

Influence de quelques substances de croissance sur la sensibilité du fraisier aux attaques de *Phytophthora cactorum*

P. M. MOLOT et J.G. NOURRISSEAU*

INFLUENCE DE QUELQUES SUBSTANCES DE CROISSANCE SUR LA SENSIBILITE DU FRAISIER AUX ATTAQUES DE *PHYTOPHTHORA CACTORUM*

P.M. MOLOT et J.G. NOURRISSEAU

Fruits, Oct. 1974, vol. 29, n°10, p. 697-702.

RESUME - Deux essais ont permis de préciser les points suivants :

- en pépinière, les plantes-filles non sevrées expriment plus facilement les symptômes de la maladie que les autres,
- en serre, le trempage de plants « frigo » (juste avant plantation et contamination) dans différentes substances de croissance entraîne des réponses variées dans l'expression des symptômes. A des concentrations égales ou supérieures à 10^{-6} l'acide gibberellique, l'acide naphthalène acétique et l'acide indol-acétique favorisent la maladie, tandis que l'acide triiodobenzoïque agit en sens inverse. A la concentration de 10^{-7} , l'acide abscissique augmente les dégâts de *Phytophthora* ; dès que l'on s'écarte de cette dose, il n'y a plus d'effet.

Une étroite relation semble exister entre l'état physiologique du fraisier, soumis à des équilibres hormonaux assez complexes, et son comportement à l'égard du *Phytophthora cactorum*.

Le fraisier, dont la culture ne cesse pourtant de se développer, subit, depuis une dizaine d'années de graves attaques provoquées par un parasite cryptogamique : le *Phytophthora cactorum* (L. et C.) SCHROET. Cet agent se manifeste par des dégâts soit au niveau des hampes florales et des fruits, soit au niveau du collet (LABROUSSE, 1933 ; SCHMIDLE, 1961 ; MOLOT et NOURRISSEAU, 1966 ; AERTS, 1969). Ce deuxième aspect, indiscutablement le plus grave, retiendra seul notre attention.

Les conditions, qui président à la pénétration du parasite dans le rhizome de la plante, sont très mal connues. Par contre, nous pouvons préciser quelques facteurs externes ou internes favorables à la progression de l'infection et à l'extériorisation des symptômes : température, hygrométrie, éclairage, stade physiologique, vigueur végétative de la plante, etc. (MOLOT et NOURRISSEAU, 1970, 1972,

1973). Nous avons montré en particulier qu'une augmentation de la longueur du jour (MOLOT et NOURRISSEAU, 1970) et une réduction de l'intensité de l'éclairage (MOLOT et NOURRISSEAU, 1973) entraînaient un abaissement de la gravité de la maladie.

Étant donné le rôle important joué par la lumière dans l'extériorisation des symptômes, on peut admettre que des équilibres hormonaux fort complexes interviennent dans l'évolution de la maladie.

Au cours de ce travail, nous nous proposons de comparer les résultats d'inoculations artificielles pratiquées sur des plantes-filles détachées ou non de leurs plantes-mères. On sait en effet, depuis les travaux de GUTTRIDGE qui font autorité en la matière, que le filet sert de canal à un courant hormonal et que, par son intermédiaire, la mère façonne les réponses physiologiques de la fille. Cette étude préliminaire sera suivie d'une expérimentation en serre destinée à montrer l'influence directe des substances de croissance sur

* - Institut national de la Recherche agronomique (INRA), Station de Pathologie végétale, 84140 MONTFAVET (France).

l'expression des symptômes chez des fraisiers sevrés de leur mère.

INFLUENCE DU SEVRAGE ET DE LA DATE D'INOCULATION SUR LA CONTAMINATION DES PLANTES-FILLES DE FRAISIER

Matériel et méthode.

Une pépinière de fraisiers, variété Surprise des Halles, est disposée en six parcelles correspondant à autant de dates différentes d'inoculation du *Phytophthora cactorum*. Chaque parcelle comprend huit pieds-mères dont la descendance de quatre seulement subira une contamination artificielle.

Le début de l'émission des filets se situant fin mai, six dates d'inoculation sont retenues : 1^{er} juillet, 13 juillet, 21 juillet, 3 août, 17 août et 31 août. A chaque date d'inoculation et pour chaque plante-mère, nous choisissons, en prenant la précaution de ne pas les déterrer, une quinzaine des premières plantes-filles fournies. Après avoir ou non sectionné le filet, nous contaminons la plante-fille par dépôt de 3 ml d'une suspension de zoospores au niveau des jeunes feuilles du coeur selon une technique déjà décrite (MOLOT et NOURRISEAU, 1966).

Afin de retrouver à chaque date d'inoculation des conditions d'hygrométrie sensiblement similaires, nous réalisons systématiquement, juste avant et juste après la contamination, une légère irrigation par aspersion.

Une fois la contamination réalisée, les fraisiers demeurent en infection latente sans exprimer de symptôme. Ils sont arrachés vers la mi-octobre et repiqués dans une autre parcelle en attendant le printemps où, à la faveur de la floraison et de la fructification, l'extériorisation de la maladie se réalise dans de bonnes conditions. Le dénombrement des plantes flétries s'effectue chaque semaine. A la dernière notation (en date du 10 juin), nous sacrifions la totalité de l'essai et nous sectionnons longitudinalement tous les rhizomes des plantes rescapées ; cette technique permet la mise en évidence, chez des plantes apparemment saines, de nécroses qui traduisent l'état d'infection latente du fraisier.

Résultats.

Le tableau 1 indique pour chaque date d'inoculation (correspondant par ailleurs au sevrage de la fille) le pourcentage de plantes malades. Dans chaque parcelle, l'effectif total est de 100 plantes : 50 contaminées et 50 non contaminées. En absence de contamination artificielle, le pourcentage de fraisiers malades (B) traduit l'importance de l'infection naturelle. La différence entre le pourcentage de plantes malades dans les parcelles contaminées artificiellement (A) et celui dans les parcelles non contaminées (B) permet d'apprécier le seul effet de la contamination artificielle (C).

Le pourcentage de plantes infectées naturellement oscille entre 10 et 20 p. cent. Il apparaît légèrement plus élevé dans le cas des plantes-filles non détachées de leur mère.

Si l'on considère les dégâts dus uniquement à la contami-

nation artificielle (C), deux remarques s'imposent :

- le pourcentage de stolons infectés n'est pas constant pour toutes les dates d'inoculation. L'infection est très forte entre le 13 juillet et le 17 août, beaucoup plus faible en dehors de cette période assez étroite. Ce résultat confirme nos observations précédentes (MOLOT et NOURRISEAU, 1970). Selon toute vraisemblance, il est imputable aux conditions physiologiques particulières du plant au moment de la contamination.

- la comparaison des pourcentages de plantes malades chez les stolons séparés ou non de leur mère montre, en fonction des dates de contamination artificielle, une évolution sensiblement identique dans les deux cas (figure 1). Il convient toutefois de noter que les plantes-filles non sevrées expriment plus facilement les symptômes que les autres.

Le fait de séparer la plante-mère de sa fille joue donc un rôle dans le comportement de cette dernière à l'égard du *Phytophthora cactorum*. Dans notre essai, l'époque de contamination (juillet-août) se situe en début de photopériode décroissante. D'après GUTTRIDGE, la plante-fille, sous l'influence d'un stimulus hormonal transmis par la mère, présente alors une forte croissance végétative et son initiation florale n'est pas encore déclenchée. Il est permis de penser que de telles conditions physiologiques sont favorables à la pénétration du fraisier par le champignon parasite.

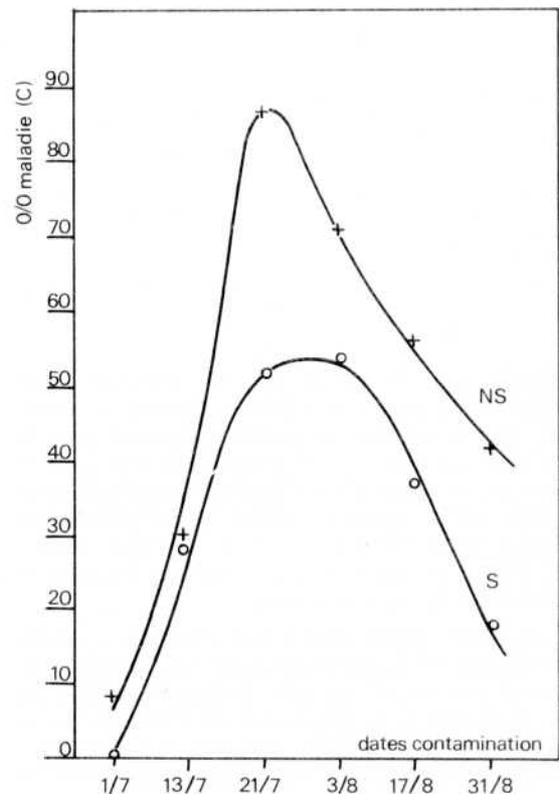


Figure 1. Influence de la date d'inoculation sur la contamination des plantes-filles de fraisier ayant subi (S) ou non (NS) un sevrage précoce.

TABLEAU 1 - Influence de la séparation fille-mère sur le pourcentage de filles infectées par le *Phytophthora cactorum*.

Date de la contamination artificielle (x)	Filles non séparées			Filles séparées		
	A	B	C	A	B	C
1.7	20	12	8	10	10	0
13.7	48	18	30	45	17	28
21.7	97	10	87**	63	11	52
3.8	82	11	71**	72	10	54
17.8	75	19	56**	51	14	37
31.8	57	15	42**	30	12	18

A - avec contamination artificielle

B - sans contamination artificielle

C - différence A - B (effet de la contamination artificielle seule)

x - le sevrage s'effectue le jour de la contamination artificielle

** - différence significative au seuil de 5 p. cent entre les filles séparées ou non de leur mère (pour une date de contamination donnée).

Le sevrage, bouleversant cette situation, ferait évoluer la plante vers une moindre réceptivité.

ACTION DIRECTE DE QUELQUES SUBSTANCES DE CROISSANCE APPLIQUÉES AU FRAISIER AVANT CONTAMINATION ARTIFICIELLE

La pénétration du parasite paraissant dépendre d'un équilibre entre différentes substances de croissance, nous avons cherché à vérifier directement cette hypothèse. Afin d'éliminer la phase d'infection latente, nous avons choisi du plant «frigo» (variété Surprise des Halles), susceptible d'exprimer rapidement les symptômes après inoculation artificielle.

Matériel et méthode.

Juste avant plantation, nous procédons au trempage du matériel végétal pendant trente minutes dans différentes substances de croissance en solution dans l'eau : acide gibberellique, acide indol-acétique, acide triiodobenzoïque,

acide abscissique, acide naphthalène-acétique. La gamme de concentrations choisies va de 10^{-8} à 10^{-5} inclus. Les fraisiers témoins sont trempés dans l'eau. Chaque traitement comprend quarante plantes.

Aussitôt après trempage, les fraisiers sont repiqués sur terreau désinfecté et, trois jours après, la moitié de chaque lot (20 plantes) est contaminée par dépôt au niveau des feuilles du coeur de 3 ml d'inoculum.

Les notations sont effectuées selon le système décrit plus haut. Toutefois, lors de la dernière notation (soit cinquante jours après la contamination) la section de chaque rhizome donne lieu à l'attribution d'une note allant de 0 à 5 en fonction de l'importance de la nécrose. Les chiffres cumulés sont exprimés en p. cent de mortalité, cent p. cent correspondant à l'ensemble des plantes affectées de la note 5.

Résultats.

Le tableau 2 permet tout d'abord de constater qu'en l'absence de contamination artificielle certaines substances de croissance, à des concentrations déterminées, provoquent l'apparition de symptômes dans une proportion supérieure

TABLEAU 2 - Influence de diverses substances de croissance sur le pourcentage moyen de mortalité par *Phytophthora cactorum*.

	10^{-8}			10^{-7}			10^{-6}			10^{-5}		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
acide gibberellique	4	1	3*	4	4	0*	22	0	22	50	12	38*
acide indol-acétique	2	0	2*	10	4	6*	12	4	8*	19	0	19
acide triiodobenzoïque	16	2	14	20	6	14	12	2	10	5	3	2*
acide abscissique	16	0	16	52	0	52*	24	0	24*	18	0	18
acide naphthalène acétique	13	0	13	18	2	16	56	0	56*	66	10	56*
témoin	A = 18			B = 2			C = 16					

A - avec contamination artificielle

B - sans contamination artificielle

C - différence A - B (effet de la contamination artificielle seule)

* - différence significative au seuil de 5 p. cent par rapport au témoin (C = 16).

à celle des plantes témoins : acide gibberellique à 10^{-5} , acide naphthalène-acétique à 10^{-5} . Ce résultat montre que les infections naturelles ne s'extériorisent pas nécessairement toutes et qu'une modification des équilibres hormonaux de la plante peut contribuer à révéler la maladie.

La différence entre les pourcentages de mortalité A et B fait apparaître l'influence des substances de croissance étudiées sur la contamination artificielle et sur elle seule, puisqu'on élimine ainsi l'effet des contaminations naturelles antérieures. Pour chaque substance, cette différence (C) varie en fonction de la concentration. L'effet obtenu peut être nul, c'est-à-dire comparable au témoin non traité, stimulant ou inhibiteur. Les résultats traduits sous forme de courbes (figure 2) permettent de distinguer trois modes d'action :

Effet nul ou inhibiteur aux basses concentrations, stimulant aux fortes concentrations.

C'est le cas de l'acide gibberellique et de l'acide naphthalène-acétique. L'acide indol-acétique possède une activité assez analogue : inhibitrice à faibles doses, cette substance révèle des pourcentages de mortalité de plus en plus élevés et finalement comparables au témoin au fur et à mesure de l'augmentation des concentrations.

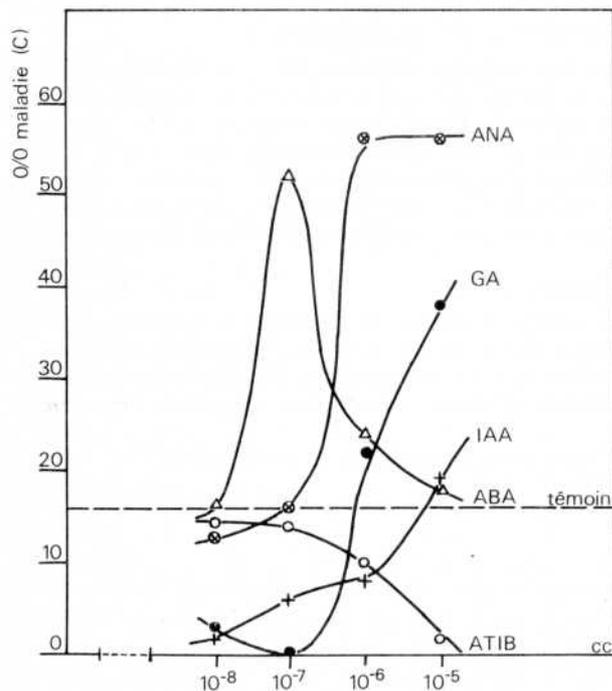


Figure 2. Influence de quelques substances de croissance sur la contamination du plant «frigo» par le *Phytophthora cactorum*.

ANA - acide naphthalène-acétique
GA - acide gibberellique
IAA - acide indol-acétique
ABA - acide abscissique
ATIB - acide triiodobenzoïque

A des concentrations égales ou supérieures à 10^{-6} , ces trois substances tendent donc, chez le plant «frigo» contaminé artificiellement, à favoriser l'expression des symptômes de *Phytophthora cactorum*.

Effet nul aux basses concentrations, inhibiteur aux fortes concentrations.

C'est le cas de l'acide triiodobenzoïque, substance considérée comme une anti-auxine.

Effet très nettement stimulant à la concentration de 10^{-7} , nul dès que l'on s'écarte de ce seuil.

C'est le cas de l'acide abscissique.

INTERPRÉTATION ET CONCLUSION

Les résultats expérimentaux obtenus montrent les étroites relations d'interdépendance existant entre l'état physiologique du fraisier et son comportement à l'égard du *Phytophthora cactorum*. Ils révèlent l'extrême complexité des mécanismes mis en jeu et incitent à la plus grande prudence dans nos conclusions.

Le rôle des substances de croissance a été précisé par GUTTRIDGE (1956, 1959, 1969, 1970). Deux substances interviendraient, l'une assimilable à un précurseur de la gibberelline qui inhibe la formation des fleurs, l'autre de nature auxinique indépendante de la première, agissant sur la croissance pétiolaire et aussi sur l'inhibition de la floraison. Par ailleurs, des analyses de feuilles de fraisiers révèlent, chez les plantes en pleine végétation, des teneurs importantes de gibberelline et, chez les plantes en dormance, d'acide abscissique. Cette dernière substance, responsable du ralentissement de la croissance des stolons, stimule néanmoins l'initiation florale (EL ENTABLY et al., 1967 ; HEIDE, 1968 ; OLFAT, 1968).

Une plante fille encore rattachée à sa mère renferme, vraisemblablement dans le courant de l'été, de fortes quantités d'auxines et de gibberellines (substances favorables au développement du *Phytophthora*) et des concentrations relativement faibles en acide abscissique (environ 10^{-7}), mais susceptibles d'agir dans le même sens. On conçoit dès lors que la contamination du plant se réalise dans des conditions favorables. Certes il n'y a pas expression immédiate des symptômes, mais les résultats expérimentaux obtenus avec du plant «frigo» tendent à prouver cette hypothèse.

A l'inverse, une plante-fille sevrée de sa mère posséderait des quantités assez réduites d'auxines, voire de gibberellines. Or, nous savons qu'aux faibles concentrations, ces substances peuvent inhiber les symptômes de maladie chez le plant «frigo». De plus, si l'on admet qu'en juillet-août un fraisier ayant acquis son indépendance tend vers une dormance partielle, on peut concevoir la présence de quantités élevées d'acide abscissique dans les tissus. Nous nous trouvons donc pour les auxines et les gibberellines d'une part, pour l'acide

abscissique d'autre part dans des zones de concentrations hormonales moins propices au parasite. Ces considérations expliqueraient pourquoi un fraisier détaché de sa mère se trouve plus difficilement contaminé à l'automne qu'un fraisier non sevré.

La figure 3 illustre cette tentative d'explication et montre, de façon très schématique comment s'établit, chez la plante, l'état résistant en fonction de la concentration de ses tissus en différentes substances de croissance. A chaque niveau de résistance correspondent des concentrations différentes d'auxines-gibberellines d'une part, d'acide abscissique d'autre part. Les fraisiers séparés de leur mère renferment de faibles quantités d'auxines-gibberellines et de fortes quantités d'acide abscissique, tandis que les proportions sont inversées chez les fraisiers n'ayant pas encore acquis leur autonomie.

Le schéma proposé fait apparaître dans l'évolution de ces deux groupes de substances un antagonisme déjà mentionné par d'autres auteurs (HEIDE, 1969 ; DRURY, 1969 ; PILET, 1970).

A la lumière de nos résultats, il apparaît que l'acide abscissique joue, dans la physiologie de la résistance du fraisier au *Phytophthora cactorum*, un rôle particulier que des études ultérieures devraient préciser. Tout se passe comme si cette substance modifiait l'action relativement simple de chaque hormone végétale prise séparément. Une telle voie de recherche conduirait peut-être à une meilleure compréhension des différences fondamentales de comportement au parasite qui existent à l'automne entre le « plant frais » et le « plant frigo ».

En l'état actuel de nos connaissances, il n'est malheureusement pas possible d'utiliser dans un but pratique les enseignements tirés de cette étude. Le sevrage précoce des plants en pépinière commerciale apparaît irréalisable et, de toute façon, la faible réduction du pourcentage de mortalité obtenu ne justifierait pas une telle opération. D'autre part, le traitement du fraisier par des substances de croissance, ne

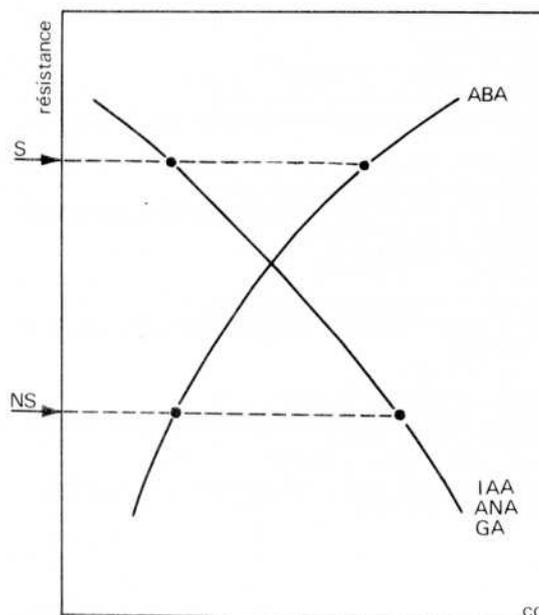


Figure 3. Schéma théorique montrant une liaison entre la résistance du fraisier au *Phytophthora cactorum* et la concentration des tissus en différentes substances de croissance.

(A chaque niveau de résistance correspondent des concentrations différentes d'auxines gibberellines d'une part, d'acide abscissique d'autre part).

S - plante-fille sevrée de sa mère

NS - plante-fille non sevrée de sa mère

ANA - acide naphthalène-acétique

GA - acide gibberellique

IAA - acide indol-acétique

ABA - acide abscissique

donne des réponses fiables qu'avec le « plant frigo » ; toutes nos tentatives sur du « plant frais » ont abouti jusqu'alors à des résultats trop hétérogènes pour généraliser leur emploi.

BIBLIOGRAPHIE

- AERTS (J.). 1969.
Symptômes de flétrissement chez le fraisier causés par le *Phytophthora cactorum*.
Proefbedrijf der Noorderkempen, Meerle, Fruit Belge, n°335.
- BRADSHAW (M.J.), CHAPMAN (J.M.), EDELMAN (J.), MOORE (P.L.). 1969.
Enzyme formation in higher plant tissue. A storage temperature effect and its subsequent reversal by gibberellic acid.
J. Exp. Bot., 24-86.
- DRUDY (R.E.). 1969.
Interaction of plant hormones.
Science, 164, p. 564.
- EL ENTABLY (H.M.M.), WAREING (P.F.), HILLMANN (J.). 1967.
Planta, 73, p. 74.
- GUTTRIDGE (C.G.). 1956.
Further evidence for a growth promoting and flower inhibiting hormone in strawberry.
Ann. Bot., 23, 92, 612-621.
- GUTTRIDGE (C.G.). 1959.
Evidence for a flower inhibitor and vegetable growth promoter in the strawberry.
Ann. Bot., 23, 90, 351-360.
- GUTTRIDGE (C.G.). 1969.
Hormone physiology of growth regulation in strawberry.
S.C.T. Monograph n° 31.
Plant Growth Regulators, 1, 57-169.
- GUTTRIDGE (C.G.). 1970.
Communication personnelle.
- GUTTRIDGE (C.G.). 1970.
Interaction of photoperiod chilling and exogenous gibberellic acid on growth of strawberry petioles.
Ann. Bot., 14, 135-349.
- HEIDE Ola (M.). 1968.
Stimulation of adventitious bud formation in Begonia leaves by abscissic acid.
Nature, 219, 5157, 960.

- LARROUSSE (F.). 1933.
Apoplexie du fraisier.
Rev. Path. vég. et Entomol. agric., 2, 76.
- MOLOT (P.M.) et NOURRISSAU (J.G.). 1966.
Dessèchement printanier du fraisier provoqué par *Phytophthora cactorum*.
C.R. Acad. Agric. France, 1001-1006, octobre.
- MOLOT (P.M.) et NOURRISSAU (J.G.). 1970.
Recherches sur la nécrose du fraisier provoquée par le *Phytophthora cactorum* (L. et C.) SCHROET.
I- Etat actuel des connaissances.
Ann. Phytopathol., 2, 1, 117-137.
- MOLOT (P.M.) et NOURRISSAU (J.G.). 1972.
Perspectives de lutte contre le *Phytophthora cactorum*, agent de la nécrose du fraisier.
P.H.M., 125, mars 1972.
- MOLOT (P.M.) et NOURRISSAU (J.G.). 1973.
Influence de l'ombrage sur l'expression des symptômes de *Phytophthora cactorum* par le fraisier.
Rev. Zool. et Pathol. végét., 4, 129-132.
- MOLOT (P.M.), NOURRISSAU (J.G.), LEROUX (J.P.), NAVATEL (J.C.), GERMAIN (P.). 1973.
Le Phytophthora cactorum sur-fraisier. Connaissances actuelles. Mise au point des méthodes de lutte.
CTIFL, documents n°40, 4^{ème} trimestre, 12 p.
- OLFAT (M.K.). 1968.
Identification of (+)-abscissic acid in strawberry leaves.
Planta (Berl), 78, 305-309.
- PILET (P.E.). 1970.
The effect of auxin and abscissic on the catabolism of RNA.
Journal of Exp. Bot., 21, 67, 446-451.
- SAHA (A.K.). 1965.
The relationship of photoperiod, night temperature, chilling, auxins and inhibitors to vegetative growth and flowering in the strawberry.
Diss. Abstr., 25, 10, 5481-5482.
- SCHMIDLE (A.). 1961.
Über eine Rhizom und Wurzelfäule der Erdbeere.
Bad. Obst Gartenbau, 19, 401-402.
- VOLKEN (P.). 1972.
Quelques aspects des relations hôte-parasite en fonction de traitements à l'acide indol-acétique et à l'acide gibberellique.
Phytopath. Z., 75, 2, 163-174.



LA COMPAGNIE DES BANANES

SOCIÉTÉ ANONYME

IMPORTATEURS DE BANANES

Siège social :
15, rue du 4 Septembre
75 - PARIS (2^e)

Tél. : 266-23-33
Télég. : LACIEBAN - PARIS
Télex : n° 22.512



2, rue des Tropiques
CIDEX E 108 94538 RUNGIS
tél. 726 96 10 - telex : 27079

E. E. AZOULAY & C[®]

tous les fruits
exotiques