

La pollution des stations de conditionnement d'agrumes

Ses origines, son incidence sur les accidents de transport
et la conservation des fruits

par **Claude et Mireille MOREAU.**

Docteurs ès Sciences

Nous avons insisté, depuis longtemps déjà, sur la responsabilité jouée par la pollution atmosphérique élevée d'un entrepôt sur la bonne conservation des fruits qui lui sont confiés. Nous avons indiqué, dans ce cas, les mesures d'hygiène élémentaire qui s'imposaient.

Au cours de la saison agrumicole qui s'achève, nous avons visité plusieurs stations de conditionnement dans deux pays producteurs importants du Bassin méditerranéen. Nous avons consacré à chacune des stations plusieurs heures, voire plusieurs jours, au cours desquels nous avons effectué des prélèvements équivalents. Les résultats qu'ils nous ont fournis au laboratoire accompagnés des observations directes, faites dans chaque cas, sont l'objet de la présente publication.

ÉVOLUTION DES TECHNIQUES DE CONDITIONNEMENT

Après leur récolte, les fruits sont déposés dans des stations où se pratiquent les diverses opérations de conditionnement.

Celles-ci se faisaient autrefois simplement à la main et consistaient essentiellement en un tri succinct sans nettoyage, un calibrage précédant la mise en caisses. Le calibre était mesuré à l'aide d'anneaux séparés ou soudés entre eux. Un tel conditionnement est encore pratiqué dans de petites Stations ou en complément de chaînes mécaniques lorsque celles-ci sont insuffisantes en période de pleine production ; il nécessite une main-d'œuvre importante (une centaine de personnes ne traitent guère plus de 3 t de fruits à l'heure) ; il est incompatible avec les nécessités d'un emballage et d'une expédition rapides ; de plus l'absence de nettoyage nuit à la belle présentation des fruits telle que la désire le consommateur.

Un conditionnement mécanique s'est donc imposé. Nous avons visité, en Espagne, une des plus anciennes sta-

tions de conditionnement mécanique d'agrumes. L'appareil, rudimentaire, qui l'équipe a été construit il y a plus de quarante ans. Les fruits sont versés dans une trémie de bois fortement inclinée ; un escalier mécanique les conduit sur des brosses disposées longitudinalement et animées d'un mouvement de rotation ; le dépoussiérage des fruits est ainsi assuré ; leur progression se réalise grâce à une inclinaison générale et un goulot hélicoïdal pratiqué sur les brosses ; néanmoins les fruits ont tendance à s'entasser sur la brosse la plus élevée et sont soumis à une turbulence violente. Repris sur un tapis en contrebas, les oranges se déplacent le long de cylindres à écartement variable et tombent, classées par calibre dans des trémies de bois 30 cm plus bas.

Sans doute, dans les installations plus modernes, a-t-on réduit les sources de chocs résultant de la progression des fruits ; trémies et bordures des tapis sont revêtues de caoutchouc mousse, les brosses sont à disposition trans-

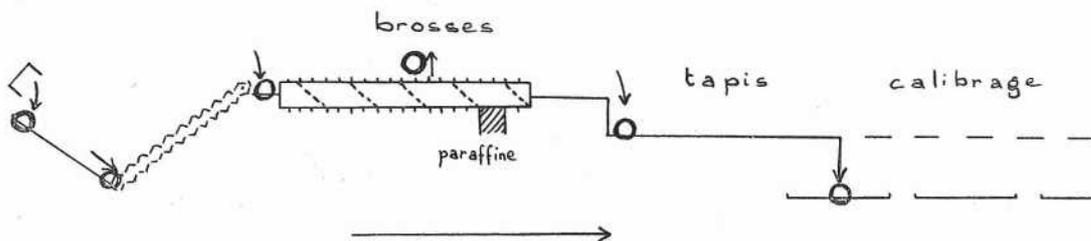


FIG. 1. — Schéma d'une installation mécanique rudimentaire de conditionnement. Les sources de chocs sont nombreuses ; les points où ils sont les plus fréquents sont indiqués par un cercle. Les caisses de fruits sont vidées souvent violemment sur une trémie de bois très inclinée ; au bas de la trémie ils heurtent un escalier mécanique qui les entraîne ; tombant sur une plaque de bois ils sont repris par des brosses qui leur font subir une violente turbulence ; après le dépoussiérage, un tapis les conduit au calibrage ; leur chute dans les trémies est particulièrement violente.

versale et les dénivellations de la chaîne sont réduites au minimum. Il n'en reste pas moins que des heurts sont inévitables quelles que soient les précautions prises et l'odeur entêtante d'huile essentielle qui s'exhale en particulier des Stations de conditionnement de citrons semble être la preuve des lésions nombreuses subies par les fruits.

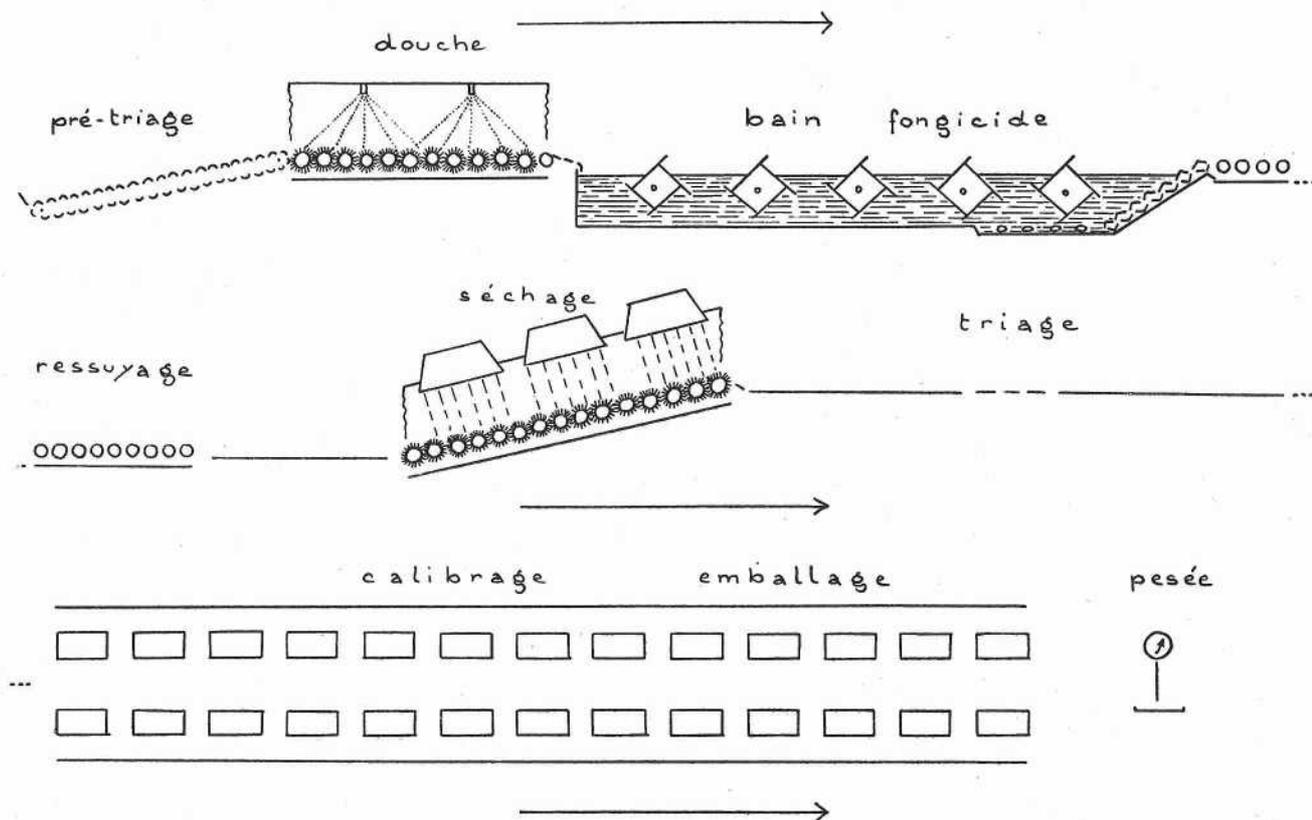
L'idée d'un lavage des fruits avant emballage a pris corps il y a déjà plusieurs décennies et, dans bien des cas, a complété le dépoussiérage à sec. On a alors recherché une protection contre les agents d'altération en ajoutant au bain une solution antiseptique. Cette solution s'est vite avérée insuffisante. Le bain à concentration souvent mal ajustée, rapidement souillé par les fruits devient alors un jus croupissant qui, paradoxalement, peut évoluer en foyer contaminateur. Les produits utilisés sont coûteux, ont une faible rémanence ; les plus efficaces sont aussi les plus toxiques pour l'homme ; certains sont phytotoxiques et la moindre erreur dans la durée du bain peut devenir catastrophique. De plus, un bain allonge la chaîne de

conditionnement de sorte que l'on note une certaine désaffection des utilisateurs pour ce mode de traitement qui n'apporte pas la solution définitive et facile au problème de la protection des fruits.

Les chaînes de conditionnement les plus récemment installées comportent une douche de lavage des fruits avant le bain fongicide et celui-ci est suivi d'un ressuyage sur rouleaux de cuivre avant séchage en chaleur sèche. Des dispositifs de paraffinage des fruits ou dépôt de produit cireux à leur surface complètent parfois l'installation.

L'ordre des opérations est variable. N'avons-nous pas vu une chaîne dans laquelle la douche ne précédait pas mais suivait immédiatement le bain fongicide annihilant totalement les effets de celui-ci qui, par contre, se souillait très rapidement par l'apport de fruits sales *. Ailleurs les fruits triés sont jetés violemment dans des rigoles de bois tandis que les fruits rejetés et destinés à la nourriture des porcs ne sont éliminés qu'au moment du calibrage !

FIG. 2. — Schéma d'une installation mécanique moderne de conditionnement. Les fruits sont d'abord vidés sur un tapis de rouleaux sur lequel s'effectue le pré-triage : les fruits altérés ou malformés sont éliminés ; les pédoncules trop longs sont coupés. Lavés sous une douche, ils tombent ensuite dans un bain fongicide. Repris par un escalier roulant à claire-voie, ils se ressuent sur des rouleaux de cuivre. Après séchage par la chaleur ils sont triés selon leur choix et entraînés vers les calibreuses (cylindres de bois à écartement variable). Ils tombent en chute amortie dans des bacs de toile et l'emballage se fait à la main. Les caisses ou cartons sont pesés, fermés et expédiés vers le quai d'embarquement. (Type d'installation de l'ingénieur B. BLANC.) Le passage brutal de la douche au bain entraîne une rapide dilution de ce dernier par apport massif d'eau des fruits ; l'intercalation de rouleaux de ressuyage entre ces deux opérations est indispensable.



* Note de la rédaction. Notons toutefois que le Conseil Supérieur d'Hygiène de France tolère le bain fongicide à condition qu'il soit suivi d'un rinçage.

ÉVALUATION de LA POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE DES STATIONS

Le processus expérimental.

La pollution atmosphérique est appréciée à l'aide de boîtes de Pétri de 10 cm de diamètre contenant 20 ml de milieu gélosé stérile à base de Maltea Moser ; la surface utile est d'environ 30 cm². Les boîtes sont ouvertes, à raison de 2 par emplacement choisi, durant 10 mn. Les spores se déposent selon leur vitesse de sédimentation. Elles germent au contact de la gélose nutritive et donnent chacune naissance à une colonie. Le dénombrement en temps opportun des colonies permet une évaluation comparative de la pollution des divers emplacements.

Il convient de noter que le *Penicillium digitatum* végétant assez mal en culture, ce sont surtout les spores de *Penicillium italicum* qui, donnant des colonies facilement, sont dénombrées. D'autre part, lorsque le taux de pollution d'un local est très élevé il s'établit une concurrence vitale dans la boîte au bénéfice de l'espèce la plus peuplée ; si des Mucorinées sont présentes, leur rapidité de colonisation des boîtes étouffe et gêne le développement des autres espèces. Ces restrictions montrent que les prélèvements atmosphériques n'ont pas une valeur absolue mais indicative, souvent inférieure à la réalité, tout particulièrement dans le dénombrement des *Penicillium*.

Les résultats.

Le tableau n° 1 fournit les résultats de l'évaluation de la pollution atmosphérique en divers emplacements des chaînes de conditionnement de six des stations visitées. Bien que l'identification de la plupart des espèces ait été

FIG. 3. — Conditionnement de citrons à la main. Les fruits sont d'abord calibrés, disposés dans des paniers que l'on répartit ensuite pour l'emballage en caisses.

FIG. 4. — Une installation de conditionnement. — Au premier plan : le bac de traitement, les fruits progressent dans le bain fongicide grâce à des moulinets munis de pals. — Au deuxième plan : les fruits sortent du séchage par la chaleur et sont entraînés par des tapis roulants sur lesquels se fait le tri en premier et second choix. — En arrière : des femmes emballent dans des cartons les fruits qu'elles prennent dans les trémies de calibrage.

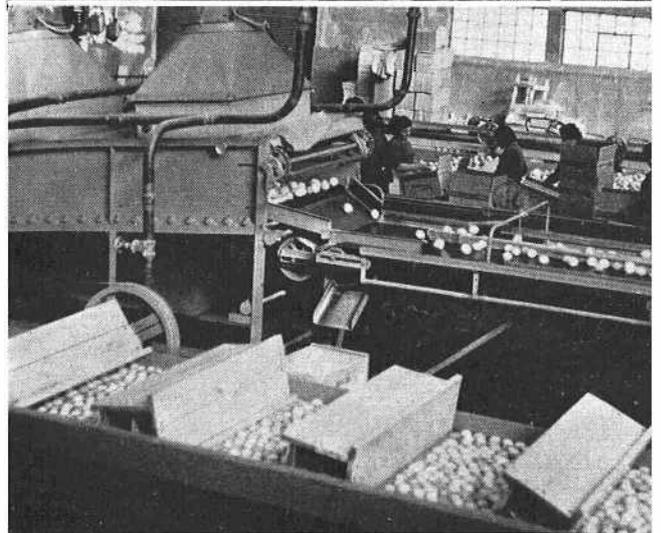
FIG. 5. — Salle de calibrage et emballage d'une importante station de conditionnement. Sol et murs sont revêtus de carrelage. Les caisses sont amenées aux emballeurs par des rails aériens.

FIG. 6. — Chargement de la cale d'un gros cargo. Malgré les multiples précautions prises, les chocs sont fort nombreux lors des manipulations des caisses, le chargement devant être effectué très rapidement.

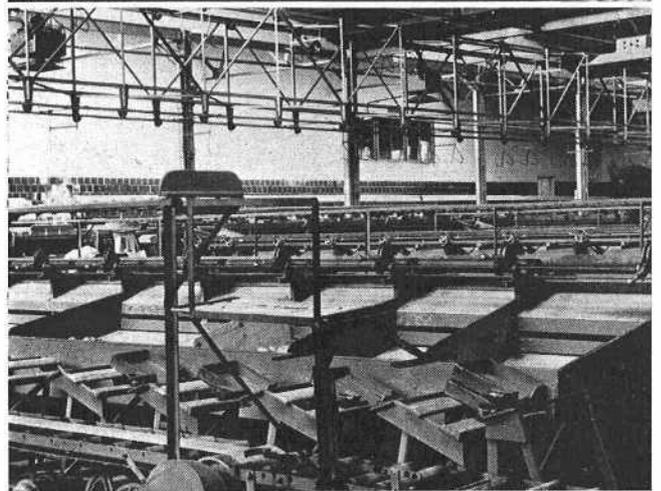
3



4



5



6



Tableau n° 1
Pollution atmosphérique des Stations

	I		II				III		IV				V				VI			VII				
	A ₁	A ₂	A	C	D	E	F	C	F	A	B	C	E	F	C	D	E	F	C	D	E	B	D	E
Actinomycètes ..	22	21	12	-	-	-	-	-	-	103	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mucor	-	-	-	-	3	2	3	-	4	10	-	-	6	2	1	8	1	6	1	4	-	-	-	6
Rhizopus	-	1	-	-	-	1	1	-	1	2	-	-	2	2	-	-	4	2	-	-	-	-	4	2
Neurospora	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	1
Penicillium	104	114	141	8	98	770	1360	6	880	880	616	15	122	1382	49	94	208	424	5	108	564	520	348	256
Trichoderma	1	4	11	-	1	-	-	-	-	-	10	2	-	-	2	-	-	-	1	1	-	9	-	-
Scopulariopsis ..	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Botrytis	3	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
Cladosporium ...	13	18	5	20	484	4590	4000	7	2512	84	8	8	1144	1682	6	319	1400	796	2	408	3300	4	248	1384
Alternaria	4	2	-	3	2	-	-	1	10	3	-	-	1	-	-	3	-	-	3	5	-	1	2	-
Stemphylium	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-
Thielaviopsis ..	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
Epicoccum	-	-	-	1	1	36	1	-	8	4	-	-	2	6	-	1	3	-	-	1	9	-	1	4
Fusarium	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Stilbacée	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Geotrichum	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

réalisée, pour plus de commodités dans la lecture des tableaux, les diverses colonies des espèces d'un même genre, décelées par deux boîtes de Pétri issues d'un même prélèvement, sont totalisées. Les espèces ayant un intérêt phytopathogène seront mentionnées plus loin.

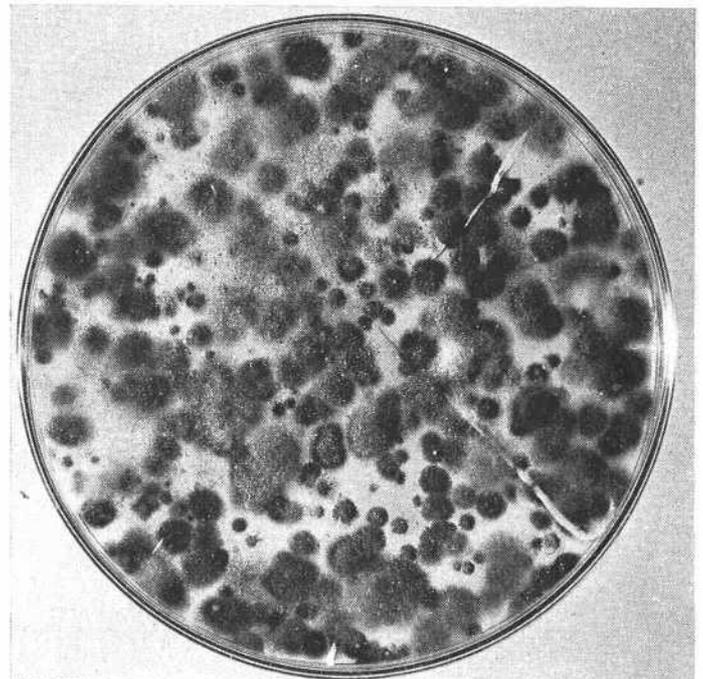
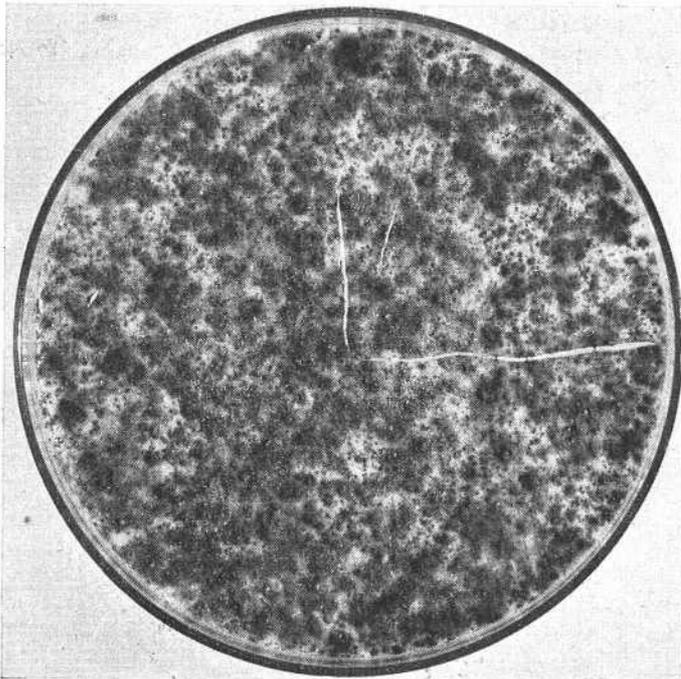
Chaque station est affectée d'une lettre :

— A et B sont les plus récentes, une douche précède le bain fongicide ; séchage par chaleur ; A traite des oranges, B des citrons ; chaînes en fonctionnement respectivement 24 h et 18 h par jour depuis plusieurs semaines ;

— C station moderne au sol carrelé ; comporte dépous-

FIG. 7. — Au début de la chaîne de conditionnement, boîte ouverte sur le sol sous le tapis d'arrivée des fruits (dans la station désignée par E dans le texte) : on a reconnu une colonie de *Mucor sphaerosporus*, un nombre très important de colonies de *Penicillium*, plus de 2 000 *Cladosporium herbarum* et une vingtaine d'*Epicoccum nigrum*.

FIG. 8. — Au niveau du calibrage (dans la station désignée par E dans le texte) : cette boîte a présenté 1 *Rhizopus nigricans*, 3 *Mucor sphaerosporus*, 50 *Penicillium*, 480 *Cladosporium herbarum*, 1 *Alternaria tenuissima* et 1 *Epicoccum nigrum*.



siérage et bain fongicide isolés du calibrage ; chaîne en repos lors de la visite ;

— D, E et F : dépoussiérage des fruits à sec lors de la visite ; bain fongicide inutilisé mais croupissant dans les bacs. D et E possèdent un sol cimenté ; F la plus ancienne station, un sol en terre battue.

Les emplacements sont désignés par un chiffre romain :

- I = sur les caisses arrivées de la plantation
(1 = au-dessus des caisses à 1,50 m de haut,
2 = au pied des précédentes)
- II = au début de la chaîne
- III = au niveau du bain fongicide
- IV = au niveau du calibrage
- V = sur les cartons et caisses vides
- VI = sur les piles de papier à empapilloter
- VII = sur les caisses prêtes au départ.

1° Mieux que toutes prévisions ou hypothèses sans fondement sûr, l'examen de ce tableau révèle dans l'ensemble une forte pollution atmosphérique (31 431 colonies fongicides développées dans 48 boîtes de Pétri). Elle est cependant différente selon les stations visitées ; le nombre moyen de spores recueillies par boîte de Pétri s'établit ainsi :

Station A : 183
B : 317
C : 14
D : 206
E : 1 372
F : 1 635

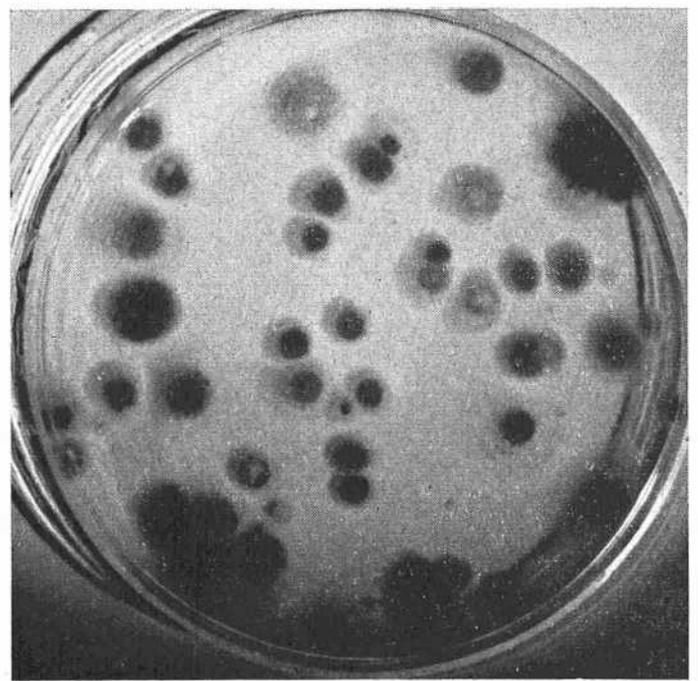
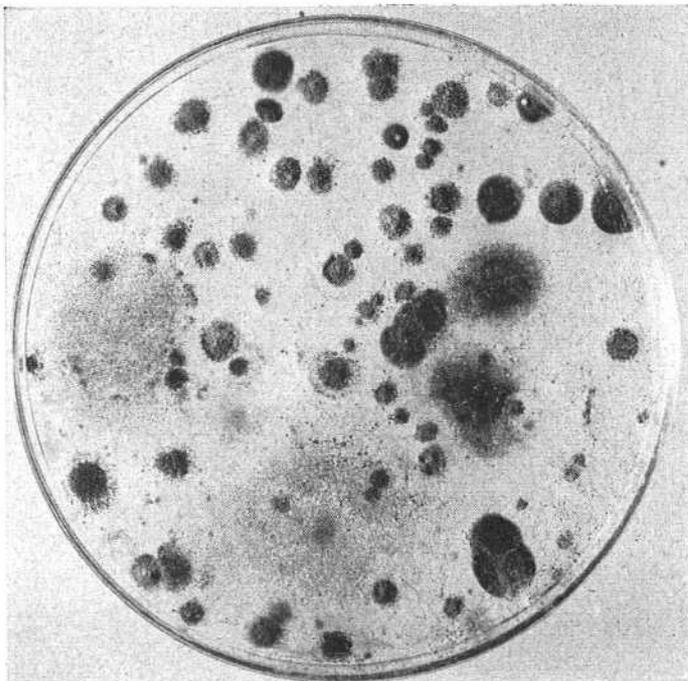
(Rappelons que la station C ne fonctionnait pas lors de notre visite ; elle n'en est pas moins très appréciablement moins polluée que les autres.)

2° Pour une station de conditionnement donnée, la pollution atmosphérique est sensiblement la même aux divers emplacements de la chaîne, les mouvements d'air la rendant assez homogène. La présence d'un nombre presque identique de spores recueillies dans des boîtes placées à 1,50 m de hauteur sur des caisses ou au niveau du sol au pied des mêmes caisses (respectivement 76 et 74 spores dans le premier cas, 87 et 80 dans le deuxième cas) dans la Station A confirme l'importance du brassage de l'air, contrairement à ce que nous avons par ailleurs constaté dans l'atmosphère calme des entrepôts.

3° Les mêmes espèces fongiques importantes se retrouvent dans presque toutes les stations. Cependant tandis que les *Penicillium* sont prédominants dans les stations A et B, les *Cladosporium* sont les espèces les plus fréquemment rencontrées en D, E, F où pourtant le nombre

FIG. 9. — Prélèvement dans un hangar à agrumes du port d'embarquement, boîte ouverte sur un tas de caisses à 2 m de hauteur ; les Champignons décelés dans cette boîte ont été : 1 *Rhizopus nigricans*, 2 *Mucor sphaerosporus*, 81 *Penicillium*, 1 *Trichoderma viride*, 14 *Cladosporium herbarum*, 2 *Alternaria tenuis*.

FIG. 10. — Dans ce prélèvement à partir de l'atmosphère de la cale d'un grand cargo en cours de chargement, ont été notées : 52 colonies de *Penicillium*, 4 *Cladosporium herbarum* et 2 *Alternaria tenuissima*.



de *Penicillium* est encore très élevé. Dans la station C, les *Cladosporium* dominent dans la première partie de la chaîne, en rapport le plus proche avec l'arrivée des fruits

de la plantation tandis que dans la seconde partie, séparée de la première par une cloison, les *Penicillium* sont les plus nombreux.

POLLUTION DU CIRCUIT DE CONDITIONNEMENT

La pollution du circuit de conditionnement est appréciée directement par semis en tubes gélosés pratiqués à l'aide de scalpels stériles. Le semis en tube permet un inventaire assez détaillé des champignons présents mais ne donne aucune idée de leur répartition relative en raison des vitesses de croissance très différentes des divers organismes en concurrence.

Dans le tableau n° 2, les croix indiquent la présence des Champignons dans le prélèvement considéré. Les diverses stations sont signalées comme précédemment par les lettres A à F.

- I = grattage des brosses de dépoussiérage
- II = douche pour le lavage des fruits
- (A₁, B₁) = grattage des projections sur la paroi métallique interne de la douche
- A₂ = grattage entre les poils des brosses de la douche
- A₃ = ensemencement de fragments intérieurs du caoutchouc mousse placé à l'entrée de la douche pour amortir les chocs
- III = grattage de la cire déposée par les fruits sur les tapis roulants et les cylindres de bois des calibreuses
- (C₄, D₄, F₄) = tapis roulants
- E₅, F₅ = cylindres des calibreuses
- IV = poussière des gouttières et trémies de calibre

- V = grattage à la surface de caisses neuves vides
- VI = grattage d'une bache recouvrant un bain fongicide inutilisé
- VII = semis de fragments de paraffine d'un bloc servant au lustrage des fruits.

Ainsi, tapis, brosses, toiles, trémies, caisses, bâches recèlent tous, au cours de prélèvements très subtils, un nombre important de spores indésirables. Leur variété est plus grande que dans l'évaluation de la pollution atmosphérique ; outre les espèces à xérospores (spores « sèches », aisément emportées par le moindre courant d'air (*Penicillium*, *Cladosporium*), on met ainsi en évidence les Champignons à myxospores (spores « humides ») (*Gloeosporium*, *Fusarium*).

La pollution de la douche est remarquable ; c'est là un milieu particulier dans lequel prolifèrent des Champignons issus de la plantation ; la plupart sont communs dans les sols cultivés, d'autres sont réputés aquatiques (*Pythium*), certains sont fréquents sur les matières en décomposition (*Geotrichum*).

Les conditions écologiques de développement des Champignons qui vivent aux dépens de la cire déposée par les fruits sur les tapis roulants ou les cylindres de bois sont intéressantes à souligner. Il en est de même des espèces qui végètent à la surface d'un bloc de paraffine !

Tableau n° 2

Pollution du circuit de conditionnement

	I				II				III					IV					V	VI	VII	
	C	D	E	F	A ₁	B ₁	A ₂	A ₃	C ₄	D ₄	E ₅	F ₄	F ₅	B	C	D	E	F	B	D	F	
<i>Pythium</i>	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Mucor</i>	-	-	-	-	+	+	+	+	-	-	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Rhizopus</i>	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-
<i>Neurospora</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Penicillium</i>	+	+	-	+	-	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+
<i>Trichoderma</i>	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Gloeosporium</i>	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Gonatobotrys</i>	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cladosporium</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+
<i>Pullularia</i>	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Peyronellaea</i>	+	+	-	+	-	+	-	+	-	+	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
<i>Alternaria</i>	-	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Stemphylium</i>	+	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Acremonia</i>	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Nigrospora</i>	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Thielaviopsis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+	-
<i>Epicoccum</i>	-	-	+	-	-	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-	+	+	-	-	+	+
<i>Fusarium</i>	-	-	-	-	+	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Geotrichum</i>	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

LA POUSSIÈRE DU SOL

Nous avons été surpris par l'abondance de la poussière présente dans les stations de conditionnement. Amenée par les fruits souillés de terre mais ayant aussi pour origine la boue qui colle souvent aux caisses utilisées en plantations pour la récolte des fruits ou qu'apportent camions et charrettes et, même les chaussures des ouvriers, cette poussière est soulevée dans l'atmosphère par les brosses de dépoussiérage à sec ou par les balayages interpestifs. Les stations au sol de terre battue sont évidemment celles où la poussière est la plus abondante mais bien des stations au sol cimenté ne leur cèdent en rien. Une station au sol et aux murs carrelés et régulièrement lavés n'en présentait presque plus ; de plus une ingénieuse cloison séparant la salle d'arrivée des fruits où se pratiquent lavage et dépoussiérage de la salle de calibrage et emballage réduit considérablement la quantité de poussière présente sur le sol de cette dernière.

Tableau III.
Ensemencements de poussière du sol.

	A	C	E	F
<i>Mucor</i>	+	—	+	+
<i>Rhizopus</i>	+	—	+	—
<i>Neurospora</i>	—	—	+	+
<i>Penicillium</i>	+	+	+	+
<i>Trichoderma</i>	+	+	—	—
<i>Cladosporium</i>	+	+	+	+
<i>Peyronellaea</i>	—	+	—	—
<i>Alternaria</i>	+	+	+	+
<i>Stemphylium</i>	—	+	—	—
<i>Thielaviopsis</i>	—	—	+	—
<i>Trichothecium</i>	+	—	—	—
<i>Verticillium</i>	+	—	—	—
<i>Fusarium</i>	+	—	—	—
<i>Epicoccum</i>	—	—	+	+

Des ensemencements de poussière prélevée sous les chaînes de conditionnement ont été effectués en tubes. Prenant les mêmes signes conventionnels que précédemment nous résumons dans le tableau suivant (tableau III) l'inventaire des Champignons polluant ces poussières dans quatre des stations visitées.

La présence de poussière du sol au voisinage des caisses en fabrication et des cartons neufs est particulièrement grave en raison des risques de contamination ultérieure. Nous avons recensé dans un tel endroit une flore comportant : *Mucor*, *Rhizopus*, *Penicillium*, *Trichoderma*, *Cladosporium*, *Alternaria*, *Geotrichum*.

Pour montrer à quel point le balayage à sec peut être dangereux, nous citerons l'expérience suivante : deux boîtes de Pétri avaient été ouvertes 10 mn sur des caisses, à 1 m du sol ; un balayage a été effectué ; nous avons aussitôt ouvert deux nouvelles boîtes au même endroit, pendant le même temps. Le dénombrement des colonies développées dans ces deux séries de boîtes est le suivant :

Tableau IV.

	Avant balayage		Après balayage	
Actinomycètes.....	2	10	112	120
<i>Mucor</i>	—	—	3	5
<i>Rhizopus</i>	—	—	3	—
<i>Penicillium</i>	65	76	688	640
<i>Trichoderma</i>	6	5	—	1
<i>Cladosporium</i>	—	5	64	90
<i>Alternaria</i>	—	—	1	—
<i>Epicoccum</i>	—	—	1	—
Stilbacée.....	—	1	—	—

La pollution atmosphérique s'est donc trouvée décuplée.

REMARQUES SUR LES CHAMPIGNONS RENCONTRÉS

De tous les Champignons mentionnés, les plus dangereux pour les fruits sont incontestablement les *Penicillium*. Nous avons inclus dans cette dénomination essentiellement les deux espèces *Penicillium italicum* et *Penicillium digitatum*, agents des moisissures bleue et verte des agrumes.

Il ne faut pas négliger le *Trichoderma viride*. Ce Champignon, formant des colonies floconneuses vertes, cause une pourriture des oranges et citrons commençant par un brunissement et dessèchement de la peau suivi d'un affaissement des tissus sous-jacents.

De plus, il peut fort bien se développer aux dépens d'em-

ballages dès que ceux-ci seront humidifiés et de là attaquer les fruits au cours du voyage (observations personnelles et Klotz, 1960). C'est en effet un hôte habituel des papiers, cartons et dérivés de la cellulose, or sa croissance très rapide le rend particulièrement dangereux. Le *Botrytis cinerea* est également à craindre ainsi que le *Fusarium lateritium* pour les pourritures brunes qu'ils provoquent.

Plus rarement le *Cladosporium herbarum* et les *Mucorales* (ici surtout *Mucor spinosus*, *Mucor hiemalis*, *Actinomyces repens*, *Rhizopus nigricans*, *Rhizopus arhizus*) ont été trouvés sur des agrumes, mais seulement sur des fruits en mauvais état.

Parmi les *Alternaria* observés figurent des représentants des groupes *tenuis* et *tenuissima*. L'*Alternaria citri*, considéré comme pathogène, appartient au 1^{re} groupe.

Le *Geotrichum candidum*, bien que peu répandu, mérite de retenir l'attention ; l'*Oospora citri-aurantii* n'en est qu'une forme.

Nous avons d'ailleurs personnellement rencontré ces

divers Champignons comme agents de pourritures de fruits en transports ou en entrepôts (cf. notamment Moreau, 1953, 1957, 1960).

Notons la présence dans trois des stations visitées du *Neurospora sitophila*, un redoutable destructeur des substances amylacées mais qui, ici, ne doit pas revêtir un caractère exceptionnellement fâcheux.

ORIGINE DE LA POLLUTION

La plupart des Champignons rencontrés ont pour origine les plantations. Ce sont des Champignons qui végètent dans les sols ou les rameaux languissants des arbres malades ; ils sont présents dans la poussière qui souille les fruits, ou la terre qui colle aux caisses amenées à la station. La proportion de fruits pourris entrés dans les stations est assez faible et leur élimination se fait généralement dès l'entrée.

Plusieurs agents de pourriture de fruits sont capables de se multiplier dans les stations sur les détritiques et débris divers, d'agrumes en particulier, certains même sur de vieux emballages imprégnés de jus nutritifs.

La présence de quelques fruits pourris suffit à accroître considérablement la pollution atmosphérique. C'est ainsi que dans une chambre de déverdissement, inutilisée depuis plusieurs semaines, mais dans laquelle se trouvaient deux citrons abandonnés et pourris sur le sol, sous le caillbotis, nous avons observé 560 et 816 colonies de *Penicillium* respectivement dans deux boîtes de Pétri.

Pour mettre en valeur le danger que représente un seul fruit altéré dans un local par les possibilités de dissémination des spores qu'il supporte, nous avons évalué la quantité de spores existant à la surface de divers citrons entièrement recouverts de *Penicillium digitatum*, bien fructifié, en une masse pulvérulente verte.

Le citron est agité violemment durant 2 mn dans 1 l d'eau additionnée d'un mouillant et une goutte de la suspension est examinée à l'hématimètre. On en déduit aisément la teneur en spores de la suspension et donc le nombre de spores détachées du citron (nombre inférieur au nombre total de spores présentes à la surface, mais représentant le nombre de spores aisément collectables donc capables d'être disséminées dans l'atmosphère).

L'expérience a été renouvelée quatre fois. Selon la taille du fruit (de 6,5 à 8 cm de long) nous avons noté de 13 milliards 300 millions de spores à 16 milliards 600 millions.

Déjà sur un citron de 7 × 5 cm altéré, sur lequel le *Penicillium* est jeune, sous forme mycélienne blanche,

avec seulement une plage centrale fructifiée, pulvérulente, verte, nous trouvons 1 milliard 350 millions de spores.

Si l'installation mécanique elle-même n'est pas convenablement entretenue, elle peut être une source de contamination. Tous les prélèvements effectués sur les divers éléments des chaînes montraient une pollution importante. Le danger de contamination est encore accru par l'accumulation de débris et boue fétides dans les tunnels de douches, la présence de fruits sectionnés sous l'escalier de sortie du bac de traitement, le dépôt de fruits momifiés, plus ou moins desséchés, sur les rebords des tunnels de séchage, la projection de jus ou fragments de fruits écrasés sur les murs, caisses ou parois des appareils qui sont autant de foyers de pullulation.

Les abords et voies d'accès des stations recèlent souvent des déchets d'agrumes ; sur les fruits écrasés par les camions prolifèrent des *Penicillium*, notamment sur la face tournée contre le sol.

Le tas d'ordures constitué par les fruits altérés rejetés lors du triage est un facteur de pollution très important. Selon les cas, dans les stations visitées, nous avons vu ces déchets près d'une porte d'entrée du local, près du centre de fabrication des caisses ou tout à côté des couffins prêts à transporter les fruits sains ! Sans doute ce sont surtout des *Penicillium* qui se développent sur de tels fruits ; mais nous avons constaté en outre des cas de pourriture brune à *Phytophthora* et de pourriture amère à *Geotrichum candidum* ; les fruits atteints attirent les mouches qui propagent aisément la maladie. Par exemple, deux boîtes de Pétri sont disposées côte à côte ; survient une Drosophile qui circule pendant plusieurs minutes dans l'une d'elles ; au contrôle, la boîte de Pétri témoin contient 62 colonies tandis que 141 colonies se développent dans la seconde mettant en valeur le rôle contaminateur de l'insecte. Les vents soulèvent parfois des nuages de spores qu'ils peuvent entraîner loin, voire à l'intérieur même de la Station, si leur direction est favorable.

POLLUTION DES HANGARS, BATEAUX ET WAGONS

La mise en suspension dans l'air des spores contaminatrices dont nous venons de chercher l'origine a pour consé-

quence leur dépôt à la surface des fruits, caisses, emballages et matériels variés, selon les mêmes modalités que

dans nos boîtes de Pétri. Ces dernières avoisinant 30 cm² de surface, il est facile d'en déduire un ordre de grandeur de la vitesse de sédimentation des spores.

Ainsi avons-nous calculé des dépôts horaires de 28, 34 voire 88 spores de *Penicillium* au centimètre carré selon les lieux de prélèvement.

Entraînant avec eux un nombre appréciable de spores, fruits et emballages sont acheminés vers les hangars des ports ou les quais de chargement des gares. Nous retrouvons dans ces lieux une pollution atmosphérique non négligeable bien que ces locaux soient largement ouverts. Les contrôles effectués dans un hangar à agrumes d'un port en deux endroits différents, (I) près d'une entrée ouverte sur la mer, (II) en air calme sur des caisses à 2 m de hauteur, ceux sur un quai de chargement de gare (III) ont montré (voir tableau V).

Le prélèvement (II) en air calme présente une pollution plus forte que (I).

Les bateaux et wagons sont eux-mêmes pollués, à la fois par les déchets d'agrumes qui ont pu séjourner depuis un transport précédent mais surtout par l'apport du chargement frais. Nous sommes descendus dans les cales en cours de chargement d'un petit bateau et d'un gros cargo moderne, les prélèvements (respectivement IV, V et VI, VII) ainsi que ceux effectués dans un wagon vide stationné au quai de chargement (VIII) ont fourni la flore ci-contre.

Nous constatons un taux de pollution très comparable dans les prélèvements III et VIII : un équilibre s'est établi entre le wagon stationné et le quai couvert sur lequel il séjourne.

Tableau V.

Pollution d'un hangar à agrumes d'un port.

	I	II	III
<i>Mucor</i>	—	6	5
<i>Rhizopus</i>	—	I	I
<i>Penicillium</i>	19	149	122
<i>Trichoderma</i>	12	I	—
<i>Scopulariopsis</i>	—	—	I
<i>Cladosporium</i>	3	18	322
<i>Alternaria</i>	—	6	3
<i>Thielaviopsis</i>	—	I	—
<i>Geotrichum</i>	2	—	—

Tableau VI.

Pollution de bateaux et wagons.

	IV	V	VI	VII	VIII
<i>Mucor</i>	I	I	2	—	2
<i>Rhizopus</i>	—	—	I	—	I
<i>Neurospora</i>	—	I	—	—	—
<i>Penicillium</i>	27	11	89	108	132
<i>Aspergillus</i>	I	—	—	—	—
<i>Botrytis</i>	—	—	I	I	—
<i>Cladosporium</i> ..	4	2	11	11	430
<i>Alternaria</i>	I	—	—	2	7

CONDITIONS D'ATTAQUES DES FRUITS

Les spores contaminatrices étant présentes à la surface des fruits et des emballages, nous rappellerons succinctement les conditions d'infestations.

Il est bien connu que la moindre lésion d'une glande oléifère libère de l'huile essentielle capable d'induire rapidement la germination des spores de *Penicillium*. Quant aux divers mycéliums parasites, leur pénétration est toujours favorisée par des blessures. Or ces dernières sont largement prodiguées aux fruits tant au cours des diverses opérations de conditionnement que de transport.

La fragilité des péricarpes des fruits dépend de divers facteurs pouvant d'ailleurs interférer tel que la variété, les conditions et façons culturales, les conditions climatiques, etc...

Les variations de turgescence des fruits selon le degré hygrométrique ambiant modifient sensiblement la position des glandes oléifères, les rendant plus ou moins accessibles aux lésions.

Nous avons récemment constaté que des lots homogènes de citrons de divers calibres, pesés régulièrement durant

plusieurs semaines, ont manifesté dans une atmosphère sèche (40 % d'humidité) une perte pouvant atteindre 1/5 de leur poids par dessiccation du péricarpe alors que ceux conservés en atmosphère très humide (95 %) ont accusé un poids constant. Des citrons ayant perdu en atmosphère sèche une partie de leur turgescence ont pu la récupérer en milieu humide.

Les fruits à péricarpe turgescent sont plus fragiles aux lésions que les autres.

Nous avons donc voulu apprécier le degré hygrométrique qui régnait dans les caisses et cartons prêts au départ. Lors des mesures, tandis que l'humidité relative de la station de conditionnement était inférieure à 70 % et la ventilation excellente, nous avons constaté qu'il atteignait 85 % dans les emballages cartons normalement perforés (préparés depuis 3 jours et prélevés au centre du lot) et 95 % dans les cartons présentant des défauts de perforation ainsi que dans des caisses aux parois tapissées de papier et dont chaque fruit était empapillotté.

Ainsi donc, pour un degré hygrométrique moyen de l'at-

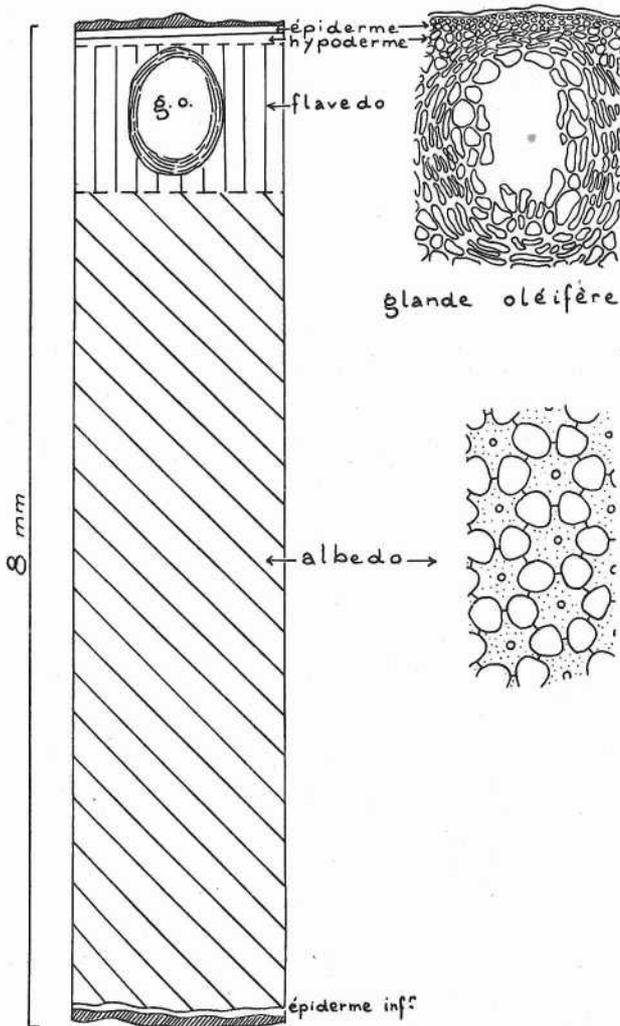


FIG. 11. — Coupe schématique du péricarpe d'une orange de la variété Washington Navel. Détail d'une glande oléifère et d'un fragment de tissu de l'albedo. (D'après SCOTT et BAKER.)

mosphère, dans des entrepôts très ventilés, le mécanisme de transpiration des fruits emballés arrive à les placer dans une humidité voisine de la saturation. Les possibilités de lésions au cours des manutentions et transports en sont donc accrues.

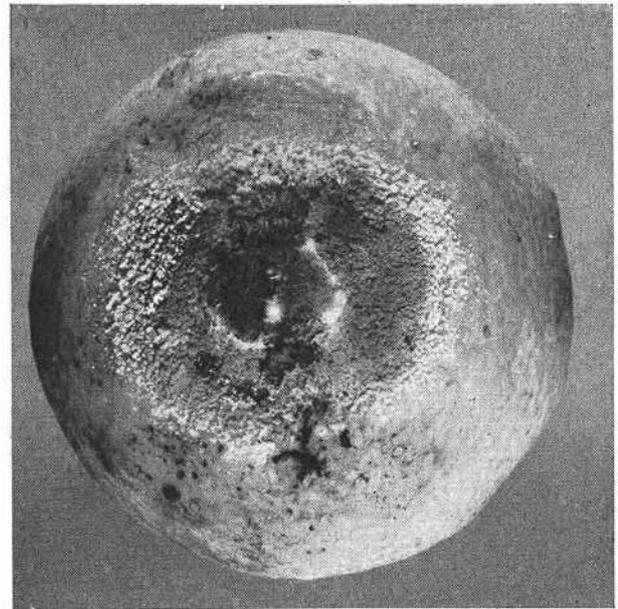


FIG. 12. — Attaque conjointe d'un citron par le *Penicillium italicum* et le *Trichoderma viride* à la faveur d'une lésion. Dès ce stade, près d'un milliard de spores sont déjà formées à la surface du fruit.

CONCLUSIONS

A l'examen attentif, il apparaît que les circuits de conditionnement et de distribution des agrumes imposent à ces fruits des blessures nombreuses et rationnellement inévitables.

Or, les spores, organes de dissémination des Champignons, permettent, par leur grande abondance et leur faible poids, au moindre mouvement d'air, de les arracher à leur support (poussière du sol, murs ou plafonds moisissus, fruits ou fragments de fruits pourris) et de les mettre en suspension dans l'atmosphère après quoi elles se déposent sur les surfaces qu'elles rencontrent.

De ces observations, une série de mesures s'imposent si

l'on veut réduire au minimum le taux d'infection des fruits.

Le plus habile chirurgien n'opère pas dans une salle où abondent les pansements souillés des malades précédents. Une hygiène stricte des locaux est dans notre cas aussi rigoureusement indispensable ; ne pas s'en méfier, c'est faire preuve d'une négligence regrettable.

Il est utopique, dans les conditions actuelles, d'espérer un bain qui soit un remède à tous les maux ; en effet, les fongicides utilisables sur les denrées de consommation doivent posséder des qualités variées, notamment celle de non-toxicité vis-à-vis des animaux à sang chaud. Nous

faisons d'ailleurs toute réserve quant à la valeur fongicide des bains qui croupissent pendant plusieurs mois sans renouvellement ou réajustage des solutions dans les bacs de traitement.

Il faut se rappeler le potentiel infectieux d'un seul fruit pourri pour comprendre :

— qu'il faut éliminer radicalement et journalièrement la poussière ;

— que tout balayage à sec est un remède pire que le mal (nous préconisons l'emploi de sciure de bois humide imprégnée d'une solution fongicide) ;

— que les sols bien cimentés, les murs lisses et propres, les surfaces lavables sont indispensables ;

— que le brossage à sec des fruits sales à proximité de la chaîne d'emballage est un danger, les spores qu'ils amènent retombant inévitablement sur les fruits propres et les emballages neufs ;

— que le maintien dans les locaux des fruits pourris, blessés, déchets divers est à prohiber (nous préconisons dans les salles la répartition de poubelles recevant régulièrement de la chaux vive destinées à recueillir tout déchet périssable que le personnel y jette au fur et à mesure) ;

— que les abords et voies d'accès des Stations soient privés de tout déchet d'agrumes (là encore la création d'une fosse à ordures cimentée, suffisamment éloignée et protégée des vents, recevant fréquemment de la chaux

vive, nous paraît une solution rationnelle et peu coûteuse) ;

— que les brosses, tapis et toiles des machines doivent être méticuleusement et régulièrement nettoyés avec des solutions fongicides.

Les conditions d'hygiène à respecter dans les hangars, wagons et cales de navires s'inspirent de ce même souci d'éliminer tout réservoir de germes (déchets d'agrumes pourrissants).

Ces mesures indispensables d'hygiène élémentaire liées à des nébulisations fongicides fréquentes et régulières dans les locaux permettront alors aux fruits de se maintenir dans une ambiance la plus exempte de spores possible.

Les délais de transport réduits ne permettent pas aux contaminations de se manifester dès la réception et les dégâts intervenant au cours de l'entreposage comme nous le constatons nous-mêmes fréquemment, la responsabilité de l'entrepositaire est souvent engagée alors qu'il n'est absolument pas en cause.

Il est évident que les risques pour le vendeur sont aggravés avec des délais plus longs parce que alors peuvent se manifester, en transports, des pourritures liées au conditionnement défectueux.

Nous pensons qu'il faut maintenir autour des fruits, de la cueillette à la distribution, une « chaîne d'asepsie » comme on crée une « chaîne de froid » pour les denrées très périssables.

(Les clichés 3 à 6 et 10 sont de C. MOREAU. Les clichés 7 à 9 et 12 sont de Renée HACCARD.)

BIBLIOGRAPHIE

KLOTZ (L. J.). — Control of decay in citrus fruits. *C. R. 4^e Congr. int. Lutte contre Ennemis des Plantes*, Hambourg, sept. 1957, t. II, p. 1441-1442, 1960.

MOREAU (C.). — Les Champignons de l'atmosphère des entrepôts de fruits. *Fruits*, t. VIII, fasc. 6, p. 255-259, 3 fig., juin 1953. — Pourriture des fruits et conditions d'entreposage. *Fruits*, t. XII, fasc. 4-5, p. 177-183, 6 fig., avril-mai 1957.

— La « moisissure grise » des oranges. *Fruits*, t. XV, fasc. 2, p. 69-71, 3 fig., 1960.

MOREAU (C.) et MOREAU (M.). — Pourritures brunes des agrumes en entrepôts liées à l'état sanitaire des plantations. *Fruits*, t. XV, fasc. II, p. 478-480, 5 fig., 1960.

SCOTT (F. M.) et BAKER (R. K. C.). — Anatomy of Washington Navel Orange rind in relation to water spot. *Botan. Gaz.*, t. CVIII, fasc. 4, p. 459-475, 56 fig., juin 1947.

(Laboratoire de Cryptogamie,
Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris.)

