

POURRITURE DES FRUITS ET CONDITIONS D'ENTREPOSAGE

par

Claude MOREAU

Docteur ès sciences

Les altérations causées par les Champignons constituent certainement un obstacle très important à une longue conservation des fruits. Le problème du développement des moisissures doit être envisagé sous deux aspects différents. Il peut être étudié soit en fonction des fruits eux-mêmes (ce sont alors les conditions d'infestation et de développement des agents de pourriture ainsi que la protection directe des fruits qui doivent retenir l'attention), soit en fonction des conditions d'entreposage (l'hygiène rigoureuse des entrepôts, cales de bateaux, wagons et tout autre lieu où séjournent des fruits, apporte déjà d'appréciables solutions au problème).

Nous essaierons de définir les conditions de conservation les moins favorables au développement des agents de pourritures.

Caractères des Champignons des fruits.

Les Champignons que l'on trouve sur les fruits pourris appartiennent à des groupes systématiques variés. La plupart cependant se rattachent aux « Champignons imparfaits », c'est-à-dire des Champignons dont le cycle parfait de développement est incomplètement connu. Ce sont des Champignons microscopiques, on dit des *micromycètes* ou, plus communément, des moisissures.

La phase végétative de ces Champignons est constituée par de fins filaments, le *mycélium*, qui circulent entre les cellules ou même à travers les cellules des fruits infectés.

Leur multiplication s'effectue surtout par des milliers de corpuscules très petits, les *spores*, auxquelles donne naissance le mycélium. Le mode de formation des spores permet de reconnaître les Champignons :

certaines ont des spores en chapelets, ce sont les *Monilia*, d'autres possèdent des chaînes de spores disposées comme un fin pinceau (*Penicillium*) ou sur une tête de goupillon (*Aspergillus*), quelques-uns voient leurs spores constituées par de simples fragments du mycélium qui se détachent comme de petits bâtonnets (*Oospora*), les spores de certains sont reliées au mycélium par un bref apicule (*Botrytis*), etc.

Assez fréquents sont sur les fruits les Champignons du groupe des Mucorales : ils ressemblent à de minuscules épingles piquées à la surface du fruit et rattachées entre elles par une sorte de toile d'araignée. Chaque « tête d'épingle » est en fait un petit sac qui renferme plusieurs dizaines de spores.

Plus rarement on rencontre des représentants de Champignons Ascomycètes, comme les Levures, ou Basidiomycètes.

CONDITIONS PHYSIQUES D'ENTREPOSAGE

Le développement de ces Champignons et leur pulvérisation sur les fruits sont liés aux conditions de milieu. Les conditions physiques du transport et de l'entreposage ont, par conséquent, une grande influence sur la présence et la multiplication des agents de pourriture.

Influence sur la germination des spores.

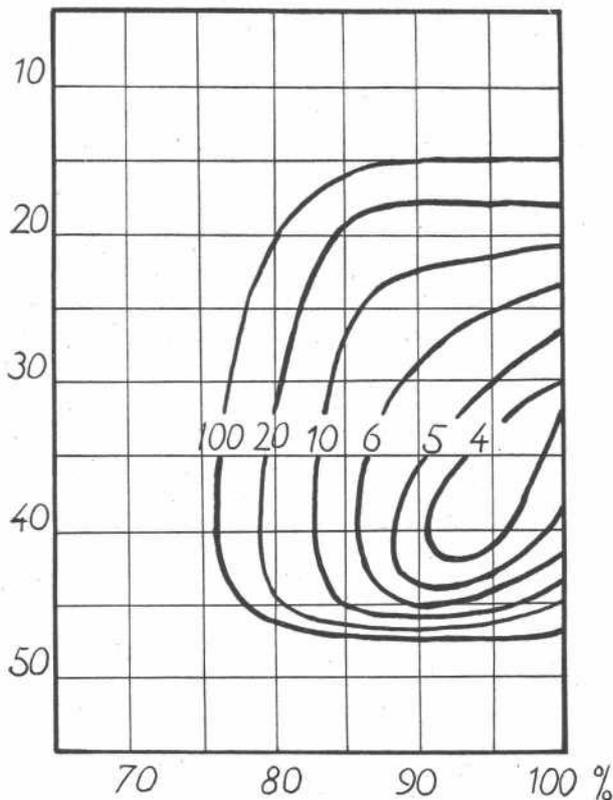
Les spores constituent une phase de repos et de résistance de la vie du Champignon. Lorsqu'elles entrent en germination c'est la vie active qui commence. Un Champignon sous forme de spores est aussi

inoffensif que de la poussière inerte ; mais si la spore vient à germer, le développement du Champignon commence et, avec lui, son action destructive.

La germination des spores est sous la dépendance essentielle de facteurs physiques tels que la température et l'humidité. Les conditions optimum de germination varient avec chaque espèce. Il est possible de définir pour chaque Champignon le pourcentage de germination ou la vitesse d'entrée en germination des spores en fonction de la température et de l'humidité.

On détermine ainsi les températures dites cardinales de chaque espèce : température minimum et température maximum compatibles avec la germination des spores et température optimale qui la favorise. Dans la plupart des cas, la température minimum nécessaire à la germination est comprise entre 1 et 3°, la température maximum étant voisine de 30° ou 40°. L'optimum de germination s'observe le plus souvent entre 25 et 30°.

Une humidité élevée favorise en général la germination. Si l'humidité relative est inférieure à 70 %, les spores refusent de germer. Par contre, la germination est optimale lorsque l'humidité relative s'approche de la saturation. Viennot-Bourgin a déterminé qu'à une



température moyenne de 15° les premiers indices d'infection sont plus rapidement visibles à l'aide de spores sèches mises au contact de fruits disposés en atmosphère humide qu'avec des spores mises préalablement en suspension dans l'eau et déposées ensuite sur un fruit en atmosphère sèche.

Influence sur le développement des Champignons.

La spore qui germe donne naissance à un mycélium qui s'allonge et se ramifie, puisant sa nourriture dans le milieu où il se développe et c'est donc lui qui, détruisant les contenus cellulaires, est responsable de l'altération des fruits.

La vitesse de développement des pourritures dans un fruit est liée à la vitesse de croissance du mycélium. Celle-ci varie considérablement selon les Champignons.

Fawcett a comparé le développement des taches de moisissure bleue sur des oranges inoculées avec le *Penicillium italicum* et la croissance de ce Champignon sur un milieu à base de pomme de terre glucosée gélosée à diverses températures ; il a noté les diamètres suivants exprimés en millimètres :

TEMPÉRATURE	3°	8°	10°	14°	19°	24°	27°	30°	32°5
sur oranges									
4 jours ...	0	0	0	12	20	28	24	16	0
6 jours ...	0	11	12	28	43	44	41	21	0
sur milieu gélosé									
4 jours	—	—	11	21	24	28	26	12	—
6 jours	—	—	18	31	35	37	32	14	—

A une température inférieure à 5° la croissance de la plupart des Champignons est très réduite ou nulle. La vitesse de croissance atteint son maximum entre 20 et 30°. Le développement est totalement inhibé vers 40°.

FIG. 1. — Diagramme de vitesse de germination des spores d'*Aspergillus niger* dans des conditions variables de température et d'humidité. On voit que la température optimale de germination est proche de 30° lorsque l'humidité relative atteint 100 % tandis qu'elle est de 40° si l'humidité relative n'est que de 90 % (d'après Bonner, 1948).

En ordonnées : température en degrés centigrades.
 En abscisses : humidité relative.
 Dans les courbes : nombre d'heures nécessaires à la germination.

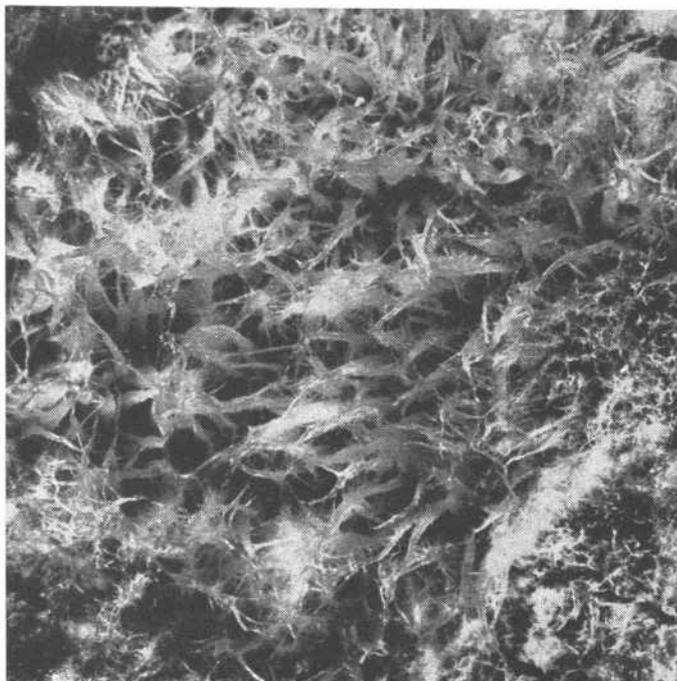


FIG. 2. — « Pourriture amère » sur orange due à *Oospora citri-aurantii*.
(Photo R. Haccard.)

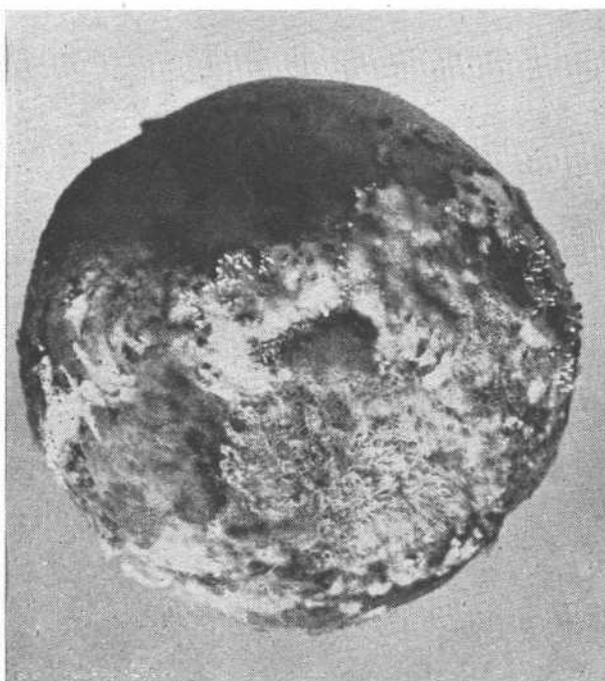


FIG. 3. — Détail de la surface d'une orange atteinte de pourriture amère.
(Photo R. Haccard.)

Influence sur la sporulation des Champignons.

La formation des spores sur le mycélium est une étape importante de la vie des Champignons. Du nombre de spores formées et de leur vitesse de formation dépendent les possibilités de pullulation des moisissures. Là encore le rôle de la température est important.

Par exemple chez l'*Aspergillus repens*, Klebs a déterminé que :

- à 8° les spores se forment après 14 jours,
- à 10° elles se forment après 11 jours,
- à 15° elles se forment après 5 jours,
- à 25° il suffit d'un jour,
- à 35° 2 jours sont nécessaires.

La quantité de spores formées dépend aussi de la température.

Conditions optimum d'entreposage.

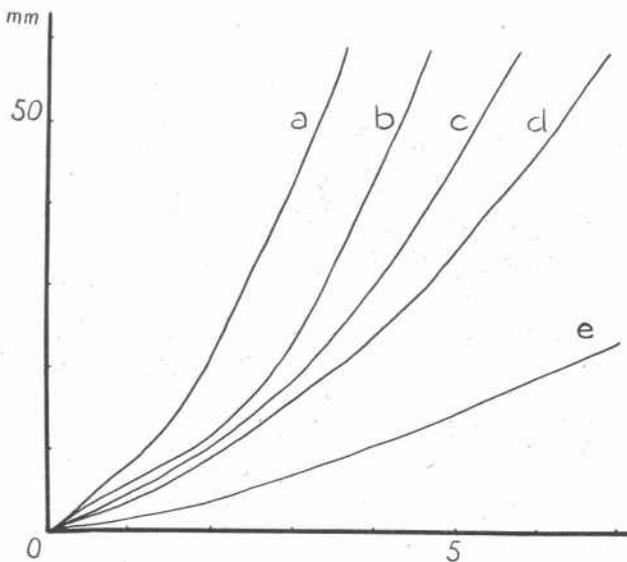
De ces données, on peut tirer des conséquences sur les conditions optimum d'entreposage. L'utilisation de températures très basses limiterait certes le développement des moisissures mais risquerait de provoquer le gel des fruits ; l'abaissement du degré hygrométrique inhiberait la germination des spores de certains

Champignons mais la turgescence des fruits en souffrirait. Il s'agit donc d'établir un équilibre en recherchant les conditions physiques convenant à la fois le mieux aux fruits et le moins bien à leurs agents d'altération.

Il est assez facile d'obtenir une température assez basse pour inhiber le développement des altérations sans léser physiologiquement le fruit. Il convient cependant de déterminer pour chaque variété de fruit la température la plus basse à laquelle on puisse descendre sans risque de troubles tels que les brûlures, décompositions internes, cœur brun, etc.

Dans une expérience qui a porté sur près de 7 000 oranges Vernas, nous avons par exemple constaté que, au bout d'un mois de stockage, 2,7 % des fruits étaient altérés dans une galerie à 11°, 1,9 % dans une chambre de conditionnement à 8-9° tandis que 0,2 % seulement présentaient des pourritures dans une chambre froide à 3° ; au bout de deux mois d'entreposage, des proportions semblables se retrouvaient : on constatait respectivement 4,6, 4 et 2,3 % d'altérations.

Le degré hygrométrique d'un entrepôt doit être réglé pour être suffisant pour empêcher les fruits de se faner mais il doit être assez bas pour éviter le développement des moisissures. Tomkins a montré par exemple qu'en 3 semaines d'entreposage, tandis que



50 % des oranges sont altérées en présence d'air saturé d'humidité, 28 % seulement présentent des

Fig. 4. — Croissance de quelques Champignons, agents de pourriture de fruits, à 25° sur milieu de Maltea gélosé.

En ordonnées : diamètre des colonies.

En abscisses : nombre de jours.

a = *Gloeosporium musarum* d = *Trichobecium roseum*
 b = *Alternaria tenuis* e = *Penicillium digitatum*
 c = *Botrytis cinerea*

pourritures dans une atmosphère à 70 % d'humidité relative. Pour compenser l'abaissement du degré hygrométrique, on aura intérêt à réduire, toutes les fois que cela est possible, les pertes en eau des fruits par l'em-papillotage ou un traitement chimique convenable (complexes organo-boriques par exemple) afin de pouvoir abaisser le degré hygrométrique.

La ventilation des entrepôts constitue un point très important : elle réduit le taux d'humidité et, d'autre part, il est reconnu que les Champignons se développent mieux en atmosphère confinée que dans un milieu très aéré. Elle devra donc être soigneusement contrôlée.

CONDITIONS BIOLOGIQUES D'ENTREPOSAGE

Un entrepôt ou tout lieu de stockage de fruits constitue un milieu biologique : dans l'atmosphère et sur les parois pullulent en effet des micro-organismes variés. Parmi eux, les Champignons tiennent une grande place, principalement sous forme de leurs spores. Dès que rentre en un lieu quelconque un lot de fruits contaminés, même légèrement, il devient la source d'une pullulation d'agents de pourriture. L'entrepôt risque donc de devenir rapidement un foyer de contamination au lieu d'être un lieu de conservation.

Dissémination des spores.

On distingue deux catégories de spores : les xérospores et les myxospores.

Les *xérospores* sont des spores « sèches », poudreuses ; le moindre courant d'air les disperse. Dans un entrepôt d'oranges très altérées par des *Penicillium*, par exemple, il n'est pas rare d'observer de véritables petits nuages de poussière constitués par ces spores au moindre mouvement d'une caisse.

Les *myxospores* sont, par contre, des spores « humides », engluées dans un mucilage. Leur dispersion par le vent est beaucoup plus difficile. Les amas glaireux rouge orangé du *Gloeosporium* de la banane

en sont un exemple. De telles spores sont peu fréquentes dans l'atmosphère des entrepôts.

Les Champignons des fruits émettent un nombre de spores considérables. Une simple colonie de *Penicillium* à la surface d'une pomme peut former plusieurs millions de spores en une journée. Grâce aux remarquables possibilités de dissémination de ces moisissures, un fruit altéré constitue donc très rapidement une source de pollution de l'atmosphère.

Mise en évidence de la pollution de l'atmosphère.

Il est possible de se rendre compte si l'atmosphère d'un entrepôt, d'une cale de bateau ou d'un wagon, est polluée par un moyen bien simple.

Nous ouvrons pendant une dizaine de minutes des boîtes de Pétri renfermant un milieu de culture gélosé (nous utilisons généralement un milieu à base de Maltea Moser à 1 %) dans le local à examiner. Les spores de Champignons en suspension dans l'atmosphère tombent à la surface du milieu nutritif. Les boîtes sont ensuite placées en étuve à 25°. Les spores germent, formant des colonies mycéliennes. Il suffit, quelques jours plus tard, de compter le nombre de colonies observées de chaque espèce de Champignon et de déterminer ceux-ci pour connaître la pollution de l'entrepôt, savoir

si les Champignons présents sont dangereux pour les fruits entreposés, se rendre compte de la nécessité d'une désinfection ou contrôler l'efficacité de celle-ci.

Influence de la température sur la pollution de l'atmosphère.

Depuis plus de 6 ans, nous évaluons régulièrement la pollution de l'atmosphère d'un entrepôt de la région parisienne (centrale fruitière, d'Issy-les-Moulineaux). Cet entrepôt comportant des galeries à 11°, des chambres de conditionnement à 8-9°, 5° et des chambres froides à 2-3°, il nous est facile de comparer les résultats moyens dans ces diverses conditions. Le tableau suivant est relatif à 40 mesures effectuées au cours de l'année 1956 : il indique le nombre de colonies observées pour chacun des Champignons mentionnés.

- A = galeries à 11°
- B = chambres de conditionnement à 8-9°
- C = chambres de conditionnement à 5°
- D = chambres froides à 2-3°

CHAMPIGNONS	A	B	C	D
<i>Mucor sp.</i>	2	—	—	1
<i>Rhizopus nigricans</i>	24	1	—	2
<i>Alternaria tenuis</i>	1	—	3	—
<i>Aspergillus flavus</i>	1	1	—	—
<i>Aspergillus niger</i>	1	—	—	—
<i>Botrytis cinerea</i>	3	1	5	2
<i>Cladosporium herbarum</i>	7	1	—	1
<i>Fusarium roseum</i>	1	—	—	—
<i>Margarinomyces sp.</i>	—	—	7	—
<i>Oospora citri-aurantii</i>	3	—	1	—
<i>Penicillium divers</i>	9 117	1 230	119	52
<i>Scopulariopsis sp.</i>	—	—	1	—
<i>Stysanus stemonites</i>	—	—	3	—
<i>Trichoderma viride</i>	—	—	—	2
<i>Trichothecium roseum</i>	2	—	—	—
<i>Verticillium lateritium</i>	—	—	—	1
Total des colonies.....	9 162	1 234	139	61

Sans doute de nombreux facteurs interviennent-ils : état sanitaire des lots entreposés, fréquence des désinfections, volume des locaux, etc. ; ces chiffres n'en sont pas moins démonstratifs : en chambre froide, la pollution de l'atmosphère est bien moins grande que dans les chambres à des températures plus élevées ; par conséquent, les risques de contamination sont moins nombreux et la conservation des fruits est meilleure.

Désinfection des entrepôts.

Pour être faciles à désinfecter, les chambres des entrepôts ne doivent pas être de trop grande taille ; le sol sera autant que possible dur (ciment, asphalte), les parois lisses.

Dans beaucoup d'entrepôts on se contente de badigeonner régulièrement du lait de chaux sur les murs. Si cette pratique donne un aspect « propre » à l'établissement, elle n'est guère efficace pour la destruction des agents de pourriture.

Nous avons préconisé la nébulisation de produits fongicides. De tels brouillards, s'ils sont faits avec régularité, dès qu'un lot de fruits quitte l'entrepôt par exemple ou dès qu'un bateau a déchargé sa marchandise, sont très efficaces. La durée de l'opération est très courte, la main d'œuvre très réduite. Nous avons utilisé de petits appareils, type Swingfog, et deux produits chimiques nous ont donné de bons résultats :

le bromure de lauryl-diméthyl-carbétoxyméthyl-ammonium en solution dans l'eau à 5 % de produit du commerce (Cequartyl BI), soit 0,5 % de produit concentré, à raison de 5 cm³ nébulisés par mètre cube d'atmosphère,

un complexe organo-borique (albotène E) en solution dans l'eau à 80 % de produit concentré, à raison de 0,25 cm³ nébulisés par mètre cube d'atmosphère.

Les résultats obtenus sont sensiblement identiques, comme l'indique le tableau ci-après ; les prix de revient sont voisins. Il nous semble prudent de signaler l'effet

Nombre de colonies fongiques recueillies en boîtes de Pétri sur milieu de Maltea, ouvertes pendant 10 minutes.

	CEQUARTYL		ALBOTÈNE	
	avant désinfection	après désinfection	avant désinfection	après désinfection
Mucorales....	3	1	1	—
<i>Penicillium</i> ...	92	8	74	10
<i>Botrytis</i>	—	1	1	—
<i>Cladosporium</i> ...	2	1	1	—
<i>Fusarium</i>	—	1	—	—
Levures.....	1	1	—	—
Total.....	98	13	77	10

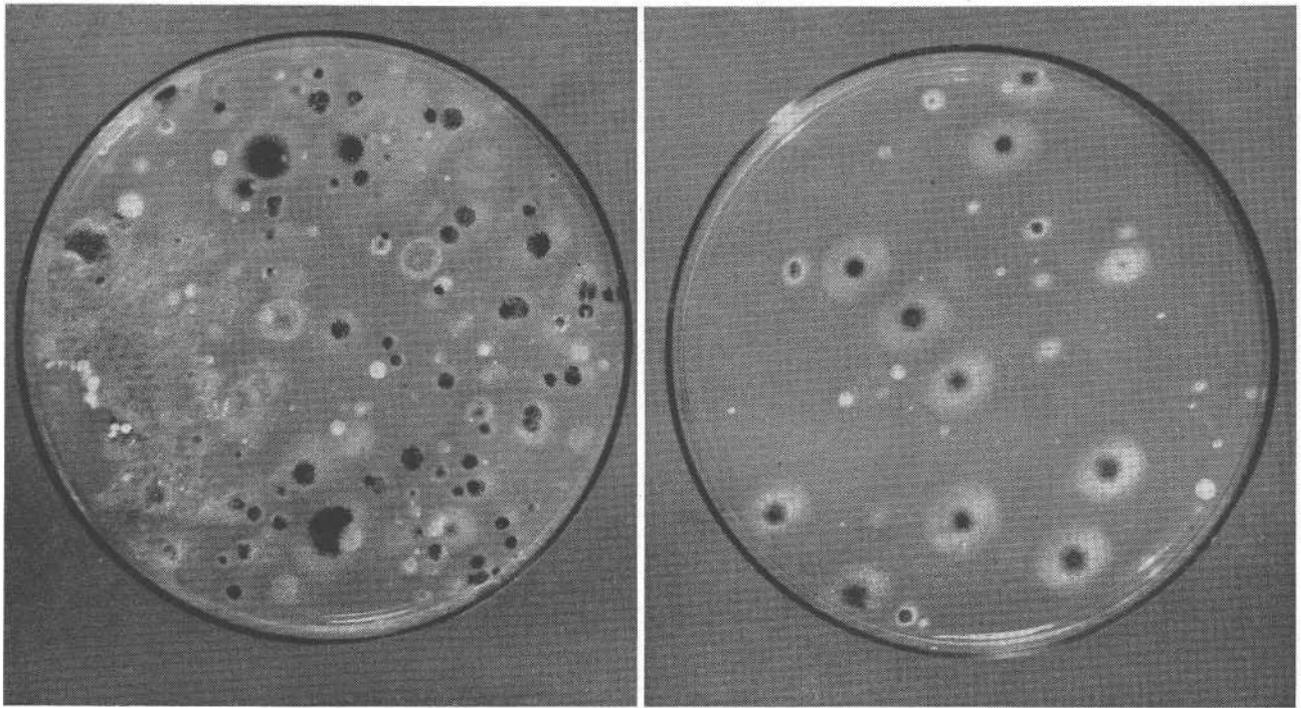


FIG. 5 et 6. — Boîtes de Pétri ouvertes 10 minutes dans un entrepôt.

A gauche : avant désinfection. Noter l'abondance des colonies de *Penicillium* et un *Trichoderma* ;
A droite : trois jours après désinfection par brouillard d'un sel d'ammonium quaternaire, boîte ouverte au même emplacement que celle de gauche. (Photos R. Haccard.)

irritant et corrosif des brouillards de sels d'ammonium quaternaires sur les muqueuses, ce qui rend le port du masque indispensable pour l'utilisateur.

Mesures générales à adopter.

L'utilisation de conditions physiques d'entreposage optimales et la désinfection régulière de l'atmosphère n'empêchent pas d'instaurer dans tout entrepôt une série de mesures d'hygiène indispensables à une bonne conservation des fruits.

Une salle de tri sera organisée avant l'entrée de l'entrepôt proprement dit et les manipulations de fruits ne doivent avoir lieu que dans cette salle qui sera désinfectée fréquemment (par brouillard fongicide ou, si la salle est de petite taille, par des lampes germicides). Les lots de fruits seront soigneusement examinés à l'arrivée et tout fruit altéré ou blessé sera impitoyablement rejeté. Les fruits ainsi éliminés ne devront pas demeurer dans l'entrepôt mais seront évacués dès que possible ; en aucun cas ils ne seront laissés au voisinage de fruits sains.

C'est auprès de cette salle de tri que pourront être effectuées les opérations de lavage ou traitement des fruits ainsi que l'emballage.

Les caisses utilisées seront neuves ou, si on désire utiliser plusieurs fois les mêmes caisses, elle devront subir un traitement fongicide préalable (immersion dans du pentachlorophénol en solution dans l'huile par exemple) : le moindre débris de fruit pourri collé au bois et même quelques Champignons se développant sur le bois lui-même peuvent être à l'origine de contaminations de fruits entreposés.

Seule l'alliance de conditions physiques optimum d'entreposage et une hygiène biologique stricte permet une bonne conservation des fruits. Les entrepôts les mieux conditionnés ne peuvent supprimer les défauts inhérents à la nature du fruit. Les fruits destinés à la conservation doivent être soigneusement cueillis à point, prélevés sur des arbres ayant subi des traitements fongicides et insecticides réguliers et placés dans de bonnes conditions de développement.

BIBLIOGRAPHIE

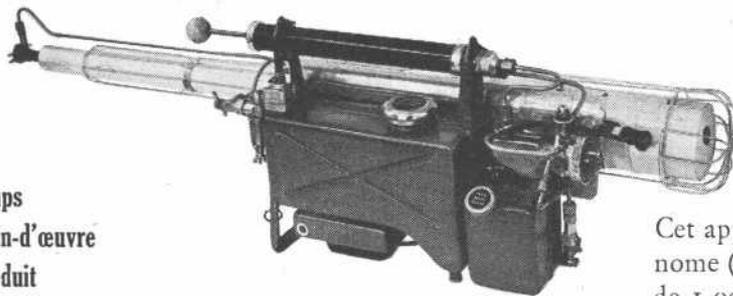
- BONNER (J. T.). — A study of the temperature and humidity requirements of *Aspergillus niger*. *Mycologia*, t. XL, p. 728-738, 1948.
- FAWCETT (H. S.). — Citrus diseases and their control. 2^e éd., 656 p., New York et Londres, 1936.
- MOREAU (C.). — Les Champignons de l'atmosphère des entrepôts de fruits. *Fruits*, t. VIII, fasc. 6, p. 255-259, 3 fig., juin 1953.
- Le problème de la protection des Agrumes dans les transports et en entrepôts. *Fruits*, t. IX, fasc. 2, p. 51-59, 9 fig., févr. 1954 et *Techniques d'emballage*, fasc. 14, p. 335, 336, 340, juil. août 1955, fasc. 17, p. 405, 406, déc. 1955.
- MOREAU (C.). — Pollution de l'atmosphère d'entrepôts de fruits et désinfection par brouillard fongicide. *La Mycothèque*, VI, 3^e supplément, p. 36-40, 5 fig., 1954.
- Les composés organiques du Bore (albotènes), leur intérêt dans le traitement des agrumes en entrepôt. *Fruits*, t. XI, fasc. 9, p. 375-379, 1956.
- TOMKINS (R. G.). — The rotting of oranges by green mould. *Rep. Dir. Food Investigation*, 1938.
- VIENNOT-BOURGIN (G.). — A propos des pourritures des Agrumes. *Fruits d'Outre-Mer*, t. I, fasc. 6, p. 1-4, févr. 1946.

LE GÉNÉRATEUR D'AÉROSOLS

SWINGFOG

permet la **DÉSINSECTISATION**
la **DÉSINFECTION** des grands locaux

dans les
meilleures conditions
d'**EFFICACITÉ**
de **RAPIDITÉ**
et d'**ÉCONOMIE** de temps
de main-d'œuvre
de produit



Cet appareil portatif et autonome (11 kgs) traite un local de 1.000 m³ en cinq minutes

AMAC (INSECTICIDES TUPIC)

24, AVENUE DE L'OPÉRA — PARIS (1^{er})