



HAL
open science

Activités antifongiques de la sirodesmine PL et de deux analogues naturels isolés de *Phoma lingam* (Tode)

Desm. Action antagoniste du zinc

Bertrand Poiret, Albert Kollmann, Jean-François Bousquet

► **To cite this version:**

Bertrand Poiret, Albert Kollmann, Jean-François Bousquet. Activités antifongiques de la sirodesmine PL et de deux analogues naturels isolés de *Phoma lingam* (Tode) Desm. Action antagoniste du zinc. *Agronomie*, 1985, 5 (6), pp.533-538. hal-02728121

HAL Id: hal-02728121

<https://hal.inrae.fr/hal-02728121>

Submitted on 2 Jun 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Activités antifongiques de la sirodesmine PL et de deux analogues naturels isolés de *Phoma lingam* (Tode) Desm. Action antagoniste du zinc

Bertrand POIRET, Albert KOLLMANN & Jean-François BOUSQUET

I.N.R.A., Station de Pathologie Végétale, Route de St-Cyr, F 78000 Versailles

RÉSUMÉ

La sirodesmine PL et deux analogues naturels, la désacétylsirodesmine PL et la diacétylsirodesmine PL, isolées de *Phoma lingam* parasite du colza, présentent des activités antifongiques importantes. Quatre critères d'activité sont étudiés sur 2 parasites (*S. nodorum* et *B. cinerea*) : croissance linéaire, croissance pondérale, germination des spores et sporulation. Ces 3 épipolythiopipérazinediones réduisent la croissance mycélienne des deux champignons, cependant la désacétylsirodesmine PL inhibe spécifiquement et à basse concentration leur sporulation ; seule la germination des spores de *B. cinerea* est affectée par la sirodesmine PL et la diacétylsirodesmine PL.

L'addition de Zn^{++} au milieu de culture permet d'annuler les effets toxiques au niveau de la sporulation et également, dans certains cas, au niveau de la croissance mycélienne.

Mots clés additionnels : *Botrytis cinerea*, *Septoria nodorum*, croissance, germination, sporulation.

SUMMARY

Antifungal activity of sirodesmin PL and two natural analogs isolated from Phoma lingam (Tode) Desm. and antagonistic action of Zn^{++} .

Sirodesmin PL and two related toxins, desacetylsirodesmin PL and diacetylsirodesmin PL, were isolated from *Phoma lingam* and showed antifungal activity. The activity of each was tested on two plant pathogens (*Septoria nodorum* and *Botrytis cinerea*) for the following parameters : linear growth, dry weight, spore germination and spore production. All three epipolythiopiperazinediones decreased mycelial growth of both fungi. However desacetylsirodesmine PL inhibited spore production in both fungi specifically and at low concentration. The addition of Zn^{2+} to the culture medium reversed the inhibition of spore production and in some experiments even allowed normal mycelial growth. Under the same conditions, Fe^{2+} , Mn^{2+} and Mg^{2+} had no effect.

Additional key words : *Botrytis cinerea*, *Septoria nodorum*, growth, germination, sporulation.

I. INTRODUCTION

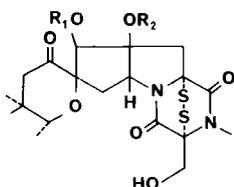
Les sirodesmines appartiennent au groupe des épipolythiopipérazinediones. Dans une revue générale sur ces produits, TAYLOR (1971) rapporte leurs propriétés biologiques et signale en particulier les effets inhibiteurs de la gliotoxine sur certains champignons ; à notre connaissance, cependant, les activités antifongi-

ques des sirodesmines PL, notamment sur la sporulation des micromycètes, n'ont pas été signalées.

Les propriétés phytotoxiques de la désacétylsirodesmine PL et de la sirodesmine PL isolées de *Phoma lingam* (Tode) Desm. ont été décrites par BOUSQUET *et al.* (1977) et leurs structures respectives établies par FERREZOU *et al.* (1977).

Nous avons isolé de la même espèce fongique un

nouvel analogue naturel, déterminé puis synthétisé par FERREZOU (comm. pers., 1982), l'acétyl-6-sirodesmine PL, que nous nommerons diacétylsirodesmine PL.



Sirodesmine PL : $R_1 = -CO-CH_3$, $R_2 = H$
 Désacétylsirodesmine PL : $R_1 = H$, $R_2 = H$
 Diacétylsirodesmine PL : $R_1 = -CO-CH_3$,
 $R_2 = -CO-CH_3$.

Notre étude porte sur l'activité antifongique de chacun de ces 3 composés, vis-à-vis de 2 champignons : *Septoria nodorum* Berk. et *Botrytis cinerea* Pers. Cette activité est évaluée sur la croissance linéaire et la sporulation en milieu gélosé, sur la croissance pondérale en milieu liquide et enfin sur la germination des spores. Tous nos essais ont été réalisés avec les molécules purifiées cristallisées.

L'utilisation comparative dans le milieu de culture de 2 extraits de malt d'origines commerciales différentes nous a permis fortuitement de constater une action antagoniste du Zn^{++} (B. POIRET, résult. non publiés, 1983). Cet antagonisme est étudié sur la croissance linéaire et la sporulation des 2 champignons.

II. MATÉRIEL ET MÉTHODES

A. Obtention des sirodesmines

Les sirodesmines PL sont obtenues à partir de cultures de *P. lingam* selon les techniques décrites par BOUSQUET *et al.* (1977).

12 l de culture fournissent environ 5 g de sirodesmine PL, 150 mg de diacétylsirodesmine PL et 200 mg de désacétylsirodesmine PL. Les 3 composés sont caractérisés en CCM (MERCK, DC Plastikfolien Kieselgel 60F 254 0,2 mm) par des Rf respectifs de 0,55 ; 0,50 et 0,37 pour les diacétylsirodesmine PL, sirodesmine PL et désacétylsirodesmine PL dans le système d'éluant $CHCl_3$ /acétate d'éthyle 1 :1. Ils sont visibles en UV (254 nm) et se révèlent en jaune après vaporisation d'une solution à 50 p. 100 d' H_2SO_4 suivie d'un rapide chauffage à 110 °C. Une purification finale est effectuée par plusieurs recristallisations successives dans l'acétate d'éthyle.

B. Incorporation des sirodesmines

Les produits sont mis en solution dans du méthanol. Des dilutions sont effectuées de manière à ce que la concentration finale de ce dernier dans le milieu de culture corresponde à 1 p. 100. L'incorporation a lieu après stérilisation. Dans le cas de milieux solides, l'introduction des sirodesmines a lieu stérilement à 50 °C lorsque le milieu est en surfusion.

Dans toutes nos expériences les résultats sont exprimés en p. 100 du témoin contenant 1 p. 100 de méthanol.

C. Croissance linéaire

Les cultures sont effectuées sur milieu gélosé en boîtes de Petri plastique de 10 cm de diamètre. La croissance linéaire de *B. cinerea* est étudiée sur le milieu suivant : glucose : 10 g ; KH_2PO_4 : 2 g ; K_2HPO_4 : 1,5 g ; $(NH_4)_2 SO_4$: 1 g ; $Mg SO_4, 7 H_2O$: 0,5 g ; extrait de levure : 2 g ; gélose : 20 g ; eau désionisée q.s.p : 1 000 ml, à l'obscurité et à 25 °C. Celle de *S. nodorum* sur milieu malt à 2 p. 100 avec 2 p. 100 de gélose (CRISTOMALT DIFAL, 69400 Villefranche/Saône), à 18 °C, avec une photopériode 16 h lumière/8 h obscurité (éclairage 3 000 lux tubes fluorescents Sylvania lifeline et blanc industrie (1/1)).

On dépose au centre de chaque boîte de Petri un « disque » mycélien calibré de 8 mm de diamètre, provenant du front de cultures en milieu solide. Les diamètres des colonies sont mesurés quotidiennement ; les résultats sont exprimés en p. 100 du témoin.

D. Croissance pondérale

La croissance pondérale est mesurée à partir de cultures effectuées dans des fioles de 250 ml contenant 100 ml de milieu liquide.

Chaque fiole estensemencée par 3 disques mycéliens obtenus comme précédemment (cf. C). Les cultures sont soumises à une agitation de 100 tours/mn et placées à l'obscurité à 20 °C.

Après 7 j de culture pour *S. nodorum* et 5 j pour *B. cinerea*, le mycélium est recueilli sur de la gaze puis lavé à l'eau distillée ; le poids de matière sèche est déterminé après lyophilisation. Les résultats sont exprimés en p. 100 du témoin.

E. Germination des spores

25 ml d'une suspension de spores dans de l'eau stérile ($1,5 \times 10^5$ spores/ml) sont incorporés dans 75 ml de milieu malt 2 p. 100 avec 2 p. 100 de gélose contenant les toxines et maintenus en surfusion à 45 °C. Ce mélange, après agitation, est réparti dans 10 boîtes de Petri. La période d'incubation est de 24 h à la température du laboratoire et à l'obscurité ; cependant cette période est prolongée jusqu'à 36 h pour *S. nodorum*. Le comptage est fait sur 300 spores prises au hasard dans la masse gélosée pour chaque boîte de Petri. Le critère de germination choisi est l'observation d'un tube germinatif quelle que soit sa taille. Les résultats sont exprimés en p. 100 de spores germées par rapport au témoin.

F. Sporulation

Les cultures fongiques sont effectuées en boîtes de Petri sur milieu malt à 2 p. 100 avec 2 p. 100 de gélose. Une implantation centrale de mycélium frontal est réalisée pour *B. cinerea*, alors que pour *S. nodorum* les boîtes sontensemencées par frottis de spores.

Les cultures (10 boîtes de Petri par espèce fongique et par condition) sont placées à 18 °C avec une photopériode de 16 h lumière/8 h obscurité. Après 12 j pour *S. nodorum* et 7 j pour *B. cinerea*, les spores sont recueillies par 3 lavages des colonies avec à chaque fois 10 ml d'eau distillée. Le nombre de spores est

évalué à l'aide d'une cellule de Thoma. Les résultats sont exprimés en p. 100 du témoin après correction en tenant compte de la surface mycélienne des colonies par rapport à celle du témoin.

G. Influence de Zn^{++}

L'influence de Zn^{++} sur la sporulation et la croissance des 2 champignons en présence de toxine est examinée par comparaison entre des cultures ayant bénéficié ou non d'un apport de $ZnSO_4, 7 H_2O$ dans le milieu.

Les cultures sont effectuées en boîtes de Petri sur milieu malt 2 p. 100 avec 2 p. 100 de gélose. Des quantités de $ZnSO_4, 7 H_2O$ correspondant à des con-

centrations finales comprises entre 0,05 et 50 mg/l sont incorporées au milieu avant la stérilisation.

Seules les désacétylsirodesmine PL et sirodesmine PL ont été étudiées dans ces expériences.

III. RÉSULTATS

A. Croissance

Les sirodesmines PL se montrent assez peu actives sur la croissance linéaire de *S. nodorum* (fig. 1) ; par contre, la croissance pondérale de ce champignon est fortement affectée par la désacétylsirodesmine PL ainsi que par la diacétylsirodesmine PL. La sirodesmine PL provoque, quant à elle, un ralentissement de

Légendes des figures 1 à 4

Effet des désacétylsirodesmine (A), sirodesmine PL (B) et diacétylsirodesmine (C), en fonction de leurs concentrations. Résultats exprimés en p. 100 du témoin.

Effect of desacetylrodesmin PL (A), sirodesmin PL (B) and diacetylrodesmin PL (C), at different concentrations as a percentage of the control.

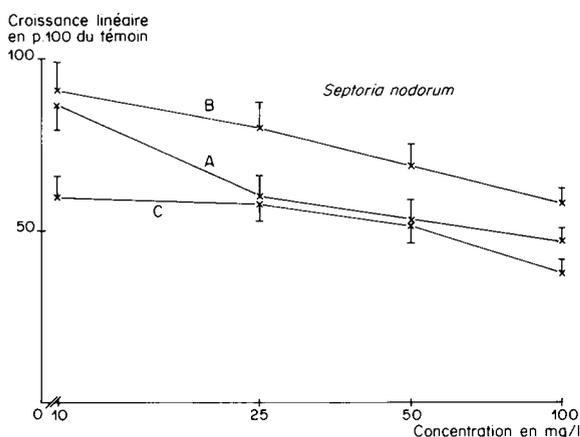


Figure 1
Croissance linéaire de *Septoria nodorum*. Cultures de 7 j à 18 °C.
Linear growth of *Septoria nodorum*. Incubation at 18 °C for 7 days.

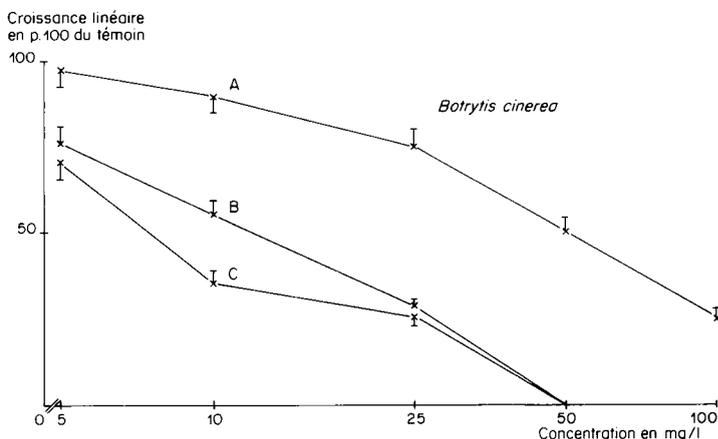


Figure 3
Croissance linéaire de *Botrytis cinerea*. Cultures de 5 j à 25 °C.
Linear growth of *Botrytis cinerea*. Incubation at 25 °C for 5 days.

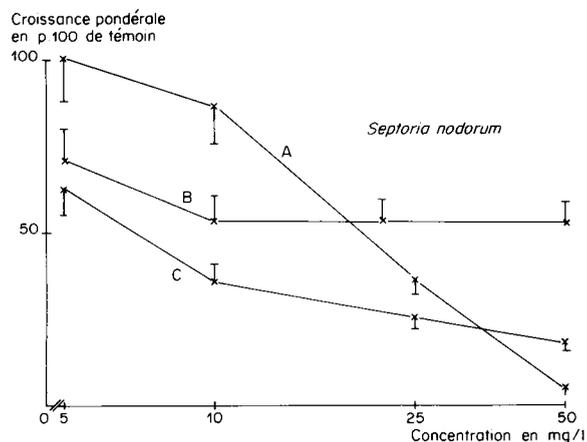


Figure 2
Croissance pondérale de *Septoria nodorum*. Poids de matière sèche après 7 j de culture à 20 °C.
Dry weight of *Septoria nodorum*. Incubation at 20 °C for 7 days.

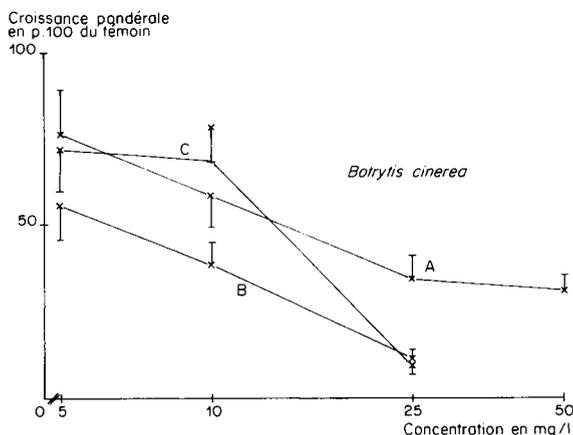


Figure 4
Croissance pondérale de *Botrytis cinerea*. Poids de matière sèche après 5 j de culture à 20 °C.
Dry weight of *Botrytis cinerea*. Incubation at 20 °C for 5 days.

la croissance pondérale qui reste constant à partir de la concentration de 10 mg/l (fig. 2).

Dans le cas de *B. cinerea*, la désacétylsirodesmine PL se montre moins active que les 2 autres composés, que ce soit sur la croissance linéaire ou sur la croissance pondérale (fig. 3 et 4). En règle générale, *B. cinerea* paraît plus sensible que *S. nodorum* vis-à-vis des molécules étudiées. Les intervalles de confiance des moyennes ont été déterminés au seuil de 95 p. 100 après transformation logarithmique des diamètres.

L'analyse de variance montre que l'interaction entre les répétitions et les différentes conditions expérimentales est faible par rapport aux effets dose et traitement.

B. Germination des spores

La germination des spores de *S. nodorum* est peu modifiée en présence des sirodesmines (tabl. 1). Il faut cependant noter un retard dans l'apparition des tubes germinatifs avec la sirodesmine PL et la diacétylsirodesmine PL et un arrêt de croissance des jeunes filaments avec la désacétylsirodesmine PL à la concentration de 100 mg/l.

Dans le cas de *B. cinerea*, la diacétylsirodesmine PL et la sirodesmine PL inhibent la germination des spores contrairement à la désacétylsirodesmine PL qui demeure inactive à des concentrations élevées (tabl. 2). Aucun retard dans l'apparition des tubes germinatifs n'a été observé chez ce champignon.

TABLEAU 1

Germination des spores de Septoria nodorum. Action des désacétylsirodesmine PL (A), sirodesmine PL (B) et diacétylsirodesmine PL (C) à la dose de 100 mg/l.

Les résultats sont exprimés en p. 100 de spores germées en 24 h rapporté au taux de germination du témoin.

Spore germination of Septoria nodorum. Effect of desacetyl-sirodesmin PL (A), sirodesmin PL (B) and diacetyl-sirodesmin PL (C) at different concentrations as a percentage of the control.

Temps en h	100 mg/l		
	A	B	C
24	100	75	20
36	100	100	100

C. Sporulation

La sporulation de *S. nodorum* est fortement réduite en présence de désacétylsirodesmine PL (tabl. 3). A la concentration de 4 mg/l, dose qui n'affecte pas la croissance mycélienne, le nombre de spores représente environ 1 p. 100 du témoin.

Ce pouvoir anti-sporulant n'est observable qu'à 50 mg/l dans le cas de la diacétylsirodesmine PL mais est plus réduit (31 p. 100 du témoin) et associé à une forte diminution de la croissance mycélienne.

La sirodesmine PL n'agit sur la sporulation de *S. nodorum* qu'à des concentrations très élevées (200 mg/l) ; en cas de culture prolongée dans ces conditions (3 mois ; 200 mg/l) on assiste, chez *S. nodo-*

TABLEAU 2

Germination des spores de Botrytis cinerea. Action des désacétylsirodesmine PL (A), sirodesmine PL (B) et diacétylsirodesmine PL (C) en fonction de leur concentration.

Les résultats sont exprimés en p. 100 de spores germées en 24 h rapporté au taux de germination du témoin.

Spore germination of Botrytis cinerea. Effect of desacetyl-sirodesmin PL (A), sirodesmin PL (B) and diacetyl-sirodesmin PL (C) at different concentrations as a percentage of the control.

Concentration en mg/l	A	B	C
5	100	96	68
10	100	75	30
75	100	25	3
100	100	4	1
150	100	0	0
200	90	0	0

TABLEAU 3

Sporulation de Septoria nodorum. Action des désacétylsirodesmine PL (A), sirodesmine PL (B) et diacétylsirodesmine PL (C) en fonction de leur concentration.

Les résultats sont exprimés en p. 100 du nombre de spores observé chez le témoin.

Sporulation of Septoria nodorum. Effect of desacetyl-sirodesmin PL (A), sirodesmin PL (B) and diacetyl-sirodesmin PL (C) at different concentrations as a percentage of the control.

Concentration en mg/l	A	B	C
2	50	100	100
4	1	100	100
6	0	100	100
50	0	108	31

rum, à une perte irréversible du pouvoir sporulant ; contrairement à la croissance, la sporulation n'est pas rétablie si le champignon est replacé sur un milieu témoin ou même enrichi en ZnSO₄.

Parallèlement à l'inhibition de la sporulation, on observe, dans tous les cas, la disparition d'une pigmentation brune du milieu de culture aux abords des colonies mycéliennes.

L'effet anti-sporulant de la désacétylsirodesmine PL est également observé chez *B. cinerea* (tabl. 4) il s'avère cependant moins important que chez *S. nodorum* : 10 mg/l réduisent à 22 p. 100 le nombre de spores par rapport au témoin et il faut atteindre une concentration de 100 mg/l pour n'obtenir qu'1 p. 100 du témoin. Des effets similaires sont observés avec la sirodesmine PL et la diacétylsirodesmine PL mais ils sont alors associés à une très forte diminution de la croissance mycélienne.

D. Action de Zn⁺⁺

L'inhibition de la sporulation et de la croissance de *S. nodorum* observée avec la désacétylsirodesmine

TABLEAU 4

Sporulation de *Botrytis cinerea*. Action des désacétylsirodesmine PL (A), sirodesmine PL (B) et diacétylsirodesmine PL (C) en fonction de leur concentration.

Les résultats sont exprimés en p. 100 du nombre de spores observé chez le témoin.

Sporulation of *Botrytis cinerea*. Effect of desacetylsirodesmine PL (A), sirodesmine PL (B) and diacetylsirodesmine PL (C) at different concentrations as a percentage of the control.

Concentration en mg/l	A	B	C
5	86	78	97
10	22	20	28
25	7	3	13
50	3	< 1	7
100	1	0	3

PL est levée par l'addition de $ZnSO_4 \cdot 7 H_2O$ dans le milieu de culture. Ce phénomène est fonction des doses utilisées par rapport aux concentrations de toxine (fig. 5). Cependant, dans le cas de la sirodesmine PL qui n'agit pas sur la sporulation du champignon, l'inhibition de la croissance n'est pas levée.

Pour *B. cinerea*, l'addition de $ZnSO_4 \cdot 7 H_2O$ annule également l'effet antisporel de la désacétylsirodesmine PL et de la sirodesmine PL ; en revanche, aucun effet comparable n'est observé sur la croissance mycélienne (fig. 5). Il a été vérifié que l'incorporation de $ZnSO_4 \cdot 7 H_2O$ dans le milieu de culture exempt de toxine ne modifie pas de façon sensible, aux concentrations utilisées, la croissance et la sporulation des 2 champignons.

IV. DISCUSSION ET CONCLUSION

Les résultats obtenus dans cette étude mettent en évidence les propriétés fongitoxiques des sirodesmines PL, tant au niveau de la croissance des champignons qu'à celui de leur reproduction. Ils permettent également de confirmer l'importance de la structure fonctionnelle d'une molécule vis-à-vis de ses activités biologiques.

Dans le cas des sirodesmines PL, la présence ou l'absence de fonctions alcool libres jouent bien évidemment un rôle sur la solubilité des composés mais également sur leur pénétration à travers les membranes et sur leur devenir au sein de l'organisme.

La désacétylsirodesmine PL, composé possédant 3 fonctions alcool libres, présente une activité antisporel importante vis-à-vis de *S. nodorum* et de *B. cinerea* ; cette action obtenue avec de faibles concentrations de toxine est indépendante de l'effet observé sur la croissance mycélienne. La désacétylsirodesmine PL est inactive sur la germination des spores des 2 champignons.

Avec la sirodesmine PL, analogue naturel possédant 2 fonctions alcool libres, l'action antisporelante n'apparaît que chez *B. cinerea* mais est associée à une forte réduction de la croissance mycélienne. De même,

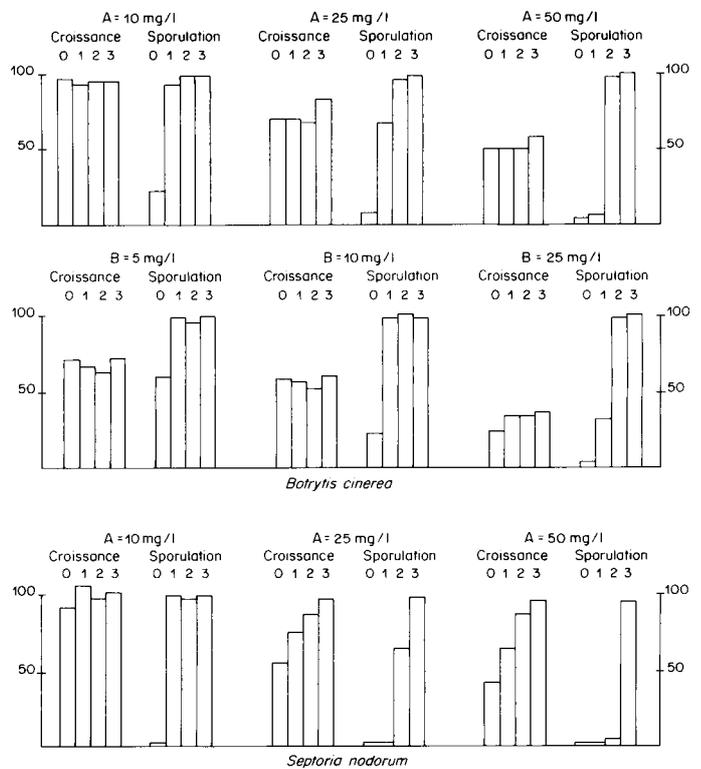


Figure 5

Croissance linéaire et sporulation de *B. cinerea* et *S. nodorum*. Action antagoniste de Zn^{++} vis-à-vis de la désacétylsirodesmine PL (A) et de la sirodesmine PL (B).

Linear growth and spore formation by *B. cinerea* and *S. nodorum*. Antagonistic action of Zn^{++} with desacetylsirodesmin PL (A) and sirodesmin PL (B) at different concentrations as a percentage of the control.

0 = $ZnSO_4 \cdot 7 H_2O$ 0 mg/l
 1 = $ZnSO_4 \cdot 7 H_2O$ 0,5 mg/l
 2 = $ZnSO_4 \cdot 7 H_2O$ 5 mg/l
 3 = $ZnSO_4 \cdot 7 H_2O$ 50 mg/l.

Résultats exprimés en p. 100 du témoin.

S. nodorum croissance : cultures de 5 j à 18 °C. Photopériode lumière 16 h ; sporulation : cultures de 7 j à 18 °C. Photopériode lumière 16 h.

B. cinerea sporulation : cultures de 12 j à 18 °C. Photopériode lumière 16 h.

seule la germination des spores de ce champignon est inhibée par le composé alors que, chez *S. nodorum*, elle est simplement ralentie.

Le 3^e composé moins hydroxylé, la diacétylsirodesmine PL, agit sur la sporulation de *S. nodorum* et de *B. cinerea* d'une manière non spécifique car également associée à un effet prononcé sur la croissance mycélienne. Son action sur la germination des spores est identique à celle observée avec la sirodesmine PL.

L'action antagoniste de Zn^{++} vis-à-vis des sirodesmines PL se manifeste au niveau de la sporulation et, seulement dans certains cas, sur la croissance linéaire. Cette protection par Zn^{++} a pu être également observée au niveau de l'activité phytotoxique sur des germinations de graines de colza. En effet, à la concentration de 25 mg/l, les désacétylsirodesmine PL et sirodesmine PL bloquent totalement la croissance des racines de colza en provoquant leur nécrose. L'addition de 50 mg/l de $ZnSO_4 \cdot 7 H_2O$, lève cette inhibition ; des doses inférieures (0,5 et 5 mg/l) ne sont cependant pas actives (B. POIRET, résult. non publiés, 1983).

Des essais similaires effectués sur champignons et sur graines avec FeSO₄, MnSO₄ et MgSO₄ dans les mêmes conditions se sont montrés négatifs (B. POIRET, résult. non publiés, 1983).

Cette action de Zn⁺⁺ a déjà été observée en pathologie animale vis-à-vis des sporidesmines, molécules voisines de sirodesmines et qui ont une forte toxicité chez différents animaux (SMITH *et al.*, 1977 ; TOWERS, 1977 ; TOWERS & SMITH, 1978), mais le mode d'action de cet ion métallique reste cependant méconnu.

Des analyses spectrométriques préliminaires en RMN du ¹³C n'ayant pas pu mettre en évidence la formation d'un complexe Zn⁺⁺/sirodesmines PL (M. DEVYS, comm. pers., 1983), il est possible d'envisager un phénomène de compétition entre ces 2 éléments au niveau d'un même « site biochimique » intéressant, entre autres, la sporulation des champignons.

De nombreux auteurs ont montré l'importance de Zn⁺⁺ sur le métabolisme des champignons (COCHRANE, 1958 ; WOLD & SUZUKI, 1976) ; toutefois son intervention dans les mécanismes de la sporulation n'apparaît pas très nettement. FOSTER (1939) constate que la sporulation d'*Aspergillus niger* Van Tiegh. est partiellement inhibée par l'addition de Zn⁺⁺ au milieu de culture alors que la formation des conidies de *Fusarium oxysporum* Schlecht. est stimulée en présence de Zn⁺⁺ à la concentration de 50 mg/l.

On connaît depuis longtemps l'importance de Zn⁺⁺

dans les phénomènes biologiques. Plusieurs auteurs ont en particulier mis en évidence le rôle de cet élément au cours de la synthèse d'ARN : SCRUTTON *et al.* (1971) ont montré la présence de Zn⁺⁺ chez l'enzyme RNA polymérase de *Escherichia coli*, alors que TERHUNE & SANSTEAD (1972) ont précisé son rôle dans des activités RNA polymérasiques chez des mammifères.

Chez les champignons, WEGENER & ROMANO (1963) ont démontré l'action stimulante de Zn⁺⁺ sur la formation d'ARN et sur la synthèse protéique de *Rhizopus nigricans* Ehr., cependant que WACKER & VALLÉE (1959), ayant mis en évidence des molécules de zinc associées avec des ARN de diverses sources, ont avancé l'hypothèse d'un rôle important joué par ce métal dans le maintien de la stabilité configurationnelle des molécules d'ARN.

Actuellement, l'ensemble des données bibliographiques conduit à penser que l'action des épipolythiopipérazinediones se situe au niveau de la synthèse d'ARN (FEREZOU, 1981). Ces observations, associées à la mise en évidence dans notre étude d'une action antagoniste de Zn⁺⁺ vis-à-vis de molécules possédant un effet antisporelant, laissent entrevoir une voie d'accès dans l'explication du mécanisme complexe et encore peu connu de la sporulation des micromycètes.

Reçu le 20 septembre 1984.

Accepté le 8 février 1985.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Bousquet J. F., Ferezou J. P., Devys M., Barbier M.**, 1977. Sur une toxine produite par le champignon *Phoma lingam* Tode, parasite du Colza : isolement et propriétés. *C. R. Acad. Sci. Paris*, sér. D, **284**, 927-928.
- Cochrane J. W.**, 1958. *Physiology of Fungi*. John Wiley and Sons. NY London.
- Ferezou J. P., Quesneau-Thierry A., Pascard-Billy C., Barbier M., Bousquet J. F., Boudart G.**, 1977. Structure de deux toxines isolées des cultures de *Phoma lingam* Tode : la sirodesmine PL et la désacétylsirodesmine PL. *Nouv. J. Chim.*, **1**, 327-334.
- Ferezou J. P.**, 1981. *Piperazinediones soufrées et non soufrées produites par le champignon phytopathogène Phoma lingam Tode : étude chimique et biosynthétique*. Thèse Doct. Sci. nat., Fac. Sci. Univ. Paris-Sud, 165 p.
- Foster J. W.**, 1939. The heavy metal nutrition of fungi. *Bot. Rev.*, **V** (4), 207-239.
- Scrutton M. C., Wu C. W., Goldwait D. A.**, 1971. The presence and possible role of zinc in RNA polymerase obtained from *Escherichia coli*. *Proc. Nat. Acad. Sci. U.S.A.*, **68**, 2497.
- Smith B. L., Embling P. P., Towers N. R., Wright D. E., & Payne E.**, 1977. The protective effect of zinc sulphate in experimental sporidesmin poisoning of sheep. *N. Z. Vet. J.*, **25**, 124-127.
- Taylor A.**, 1971. The toxicology of sporidesmins and other epipolythioxopiperazines, 337-376. In Kadis A., Ciegler A., AJL S. J. : « Microbial Toxins », Acad. Press, NY, Vol. 7.
- Terhune M. W., Sandstead H. H.**, 1972. Decreased RNA polymerase activity in zinc deficiency. *Science*, **177**, 68-69.
- Towers N. R.**, 1977. Effect of zinc on the toxicity of the mycotoxin sporidesmin to the rat. *Life Sci.*, **20**, 413-418.
- Towers N. R., Smith B. L.**, 1978. The protective effect of zinc sulphate in experimental sporidesmin intoxication of lactating dairy cows. *N. Z. Vet. J.*, **26**, 199-202.
- Wacker W. E. C., Vallée B. L.**, 1959. Nucleic acids and metals. I Chromium, manganese, nickel, iron and other metals in ribonucleic acid from diverse biological sources. *J. Biol. Chem.*, **234**, 3257-3262.
- Wegener W. S., Romano A. H.**, 1963. Zinc stimulation of RNA and protein synthesis in *Rhizopus nigricans*. *Science*, **142**, 1669-1670.
- Wold W. S. M., Suzuki I.**, 1976. The citric acid fermentation by *Aspergillus niger* : regulation by zinc of growth and acidogenesis. *Can. J. Microbiol.*, **22**, 1083-1092.