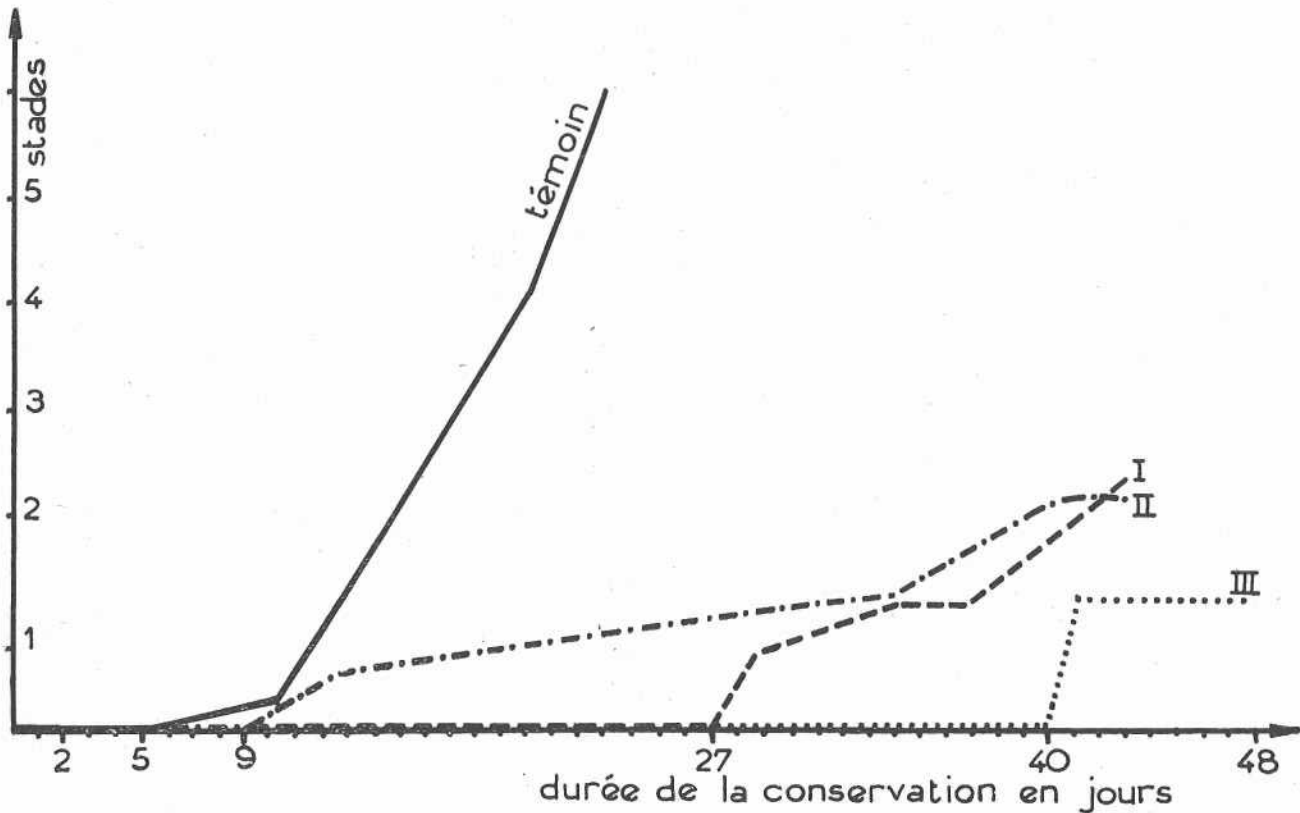


FIG. 6. — Influence du temps. Contamination-traitement à basse température (fruits conservés à 10° C et 85 % H).

Témoin (citrons).

- I. Borax, traitement 8 h après contamination à la température ordinaire.
- II. Borax, traitement 8 h après contamination à la température de 10° C.
- III. Borax, traitement de suite après contamination.

légère différence entre les traitements. Cette différence n'apparaissait pas lorsque les fruits étaient conservés à la température ordinaire, mais ici les fruits traités huit heures après contamination sont le siège d'un

développement plus précoce, particulièrement ceux qui ont été maintenus à une température élevée pendant la période contamination-traitement.

Outre l'influence du traitement boracique aux basses températures, cet essai nous a permis de constater l'effet préjudiciable du borax pour l'écorce des citrons lorsque ces fruits sont soumis à de basses températures.

Au cours de ces tests nous avons, en effet, constaté que les citrons trempés dans un bain de borax à 10 % et non lavés après le traitement présentaient des nécroses de la peau (fig. 7) comparables à celles qui sont produites par des vapeurs de formol ou les ammoniums quaternaires, utilisés à fortes concentrations.

C'est sans doute la raison pour laquelle les traitements au borax des citrons sont en général déconseillés. Il est à remarquer qu'un simple lavage du dépôt de borate fait disparaître cet inconvénient majeur.

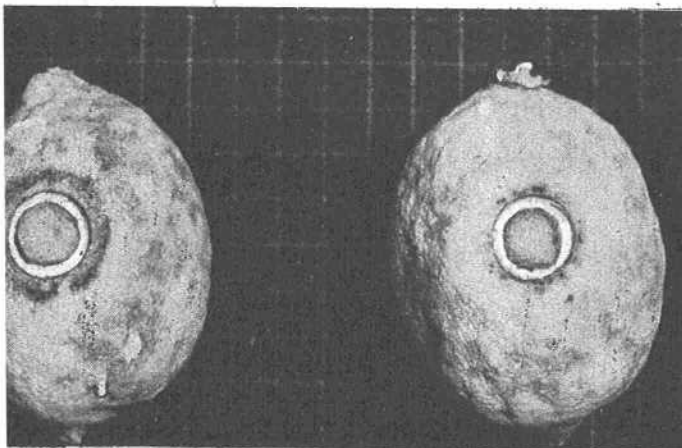


FIG. 7. — Citrons traités au borax, conservés à 10° C. Lésions de l'écorce. (Cliché I.F.A.C.)

En résumé, cette étude des traitements avec les produits à base de bore nous montre qu'il est possible de rendre ces traitements d'une réalisation plus facile grâce au remplacement du borax par le pentabor. Les résultats pratiques que l'on est en droit d'attendre de cette application sont importants, malheureusement ils ne sont pas complets puisque, l'activité rémanente étant nulle ou faible, on ne peut rien contre les contaminations postérieures au traitement. Pour diminuer ou empêcher ces contaminations, on devra faire appel à d'autres mesures.

Tests fongicides.

Continuant les séries de tests décrits dans nos précédentes publications (réf. citées), nous avons testé des composés appartenant à des groupes chimiques très différents. L'activité de ces corps était évaluée par comparaison avec celle du borax. Il serait fastidieux de décrire toutes les expériences faites à ce sujet, nous nous bornerons à rapporter les résultats chiffrés des tests pour les produits dont l'activité est importante.

Dans une première catégorie, nous rangerons les produits dont l'activité est nulle aux concentrations testées. Signalons que la concentration des solutions utilisées pour ces traitements par trempage est en général de 10 %, sauf dans les cas de phytotoxicité marquée. Elles correspondent toujours à un maximum qui ne pourrait être dépassé dans la pratique.

Le permanganate de potasse,
le mélange permanganate + acétate de cuivre,
des carbonates,
des aluns,
les mélanges de sulfate de Cu et d'aluns,
la 2-3 dichloro 1-4 naphthoquinine,
le trichlorodinitrobenzène,
le dichlorosulfonate de sodium,
certains hydrocarbures chlorés,
le S. R. 406 (N-trichlorométhylthiotétrahydrophthalimide), en bouillie et en solution dans le trichloréthylène,
n'ont provoqué aucun retard du développement de *Penicillium*.

Le ricinate de soude et le bromacétate provoquent des brûlures qui les rendraient inutilisables.

Les produits cupriques ont également donné lieu à une étude suivie. Nous nous sommes attachée à l'évaluation de l'activité fongicide des cuivres naissants, préparés au moment de l'emploi et dont l'oxyde cuivreux est particulièrement actif en général. A fortes concentrations, un retard de 6 jours a été constaté dans

l'apparition du champignon et en 10 jours 40 % des fruits étaient demeurés sains.

Le sulfate de cuivre,
le fluorure de Cu et NH₄,
les chromates de Cu et Zn,
— de Cu, Zn, Ca et Cd,

ont eu une activité sensiblement égale, très faible puisque le retard provoqué sur le développement de l'attaque est de l'ordre de 24 heures.

Parmi les composés organiques cupriques, nous avons testé :

l'hydroxyquinoléate de Cu,
le naphténate de Cu,
le naphténate de Cu et Zn.

Le sel de cuivre de l'oxyquinoléine est totalement inactif et les naphténates n'ont pas une activité suffisante aux concentrations auxquelles ils seraient utilisables. Ces produits sont peu solubles et doivent être mis en émulsion. L'émulsion contient 12 % de Cu au maximum, l'huile qu'elle contient tache les fruits. Il semble qu'en culture *P. digitatum* soit très sensible à l'action des naphténates, toutefois nous savons que la résistance des champignons cultivés sur des milieux artificiels est souvent beaucoup plus faible que celle dont ils font preuve dans leur milieu naturel. Pour *Penicillium digitatum*, l'absence de facteurs de croissance dans les milieux artificiels a une importance primordiale sur le développement du champignon ainsi que l'a montré FERGUS.

Les ammoniums quaternaires, dont l'activité bactéricide est bien connue, possèdent, pour certains, une activité fongicide notable. Les résultats obtenus par MOREAU ont mis en évidence l'action de certains de ces produits sur les spores de *Penicillium* de même que leur activité sur ces champignons cultivés sur milieux synthétiques.

Lors de nos tests précédents, avec des fruits traités par trempage, nous n'avions pas obtenu de résultats intéressants à des concentrations pratiquement utilisables. Le chlorure de diéthyllaurylbenzyl ammonium, par exemple, actif en solution à 1 % provoquait des lésions graves de l'écorce des citrons et des oranges testés. L'addition de phosphate trisodique ou de versène n'a pas permis d'augmenter l'activité fongicide de cet ammonium quaternaire.

Sans plus de succès que le produit cité ci-dessus, nous avons testé :

le bromure de diméthyllauryl ammonium,
le bromure de triméthylalkyl ammonium,
le chlorure de diméthylbenzylalkyl ammonium,
le bromure de diméthylalkyl ammonium.

Il est certain qu'au contact des citrons et des oranges

les ammoniums quaternaires, surtout actifs en milieu basique, se trouvent placés dans des conditions très défavorables pour leur activité.

Outre l'influence défavorable du pH due à l'acidité de la peau des agrumes, des citrons particulièrement, différents constituants (POORE) tels que les alcools terpéniques, l'acide citrique, les protéines et phospholipides sont incompatibles avec les sels d'ammonium quaternaire. Il est à remarquer que certains de ces composés favorisent le développement et contribuent à donner aux *Penicillium* une vigueur qu'ils ne possèdent pas en milieux artificiels.

Les ammoniums quaternaires sont donc susceptibles d'être utilisés pour lutter contre les *Penicillium*, mais seulement par traitement de l'atmosphère des locaux contenant les fruits ou pour la désinfection des appareils et emballages destinés aux agrumes. Ces produits ne sont pas utilisables pour les traitements des fruits eux-mêmes.

Nous rangerons dans une dernière catégorie les composés avec lesquels une action plus importante sur les *Penicillium* a pu être mise en évidence, ce sont :

- Quatre sels organiques du Fluor,
- la pyrrolidine,
- la 2 aminopyridine,
- le diphenyle.

Avec les sels du fluor les concentrations nécessaires pour obtenir une bonne efficacité varient entre 3 et 10 %, selon les produits. Aux concentrations mi-

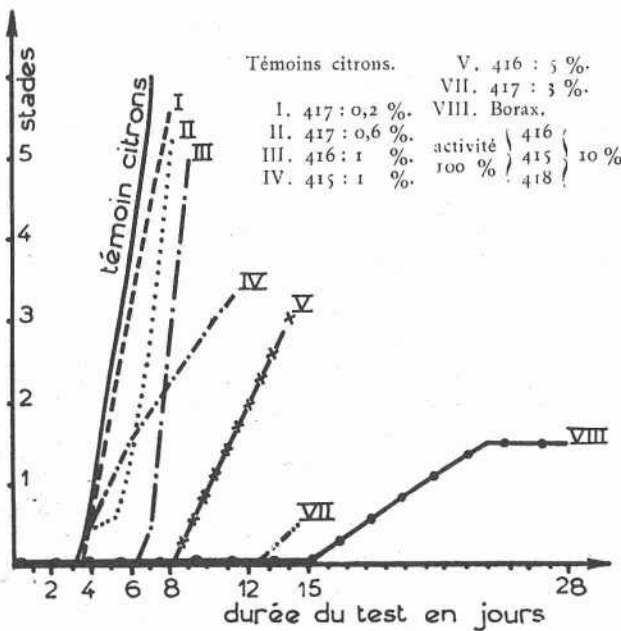


Fig. 8. — Fluosilicates.

nima actives, ils provoquent malheureusement des lésions graves de l'écorce (fig. 8). Ils sont solubles dans l'eau et d'un emploi facile. Afin de faire disparaître l'inconvénient majeur constitué par les brûlures de

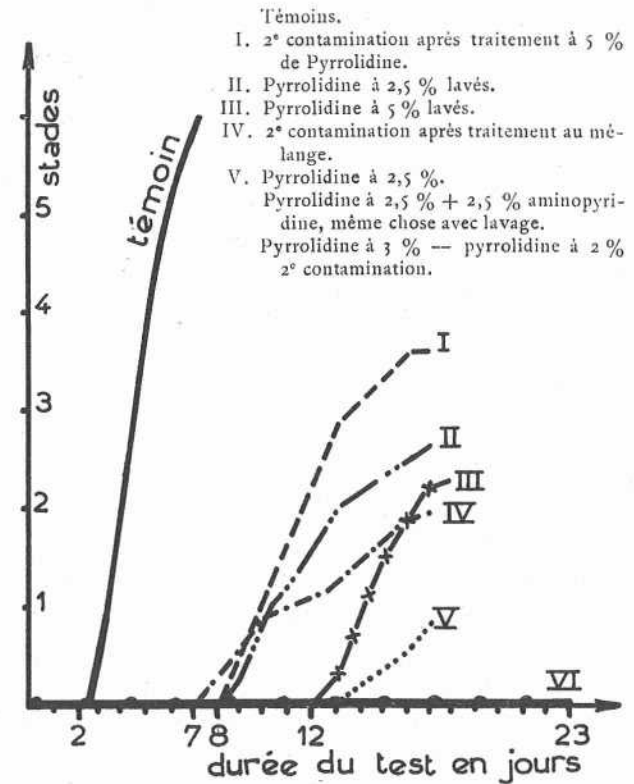


Fig. 9. — Pyrrolidine et Aminopyridine.

l'écorce, nous avons lavé les fruits après traitement : contrairement à ce que l'on constate avec le borax, pour les composés du fluor l'action fongicide devient nulle.

Les propriétés fongicides de la pyrrolidine et de la 2 aminopyridine ont été étudiées récemment par WINTON. Nous avons expérimenté ces produits par trempage des fruits dans des solutions contenant 2,5 % et 5 % de pyrrolidine et, d'autre part, des mélanges de 2,5 % de pyrrolidine + 2,5 % d'aminopyridine. Comme pour les tests avec le borax nous avons réalisé des expériences au cours desquelles les fruits étaient lavés après traitements et d'autres essais dans lesquels les fruits subissaient une seconde contamination après traitement et ressuyage du produit. Les résultats de ces tests sont résumés sur la fig. 9.

L'examen de ces résultats nous permet de tirer les conclusions suivantes : la pyrrolidine à 5 % et le mélange pyrrolidine + aminopyridine ont une activité

égale ou supérieure à celle du borax ou du pentabor.

L'activité rémanente du dépôt est notable, mais non pas totale, l'étude devrait être poursuivie à ce sujet puisqu'on note un résultat aberrant avec la concentration de 2,5 %.

Le mode d'action du produit est immédiat avec le mélange, mais la présence du dépôt a une importance pour la pyrrolidine à 5 %.

Ces caractéristiques font que les traitements expérimentés semblent d'un grand intérêt. Sans correspondre à la perfection, ils assurent cependant une protection plus complète que les produits à base de bore : leur action sur les contaminations précédant le traitement est au moins aussi totale. De plus, ils possèdent une certaine activité rémanente qui, dans la pratique, aura une influence sur les contaminations postérieures aux traitements.

A l'heure actuelle, la rareté de ces produits en limite les applications, voire même l'étude. L'étude de la fabrication industrielle de ces corps serait à faire, avant de pouvoir porter un jugement sur les possibilités pratiques de leur utilisation. La pyrrolidine possède d'autres inconvénients, une odeur très désagréable et la conservation du produit est relativement délicate aux températures élevées. Ces produits sont sans action nocive sur l'écorce des agrumes et ne laissent pas subsister de dépôts visibles.

Le *diphényle* est surtout connu pour son utilisation comme imprégnateur des papillottes et papiers d'emballages des agrumes, nous avons déjà montré son action dans ce cas. Nous avons testé l'activité de ce corps dissous dans une huile minérale, les agrumes étant traités par trempage.

Dans ces conditions, une solution à 5 % assure une faible protection contre les *Penicillium*, alors qu'une solution à 10 % inhibe le développement pendant 16 jours, ce qui est peu différent du borax. Il est à remarquer qu'au terme de ce délai le développement est beaucoup plus rapide qu'avec le borax (fig. 14).

En résumé, ces tests ont apporté quelques éléments nouveaux et permettront d'orienter les recherches ultérieures, ils ne fournissent aucune possibilité pratique immédiate.

Les substances de croissance.

L'influence du 2-4 D, du 2-4-5 T et de leurs esters isopropyliques sur le comportement des fruits lors de la conservation a été étudiée par STEWART. Les traitements avaient lieu, soit sur des fruits traités uniquement avec ces produits, soit sur des fruits traités également avec des émulsions cireuses ou le trichlorure

d'azote. Les substances de croissance qui doivent favoriser la vie du fruit pendant le stockage, ne semblent pas avoir une action intéressante sur les moisissures à *Penicillium*, elles sont actives, cependant, sur les pourritures à *Alternaria*.

Pour notre part, nous avons expérimenté l'ester isopropylique du 2-4-5 T et le 2-4-D en solutions à 200 p. p. m. L'action sur *P. digitalum* inoculé artificiellement a été nulle, quant à l'influence sur la déshydratation, nous avons obtenu les résultats suivants :

Traitements	Perte de poids en %	
	en 32 jours (citrons)	en 41 jours
Témoin.	16,15	28,76
2-4-5 T.....	18,45	24,09
2-4-5 T + Émulsion. .	13,10	—
2-4 D.....	—	19

Le 2-4 D semble avoir eu une légère influence sur la déshydratation, ce résultat serait à confirmer. Par ailleurs, nous avons pu observer que le stade de maturité des citrons au moment des traitements était sans effet sur l'action éventuelle des substances de croissance sur la transpiration des fruits.

Ces simples expériences sont trop incomplètes pour permettre une conclusion sur le rôle des substances de croissance sur la conservation des agrumes. Cette question mériterait une étude plus poussée surtout si les traitements contre la chute des fruits dans les vergers devaient se développer.

Les émulsions cireuses.

Lorsque les agrumes ont été traités au borax, rincés, brossés et séchés le paraffinage devient une opération indispensable. Son rôle principal doit être de reformer la couche cireuse de l'épiderme qui a été plus ou moins lésée lors du nettoyage mécanique que le fruit vient de subir.

Cette opération doit réduire aussi la déshydratation naturelle due à la transpiration. Il faut remarquer, cependant (Anonyme 1) que le paraffinage aussi bien que l'emploi des émulsions cireuses, s'ils peuvent apporter une certaine protection mécanique, sont inefficaces contre les plaies profondes provoquées par la manipulation trop brutale des fruits.

Les traitements boraciques peuvent, dans certains cas, augmenter considérablement la transpiration et provoquer la dessiccation des fruits comme le montrent les résultats expérimentaux suivants.

Plusieurs lots de citrons furent traités par trempage dans les solutions suivantes : Ac. borique à 10 %, Bo-

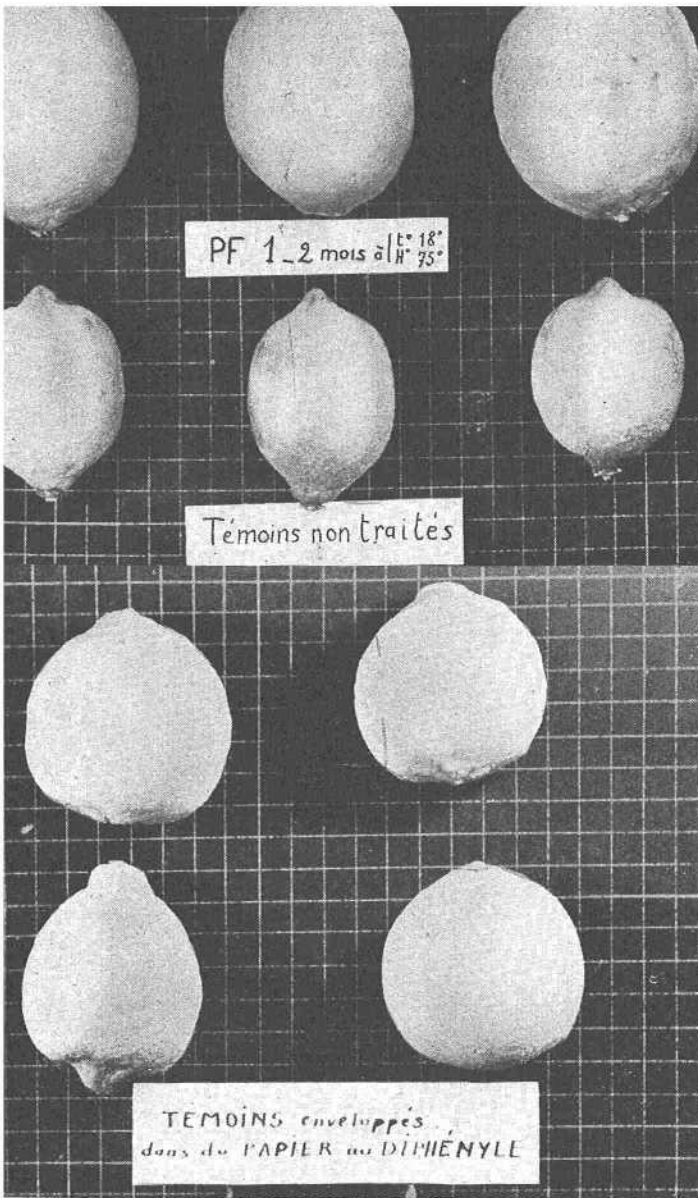


FIG. 10 et 11. — Essais de conservation des citrons (PF 1 = émulsion cireuse). (Cliché I.F.A.C.)

raux à 10 % et mélange Borax 5 % + Ac. borique 2 %. Les fruits étaient conservés à 25° C. et 70 % d'humidité relative. Une semaine et quatorze jours après le début de l'expérience les différents lots étaient pesés ; les résultats furent les suivants :

Traitements	% Perte de poids en	
	7 jours	14 jours
Ac. borique 10 %	2,96	5,96
Borax 10 %	4,18	10,18
Borax 5 % + Ac. borique 2 %	2,72	5,72
Témoins non traités	2,62	5,07

Ces résultats montrent nettement l'influence du borax sur la transpiration des agrumes, par contre,

l'ac. borique est sans influence. Le mélange ac. borique + borax n'est pas déshydratant. Pour ces expériences les dépôts n'étaient pas lavés après traitement.

Plutôt que de traiter les fruits par trempage dans des bains de paraffine en fusion, on utilise maintenant des solutions cireuses ou des émulsions. L'influence de ces produits sur la dessiccation des fruits est très nette, nous avons déjà fait état de certains de ces résultats antérieurement (réf. citée). La fig. 10 et 11 représente la photographie de trois échantillons de citrons appartenant à trois lots qui furent conservés deux mois, à 18° C. 80 % H.

L'un de ces lots était papillotté avec du papier au diphényle, le second traité par trempage dans une émulsion cireuse (P. F. 1) et le troisième lot non traité. Il n'est pas besoin de mensurations pour distinguer les différences de taille des citrons qui, à l'origine, étaient de même calibre.

Une autre série de tests, dont les résultats sont résumés sur la fig. 12, est également significative. Dans ces essais, les fruits ont été traités au moyen d'un pulvérisateur : un lot d'oranges et un lot de citrons était soumis chacun, soit à une pulvérisation à fort débit, soit à une atomisation très fine. Seuls les lots traités avec le plus fort débit possédaient un dépôt cireux suffisant pour que la réduction de la dessiccation fut sensible. De ces différents lots, la moitié fut placée à 40° C. en basse hygrométrie et l'autre à basse température. Dans les deux cas, les résultats furent identiques, bien que la déshydratation ait des valeurs absolues bien différentes. La dessiccation est réduite de moitié par rapport aux témoins. Ce fait indique que les échanges gazeux qui se produisent au niveau de l'épiderme ne sont pas totalement inhibés, ils se trouvent seulement réduits par le traitement. Les répercussions se manifestent également sur l'évolution physiologique du fruit dont la maturation, en particulier, est ralentie.

Ces résultats étant acquis, nous avons cherché les possibilités de combiner les deux traitements, fongicide et cireux, en un seul. Cette pratique présenterait un grand avantage, de facilité d'application. De plus, les fruits étant traités après les opérations de lavage et de brossage, ne risqueraient plus de contaminations immédiates. On pouvait penser que les fongicides incorporés aux émulsions cireuses auraient une activité rémanente assurant la protection des agrumes longtemps après le traitement.

Les premiers essais portèrent sur l'addition de borax aux émulsions cireuses ; différentes formules furent testées et les résultats obtenus (fig. 13) furent décevants. Si les émulsions contenant 10 % de borax présentent une légère activité sur les *Penicillium*, cette

action est insuffisante et la présence du borax réduit la protection contre la dessiccation.

Le rôle déshydratant du borax que nous avons signalé ci-avant se manifeste malgré la présence de l'émulsion. Un essai résumé ci-dessous apporte une illustration de ce fait :

Traitements	% Pertes de poids	
	15 jours	30 jours
Émulsion P. F. I	1,5	2,2
Borax 10 % + P. F. I	2,3	5,7
Témoin traité borax	4,9	8,2

Le borax, pour agir, doit se trouver en solution aqueuse et les différents constituants des émulsions ne permettent pas au produit de manifester son action fongicide. Nous avons alors testé le diphényle qui agit surtout par ses vapeurs. Une émulsion contenant 10 % de diphényle fut donc préparée et son action fongicide mise en évidence. Cette action (fig. 14) est inférieure à celle d'une solution huileuse de diphényle de la même concentration, de plus, l'émulsion contenant le diphényle a une action moins nette sur la dessiccation (fig. 15).

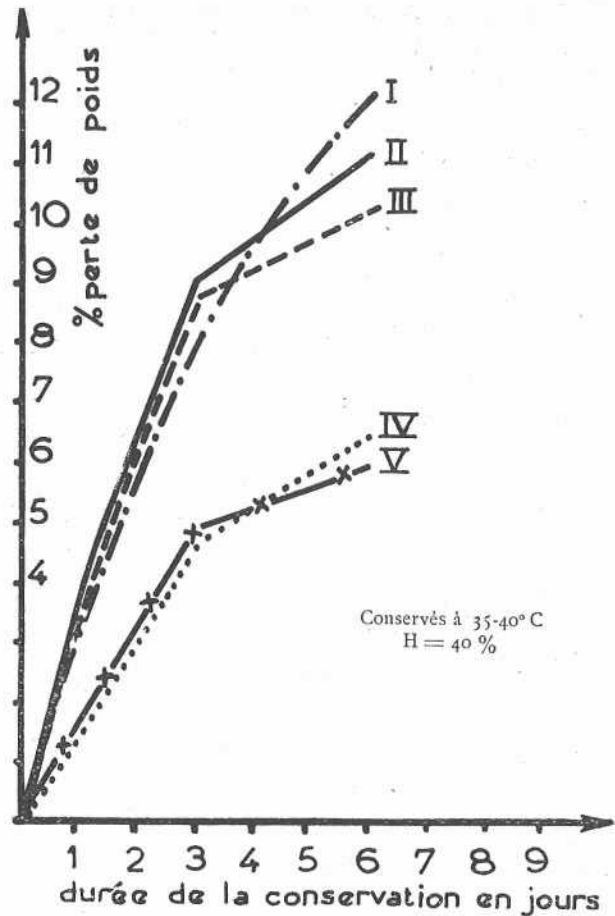
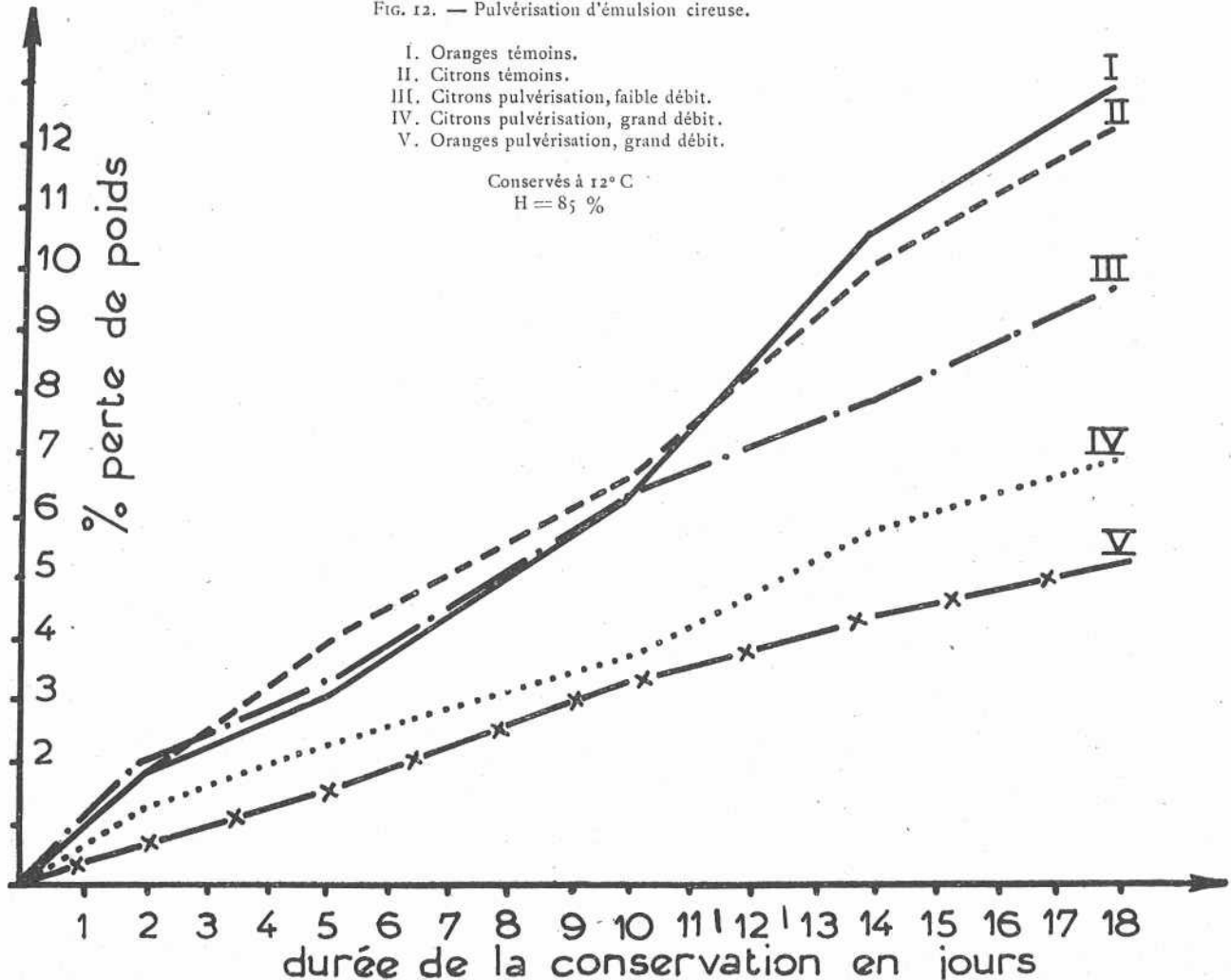


FIG. 12. — Pulvérisation d'émulsion cirreuse.



- I. Oranges témoins.
- II. Citrons témoins.
- III. Citrons pulvérisation, faible débit.
- IV. Citrons pulvérisation, grand débit.
- V. Oranges pulvérisation, grand débit.

Dans l'état actuel des recherches il faut donc renoncer à ajouter un fongicide à l'émulsion cireuse et traiter les agrumes en deux fois. Un lavage efficace doit être fait entre le bain de borax et l'enrobage dans une émulsion cireuse.

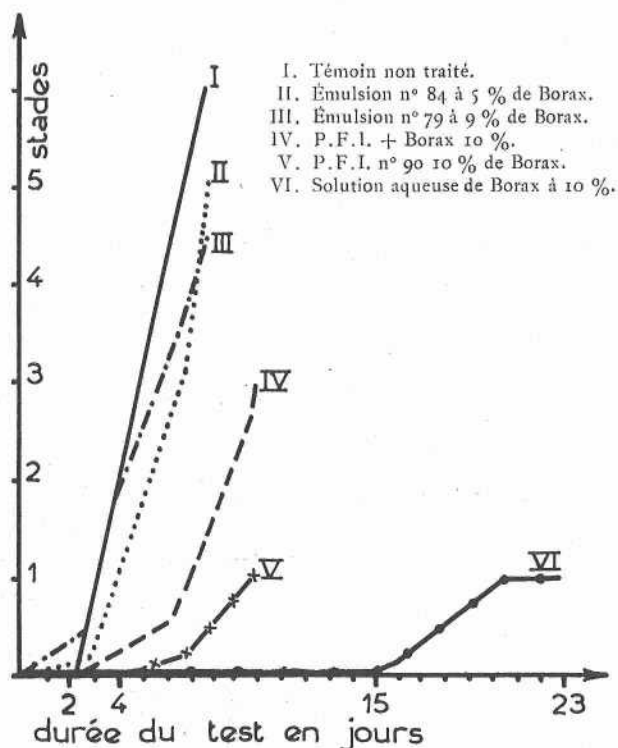


FIG. 13. — Émulsion cireuse à différentes teneurs en Borax. Tests sur citrons.

Discussion et conclusion.

Des commentaires de deux ordres s'imposent à la fin de cette étude, les uns d'ordre technique, les autres d'ordre pratique.

Les chances de découvrir des fongicides nouveaux ayant une activité totale sur les *Penicillium* existent, mais elles sont réduites, WINSTON en 1952 avait déjà passé en revue plus de 2.000 corps différents. A notre avis les recherches doivent être poursuivies surtout dans le but de définir le mode d'action des produits dont l'action est intéressante mais devrait être améliorée, les borax et pentabor, la thiourée, la pyrrolidine, la 2 aminopyridine et aussi le mélange d'orthophénylphénate et d'hexamine, préconisé par Hopkins et Loucks, sont autant de produits dont l'activité sur les *Penicillium* est susceptible d'être augmentée lorsque seront connues les conditions physico-chimiques de leur action.

Les produits que nous avons testés ne possèdent pas d'activité rémanente suffisante, leur fixation par les téguments des agrumes est faible et leurs résidus externes ne sont pas non plus sous une forme convenable pour jouer un rôle préventif notable. Les traitements, actuellement connus, doivent être considérés comme de simple désinfections des plaies, existant sur les fruits au moment du traitement.

Les conclusions pratiques de cette étude concernent les traitements immédiatement réalisables. Elles apportent aux conseils donnés par CUILLE les compléments ou modifications ci-après :

1° Pour être efficaces, les traitements au borax doivent être faits par trempage dans une solution à 10 % maintenue à 45° C. Pour le pentabor, la même concentration est nécessaire, mais la température du bain peut être moins élevée, 15° à 17° minimum.

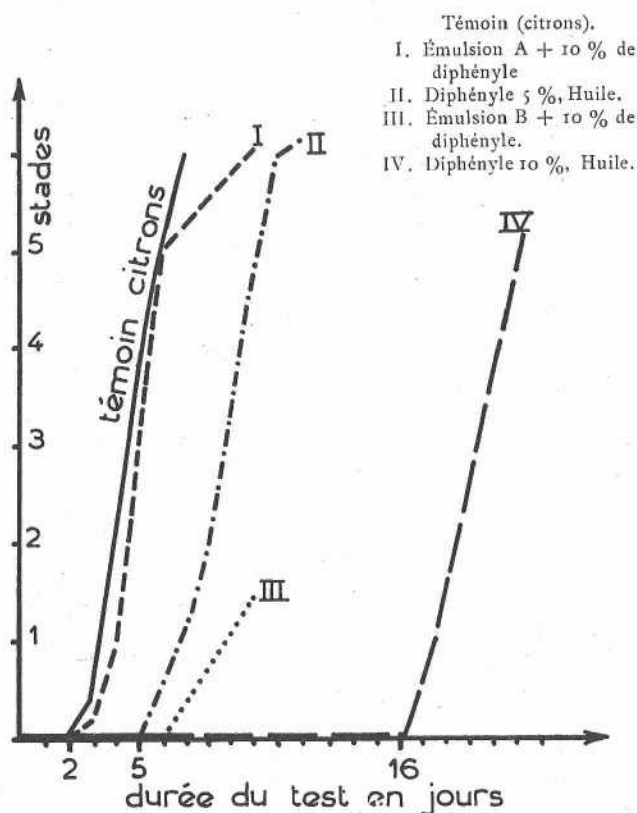


FIG. 14. — Activité du Diphényle en solution huileuse et en mélange avec les émulsions.

Les fruits doivent être traités moins de 36 heures après la cueillette, l'optimum serait de 12 heures.

Le lavage des agrumes après trempage n'est pas préjudiciable, il ne serait pas utile après le pentabor dont

le résidu n'altère pas les fruits. Pour le traitement des citrons, un très bon lavage est à recommander.

2° Toutes ces précautions sont nécessaires pour obtenir une efficacité maximum, mais n'empêcheront pas que les fruits blessés et contaminés après le traitement ne moisissent. Pour réduire ces contaminations, il faut :

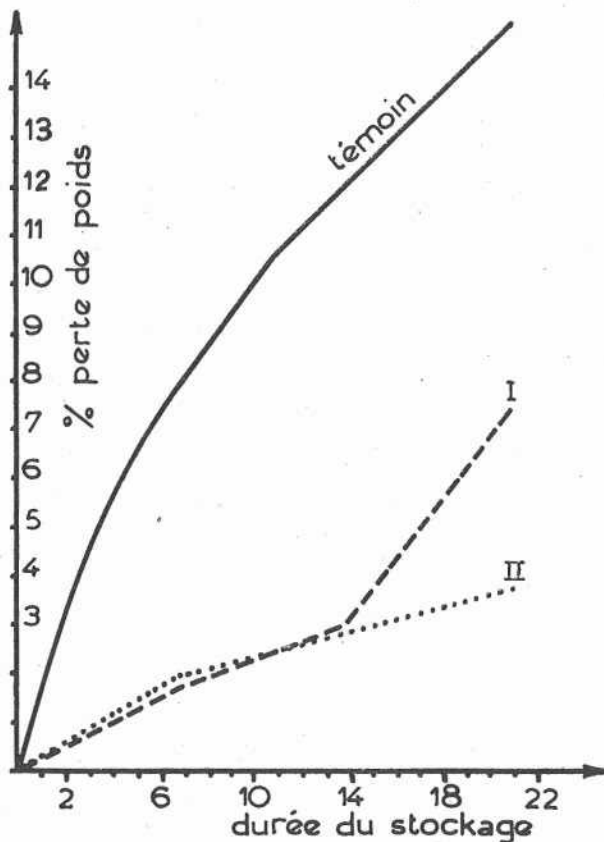


FIG. 15. — Protection contre la déshydratation par émulsion cireuse. Traitement par trempage.

- Témoin (Citrons).
 I. Émulsion cireuse contenant 10 % de diphényle.
 II. La même émulsion sans diphényle.

soit éviter le plus possible les avaries mécaniques, par un bon emballage, avec papillottage si possible ; soit lutter contre les contaminations en désinfectant le matériel au contact duquel se trouvent les fruits et en traitant l'atmosphère avec des aérosols de diphényle ou d'ammoniums quaternaires ;

soit refaire un traitement au borax avant entrée en entrepôt pour les longs stockages en France métropolitaine. On aura soin dans ce cas de prévoir une période d'incubation de 5 à 6 jours avant le traitement.

3° L'utilisation des émulsions cireuses est rentable, elle doit permettre de réduire les pertes par dessiccation de 50 %, elle éviterait donc une perte de 3 à 6 % sur le tonnage total des agrumes consommés.

La généralisation des traitements des agrumes est souhaitable, des améliorations importantes restent encore à réaliser mais, dans l'état actuel de la technique, nous pouvons affirmer que l'intérêt général bénéficierait grandement de l'application des simples mesures de luttés connues.

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

BIBLIOGRAPHIE

- ANONYME (1). Causes of waste. Wrappers and emulsions no substitute for rough handling on grove or in shed. *Citrus News*, mars 1952, vol. 28, n° 3, p. 42.
- ANONYME (2). Rapport du Conseil de l'expérimentation et des recherches agronomiques pour 1950-1951. Protection des oranges récoltées contre la moisissure. *Gouv. gén. Algérie, Insp. gén. Agric. Alger*, juin-juil. 1951, p. 101.
- CUILLEÉ (J.). Quelques conseils pratiques pour la lutte contre les *Penicillium* des Agrumes. *I. F. A. C.*, 1953 (Série des publications régionales).
- FERGUS (C. L.). The nutrition of *Penicillium digitatum* Sacc. *Mycologia*, 1952, vol. 44, n° 2, p. 183-199.
- HOPKINS (E. F.). Prevention of the phytotoxic action of sodium orthophenylphenate on citrus fruits by hexamine. *Science*, 1950, vol. 112, p. 720-721.
- HOPKINS (E. F.) et LOUCHS (K. W.). Florida Citrus Experiment Station, Lake Alfred : An improved Dovicide A. Hexamine Method for Decay control in citrus fruits. *The Citrus Industry*, vol. 34, n° 10, oct. 1953, p. 56, 13 et 14.
- LAURIOL (F.). Quelques aspects de la lutte contre les *Penicillium* des agrumes. *Fruits*, vol. 6, n° 10, 1951, p. 412-420.
- La protection des Agrumes contre les moisissures à *Penicillium*. *Fruits*, vol. 7, n° 10, 1952, p. 465-475.
- LITTAUER (F.) et NADEL-SCHIFFMANN (M.). Incubation period and development stages of citrus fruits mold. *Ktavim vol 2-3 State of Israel Records of the Agricultural Research station*.
- MOREAU (C.). Les Champignons de l'atmosphère des Entrepôts de Fruits. *Fruits*, vol. 8, n° 6, p. 255-259.
- POORE (H. D.). Analysis and composition of California lemon and oranges oils. *U. S. Dept. of Agric. Tech. Bul.*, 241, 1932.
- Recovery of naringin and pectin from grape fruits residue. *Indust. and Engen.*, juin 1934, p. 637-639.
- STEWART (W. S.). Packing House experiment on the use of 2-4-D et 2-4-5-T to increase storage life on lemons. *Proceeding of Amer. Soc. for Hort. Sc.*, vol. 59, 1952.
- TINDALE (G. B.). Fungicidal Dipping or Diphenyl Wrapping necessary to reduce mold wastage losses. *Citrus News*, vol. XXVII, n° 11, 1952, p. 161.
- TOSCO (L.). Sulla penetrazione di *P. digitatum* e *P. italicum* nei frutti degli agrumi. *Nuovo Gaz. Bot.*, vol. LVIII, n°s 3-4, p. 441-449, 1952.
- WINSTON (S. R.) et MECKSTROTH (G. A.). Control of Orange Decays by pyrrolidine alone and mixed With 2 aminopyridine. *Citrus Industry*, Mar. 1953, p. 8, vol. 4, n° 3.