

NOUVEAUX ESSAIS DE LUTTE CONTRE LES POURRITURES DES AGRUMES

A. VANDERWEYEN et A. LEDERGERBER

I. Introduction

Au début de l'année 1966, deux expériences ont été effectuées dans le cadre de nos recherches sur la protection des fruits, contre les moisissures, pendant le transport. Les résultats de nos travaux précédents ont paru dans la revue *Al Awamia* (1, 2, 3, 4).

Dans le premier essai, nous nous sommes proposé de définir les meilleures conditions d'emploi du 2-aminobutane, et de le comparer à un complexe iodé désinfectant que nous n'avions pu étudier de manière approfondie dans les expériences précédentes (4). Comme toujours, l'orthophénylphénol a été utilisé en tant que témoin. On a également étudié la stabilité de différentes formulations de 2-amino-butane.

Le deuxième essai a essentiellement été consacré, pour la première fois au Maroc, à l'étude des possibilités d'utilisation du thia-bendazole contre les pourritures des fruits. Avant cette expérience, il n'existait pas encore de littérature à ce sujet, mais nous avons pu avoir connaissance des rapports de divers laboratoires européens, qui ont commencé la même étude, à petite échelle. Pendant la rédaction

du présent article, nous avons eu communication de deux notes (7, 8) fournissant des résultats de récents travaux américains. Il en sera tenu compte dans ce texte.

II. Premier essai

A. Matériel d'étude

1. Fruits

La Station Expérimentale de l'INRA, à Marrakech, nous a fourni, en janvier 1966, des oranges Hamlin, dont l'analyse figure au tableau 1. Pour chacun des traitements ci-après décrits, 120 fruits ont été utilisés, dont 10 pour le test Benloch, 10 pour l'étude de phytotoxicité et 100 pour l'essai de conservation proprement dit, sans inoculation.

Avant traitement, ces oranges ont été conservées dans un local à la température de 18°C, et après les trempages, dans différentes chambres, à la température de 23°C, afin de favoriser l'évolution des pourritures.

2. Produits

Comme traitement de référence, on a utilisé une solution à 5 % d'une formulation commerciale d'orthophénylphénate de sodium, correspondant à une concentration, dans le bain, de 1,3 % de matière active, exprimée en orthophénylphénol.

Le 2-aminobutane a été appliqué aux concentrations de 0,5, 1 et 2 % de matière active, additionnée ou non de tripolyphosphate de soude à raison de 10 g/litre.

Pour préparer les bains, on a fait usage d'une solution de sulfate de 2-aminobutane contenant 10 % en poids de 2-aminobutane pur et, dans la solution prête à l'emploi, on a ajouté 1,2 g/litre d'éthylène diamine tétra-acétate de sodium (EDTA).

Avec certains lots de fruits, on a étudié également la succession de deux traitements : orthophénylphénol et 2-aminobutane.

Un complexe iodé, déjà décrit (4), contenant 1,75 % d'iode, a été utilisé aux doses de 0,5 et 1 %. Des concentrations plus fortes rendraient le coût du traitement prohibitif.

Un simple trempage dans de l'eau de ville a servi de témoin.

TABLEAU 1

Analyse des fruits utilisés dans le premier essai

Date de cueillette 19.1.1966	Variété : Orange Hamlin	Provenance : Station Expérimentale de Marrakech
Date d'analyse 21.1.1966		

FRUITS

Nombre de fruits examinés :	40
Poids des fruits examinés :	6,450 kg
Poids moyen d'un fruit :	161,25 g
Couleur de l'épiderme :	orange
Couleur de la chair :	orange
Rendement en jus tamisé :	2,815 kg - 43,64 %
Nombre de pépins par fruit :	1 à 4.

J U S

Couleur :	orange
Brix (réfractométrique) :	12,7
Sucres réducteurs (g/100 ml) :	4,94
Sucres totaux (g/100 ml) :	10,35
Acide citrique anhydre (g/l) :	9,72
Indice formol sur 10 ml :	2,1
pH :	3,5
Acide ascorbique (mg/100 ml) :	72,86
Huile essentielle (g/kg fruit) :	6,5

B. Réalisation de l'expérience

Les oranges ont subi tout d'abord un lavage à l'eau de ville. Elles ont été réparties ensuite en 18 lots de 120 fruits, correspondant aux 18 traitements décrits ci-dessous.

10 fruits de chaque lot ont subi l'inoculation artificielle selon la méthode du test Benlloch (5) au moyen d'une suspension de spores de *Penicillium digitatum* SACC. provenant d'une culture pure de nos laboratoires. Ces inoculations ont été réalisées le 26 janvier 1966.

TABLEAU 2

Traitements effectués

N ^{os}	Trempage de 4 minutes dans une solution de	% mat. active	pH	Rinçage eau de ville	Trempage de 2 minutes dans une solution de	% mat. active	pH	
1	orthophénylphénol	1,3	12,3	oui	—	—	—	
2	2-aminobutane	2	9,1	oui	—	—	—	
3	2-aminobutane	2	9,2	non	—	—	—	
4	2-aminobutane + tripolyphosphate	2	9,1	oui	—	—	—	
5	2-aminobutane + tripolyphosphate	2	9,1	non	—	—	—	
6	2-aminobutane	1	9,1	non	—	—	—	
7	2-aminobutane + tripolyphosphate	1	9,1	non	—	—	—	
8	2-aminobutane	0,5	9,1	non	—	—	—	
9	2-aminobutane + tripolyphosphate	0,5	9,0	non	—	—	—	
10	orthophénylphénol	1,3	12,3	non	2-aminobutane	1	9,2	
11	orthophénylphénol	1,3	12,3	non	2-aminobutane	0,5	9,3	
12	orthophénylphénol	1,3	12,3	oui	2-aminobutane	1	9,1	
13	orthophénylphénol	1,3	12,3	oui	2-aminobutane	0,5	9,1	
14	complexe iodé	0,5	2,6	oui	—	—	—	
15	complexe iodé	0,5	2,6	non	—	—	—	
16	complexe iodé	1	2,3	oui	—	—	—	
17	complexe iodé	1	2,2	non	—	—	—	
18	eau de ville	—	7,8	—	—	—	—	
19	pas de trempage	Fruits blessés et inoculés						
20	pas de trempage	fruits blessés non inoculés						pour le test Benlloch uniquement.
21	pas de trempage	fruits intacts						

Les trempages dans les solutions désinfectantes n'ont été effectués que le lendemain. Dans tous les cas on a utilisé 30 litres de solution, et on y a fait passer d'abord un lot de 110 fruits, puis les 10 fruits inoculés. Chaque trempage a duré 4 minutes. Le pH du bain, de même que la concentration en matière active, a été mesuré sur un échantillon prélevé pendant l'opération. Le lot de 110 oranges a été ultérieurement réparti en deux groupes, l'un de 100 fruits, destinés à l'essai de conservation, et l'autre de 10 fruits destinés à l'observation d'éventuels phénomènes de phytotoxicité, et qui ont servi également de témoins non blessés ni inoculés, pour le test Benlloch.

Chaque lot de fruits a été conservé dans un panier métallique préalablement désinfecté.

Les traitements sont résumés dans le tableau suivant. (Tableau 2).

Les traitements 19, 20 et 21 ne concernent chacun que 10 fruits. Il s'agit de témoins pour le test Benlloch.

Tous les trempages ont été réalisés dans des bains à la température de 20° C.

C. Résultats

1. Test Benlloch

Les résultats obtenus le 3 février 1966 et le 10 février 1966, rassemblés dans le tableau 3, sont à interpréter de la manière suivante : les cotations vont de 0 (les 10 fruits intacts) à 100 (les 10 fruits complètement pourris). Pour chaque orange, on a donné une note de 0 à 10, selon une échelle représentant l'étendue de la pourriture sur le fruit (5).

Dans les traitements 2 à 7, au 2-aminobutane, à 1 ou 2 %, avec ou sans tripolyphosphate et rincés ou non, on a constaté l'apparition d'une pourriture noire à *Aspergillus* sp. attaquant de un à trois fruits sur les dix de chaque lot. Ce fait n'a pas été remarqué dans les traitements à l'orthophénylphénol suivi de 2-aminobutane.

2. Phytotoxicité

Des dépôts blancs ont été remarqués sur les fruits ayant subi les traitements suivants :

- n° 5 — 2-aminobutane 2 % + tripolyphosphate
- n° 7 — 2-aminobutane 1 % + tripolyphosphate
- n° 9 — 2-aminobutane 0,5 % + tripolyphosphate

TABLEAU 3
Résultats du test Benloch

N°	PRODUIT	Une semaine après traitement	Deux semaine après traitement
1	orthophénylphénol rincé	18	36
2	2-aminobutane 2 % rincé	0	0
3	2-aminobutane 2 %	0	0
4	2-aminobutane 2 % + tripolyphosphate rincé	26	73
5	2-aminobutane 2 % + tripolyphosphate	0	0
6	2-aminobutane 1 %	0	8
7	2-aminobutane 1 % + tripolyphosphate	20	30
8	2-aminobutane 0,5 %	19	77
9	2-aminobutane 0,5 % + tripolyphosphate	9	49
10	orthophénylphénol + 2-aminobutane 1 %	0	0
11	orthophénylphénol + 2-aminobutane 0,5 %	0	0
12	orthophénylphénol rincé + 2-aminobutane 1 %	0	0
13	orthophénylphénol rincé + 2-aminobutane 0,5 %	0	0
14	complexe iodé 0,5 % rincé	99	100
15	complexe iodé 0,5 %	88	90
16	complexe iodé 1 % rincé	99	100
17	complexe iodé 1 %	95	100
18	témoin eau	98	100
19	témoin sec inoculé	99	100
20	témoin non inoculé	0	0
21	fruits non traités ni blessés	20	20

Ces dépôts blancs n'étaient pas en relation avec des brûlures.

Par contre, des lésions de l'écorce, sous forme de taches, de couleur marron à violacé, ont été observées, lors des relevés de pourriture, dans les traitements suivants :

n° 3 — 2-aminobutane 2 %

n° 5 — 2-aminobutane 2 % + tripolyphosphate

- n° 6 — 2-aminobutane 1 %
- n° 7 — 2-aminobutane 1 % + tripolyphosphate
- n° 8 — 2-aminobutane 0,5 %
- n° 9 — 2-aminobutane 0,5 % + tripolyphosphate
- n° 10 — orthophénylphénol + 2-aminobutane 1 %
- n° 11 — orthophénylphénol + 2-aminobutane 0,5 %
- n° 13 — orthophénylphénol rincé + 2-aminobutane 0,5 %
- n° 15 — complexe iodé 0,5 %.

3. Essai de conservation

Pour chaque traitement, 10 fruits ont été conservés à la température de 23°C et parmi eux, les fruits atteints de pourriture ont été enlevés aux dates suivantes : 3, 10 et 17 février 1966. Il s'agit ici de contaminations naturelles, par opposition aux inoculations artificielles du test Benloch. Les valeurs du tableau 4 représentent les nombres de fruits pourris retirés du panier lors de chaque relevé.

Les moisissures sont classées en

- verte = *Penicillium digitatum* SACC.
- bleue = *Penicillium italicum* WEHM.
- noire = *Aspergillus* spp.
- blanche = *Ospora citri-aurantii* (FERR.) SACC. & SYD.
- indéterminées.

Dans cet essai de conservation, des brûlures de l'écorce ont été observées sur les traitements :

- orthophénylphénol rincé,
- 2-aminobutane 2 % non rincé,
- 2-aminobutane 2 % non rincé + tripolyphosphate,
- 2-aminobutane 1 % non rincé,
- 2-aminobutane 1 % + tripolyphosphate non rincé,
- 2-aminobutane 0,5 % + tripolyphosphate non rincé,
- orthophénylphénol non rincé + 2-aminobutane 1 %,
- orthophénylphénol non rincé + 2-aminobutane 0,5 %,
- orthophénylphénol rincé + 2-aminobutane 1 %,
- complexe iodé 0,5 % non rincé.

TABLEAU 4

Résultats de l'essai de conservation

N°	Traitement	Nombre de fruits atteints de moisissures			TOTAL
		3.2.66	10.2.66	17.2.66	
1	2	3	4	5	6
1	orthophénylphénol	1 verte 1 bleue	5 vertes 2 bleues	2 vertes 2 bleues	13
2	2-aminobutane 2 % rincé	1 verte	4 vertes 2 bleues 1 noire	7 vertes	15
3	2-aminobutane 2 %	0	1 indéterminée	1 bleue	2
4	2-aminobutane 2 % + tripolyphosphate rincé	0	1 verte 2 bleues 1 noire	3 vertes 1 bleue	8
5	2-aminobutane 2 % + tripolyphosphate	1 noire	2 noires 1 indéterminée	1 verte 2 indéterminées	7
6	2-aminobutane 1 %	1 noire	1 indéterminée	0	2
7	2-aminobutane 1 % + tripolyphosphate	2 vertes 1 indéterminée sur brûlure	1 verte	1 bleue 5 indéterminées sur brûlures	10
8	2-aminobutane 0,5 %	1 verte	0	3 vertes	4
9	2-aminobutane 0,5 % + tripolyphosphate	1 bleue 1 blanche	2 vertes 1 bleue	1 verte 1 indéterminée	7
10	orthophénylphénol + 2-aminobutane 1 %	1 verte 1 indéterminée sur brûlure	1 verte	1 verte	4
11	orthophénylphénol + 2-aminobutane 0,5 %	3 vertes	1 bleue 1 indéterminée	1 verte	6
12	orthophénylphénol rincé + 2-aminobutane 1 %	0	0	0	0
13	orthophénylphénol rincé + 2-aminobutane 0,5 %	1 verte	0	2 vertes 1 brune	4
14	complexe iodé 0,5 % rincé	23 vertes	16 vertes 1 bleue	7 vertes 1 bleue	48
15	complexe iodé 0,5 %	5 vertes 2 bleues	16 vertes 4 bleues	10 vertes 5 bleues 1 indéterminée	43
16	complexe iodé 1 % rincé	19 vertes	21 vertes 1 bleue 1 indéterminée	14 vertes 3 bleues	59
17	complexe iodé 1 %	25 vertes	24 vertes 4 bleues	12 vertes 1 bleue	66
18	eau de ville	15 vertes 1 bleue	9 vertes 2 bleues	6 vertes 1 bleue	34

D. Essai de stabilité

La première série d'expériences, ci-dessus décrite, a été complétée par un essai de stabilité du 2-aminobutane. Des solutions de chlorure ou de sulfate de 2-aminobutane, avec ou sans tripolyphosphate de soude ou pyrophosphate tétrasodique (4), ont été préparées, et ajustées au moyen de soude normale (sauf dans les deux derniers traitements où le pH a été ajusté au moyen de 2-aminobutane pur), aux pH de 9,0, 9,5, 10,0 et 10,5. Les préparations, contenues en bechers de 800 ml, ont subi, pendant 16 h, une agitation continue au terme de laquelle on a vérifié la concentration et le pH. Les résultats figurent dans le tableau 5.

TABLEAU 5
Essai de stabilisation de solutions de 2-aminobutane

Produit de neutralisation	Produit tampon (1)	pH avant agitation	pH après agitation	2-AB avant agitation	2-AB après agitation	Pourcentage de perte en 2-AB
1	2	3	4	5	6	7
HCl concentré	—	10,5	9,25	1,02	0,82	19,61
H ₂ SO ₄ concentré	—	10,5	9,2	1,07	0,83	22,43
HCl concentré	—	10,0	8,6	1,1	0,93	15,46
H ₂ SO ₄ concentré	—	10,0	8,7	1,06	0,98	7,55
HCl concentré	—	9,5	8,2	1,1	1,04	5,45
H ₂ SO ₄ concentré	—	9,5	8,05	1,05	1,0	4,77
HCl concentré	—	9,0	8,2	1,06	1,04	1,89
H ₂ SO ₄ concentré	—	9,0	8,25	1,05	1,02	2,86
HCl concentré	A	10,5	9,25	1,0	0,90	10,00
H ₂ SO ₄ concentré	A	10,5	9,3	0,99	0,83	16,17
HCl concentré	A	10,0	9,0	1,05	0,93	11,43
H ₂ SO ₄ concentré	A	10,0	9,1	1,08	0,94	12,97
HCl concentré	A	9,5	8,25	1,09	1,02	6,43
H ₂ SO ₄ concentré	A	9,5	8,25	1,06	1,01	4,72
HCl concentré	A	9,0	8,4	1,09	0,97	11,01
H ₂ SO ₄ concentré	A	9,0	8,4	1,07	0,98	8,42
HCl concentré	A	10,5	9,4	1,0	0,69	31,00
H ₂ SO ₄ concentré	B	10,5	9,4	1,01	0,63	37,63
HCl concentré	B	10,0	8,85	1,08	0,95	12,04
H ₂ SO ₄ concentré	B	10,0	8,9	1,06	0,96	9,44
HCl concentré	B	9,5	8,6	1,09	1,07	1,84
H ₂ SO ₄ concentré	B	9,5	8,6	1,1	1,06	3,64
HCl concentré	B	9,0	8,35	1,05	1,02	2,86
H ₂ SO ₄ concentré	B	9,0	8,4	1,09	1,04	4,59
HCl concentré	—	10,0	8,7	1,25	1,08	13,60
H ₂ SO ₄ concentré	—	10,0	8,7	1,18	1,05	11,02

A = pyrophosphate tétrasodique.

B = tripolyphosphate de soude.

E. Discussion des résultats du premier essai

1. Test Benlloch

Les résultats rassemblés dans le tableau 3 mettent clairement en évidence certains faits.

a. Dans les conditions standardisées de ce test, le complexe iodé n'a montré aucune efficacité contre *Penicillium digitatum* SACC.

b. Le 2-aminobutane à 2 % rincé ou non (traitements 2 et 3) s'est révélé supérieur à l'orthophénylphénol rincé contre le même champignon, mais, par contre, inactif contre une moisissure noire à *Aspergillus* sp. qui a atteint 2 fruits sur 10.

c. Le 2-aminobutane à 2 % + tripolyphosphate (traitements 4 et 5) perd la plus grande partie de son efficacité si l'on opère un rinçage après le bain. La moisissure noire à *Aspergillus* a été observée dans les deux cas.

d. Le 2-aminobutane à 1 %, seul (traitement 6), a montré une efficacité convenable, dans les dures conditions du test Benlloch, mais malheureusement avec présence d'*Aspergillus*. Additionné de tripolyphosphate (traitement 7), il semble, en outre, être notablement moins actif.

e. Quant au 2-aminobutane à 0,5 %, avec ou sans tripolyphosphate (traitements 8 et 9), son efficacité est insuffisante. Aucune attaque d'*Aspergillus* n'y a été observée, non plus que dans les traitements suivants.

f. La succession de l'orthophénylphénol, rincé ou non, et du 2-aminobutane, à 0,5 % ou 1 %, a donné les meilleurs résultats.

g. Le traitement 18, simple trempage à l'eau de ville, donne une idée de l'infection que les fongicides ont contribué à éviter.

h. Le témoin 19 est destiné à mettre en évidence le pouvoir pathogène de la souche de *Penicillium digitatum* SACC., sur fruits blessés et inoculés, mais ne subissant aucun trempage.

i. Dans le traitement 20, les fruits ont subi des blessures, mais n'ont pas été inoculés. On voit qu'ils sont restés sains, c'est-à-dire que l'expérience s'est déroulée dans de bonnes conditions de propreté.

j. Par contre, dans le lot de 10 fruits non traités ni blessés, deux ont été atteints de pourriture verte, vraisemblablement subséquente à des blessures non remarquées au moment du traitement.

2. Phytotoxicité

Les dépôts blancs observés après certains traitements ne présentent aucun caractère de gravité lorsqu'ils ne sont pas en relation avec des nécroses de l'écorce. Ils seront éliminés lors des opérations ultérieures, dans la station de conditionnement.

Par contre, et appuyant nos précédentes observations (4), nous avons trouvé des brûlures dans pratiquement tous les lots de fruits traités au 2-aminobutane, et non rincés. Ceci confirme la nécessité du rinçage.

3. Essai de conservation

Dans cette étape de l'expérimentation, des brûlures ont également été remarquées dans plusieurs lots traités au 2-aminobutane sans rinçage.

Au point de vue des pourritures verte et bleue, le 2-aminobutane, dans toutes ses formulations s'est montré légèrement supérieur à l'orthophénylphénol.

Le meilleur traitement a été l'orthophénylphénol rincé suivi de 2-aminobutane à 1 %.

Le complexe iodé a donné des résultats désastreux, confirmant les conclusions du test Benloch.

4. Essai de stabilité

Dans le tableau 5, on remarque qu'au bout de 16 heures d'agitation, toutes les solutions ont évolué vers l'acidité.

La concentration du 2-aminobutane a également diminué dans tous les cas. Le minimum de perte se situe toujours dans les solutions ajustées aux pH de 9,0 à 9,5. Il est difficile de départager l'acide chlorhydrique et l'acide sulfurique à ce point de vue. Par exemple, avec du pyrophosphate tétrasodique, aux pH de 10 et 10,5, c'est le sulfate de 2-aminobutane qui perd le plus de matière active, tandis qu'aux pH de 9 et 9,5, c'est le chlorure, alors qu'à ces derniers pH, mais avec du tripolyphosphate, c'est le sulfate qui accuse la plus grande perte.

Dans cette zone de pH = 9,0 et 9,5, le tripolyphosphate permet moins de pertes que le pyrophosphate. Les solutions sans tampon ont également peu de pertes de matière active.

Il sera intéressant de comparer les résultats de cette étude avec les données de la pratique, quand le produit aura subi des expérimentations à l'échelle industrielle.

F. Conclusions du premier essai

1. — On ne peut envisager l'utilisation du complexe iodé, dans la lutte contre les moisissures des agrumes pendant le transport.

2. — Le 2-aminobutane s'est montré inactif contre une moisissure noire à *Aspergillus*, laquelle se rencontre heureusement très rarement, dans les conditions de la pratique.

3. — Le 2-aminobutane perd une partie de son efficacité si les bains sont suivis de rinçage, mais ce rinçage est nécessaire.

4. — Les meilleurs résultats ont été obtenus par une succession d'orthophénylphénol et de 2-aminobutane. Toutefois, en se limitant aux pourritures verte et bleue, le 2-aminobutane a une efficacité comparable à celle de l'orthophénylphénol. Il faudra envisager, en usine, le traitement au 2-aminobutane à 2 % suivi de rinçage, ou bien le traitement aux deux fongicides l'un après l'autre.

5. — La zone d'utilisation optimale du 2-aminobutane se situe plutôt aux environs du pH 9,0 que du pH 10,0.

III. Deuxième essai

A. Matériel d'étude

1. Fruits

En avril 1966, nous avons obtenu des oranges Valencia Late, provenant de la région de Sidi Slimane. Leur analyse figure au tableau 6. Pour chacun des traitements ci-dessous décrits, 145 fruits ont été utilisés, avec la répartition suivante :

10 pour le test Benlloch (blessure et inoculation) ;

10 pour le test Benlloch (blessure non suivie d'inoculation) ;

10 à titre de témoins pour le test Benlloch, pour examen minutieux de la phytotoxicité des produits ;

15 pour un test Benlloch avec inoculation une semaine après le traitement ;

100 pour l'essai de conservation (fruits non blessés).

Pendant toute la durée des études, ces oranges ont été conservées dans différentes chambres, à une température variant entre 20 et 24°C.

TABLEAU 6

Analyse des fruits utilisés dans le deuxième essai

<i>Date d'analyse</i> 29.4.1966	<i>Variété</i> : Valencia Late	<i>Provenance</i> : Sidi Slimane.
------------------------------------	--------------------------------	--------------------------------------

FRUITS

Nombre de fruits examinés	: 40
Poids des fruits examinés	: 6,950 kg
Poids moyen d'un fruit	: 173,75 g
Couleur de l'épiderme	: orange
Couleur de la chair	: orange
Rendement en jus tamisé	: 3,500 kg - 50,35 %
Nombre de pépins par fruit	: 1 à 3

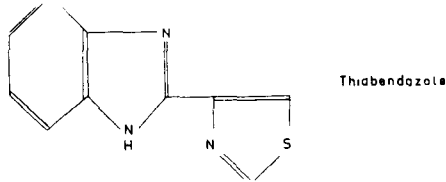
JUS

Couleur	: jaune-orange
Saveur	: acidité dominante
Brix (réfractométrique)	: 12,7
Sucres réducteurs pour 100 ml de jus	: 4,76 g
Sucre totaux pour 100 ml de jus	: 10,26 g
Acide citrique anhydre	: 13,63 g/litre de jus
Indice formol	: 3,2
pH	: 3,4
Acide ascorbique pour 100 ml de jus	: 57,80 mg
Huile essentielle	: 9,52 g/kg de fruits.

2. Produits

L'essai décrit ci-dessous représente la première tentative d'utilisation du thiabendazole pour la protection des fruits, effectuée au Maroc. Ce produit a déjà fait l'objet d'expérimentations en laboratoire, dans certains pays d'Europe. Nos propres expériences se situent sur un plan plus proche de l'application pratique d'un produit de désinfection. Des essais de même type ont également été réalisés en Amérique, à la même époque (8).

Ce sont les propriétés fongistatiques du thiabendazole [2-(4'thiazolyl) benzimidazole] et sa faible toxicité pour l'homme qui conduisent à penser qu'il pourrait être utilisé efficacement, pour la protection des fruits. Ce produit est largement employé, en médecine vétérinaire, comme anthelminthique (6).



Selon STARON, ALLARD et GUG, les propriétés antifongiques de cette molécule sont remarquables et son spectre est tout à fait comparable à celui des polyènes (nystatine, pimarinine, pentamycine) et supérieur à celui de la griséofulvine ; par contre, elle ne possède aucune activité vis-à-vis des bactéries, des actinomycètes et des levures.

Le thiabendazole a été utilisé, dans cette expérience, sous forme de lactate, aux doses de 0,1, 0,2 et 0,5 % de matière active. Sa concentration dans le bain, après traitement n'a pas été vérifiée, la méthode d'analyse ne nous ayant pas été communiquée. Dans certains cas (voir tableau 7), on y a ajouté du versène (EDTA) à raison de 1 g/l dans la solution prête à l'emploi, ou du Tween 20 (mouillant) à la dose de 0,2 % de la solution finale.

TABLEAU 7
2ème essai. Traitements

N° d'essai	Produit	% matière active	pH de la solution	Rinçage eau de ville
A	Thiabendazole	0,1	3,4	oui
B	Thiabendazole + Versène	0,1	3,7	non
C	Thiabendazole + Tween 20	0,1	3,4	non
D	Thiabendazole	0,1	3,4	non
E	Thiabendazole	0,2	3,2	oui
F	Thiabendazole + Versène	0,2	3,45	non
G	Thiabendazole + Tween 20	0,2	3,2	non
H	Thiabendazole	0,2	3,2	non
I	Thiabendazole	0,5	3,1	non
J	2-AB HCl + NaOH	1,0	9,9	non
K	2-AB H ₂ SO ₄ + NaOH	1,0	10,0	non
L	2-AB H ₂ SO ₄ sans NaOH	1,0	9,95	non
M	2-AB + cire	1,0	10,0	non
N	Cire	—	8,6	non
O	Orthophénylphénol	2,0	12,1	oui
P	Témoin	—	7,85	oui

Ce nouveau produit est comparé au 2-aminobutane, que nous utilisons par trempage (solution à 1 % de matière active), sous forme de chlorure ou de sulfate ajusté à $\text{pH} = 10$, soit par le 2-aminobutane lui-même, soit par de la soude, et additionné d'un gramme de versène par litre.

Le 2-aminobutane est également appliqué par pulvérisation dans une cire (produit lustrant) et l'on effectue également un traitement avec cette cire seule.

Le produit de comparaison reste l'orthophénylphénate de sodium à 2 % et le témoin consiste en un simple trempage à l'eau de ville.

B. Réalisation de l'expérience

Après un rinçage à l'eau de ville, les fruits sont répartis en seize lots de 145 fruits et ressuyés pendant quelques heures. Ils sont ensuite divisés de la manière décrite plus haut et subissent les divers traitements.

TABLEAU 8
Résultats du test Benlloch

Traitement	Produit	Une semaine après traitement	Deux semaines après traitement
A	thiabendazole 0,1 % rincé	0	0
B	thiabendazole 0,1 % + versène	0	0
C	thiabendazole 0,1 % + Tween 20	0	0
D	thiabendazole 0,1 %	0	0
E	thiabendazole 0,2 % rincé	0	0
F	thiabendazole 0,2 % + versène	0	0
G	thiabendazole 0,2 % + Tween 20	0	0
H	thiabendazole 0,2 %	0	0
I	thiabendazole 0,5 %	0	0
J	2-aminobutane-HCl 1 %	0	1
K	2-aminobutane- H_2SO_4 1 %	0	0
L	2-aminobutane- H_2SO_4 pas neutralisé par NaOH	0	2
M	2-aminobutane dans une cire	9	9
N	cire seule	10	10
O	orthophénylphénol rincé	1	2
P	témoin	10	10
Q	fruits blessés non contaminés ni traités.	0	2

10 fruits de chaque lot avaient subi, la veille, les scarifications et inoculations du test Benlloch ; 10 autres fruits ont subi les scarifications sans inoculations. Au moment du traitement (14 avril 1966), il reste donc 125 fruits intacts dans chaque lot. Après les trempages, ces 125 oranges sont réparties de la manière suivante :

10 à titre de témoins du test Benlloch, entreposées dans les mêmes locaux que celles qui ont subi les scarifications,

15 sont réservées pour un test Benlloch avec inoculation une semaine après traitement ; l'inoculation n'est effectuée que sur 10 fruits, ce qui nous permet d'éliminer ceux qui auraient pu être contaminés dans l'intervalle.

100 sont conservées sans autre manipulation.

C. Résultats

1. Test Benlloch avant traitement

Les résultats rassemblés dans le tableau 8 ont été relevés après une et deux semaines et sont exprimés en nombre de fruits pourris sur un maximum de 10, et donc différemment du tableau 3 (1^{er} essai).

2. Fruits blessés sans inoculation

Ce groupe de fruits nous permet de voir si les traitements provoquent une aggravation des lésions, par approfondissement et nécrose latérale des scarifications, ce qui avait été observé dans nos essais précédents. Les résultats sont résumés dans le tableau 9, et sont à interpréter de la manière suivante :

b o n : les lésions sont peu visibles au premier coup d'œil, les lèvres des plaies ne sont pas nettement ouvertes, et il n'y a pas de taches sur le fruit.

m a r q u é : les scarifications sont bien visibles et leurs bords légèrement écartés. Il n'y a pas de nécrose.

3. Examen de la phytotoxicité, sur 10 fruits non blessés ni inoculés

Les résultats sont donnés dans le tableau 10, lequel est directement interprétable.

TABLEAU 9
Résultats des blessures non inoculées

Traitement	Une semaine après traitement	Deux semaines après traitement
A	très bon	bon
B	bon	bon
C	bon	marqué
D	bon	bon
E	très bon	très bon
F	bon	bon
G	bon	marqué
H	marqué	très marqué
I	très marqué	très marqué - 1 nécrose
J	bon	bon
K	bon	marqué
L	bon	bon
M	très bon	bon, 1 nécrose
N	bon, 1 <i>P. digitatum</i>	bon, 1 <i>P. digitatum</i>
O	marqué	marqué
P	très bon	bon

TABLEAU 10
Aspect des fruits
(Examen de la phytotoxicité des traitements)

Traitement	Une semaine après traitement	Deux semaines après traitement
A	intact	intact
B	intact	intact
C	intact	intact
D	intact	intact
E	intact	intact
F	rare taches roses	rare taches roses
G	intact	intact
H	intact	intact
I	petites traces et quelques dépôts blancs non liés aux taches.	légères taches rouges sur petites lésions et quelques dépôts blancs.
J	intact	intact
K	intact	intact
L	intact	intact
M	dépôts de cire brune sans brûlure.	intact malgré dépôts évidents de produits.
N	intact	intact, léger dépôt de cire.
O	intact	intact
P	intact	intact

4. Test Benloch avec inoculation six jours après le traitement

Les résultats sont exprimés dans le tableau 11 en nombre de fruits pourris avec un maximum de 10.

TABLEAU 11

Test Benloch avec traitement préventif

Traitement	Une semaine après inoculation	Deux semaines après inoculation
A	7	8
B	0	0
C	0	0
D	0	0
E	9	9
F	0	0
G	0	0
H	0	0
I	0	0
J	4	6
K	9	0
L	8	9
M	8	9
N	10	10
O	10	10
P	9	10

5. Essai de conservation

Dans les lots de 100 fruits par traitement, conservés sans autre manipulation, très peu de moisissures sont apparues, même dans les témoins, ce qui confirme l'utilité des tests Benloch pour mettre en évidence, d'une manière comparable, l'efficacité des produits. Les observations ont également porté sur l'aspect des fruits, et sont résumées dans le tableau 12.

TABLEAU 12

Essai de conservation

Traite- ment	Nombre de semaines après traitement				Etat des fruits en fin d'essai
	1	2	3	4	
A	0	0	0	0	Fruits mous
B	0	0	0	0	Fruits mous
C	0	0	0	0	Fruits mous
D	0	0	0	0	Fruits mous
E	0	0	0	0	Fruits mous
F	0	0	0	0	Fruits mous
G	0	0	0	0	Fruits mous
H	0	0	0	0	Fruits très mous Quelques brûlures.
I	0	0	0	0	Fruits très mous Dépôt blanc, nom- breuses brûlures.
J	0	0	0	0	Fruits mous
K	1 <i>digitatum</i>	0	0	0	Fruits mous
L	0	0	0	0	Fruits mous
M	0	0	0	0	Fruits fermes
N	1 <i>digitatum</i>	0	0	0	Fruits fermes
O	1 <i>digitatum</i>	0	0	0	Fruits mous
P	0	1 <i>digitatum</i>	1 <i>digitatum</i> et 1 <i>italicum</i>	0	Fruits mous

D. Discussion des résultats du deuxième essai

1. Test Benlloch

Dans cette expérience, les oranges avaient été blessés et contaminées par une souche de *Penicillium digitatum* SACC., 24 heures avant le traitement.

Dans ces conditions, le thiabendazole, aux trois concentrations choisies, s'est montré un excellent désinfectant. Il n'a d'égal que

le sulfate de 2-aminobutane à 1 %, mais de petites différences (telles que un fruit pourri en plus ou en moins) ne doivent pas entrer en ligne de compte, de sorte que la conclusion à tirer de cette expérience est que le thiabendazole s'est révélé, dans les conditions difficiles du test Benlloch, au moins aussi actif que le 2-aminobutane ou l'orthophénylphénol.

L'emploi de 2-aminobutane incorporé à une cire n'a pas donné de bons résultats.

2. Fruits blessés sans inoculation

Il a été observé, à plusieurs reprises, que les produits de désinfection, tels que l'orthophénylphénol et le 2-aminobutane, provoquaient une accentuation des blessures préexistantes, par une action nécrosante sur ces tissus. Des oranges scarifiées, selon le quadrillage du test Benlloch ayant été soumises aux divers traitements, on peut voir, dans le tableau 9, que le thiabendazole commence à marquer, à partir de la concentration de 0,2 % ; toutefois, la première nécrose des bords de la plaie n'est visible qu'à la concentration de 0,5 % et sur un seul fruit.

Aux concentrations inférieures, le produit a donc un effet semblable à celui des autres désinfectants.

3. Fruits non blessés ni inoculés

Ces lots de dix oranges, pour chaque traitement, ont été examinés scrupuleusement pour détecter la moindre action phytotoxique du produit sur l'écorce du fruit.

En dessous de la concentration de 0,5 %, on peut dire que le thiabendazole n'a pas marqué. Les traitements au 2-aminobutane et à l'orthophénylphénol n'ont provoqué aucune altération de l'écorce, et les dépôts de cire observés à la suite des pulvérisations ne présentent aucune gravité, car ils disparaissent au brossage.

4. Test Benlloch avec inoculation retardée

Ce test nous indique si le traitement est capable de protéger le fruit contre une infection ultérieure, et donc s'il a gardé son efficacité au bout de six jours.

Les résultats en sont très intéressants. On voit en effet que, dans les traitements A et E, où le thiabendazole est suivi d'un rinçage, il y a une nette perte d'efficacité, alors que celle-ci se maintient au moins 6 jours, si l'on ne pratique pas de rinçage.

L'orthophénylphénol perd toute efficacité dans ces conditions, et le 2-aminobutane presque autant. Le chlorure aurait, peut-être, une action résiduelle légèrement plus longue que le sulfate.

5. Essai de conservation

La contamination naturelle du témoin, très faible, ne nous permet pas de comparer les traitements au point de vue efficacité fongicide. En effet, sur 1 500 fruits au total, 7 seulement ont été atteints de pourriture. Ceci ne fait que confirmer l'intérêt du test Benlloch dans ces études.

Par contre, l'observation de l'état des oranges nous montre qu'au bout d'un mois, les fruits traités au thiabendazole à 0,5 % sont peu turgescents, et présentent de nettes altérations de l'épiderme. Seules, les oranges enrobées dans une cire sont restées bien fermes au toucher à la fin de l'expérience.

E. Conclusions du deuxième essai

Cette première série d'expériences a permis de mettre en évidence l'excellent pouvoir désinfectant du thiabendazole, contre les moisissures des oranges. Dans tous les cas, il s'est révélé au moins égal à l'orthophénylphénol et au 2-aminobutane. Nous avons obtenu de très bons résultats à la dose de 0,1 % (tableau 8). ELDON BROWN, McCORNACK et SMOOT (8) sont descendus jusqu'à la concentration de 0,02 % avec des résultats équivalents, mais sans réaliser de test Benlloch.

Cependant de nouvelles études sont indispensables avant de pouvoir préconiser l'emploi de ce produit dans les stations de conditionnement.

Les tests réalisés à l'heure actuelle sont des expériences de laboratoire et il est nécessaire d'entreprendre des essais sur grande échelle afin de voir si les résultats se confirment au niveau industriel, et de calculer le prix de revient du traitement.

Le thiabendazole, tel que nous l'avons employé, sous forme de lactate, est un produit beaucoup trop acide ; il risque d'endommager les cuves de trempage et le matériel de traitement. Le recouvrement de ce matériel par une substance résistante aux acides paraît difficile. Il faudra songer à une modification de la formulation du désinfectant, imposée actuellement par les conditions de solubilisation de la modécule. HARDING et SCHADE (7) ont essayé d'utiliser le thiabendazole dans des

cires et résines d'enrobage. Ils ont obtenu de bons résultats dans le cas des résines, mais accompagnés de phénomènes de toxicité dus au solvant qu'ils ont été forcés d'utiliser pour incorporer le thiabendazole dans la résine.

A la concentration de 0,5 %, le thiabendazole montre une certaine phytotoxicité et, dans la formulation actuelle, cette dose sera donc à éviter.

Ce produit possède une bonne efficacité préventive, s'il n'est pas rincé, alors que le 2-aminobutane n'en a qu'une faible et sous forme de chlorure seulement (tableau 11). Par contre, si le traitement est suivi d'un rinçage, l'efficacité préventive disparaît.

Au bout d'un mois de conservation, les oranges traitées au thiabendazole ont le même aspect que celles qui ont subi d'autres traitements.

Ce deuxième essai envisageait également la comparaison entre trois formulations de 2-aminobutane, lesquelles se sont révélées peu différentes.

Un essai de protection des oranges par recouvrement en pulvérisation d'une cire, contenant ou non du 2-aminobutane, a donné des résultats négatifs. Toutefois, à la fin d'un mois de conservation, ce sont ces fruits qui ont le meilleur aspect, ce qui confirme l'utilité des enrobages de cire que l'on pratique généralement dans les stations de conditionnement.

ملخص

تجارب جديدة للمكافحة ضد عفونة الحوامض

قد اجريت تجربتان خلال سنة 1966

التجربة الاولى كان الهدف منها تحديد الشروط الجيدة لاستعمال 2 — امينوبيطال، ومقارنته مع مركب اليود المطهر. واخذ كالعادة الاورطوفينيلفنول كشاهد ودرست كذلك مدى استقرار مختلف معادلات 2 — امينوبيطال .

اظهرت هذه التجربة ان 2 — امينوبيطال له فعالية مشابهة لتلك التي لاورطوفينيلفنول بالنسبة للعفونات الاخضراء والزرقاء، يفقد 2 — امينوبيطال جزءا من هذه الفعالية عندما يتبع الفسل التخصص ولكن هذا التخصص ضرورى .

يمكن استعمال تتابع الاورطوفينيلفنول و2 — امينوبيطال، او 2 — امينوبيطال وحده بتركيز اقل 2 % . لم يظهر مركب اليود فى شروط التجربة قوة التطهير الكافية .

وكانت التجربة الثانية تهدف ولاول مرة بالمغرب لاستعمال تيندازول كمطهر للفواكه . كما درست كذلك امكانية ادخال 2 — امينوبيطال فى شمع يمكن رشه على الفواكه .

وقد ظهر فى جميع الحالات ان تيندازوال يعادل على الاقل 2 — امينوبيطال والاورطوفينيلفنول. لكن شدة حموضته تجعل استعماله مستحيلا فى الشروط الحالية لمحطات «تهىء التصدير» يجب التفكير فى تغيير تكوينه وربما حتى فى طريقة الاستعمال. وسواء جمع مع 2 — امينوبيطال ام لا، فان رش الشمع على الفواكه غير كاف لمنع تطوير كريبطوكاما غير ان مظهر الفواكه يبقى سليما ويتحسن بوضوح فى مدة شهر من التصبير بالنسبة للفواكه الغير مغطاة .

RÉSUMÉ

Deux essais ont été effectués au cours de l'année 1966.

Le premier avait pour but de définir les meilleures conditions d'emploi du 2-aminobutane, et de le comparer à un complexe iodé désinfectant. Comme toujours, l'orthophénylphénol a été utilisé en

tant que témoin. On a également étudié la stabilité de différentes formulations de 2-aminobutane.

Cet essai a montré que le 2-aminobutane avait, vis-à-vis des pourritures verte et bleue, une efficacité comparable à celle de l'orthophénylphénol. Le 2-aminobutane perd une partie de cette efficacité, lorsque les bains sont suivis de rinçage, mais ce rinçage est nécessaire. On peut envisager une succession d'orthophénylphénol et de 2-aminobutane, ou bien le 2-aminobutane seul, à une concentration d'au moins 2 %. Dans les conditions de l'expérience, le complexe iodé n'a pas montré un pouvoir désinfectant suffisant.

Le deuxième essai a envisagé, pour la première fois au Maroc, l'utilisation du thiabendazole comme désinfectant des fruits. On a également étudié la possibilité d'incorporer le 2-aminobutane, dans une cire que l'on pulvérise sur les fruits.

Le thiabendazole s'est révélé dans tous les cas, au moins égal au 2-aminobutane et à l'orthophénylphénol. Cependant, sa très forte acidité rend son emploi impossible dans les conditions actuelles des stations de conditionnement. Il faut songer à une modification de sa formulation et éventuellement, de son mode d'application.

Additionnée ou non de 2-aminobutane, une cire pulvérisée sur le fruit est insuffisante pour empêcher l'évolution des cryptogames. Toutefois, l'aspect des fruits restés sains est nettement amélioré, au bout d'un mois de conservation, par rapport aux fruits non enrobés.

RESUMEN

Nuevos ensayos de lucha contra los mohos de los agrios

En el año 1966 se ha efectuado dos ensayos.

— El objeto del primero era determinar las mejores condiciones de empleo para el 2-aminobutane y compararlo con un complejo vodoso desinfectante. Como siempre, el ortofenilfenol ha servido de testigo. Se ha estudiado igualmente la estabilidad de diferentes fórmulas del 2-aminobutane.

— Este ensayo ha mostrado que el 2-aminobutane poseía, respecto a las podredumbres verde y azul, una eficacia comparable a la del ortofenilfenol. El 2-aminobutane pierde una parte de su eficacia cuando los baños son seguidos de enjuague, pero el enjuague es necesario. Se puede considerar una sucesión de ortofenilfenol y 2-aminobu-

tane o el 2-aminobutane sólo a una concentración de por lo menos 2 %. En las condiciones del ensayo el complejo yodoso no ha mostrado un poder desinfectante suficiente.

— El segundo ensayo tenía por objeto, por primera vez en Marruecos, la utilización del thiabendazol como desinfectante de frutos. Se ha también estudiado la posibilidad de incorporar el 2-aminobutane en una cera pulverizada en los frutos.

El thiabendazol se ha mostrado en todos los casos por lo menos de igual eficacia que el 2-aminobutane y el ortofenilfenol. Sin embargo, su fuerte acidez impide su empleo en las condiciones actuales de los almacenes de acondicionamiento. Se tiene que pensar en una modificación de su fórmula y, eventualmente, de su modo de aplicación.

Mezclado o no con el 2-aminobutane, una cera pulverizada en los frutos es insuficiente para impedir el desarrollo de los criptogamos. No obstante, el aspecto de los frutos que se han quedado sanos se halla distintamente mejorado al cabo de un mes de conservación en comparación de frutos no tratados con cero.

SUMMARY

Further trials on citrus fruit rot control

Two trials were carried out in 1966.

The aim of the first was to determine the optimum conditions for the use of 2-aminobutane and to compare it with a disinfecting iodised complex. As usual, orthophenylphenol was used as control. The stability of the different 2-aminobutane formulas has equally be tested.

The experience has shown that for green and blue molds the efficiency of 2-aminobutane is comparable to that of orthophenylphenol. This efficiency is diminished when immersion is followed by rinsing; however, rinsing is necessary. A succession of orthophenylphenol and 2-aminobutane might be considered, or 2-aminobutane alone at concentrations of not less than 2 per cent. In the conditions of the present test the iodised complex has not shown sufficient disinfecting power.

In the second experience the use of thiabendazole has been investigated for the first time in Morocco as a fruit disinfectant. The possibility of incorporating 2-aminobutane with a wax to be sprayed on the fruit has also been examined.

In all cases thiabendazole proved at least equal to 2-aminobutane and 0-phenylphenol. However, its very strong acidity renders its use impossible in the present packing house conditions. A modification of the formula and, eventually, of the mode of application are contemplated.

A wax, with or without 2-aminobutane, sprayed on the fruit does not satisfactorily check the development of cryptogams. Yet the aspect of fruits that remain healthy is visibly improved after one month's storage compared to non coated fruits.

IV. — BIBLIOGRAPHIE

1. VANDERWEYEN, A., R. HUET & A. LEDERGERBER — 1964. Etude de traitements à base d'orthophénylphénol contre les moisissures des agrumes. — *Al Awamia*, n° 12, pp. 75-87, Rabat.
2. — 1965. Essai du 2-aminobutane dans la lutte contre la pourriture verte des agrumes. — *Al Awamia*, n° 14, pp. 19-28, Rabat.
3. HUET, R., A. LEDERGERBER & A. VANDERWEYEN — 1965. Désinfection des locaux et des fruits par fumigation de produits fongicides. — *Al Awamia*, n° 15, pp. 23-35, Rabat.
4. VANDERWEYEN, A. & A. LEDERGERBER — 1966. Essais de produits de désinfection sur oranges. — *Al Awamia*, n° 18, pp. 1-30, Rabat.
5. MOREAU, C. — 1959. Le test Benloch et ses applications. — *Fruits*, vol. 14, n° 5, pp. 211-217, Paris.
6. STARON, R., C. ALLARD & M. GUG — 1964. Sur les propriétés antifongiques du 2-(4' thiazolyl) benzimidazole ou thiabendazole. — Extrait du Bulletin de la Société Vétérinaire Pratique de France — Octobre 1964, 7 p.
7. HARDING, P.R., Jr. & J.E. SCHADE — 1967. Testing thiabendazole in resin-solvent and wax-emulsion coatings for control of *Penicillium digitatum* in navel oranges. — *Plant Disease Reporter*, vol. 51, n° 1, pp. 51-53.
8. ELDON BROWN, G., A.A. MCCORNACK & J.J. SMOOT — 1967. Thiabendazole as a postharvest fungicide for Florida citrus fruit. — *Plant Disease Reporter*, vol. 51, n° 2, pp. 95-98.