

## **Influence de produits phytosanitaires (herbicides et fongicides) sur la croissance et l'inféctivité de souches pures de *Frankia* isolées de nodules d'aulne**

A. MOIROUD, P. SIMONET et M. FAURE-RAYNAUD

*Laboratoire de Microbiologie physiologique et appliquée  
Université Claude-Bernard, Lyon I  
43, bd du 11 Novembre 1918, F 69622 Villeurbanne Cedex*

### **Résumé**

L'influence de 4 herbicides, Légurame (carbétamide), Dévrinol (napropamide), Fulton (napropamide + nitralin), Comodor (butam) et d'un fongicide, Cryptonol (oxyquinoléine) sur la croissance et l'inféctivité de cultures pures de *Frankia* isolées de nodules d'aulne a été étudiée. Tous ces produits phytosanitaires sont couramment utilisés en traitement du sol pour lutter contre les mauvaises herbes ou les champignons phytopathogènes. A faibles concentrations les 4 herbicides utilisés n'inhibent pas la croissance de *Frankia*. Par contre aucun développement de ce microorganisme n'a pu être obtenu en présence de Cryptonol. De faibles concentrations en herbicide dans le milieu n'inhibent pas la formation de nodosités sur les racines de jeunes plants d'aulne. A fortes concentrations les herbicides utilisés limitent fortement le développement racinaire et aucune nodosité n'est formée. Le cryptonol n'affecte pas la croissance de la plante-hôte mais empêche la nodulation par action sur le symbiote microbien.

*Mots clés : Aulne, Frankia, herbicide, fongicide, nodulation.*

### **1. Introduction**

L'aulne glutineux, *Alnus glutinosa* Gaertn. est maintenant considéré comme une espèce particulièrement intéressante tant pour la production de biomasse que pour l'amélioration de la productivité d'autres ligneux associés en culture mixte (PLASS, 1977 ; SAUCIER, 1977 ; KELLISON & WHITE, 1979 ; FESSENDEN, 1979 ; ASKEW & LANE, 1979). Il s'agit en effet d'une espèce fixatrice symbiotique d'azote, capable de se développer sur des sols médiocres très déficitaires en azote combiné (CROCKER & MAJOR, 1955 ; DALE, 1963 ; PLASS, 1977 ; MOIROUD & CAPELLANO, 1978). En outre, grâce aux chutes annuelles d'une litière abondante et à forte teneur en azote (SILVESTER, 1977) l'aulne est capable d'enrichir rapidement le sol en cet élément (VIERECK, 1966 ; MOIROUD & CAPELLANO, 1979). Depuis la mise au point des techniques d'isolement et de culture *in vitro* de l'endophyte des actinorhizes (CALLAHAN *et al.*, 1978 ; LALONDE *et al.*, 1981) il est possible d'inoculer avec les souches les plus performantes de *Frankia* de jeunes plants d'aulne qui seront ensuite mis en place sur le terrain. On a pu en effet montrer que de la souche de *Frankia*

utilisée dépend, pour une large part, l'efficacité de la symbiose (DILLON & BAKER, 1982 ; MAYNARD & HALL, 1980 ; NORMAND & LALONDE, 1982). Toutefois, lors du passage en pépinière ou de la mise en place définitive, les racines nouvellement formées peuvent être colonisées par les souches autochtones du sol, qui peuvent être moins efficaces que la souche pure utilisée pour l'inoculation. Il peut donc être intéressant de limiter, au moins pendant la période critique de reprise des jeunes plants, ces infections secondaires par utilisation de composés actifs sur les formes libres de *Frankia* et à prix de revient modéré. De même, pour favoriser la reprise sur le terrain, il peut être nécessaire de lutter contre la concurrence des mauvaises herbes souvent favorisées par la préparation du sol (MAYNARD & HALL, 1980). Or, et à la différence de ce que l'on rencontre dans le cas de la symbiose *Rhizobium-Légumineuses* (GIBSON, 1977 ; GIARDINI *et al.*, 1978), les connaissances concernant l'impact des produits phytosanitaires sur *Frankia* ou la symbiose actinorhizienne sont extrêmement réduites (MOIROUD & FAURE-RAYNAUD, 1983). Il nous a donc paru intéressant d'entreprendre une étude approfondie de l'influence de certains produits phytosanitaires (herbicides et fongicides) sur le développement *in vitro* de souches pures de *Frankia*, leur infectivité en présence de tels composés dans le milieu ainsi que sur l'efficacité de la symbiose. Nous rapporterons dans cette note les résultats obtenus concernant l'action de 4 herbicides et d'un fongicide à large spectre sur la croissance et l'infectivité de souches pures de *Frankia*.

## 2. Matériel et méthodes

### 2.1. Produits phytosanitaires utilisés

#### 2.1.1. Herbicides

Les herbicides utilisés appartiennent à deux grands groupes chimiques, celui des amides et celui des toluidines.

##### 2.1.1.1. Groupe des amides

2.1.1.1.1. *Carbétamide* =  $C_{12}H_{16}O_3N_2$  ou phénylcarbamoxyloxy-2 N-éthylpropionamide, isomère D. Dénomination commerciale : Légurame. Formulation : poudre contenant 70 p. 100 de matière active.

2.1.1.1.2. *Napropamide* =  $C_{17}H_{21}NO_2$  ou N, N-diéthylpropionamide ( $\alpha$ -naphoxy). Dénomination commerciale : Dévriol. Formulation : poudre contenant 50 p. 100 de matière active.

2.1.1.1.3. *Butam* =  $C_{15}H_{23}NO$  ou N-benzyl-N-isopropyltriméthylacétamide. Désignation commerciale : Comodor. Formulation : liquide contenant 72 p. 100 (p/v) de matière active.

##### 2.1.1.2. Groupe des toluidines

2.1.1.2.1. *Napropamide* + *nitralin* = association du composé précédent et du nitralin :  $C_{13}H_{19}O_6N_3S$  ou méthylsulfonyl-4-dinitro-2,6 N,N-dipropylaniline. Désigna-

tion commerciale : Fulton. Formulation : poudre contenant 28 p. 100 de napropamide et 32 p. 100 de nitalin.

## 2.12 Fongicide

2.121. *Oxyquinoléine* =  $C_9H_7OH$  ou 8-hydroxyquinoléine. Désignation commerciale : Cryptonol liquide. Formulation : liquide contenant 140 g/l de matière active.

### 2.2. Souches de *Frankia* utilisées

Toutes les souches utilisées ont été isolées au laboratoire à partir de nodules récoltés dans la nature. Sur les 5 souches étudiées, 4 proviennent de nodules d'*Alnus glutinosa* (AgN21 ; AgN10ai ; AgN12a ; AgN24 IIh) et une de nodules d'*Alnus viridis* (Av16a).

### 2.3. Influence des herbicides sur la croissance in vitro de souches pures de *Frankia*

Après stérilisation par filtration, les herbicides ont été ajoutés au milieu de culture habituel (FAURE-RAYNAUD *et al.*, 1984) de façon à obtenir les concentrations en produit commercial suivantes : 20  $\mu\text{g/ml}$  ; 50  $\mu\text{g/ml}$  ; 100  $\mu\text{g/ml}$  ; 200  $\mu\text{g/ml}$ . Toutefois, par suite de la très faible solubilité du Fulton, seule la concentration de 20  $\mu\text{g/ml}$  a été utilisée. Pour chaque herbicide et chacune des concentrations 5 tubes de milieu ont été ensemencés, chacun avec 0,5 ml d'une suspension homogène de *Frankia*. Après 4 semaines de culture à 28 °C, les colonies ont été récoltées, lavées 2 fois dans de l'eau distillée puis homogénéisées par traitement aux ultra-sons (appareil Labsonic ; 10 secondes ; 80 watts) et la densité optique de la suspension homogène obtenue mesurée à 570 nm. Pour chacune des souches utilisées, une série de 5 tubes de milieu sans herbicide a été ensemencée pour servir de témoin.

### 2.4. Influence du Cryptonol (fongicide) sur la croissance in vitro de souches pures de *Frankia*

Le même protocole expérimental a été suivi.

Les concentrations suivantes en fongicide ont été utilisées : 0,3  $\mu\text{l/ml}$  ; 1,5  $\mu\text{l/ml}$  ; 2,4  $\mu\text{l/ml}$  ; 3  $\mu\text{l/ml}$ .

### 2.5. Influence des herbicides sur l'inféctivité de souches pures de *Frankia*

De jeunes plants d'aune glutineux, provenant de la germination de graines récoltées dans la nature sur un même pied-mère, ont été repiqués, au stade 1<sup>re</sup> feuille, sur 15 g d'un substrat inerte (argile expansée) contenus dans des tubes de verre de 22 mm de diamètre et humidifiés avec un milieu minéral dépourvu d'azote. Chacun des herbicides utilisés a été ajouté au substrat lors du repiquage des jeunes aunes. Pour chaque herbicide des séries de 5 tubes contenant respectivement 20  $\mu\text{g}$ , 50  $\mu\text{g}$ , 100  $\mu\text{g}$  et 200  $\mu\text{g}$  de produit commercial par tube ont été utilisées. Après 3 semaines de développement en présence d'herbicide dans des conditions contrôlées (22 °C ;

16 h de lumière ; 8 h d'obscurité) quelques aulnes de chaque série ont été inoculés par addition d'1 ml d'une suspension dense et homogène de la souche AgN24 IIh. Des plants d'aulne développés sur substrat totalement dépourvu d'herbicide ont été ou non inoculés avec la même souche de *Frankia* pour servir de témoins d'infectivité de la souche. Ils servaient également de référence pour déceler une éventuelle phytotoxicité des composés étudiés.

Après 7 semaines de développement la présence de nodules sur le système racinaire des jeunes aulnes inoculés a été recherchée.

### 2.6. Influence du Cryptonol sur l'infectivité de souches pures de *Frankia*

Des séries de jeunes plants d'aulne glutineux au stade 1<sup>re</sup> feuille ont été repiqués comme précédemment sur substrat artificiel dans les conditions suivantes :

- série 1 : substrat additionné de 2 mg/tube de KNO<sub>3</sub>,
- série 2 : substrat additionné de 2 mg/tube de KNO<sub>3</sub> et de  $15 \times 10^{-3}$  ml/tube de Cryptonol,
- série 3 : substrat additionné de  $15 \times 10^{-3}$  ml/tube de Cryptonol,
- série 4 : substrat seul,
- série 5 : substrat seul.

Dans les séries 1 et 2, les jeunes aulnes n'ont pas été inoculés. Dans la série 5, considérée comme témoin, l'inoculation a été réalisée par immersion et séjour pendant 1 heure du système racinaire des jeunes aulnes dans une suspension dense et homogène de *Frankia*. Dans la série 4, l'inoculation a été réalisée de façon comparable. Toutefois, pour cette série, 1 heure avant l'immersion des racines,  $15 \times 10^{-3}$  ml de Cryptonol ont été ajoutés à la suspension de *Frankia*. Dans la série 3, l'inoculation a été réalisée par apport, directement dans le tube de culture de l'aulne de 0,5 ml d'une suspension dense de *Frankia*. Dans les séries 3, 4 et 5, le substrat artificiel était humidifié par une solution minérale dépourvue d'azote combiné. Les séries 3, 4 et 5 ont chacune été inoculées avec les souches AgN21, AgN12a, AgN24 IIh.

## 3. Résultats

### 3.1. Influence des herbicides sur la croissance *in vitro* de souches pures de *Frankia*

Les résultats obtenus sont rassemblés dans le tableau 1. On peut noter qu'aucun des herbicides utilisés n'inhibe totalement la croissance des souches pures de *Frankia*. Pour de faibles concentrations en Légurame ou en Dévrinol, on peut même observer une stimulation de la croissance de certaines souches (AgN21 ; AgN10ai ; AgN12a). Par contre le Comodor réduit sensiblement la croissance *in vitro* de *Frankia* et tout particulièrement à forte concentration (tabl. 1). Ainsi lorsque le milieu de culture contient 200 µg/ml de Comodor, la biomasse des colonies obtenues ne représente plus que de 10 à 20 p. 100 de celle des témoins.

TABLEAU 1

Biomasse produite par diverses souches de *Frankia* cultivées sur des milieux contenant différentes concentrations d'herbicides.

*Biomass of Frankia strains developed with various herbicides concentrations in the medium, expressed as OD of homogenised culture at 570 nm.*

Herbicides utilisés	Concentration dans le tube de culture	Souches de <i>Frankia</i>				
		AgN21	AgN10ai	AgN12a	AgN24 IIIh	Av16a
Légurame	20 µg/ml	0,52 ± 0,04	0,26 ± 0,02	0,15 ± 0,04	0,19 ± 0,01	0,27 ± 0,01
	50 µg/ml	0,60 ± 0,09	0,26 ± 0,02	0,16 ± 0,01	0,19 ± 0,02	0,26 ± 0,02
	100 µg/ml	0,52 ± 0,01	0,22 ± 0,05	0,16 ± 0,02	0,16 ± 0,02	0,24 ± 0,05
	200 µg/ml	0,42 ± 0,07	0,18 ± 0,01	0,10 ± 0,01	0,14 ± 0,02	0,18 ± 0,01
Dévrirol	20 µg/ml	0,50 ± 0,03	0,27 ± 0,01	0,11 ± 0,01	0,20 ± 0,02	0,30 ± 0,00
	50 µg/ml	0,46 ± 0,05		0,10 ± 0,00	0,20 ± 0,02	0,21 ± 0,00
	100 µg/ml	0,40 ± 0,07	0,22 ± 0,01	0,09 ± 0,03	0,20 ± 0,02	0,26 ± 0,02
	200 µg/ml	0,26 ± 0,02	0,15 ± 0,01	0,05 ± 0,00	0,18 ± 0,02	0,19 ± 0,02
Comodor	20 µg/ml	0,33 ± 0,03	0,22 ± 0,03	0,11 ± 0,01	0,18 ± 0,02	0,23 ± 0,02
	50 µg/ml	0,24 ± 0,03	0,13 ± 0,03	0,05 ± 0,01	0,14 ± 0,01	0,21 ± 0,02
	100 µg/ml	0,08 ± 0,00	0,10 ± 0,01	0,04 ± 0,02	0,11 ± 0,01	0,13 ± 0,01
	200 µg/ml	0,05 ± 0,00	0,06 ± 0,02	0,02 ± 0,00	0,04 ± 0,01	0,05 ± 0,00
Fulton	20 µg/ml	0,36 ± 0,02	0,20 ± 0,02	0,08 ± 0,01	0,19 ± 0,02	0,27 ± 0,02
Témoins	0	0,47 ± 0,03	0,26 ± 0,01	0,11 ± 0,00	0,25 ± 0,01	0,30 ± 0,01

Les valeurs obtenues correspondent à une moyenne établie sur 5 tubes. La biomasse est exprimée par la DO à 570 nm de la suspension obtenue après homogénéisation de la colonie développée par traitement aux ultra-sons (10 secondes à 80 watts). Les valeurs sont données avec l'erreur standard.

3.2. *Influence du Cryptonol sur la croissance in vitro de souches pures de Frankia*

Les résultats obtenus (tabl. 2) montrent qu'aucune des souches de *Frankia* étudiées n'est capable de se développer lorsque le milieu de culture contient du Cryptonol, même à faible concentration.

TABLEAU 2

*Biomasse produite par diverses souches pures de Frankia développées sur des milieux contenant différentes concentrations de Cryptonol.*

*Biomass of Frankia strains developed with various Cryptonol concentrations in the medium.*

Concentration en Cryptonol	Souches de <i>Frankia</i>			
	AgN21	AgN12a	AgN24 IIh	AvN16a
$0,3 \times 10^{-3}$ ml/ml	0	0	0	0
$1,5 \times 10^{-3}$ ml/ml	0	0	0	0
$2,4 \times 10^{-3}$ ml/ml	0	0	0	0
$3 \times 10^{-3}$ ml/ml	0	0	0	0
0 - Témoin	$0,36 \pm 0,06$	$0,31 \pm 0,00$	$0,25 \pm 0,03$	$0,77 \pm 0,07$

Les valeurs obtenues correspondent à des moyennes établies sur 4 tubes.

TABLEAU 3

*Influence de la concentration en herbicide du substrat de culture sur la survie et la nodulation de jeunes aulnes glutineux inoculés avec une souche pure de Frankia.*

*Herbicide concentrations effects on nodulation of *Alnus glutinosa* seedlings inoculated with *Frankia* strains.*

Concentration en herbicide ( $\mu\text{g}/\text{tube}$ )	Nombre de plants traités	Nombre total de plants morts	Nombre de plants inoculés	Nombre de plants nodulés
0	0	0	5	5
20	14	2	10	7
50	19	7	12	8
100	18	8	10	0
200	19	9	9	0

Les plants ont été inoculés 3 semaines après l'apport d'herbicide dans le substrat de culture. La présence de nodules a été recherchée 7 semaines après l'inoculation.

Les résultats rassemblés dans ce tableau correspondent à la sommation des résultats obtenus pour chacun des herbicides étudiés.

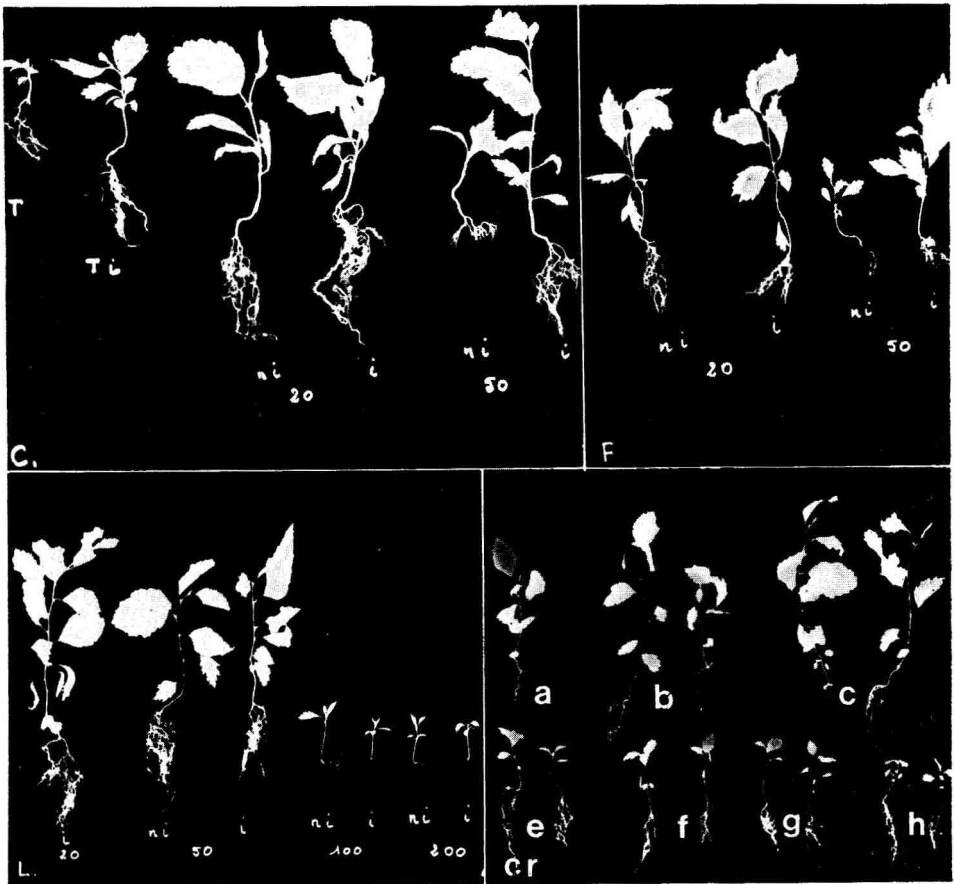


FIG. 1

*Influence de différentes concentrations en herbicides ou fongicide sur la nodulation de jeunes plants d'aulne.*

*Influence of different concentrations of herbicides or fungicide on Alnus seedlings nodulation.*

Herbicides : C = Comodor, F = Fulton, L = Légurame.

T = Témoin non inoculé sans herbicide, Ti = Témoin inoculé, ni = non inoculé, i = inoculé.

20 ; 50 ; 100 ; 200 = Concentrations en µg/tube d'herbicide.

Fongicide : Cr = Cryptonol.

a = plant développé en présence de  $\text{NO}_2$ , b = plant développé en présence de  $\text{NO}_2$  et de Cryptonol, c = plant développé sans  $\text{NO}_2$ , et sans Cryptonol mais inoculé, e, f, g, h = plants développés après inoculation par des souches différentes de *Frankia* ayant préalablement subi l'action du Cryptonol pendant 1 h.

Herbicides : S = Comodor, F = Fulton, L = Légurame.

T = Témoin, Ti = inoculé témoin, ni = non inoculé, i = inoculé.

20 ; 50 ; 100 ; 200 = Concentrations of herbicides in µg/tube.

Fongicide : Cr = Cryptonol.

a = seedling developed with  $\text{NO}_2$ , b = seedling with  $\text{NO}_2$  and Cryptonol, c = seedling inoculated, without  $\text{NO}_2$  or Cryptonol, e, f, g, h = seedlings inoculated with 4 different *Frankia* strains incubated with Cryptonol in the medium.

### 3.3. Influence des herbicides sur l'infectivité de souches pures de *Frankia*

Lorsque la plante-hôte se développe en présence de 20 µg d'herbicide la nodulation n'est pas inhibée (tabl. 3). Pour cette concentration en herbicide la croissance des plants nodulés ou non nodulés ne diffère pas sensiblement (photos 1 et 2). On remarque également que la taille des plants cultivés en présence d'herbicide est supérieure à celle des témoins développés en l'absence de tels composés.

La nodulation n'est pas non plus totalement inhibée par la présence de 50 µg d'herbicide dans le milieu de culture (tabl. 3). Cependant, pour une telle concentration, on peut observer une différence marquée entre la taille des plants inoculés et non inoculés. Ainsi en présence de Dévrinol, Comodor et Fulton, l'appareil végétatif des plants non nodulés est beaucoup moins développé que celui des plants nodulés (photos 1 et 2). Par contre la taille de ces jeunes aulnes non nodulés est supérieure à celle des témoins non nodulés cultivés en l'absence d'herbicide.

Lorsque le milieu contient 100 ou 200 µg d'herbicide la nodulation est totalement inhibée. La croissance des aulnes est aussi fortement affectée, l'appareil aérien est très réduit et le système racinaire ne se développe pas (photo 3).

On remarque également qu'en présence d'herbicide la mortalité des aulnes est toujours supérieure à celle observée chez les plants développés en l'absence de tels composés (tabl. 3).

### 3.4. Influence du Cryptonol sur l'infectivité de souches pures de *Frankia*

Les systèmes racinaires de jeunes plants d'aulne inoculés avec des cultures pures de *Frankia* préalablement traitées par une solution de Cryptonol ne portent jamais de nodosités, même après 3 mois de culture. Les jeunes plants d'aulne ont du reste une taille réduite (3 à 4 cm), nettement inférieure à celle des témoins inoculés (6,5 cm) ou des plants bénéficiant d'une alimentation nitrique (5-6 cm) (photo 4). Les feuilles, de couleur jaunâtre, témoignent d'une forte carence en azote. L'action inhibitrice du Cryptonol se manifeste également lorsque ce composé est ajouté au substrat de culture au moment de l'inoculation. Aucun des plants ainsi traités ne portait de nodosités même après 3 mois de culture. Le cryptonol ne présente, par contre, aucune action phytotoxique sur l'aulne ; la taille et la biomasse des plants à nutrition nitrique en présence ou absence de fongicide ne montrent aucune différence marquée (photo 4).

## 4. Discussion

Les 4 herbicides utilisés sont actifs contre les Graminées et certaines Dicotylédones adventices. Ils ont été choisis parce qu'ils sont applicables en traitement du sol avec incorporation dans les premiers centimètres (Acta, 1982). Ce sont, en outre, des produits stables, faisant preuve d'une longue persistance (au moins 2 mois) dans le sol et à très faible toxicité (DL 50 > 5 000 mg/kg). Le cryptonol est aussi utilisable en désinfection du sol pour lutter contre de nombreux champignons phytopathogènes (Acta, 1982).



Les résultats obtenus montrent que les cultures pures de *Frankia* sont capables de résister aux herbicides étudiés, même employés à fortes concentrations. Une telle tolérance à l'égard de ce type de composés avait déjà été signalée pour d'autres organismes fixateurs (GIARDINI *et al.*, 1978 ; VINCENT, 1977). Pour de faibles concentrations en Dévriinol et Légurame, on observe même une certaine stimulation de la croissance de *Frankia*. Cette stimulation pourrait être due à l'utilisation des composés accompagnant le produit actif dans la formulation commerciale car les cultures pures de *Frankia* sont incapables de métaboliser ou de dégrader la molécule active (MOIROUD & FAURE-RAYNAUD, 1983).

Contrairement aux herbicides utilisés, le Cryptonol inhibe totalement la croissance des cultures pures de *Frankia*. Il se comporte donc aussi comme un bactéricide très efficace. Il est du reste connu que bon nombre de produits actifs contre les champignons phytopathogènes le sont aussi contre certaines bactéries, notamment celles du genre *Rhizobium* (FISHER *et al.*, 1978 ; FISHER *et al.*, 1979 ; FISHER & HAYES, 1981, 1982).

Les composés phytosanitaires utilisés paraissent avoir une action sur l'établissement de la symbiose. Si, pour de faibles concentrations dans le milieu, les herbicides employés n'inhibent pas la formation de nodosités, leur action sur la plante n'en est pas moins déjà manifeste. En effet la mortalité des jeunes aulnes développés en présence d'herbicide est supérieure à celle des témoins poussant en l'absence de tels composés. En outre, en présence d'herbicide, la taille des plants non inoculés est supérieure à celle des témoins ; ils ne présentent pas non plus de signes extérieurs de carence en azote.

Lorsque la concentration en herbicide dans le milieu s'élève, on observe une forte réduction du système racinaire. Cette inhibition de la croissance des racines correspond du reste au mode d'action des herbicides utilisés (Acta, 1982). Dans ces conditions l'ensemble des processus de reconnaissance hôte-endophyte et d'infection, indispensables à la formation des nodules (BECKING, 1975 ; TORREY, 1976), ne pourraient se dérouler normalement. Dès lors il apparaît très difficile de savoir si l'absence de nodulation observée en présence de fortes concentrations en herbicide est réellement due à la perte du pouvoir infectif des souches de *Frankia*.

Le fongicide employé ne paraît, par contre, avoir aucune action phytotoxique sur la plante-hôte. Ce fait est à souligner car de nombreux composés de ce type diminuent l'intensité de la fixation symbiotique d'azote en affectant le développement de la plante-hôte (FISHER & HAYES, 1981). Ainsi, l'absence de nodulation en présence de Cryptonol est due à son action sur le symbiote bactérien. Une réduction significative du nombre de nodules formés en présence de certains fongicides a aussi été signalée dans le système *Rhizobium-Trifolium* (FISHER & HAYES, 1981, 1982).

Avant de pouvoir utiliser de façon intensive des composés phytosanitaires pour favoriser le développement au champ de l'aulne de nombreuses études sont encore nécessaires, concernant notamment l'influence de ces composés sur l'établissement et l'efficacité de la symbiose. De telles études devraient également être élargies à d'autres familles d'herbicides.

Reçu le 19 mars 1984.

Accepté le 27 octobre 1984.

#### Remerciements

Les auteurs remercient M<sup>me</sup> N. GUILLAUMAUD et M<sup>lle</sup> M.A. BONNEFOY pour leur aide.

### Summary

#### *Influence of four herbicides and one fungicide on Frankia strains grown in vitro, on nodule formation and on Alder seedlings growth*

Effects of four herbicides, Legurame (carbetamide), Devrinol (napropamide), Fulton (napropamide + nitralin), Comodor (butam) and one fungicide, Cryptonol (oxyquinoleine), on *Frankia* strains grown *in vitro* were studied. All these compounds are widely used on soil treatment against weeds or pathogens. At low concentrations, herbicides had no significant effects on the growth of *Frankia* strains but Cryptonol was highly toxic. Herbicides did not affect nodule formation at low concentrations. When high concentrations were used, growth of *Alnus* seedlings was restricted and no nodule formed. Cryptonol had no effect on *Alnus* seedling growth but inhibited nodule formation.

### Références bibliographiques

- A.C.T.A., 1982. *Index phytosanitaire*. Ed. Acta, Paris, 585 p.
- ASKEW J.L., LANE C.L., 1979. Nitrogen fixing capabilities for *Myrica cerifera*, *Elaeagnus pungens* and various *Alnus* species grown on Piedmont sites in South Carolina. In : *Symbiotic nitrogen fixation in the management of temperate forests*. Eds. GORDON J.C., WHEELER C.T., PERRY D.A., Corvallis Univ., p. 470.
- BECKING J., 1975. Root nodules in non-Legumes. In : *The development and function of root*. Eds. TORREY J., CLARKSON D., Academic Press, 507-566.
- CALLAHAM D., DEL TREDICI P., TORREY J., 1978. Isolation and cultivation *in vitro* of the Actinomycetes causing root nodulation in *Comptonia*. *Science*, **199**, 899-902.
- CROCKER R.L., MAJOR J., 1955. Soil development in relation to vegetation and surface age at Glacier Bay, Alaska, 79. *J. Ecol.*, **43**, 427-448.
- DALE M.E., 1963. *Interplant alder to increase growth in strip mine plantations*. U.S.D.A. For. Serv. Res. Note C.S. 14, Central States For. Expt. Stat. Columbus Ohio, 4 p.
- DILLON J., BAKER D., 1982. Variations in nitrogenase activity among pure-cultured *Frankia* strains tested on an actinorhizal plants as an indication of symbiotic compatibility. *New Phytol.*, **92**, 215-219.
- FAURE-RAYNAUD M., BONNEFOY M.A., PERRADIN Y., SIMONET P., MOIROUD A., 1984. *Protoplasts formation from Frankia strains*. Microbios (Sous presse).
- FESSENDEN R.J., 1979. Use of actinorhizal plants for land reclamation and amenity planting in the U.S.A. and Canada. In : *Symbiotic nitrogen fixation in the management of temperate forests*. Eds. GORDON J.C., WHEELER C.T., PERRY D.A., Corvallis Univ., 403-419.
- FISHER D.J., HAYES A.L., 1981. Effects of some fungicides used against cereal pathogens on the growth of *Rhizobium trifolii* and its capacity to fix nitrogen in white clover. *Ann. Appl. Biol.*, **98**, 101-107.
- FISHER D.J., HAYES A.L., 1982. Effects of some systemic imidazole and triazole fungicides on white clover and symbiotic nitrogen fixation by *Rhizobium trifolii*. *Ann. Appl. Biol.*, **101**, 19-24.
- FISHER D.J., HAYES A.L., JONES C.A., 1978. Effects of some surfactant fungicides on *Rhizobium trifolii* and its symbiotic relationship with white clover. *Ann. Appl. Biol.*, **90**, 73-84.
- FISHER D.J., PICKARD J.A., MCKENZIE C.M., 1979. Uptake of the systemic fungicide Triadimefon by clover and its effects on symbiotic nitrogen fixation. *Pestic. Sci.*, **10**, 75-82.
- GIARDINI A., LOPES E., DEUBER R., 1978. Influence of herbicides on the nodulation of soybeans. In : *Limitation and Potentials for biological nitrogen fixation in the tropics*. Eds. DOBEREINER J., BURCIS R., HOLLAENDER A., Plenum Press, 337 p.

- GIBSON A.H., 1977. The influence of the environmental and managerial practices on the legume-*Rhizobium* symbiosis. In : *A treatise on Dinitrogen fixation*. Eds. HARDY R.W.F., GIBSON A.H., WILEY and Sons Inc. Publ., Section IV, 393-450.
- KELLISON R.C., WHITE G., 1979. Black alder performance in the Southeast. In : *Symbiotic nitrogen fixation in the management of temperate forests*. Eds. GORDON J.C., WHEELER C.T., PERRY D.A., Corvallis Univ., 345-355.
- LALONDE M., CALVER H., PINE S., 1981. Isolation and use of *Frankia* strains in actinorhizae formation. In : *Current perspectives in nitrogen fixation*. Eds. GIBSON A., NEWTON W., Australian Academy Sciences Canberra, 296-299.
- MAYNARD C.A., HALL R.B., 1980. *Early results of a range-wide provenance trial of Alnus glutinosa (L) Gaertn.* Commun. 27th Northeast Forest Tree Improvement Conference. Burlington. Vermont U.S.A., 18 p.
- MOIROUD A., CAPELLANO A., 1978. Etude de la dynamique de l'azote à haute altitude : fixation d'azote (réduction de  $C_2H_2$ ) par *Alnus viridis* Chaix et étude ultrastructurale des nodules. In : *Symp. Physiologie des Racines et Symbioses*. Nancy. Eds. RIEDACKER A., GAGNARIE-RICHARD J., 365-371.
- MOIROUD A., CAPELLANO A., 1979. Etude de la dynamique de l'azote à haute altitude. I : Fixation d'azote (réduction de  $C_2H_2$ ) par *Alnus viridis* Chaix. *Can. J. Bot.*, **57**, 1979-1985.
- MOIROUD A., FAURE-RAYNAUD M., 1983. Influence de quelques herbicides à large spectre sur la croissance et l'infectivité de cultures pures de *Frankia*. *Plant and Soil*, **79**, 133-136.
- NORMAND P., LALONDE M., 1982. Evaluation of *Frankia* strains isolated from provenance of two *Alnus* species. *Can. J. Microbiol.*, **28**, 1133-1142.
- PLASS W.T., 1977. *Growth and survival of hardwood and pine interplanted with european alder*. U.S.D.A. For. Serv. Res. paper N.E. 376, Upper Darby, Penn., 10 p.
- SAUCIER J.R., 1977. *Growth and survival of European black alder and sycamore on upland and bottomland sites*. U.S.D.A. For. Serv. Res. Note S.E. 248, 6 p.
- SILVESTER W., 1977. Dinitrogen fixation by plant associations excluding legumes. In : *A treatise on Dinitrogen fixation*. Section IV. Eds. HARDY R.W.F., GIBSON A.H., WILEY and Sons Inc. Publ., 141-190.
- TORREY J., 1976. Initiation and development of root nodules of *Casuarina* (Casuarinaceae). *Am. J. Bot.*, **63**, 335-344.
- VIERECK L.A., 1966. Plant succession and soil development on gravel outwash of the Muldrow glacier, Alaska. *Ecol. Monogr.*, **36**, 181-194.
- VINCENT J.M., 1977. *Rhizobium*, general microbiology. In : *A treatise on Dinitrogen fixation*. Section III. Eds. HARDY R.W.F., SILVER W.S., WILEY and Sons, New York, 277-366.