

LES CHAMPIGNONS DE L'ATMOSPHÈRE DES ENTREPOTS DE FRUITS

par **Claude MOREAU**

DOCTEUR ÈS SCIENCES,
OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE OUTRE-MER
LABORATOIRE DE CRYPTOLOGIE,
MUSÉUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE.

Le développement des pourritures est un des obstacles importants à une longue conservation des fruits en entrepôt. Tout doit être mis en œuvre pour lutter contre les agents de pourriture : introduction de fruits triés, sains ; conditions de conservation (température, degré hygrométrique) rigoureusement contrôlées ; désinfection superficielle des fruits par trempage ou pulvérisation dans un fongicide et empapillotage dans un papier imprégné : telles sont les mesures essentielles qui permettent une réduction notable des pertes.

Parmi les nombreuses sources possibles de contamination, l'atmosphère des entrepôts n'est pas négligeable. C'est ce que tend à prouver le présent article : outre une mise en évidence précise des agents de pourriture, il apporte quelques solutions heureuses à ce problème auquel les entrepositaires ne manqueront pas de porter de l'intérêt.

La dissémination des spores de champignons par le vent est un phénomène bien connu. De très nombreux champignons sont anémochores ; c'est notamment le cas de parasites des plantes et on sait que la présence de spores de champignons pathogènes dans l'air constitue souvent une importante source de contamination pour les végétaux. De même, l'atmosphère des entrepôts de fruits est souvent un foyer actif où pullulent les spores des agents de pourriture : le moindre courant d'air permet aux spores présentes sur les fruits pourris d'être entraînées dans l'atmosphère. Grâce à leur petite taille, elles ne retombent que très lentement en atmosphère calme et, se déposant sur un fruit sain, elles peuvent germer, puis le plus souvent à la faveur d'une lésion, le champignon pénètre dans le fruit.

Depuis plusieurs années, nous poursuivons des recherches pour d'une part établir l'inventaire des champignons présents dans l'atmosphère d'un entrepôt de fruits et d'autre part effectuer des essais de fongicides afin d'éliminer, autant que possible, ces sources latentes de contamination.

Mise en évidence des champignons.

Il est possible de se rendre compte si l'atmosphère d'un entrepôt est polluée par un moyen bien simple :

Des boîtes de Petri renfermant un milieu de culture gélosé (nous utilisons généralement un milieu à base de Maltea Moser) sont ouvertes pendant un temps donné (10 minutes par exemple) dans l'entrepôt à examiner. Les spores de champignons, en suspension dans l'atmosphère, tombent à la surface du milieu nutritif et, les boîtes étant ensuite placées au laboratoire en étuve à 25°, y germent formant une colonie mycélienne. Il suffit donc, quelques jours après, de compter le nombre de colonies observées de chaque espèce de champignons et de déterminer ceux-ci pour savoir si l'atmosphère de l'entrepôt est très polluée et si les champignons présents sont des pathogènes susceptibles de contaminer des fruits sains.

Au cours de ces opérations il faut, évidemment, tenir compte de certaines données qui peuvent modifier les conditions d'expériences : courant d'air, etc.

Les principaux champignons rencontrés.

Les entrepôts ayant servi à nos expériences stockent surtout des pommes, secondairement des agrumes et accessoirement des tomates et pommes de terre. Le tableau n° 1 indique la fréquence des champignons que nous avons recueillis dans cent boîtes de Pétri, placées deux par deux, en des points variés des entrepôts au cours des années 1950, 1951, 1952 et 1953.

Parmi les agents de pourriture de ces divers fruits et tubercules, ceux dont les spores se répandent le plus facilement dans l'atmosphère sont essentiellement les

Penicillium : sur cent boîtes de Pétri ouvertes 10 minutes, 76 ont présenté le *Penicillium expansum*, agent de pourriture des pommes ; nous avons dénombré 5.633 colonies de cette espèce.

Les *Penicillium digitatum* et *italicum*, responsables de la « moisissure verte » et de la « moisissure bleue » des agrumes, viennent ensuite : ils ont été respectivement trouvés dans 37 et 33 boîtes avec 383 et 311 colonies.

Le nombre élevé de spores de ces *Penicillium* présentes dans l'atmosphère tient à plusieurs raisons :

1. Les pommes ou agrumes entreposés possèdent assez souvent des pourritures dues à ces champignons ;

TABLEAU N° 1.

Nombre total de colonies et nombre de prélèvements où chaque champignon a été trouvé, dans 100 boîtes de Pétri.

<i>Mucor hiemalis</i>	7	4	<i>Gliocladium roseum</i>	3	2
<i>Mucor mucedo</i>	8	7	<i>Gloeosporium fructigenum</i> ..	1	1
<i>Mucor spinosus</i>	11	8	<i>Acremonium</i> sp.	3	3
<i>Rhizopus nigricans</i>	18	11	<i>Botrytis cinerea</i>	3	2
Levures.	35	11	<i>Verticillium lateritium</i>	3	1
<i>Aspergillus niger</i>	23	10	<i>Cephalosporium</i> sp.	2	2
<i>Penicillium crustaceum</i>	2	1	<i>Trichoderma viride</i>	13	8
<i>Penicillium</i> du gr. <i>chrysogenum</i>	76	21	<i>Thielaviopsis paradoxa</i>	24	4
<i>Penicillium cyaneo-fulvum</i>	27	4	<i>Pullularia pullulans</i>	2	2
<i>Penicillium digitatum</i>	383	37	<i>Cladosporium herbarum</i>	71	30
<i>Penicillium expansum</i>	5.633	76	<i>Alternaria solani</i>	2	2
<i>Penicillium funiculosum</i>	22	4	<i>Alternaria tenuis</i>	3	3
<i>Penicillium italicum</i>	311	33	<i>Stemphylium botryosum</i>	2	2
<i>Penicillium</i> sp.	279	41	<i>Fusarium roseum</i>	2	2
			<i>Stysanus stemonites</i>	6	6

2. les spores des *Penicillium* sont des spores « sèches », des xéropores, dont les amas poudreux sont facilement dispersables par le moindre vent.

Les champignons à myxospores (spores « humides », engluées dans un mucilage) ne se rencontrent que rarement dans l'atmosphère : nous n'avons recueilli que trois colonies de *Gliocladium roseum*, une colonie de *Gloeosporium fructigenum* (malgré une assez grande fréquence de ce champignon sur les pommes entreposées), deux colonies de *Cephalosporium* sp. Certaines espèces, telles que *Phomopsis citri*, qui, à certaines époques, abondaient sur les oranges entreposées, ne sont jamais apparues dans nos prises d'air.

La présence de *Thielaviopsis paradoxa*, observé dans 4 boîtes de Pétri, est due vraisemblablement à la présence de petites quantités d'ananas qui ont été stockés dans les entrepôts.

La plupart des autres champignons de l'atmosphère des entrepôts n'interviennent que secondairement dans les pourritures de fruits ou ne sont que de simples saprophytes.

Verticillium lateritium et *Fusarium roseum* étaient en relation avec un stockage récent de pommes de terre, *Alternaria solani*, avec quelques cageots de tomates.

Influence des conditions de stockage sur les champignons de l'atmosphère.

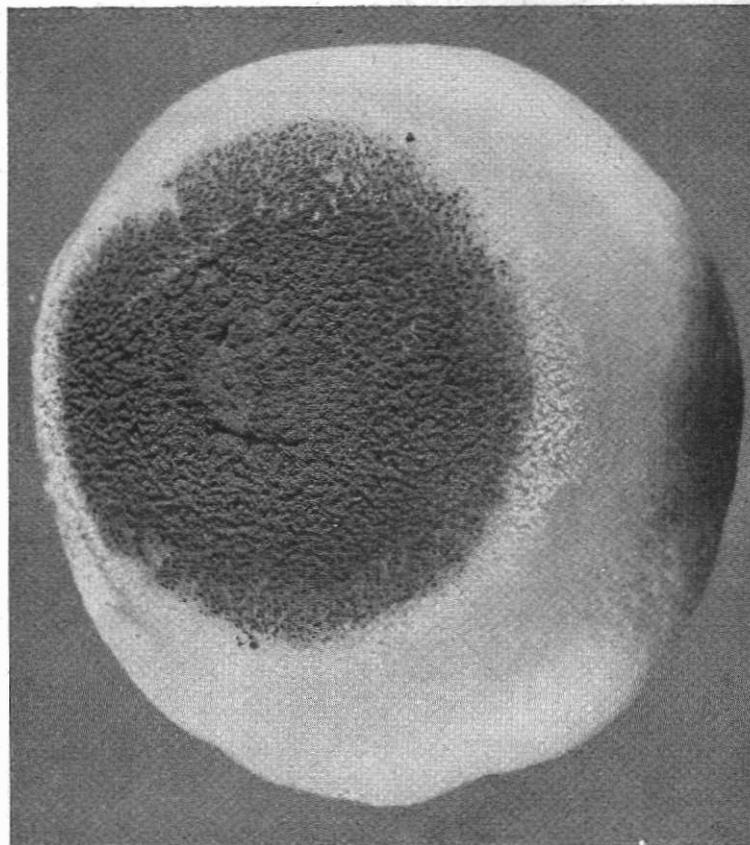
Les entrepôts dans lesquels ces expériences ont été conduites possèdent trois séries de chambres de conditionnement : les unes à 11°, d'autres à 8-9°, d'autres, frigorifiques, à 3-4°. A titre d'exemple nous avons comparé le nombre de colonies fongiques présentes dans ces diverses chambres en novembre 1952 et janvier

FIG. 1. — *Penicillium italicum* sur orange (moisissure bleue).
(Photo R. Haccard, coll. Muséum, Paris.)

TABLEAU N° 2.

Comparaison du nombre moyen de colonies
dans diverses chambres des entrepôts.

	CHAMBRE à 11°	CHAMBRE à 8-9°	CHAMBRE à 3-4°
<i>Mucor hiemalis</i>	1	....	....
<i>Mucor mucedo</i>	1	1	....
<i>Mucor spinosus</i> .....	....	1	....
<i>Penicillium digitatum</i> ..	4	3	1
<i>Penicillium expansum</i> ..	70	6	3
<i>Penicillium italicum</i> ...	3	2	3
<i>Penicillium</i> sp.	120	18	13
<i>Trichoderma viride</i> ....	....	1	....
<i>Pullularia pullulans</i> ...	1	1	....
<i>Cladosporium herbarum</i> ..	3	3	3
Total des colonies ...	203	36	23



1953, à une époque où les stockages étaient sensiblement identiques dans chacune des chambres (voir tableau n° 2) (les nombres indiquent la moyenne du nombre de colonies présentes dans une boîte de Pétri, l'expérience ayant porté sur 10 boîtes).

Une telle comparaison reflète l'état de conservation des fruits entreposés : c'est en chambre frigorifique (3-4°) que les fruits pourrissent le moins, c'est dans ces conditions que l'atmosphère est la moins polluée. Dans l'ensemble, la pollution dans les chambres à 8-9° est à peine plus élevée que dans la chambre frigorifique ; elle est par contre beaucoup plus importante dès que la température s'élève.

Lutte contre les champignons de l'atmosphère.

Parmi les nombreux fongicides susceptibles d'être utilisés pour détruire les spores ou inhiber leur germination, on ne peut retenir que des produits peu coûteux, d'un emploi facile, sans action toxique sur les

FIG. 2. — *Penicillium italicum* sur orange. — Début d'attaque.
Noter la zone vitreuse qui entoure le gazon de fructification.
(Photo R. Haccard, coll. Muséum, Paris.)

FIG. 3. — *Penicillium digitatum* sur orange (moisissure verte).
(Photo R. Haccard, coll. Muséum, Paris.)

fruits, facilement éliminés par ventilation. Étant donné le volume considérable des entrepôts (plusieurs dizaines de milliers de m³), l'utilisation régulière d'un fongicide gazeux tel que l'oxyde d'éthylène serait trop onéreuse. Plusieurs essais ont été satisfaisants :

a. *Pulvérisation de lait de chaux.*

Nous avons effectué des mesures de degré de pollution de plusieurs galeries après un entreposage de fruits, puis quelques jours après une pulvérisation de lait de chaux à 3 %. La pulvérisation a pour effet de rabattre les spores sur les parois et sur le sol où la chaux agit malgré son faible pouvoir fongicide (voir tableau n° 3).

Ce tableau montre qu'une simple pulvérisation de lait de chaux possède une certaine efficacité pour réduire le degré de pollution de l'atmosphère. Le *Penicillium digitatum* paraît particulièrement sensible à son action (50 colonies avant pulvérisation, 3 après).

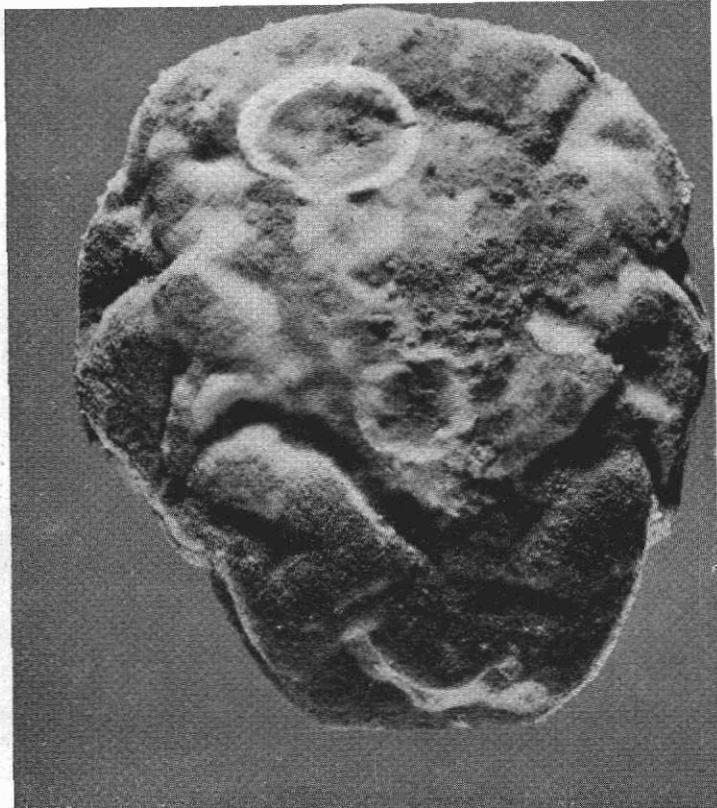
TABLEAU N° 3.

Nombre moyen de colonies par boîte de Pétri avant et après pulvérisation de lait de chaux (10 prélèvements faits dans chaque cas).

	AVANT PULVÉRI- SATION	APRÈS PULVÉRI- SATION
<i>Rhizopus nigricans</i>	I	I
<i>Penicillium chrysogenum</i> . . .	3	....
<i>Penicillium digitatum</i>	50	3
<i>Penicillium expansum</i>	85	28
<i>Penicillium italicum</i>	35	9
<i>Penicillium</i> sp.	9	7
Levures.	2	2
<i>Acremonium</i> sp.	I	I
<i>Thielaviopsis paradoxa</i>	I	....
<i>Cladosporium herbarum</i> . . .	4	I
<i>Alternaria solani</i>	I	I
Total des colonies	192	53

b. *Pulvérisation d'un sel d'Ammonium quaternaire*
(Cequartil BI).

Selon le même processus que pour le lait de chaux nous avons effectué des mesures de degré de pollution



de deux galeries d'entrepôt avant et après une pulvérisation d'un sel d'ammonium quaternaire en solution à 5 %. Le tableau n° 4 donne les résultats de ces mesures.

TABLEAU N° 4.

Nombre moyen de colonies par boîte de Pétri avant et après pulvérisation d'un sel d'Ammonium quaternaire (8 prélèvements faits dans chaque cas).

	AVANT PULVÉRI- SATION	APRÈS PULVÉRI- SATION
<i>Mucor mucedo</i>	I	I
<i>Penicillium chrysogenum</i>	4	3
<i>Penicillium digitatum</i>	II	2
<i>Penicillium expansum</i>	545	63
Levures.	8	3
<i>Cladosporium herbarum</i> . . .	I	I
Total des colonies.....	570	73

Une telle pulvérisation donne donc de meilleurs résultats qu'une pulvérisation de lait de chaux. Elle offre l'inconvénient d'être assez onéreuse.

c. *Nébulisation d'un sel d'Ammonium quaternaire*
(Cequartyl BI).

Les essais n'ont jusqu'alors été faits que dans une seule chambre de conditionnement (de 6.000 m³ environ). Un brouillard est envoyé dans cette chambre à l'aide d'un appareil à nébulisation ; 1,5 litre de produit à 10 % dans 30 litres d'eau a été utilisé pour cet essai, soit environ 3×10^{-6} litres de produit pur par m³ d'entrepôt.

Le tableau n° 5 donne les résultats de la mesure du degré de pollution avant et après nébulisation de sel d'Ammonium quaternaire (16 prélèvements faits dans chaque cas en divers points de la chambre de conditionnement).

Une telle nébulisation est donc particulièrement efficace. Grâce à l'appareil à nébulisation, cette opération

TABLEAU N° 5.

Nombre moyen de colonies par boîte de Pétri avant et après nébulisation d'un sel d'Ammonium quaternaire.

	AVANT NÉBULI- SATION	APRÈS NÉBULI- SATION
<i>Mucor spinosus</i>	1	....
<i>Rhizopus nigricans</i> ..	2	1
<i>Penicillium chrysogenum</i> ..	10	1
<i>Penicillium digitatum</i>	4	1
<i>Penicillium expansum</i>	75	5
<i>Penicillium</i> sp.	3	1
Levures.	1	1
<i>Botrytis cinerea</i> .....	....	1
<i>Cladosporium herbarum</i> ..	2	1
<i>Fusarium roseum</i> .....	....	1
Total des colonies	98	13

est faite très rapidement et ne nécessite aucune main-d'œuvre. La quantité de produit actif utilisée est minime ; la désinfection est donc peu coûteuse.

Conclusions.

Il est relativement aisé de mettre en évidence le « degré de pollution » de l'atmosphère d'un entrepôt de fruits, ce qui permet de savoir s'il est nécessaire ou non d'effectuer une désinfection des locaux avant un nouvel entreposage.

Parmi les champignons les plus fréquemment rencontrés dans l'atmosphère des entrepôts de fruits figurent essentiellement trois *Penicillium* : *P. expansum*, agent de pourriture des pommes, *P. digitatum* et *P. italicum*, « moisissures verte et bleue » des agrumes.

Pour des entreposages de fruits au même état de conservation : l'atmosphère des entrepôts frigorifiques est moins rapidement contaminée que celle des entrepôts à 11°. Les chambres de conditionnement à 8-9°, où la conservation des fruits est particulièrement bonne, ont une atmosphère à peine plus polluée que les frigorifiques.

Une désinfection par pulvérisation de lait de chaux permet une diminution du degré de pollution de l'atmosphère ; l'utilisation d'un sel d'Ammonium quaternaire fongicide est cependant plus efficace, notamment par nébulisation, opération rapide et peu onéreuse.

Il serait souhaitable de généraliser la pratique de la désinfection de l'atmosphère dans tous les entrepôts de fruits, wagons, cales de bateaux, etc., après chaque entreposage, afin de supprimer une source importante de contamination des fruits sains du lot suivant (1).

(1) Nous remercions particulièrement MM. Gombert, Bertaux, Carlier, Passedouet et de Beaumont qui nous ont permis de mener à bien les essais qui ont fait l'objet de cette publication.

