

29664

IDRC - DTB

29664

*Naturaliste can. (Rev. Écol. Syst.)*, 113: 337-346 (1986).

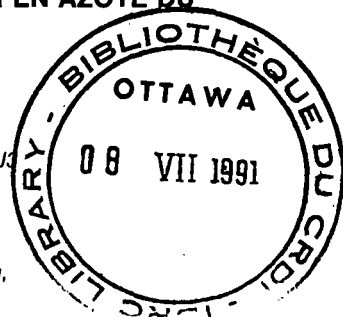
**EFFETS DE L'INOCULATION AVEC DES SOUCHES DU *RHIZOBIUM LEGUMINOSARUM*  
BIOVAR *PHASEOLI* SUR LE RENDEMENT ET LA TENEUR EN AZOTE DU  
HARICOT (*PHASEOLUS VULGARIS*)<sup>1</sup>**

R. LALANDE

Station de recherches, Agriculture Canada  
2560, boulevard Hochelaga, Sainte-Foy (Québec) G1V 2J3

H. ANTOUN, T. PARÉ et P. JOYAL

Département des sols  
Faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation,  
Université Laval, Québec G1K 7P4

**Résumé**

On a déterminé, en serres, l'effet de l'inoculation avec 63 souches du *Rhizobium leguminosarum* biovar *phaseoli* isolées de sols du Québec, sur le rendement et le contenu en azote du haricot jaune (*Phaseolus vulgaris*) cv. Goldie. La plupart des souches étudiées ont un potentiel fixateur d'azote efficace. En effet, après six semaines de croissance (début de la floraison) les meilleurs rendements en matière sèche et en azote total ont été obtenus avec 71 et 70% des souches respectivement. L'effet de l'inoculation du haricot avec cinq souches efficaces utilisées en paires a aussi été étudié. Au stade de maturité (10 semaines après le semis), le rendement le plus élevé en matière sèche des gousses a été observé avec la combinaison des souches P121 + P136, cependant ce rendement n'est pas statistiquement différent des rendements observés avec les autres combinaisons. En utilisant la méthode du bilan de l'azote total, on a estimé qu'en présence d'une souche efficace, jusqu'à 74% de l'azote contenu dans les gousses provient de la fixation biologique, ce qui indique que ce processus chez le haricot est important. Dans des essais au champ sur un loam limoneux de pH 6,7 à Saint-Césaire et sur un loam de pH 6,5 à Pintendre, l'inoculation avec les souches efficaces P121 et P136 utilisées individuellement ou en mélange n'a pas stimulé la croissance du haricot, parce que ces sols contiennent des souches efficaces du *R. leguminosarum* biovar *phaseoli*.

**Abstract**

The effect obtained with the inoculation of 63 strains of *Rhizobium leguminosarum* biovar *phaseoli* isolated from Québec soils, on yield and nitrogen content of wax bean (*Phaseolus vulgaris*) cv. Goldie was studied in the greenhouse. After six weeks of growth, dry matter yields and total nitrogen content of plants inoculated with 71 and 70% of the strains respectively were not different from the highest values observed, indicating that most of the strains were effective. The effect of inoculation of wax bean with five effective strains used in pairs, was also studied. At maturity (after 10 weeks of growth) the highest pods dry matter yield was obtained with the paired strain inoculant containing strains P121 + P136, however it was not statistically different from yields obtained with other combinations of strains. By using the total nitrogen balance method it was estimated that, in the presence of an efficient strain, up to 74% of the nitrogen present in pod comes from nitrogen fixation, indicating that this process is important in wax bean. In field trials on a silt loam soil of pH 6.7 at Saint-Césaire and a loam soil of pH 6.5 at Pintendre, wax bean did not respond to inoculation with the efficient strains P121 and P136 used alone or combined, indicating that the two soils contain efficient indigenous strains of *R. leguminosarum* biovar *phaseoli*.

<sup>1</sup> Contribution n° 300 de la Station de recherches d'Agriculture Canada à Sainte-Foy.

ARCHIV  
633.3:631.45

L 3

## Introduction

L'effet bénéfique de l'inoculation des graines de légumineuses avec des souches de *Rhizobium* ayant une capacité élevée à fixer l'azote atmosphérique est bien connu. Cependant, les résultats obtenus avec les essais d'inoculation du haricot (*Phaseolus vulgaris* L.) sont variables (Graham, 1981), car l'habileté à former une symbiose fixatrice d'azote atmosphérique est très variable selon les cultivars. La plupart des sols où le haricot est cultivé contiennent des souches indigènes, qui rivalisent avec les souches introduites par l'inoculation pour la formation des nodosités (Allen & Allen, 1981; Graham, 1981). Le haricot a de plus été considéré comme une légumineuse à faible potentiel pour la fixation symbiotique de l'azote atmosphérique, et on a pensé que l'inoculation était inutile (Duke, 1981). Par contre, Rennie & Kemp (1983a, b) en utilisant la technique de la dilution de l'isotope  $^{15}\text{N}$ , ont montré que les souches du *Rhizobium leguminosarum* biovar *phaseoli* en symbiose avec le haricot fixent, selon le cultivar à l'essai, entre 40 et 125 kg-ha $^{-1}$  d'azote atmosphérique. Leur efficacité est donc comparable à celle des souches du *R. japonicum* chez le soja [*Glycine max* (L.) Merr.]. Il est donc important d'effectuer des essais d'inoculation avec le haricot afin d'identifier des souches efficaces et compétitives du *R. leguminosarum* biovar *phaseoli*.

Dans ce travail on a déterminé en serres l'efficacité symbiotique de 63 souches du *R. leguminosarum* biovar *phaseoli* isolées de sols du Québec. Comme l'inoculation combinée de deux souches efficaces de *Rhizobium* donne parfois un rendement supérieur à celui obtenu avec les souches individuelles (Bordeleau & Antoun, 1977; Bromfield, 1984; Rennie & Kemp, 1983a) on a aussi étudié l'effet de l'inoculation avec cinq souches efficaces du *R. leguminosarum* biovar *phaseoli*, utilisées en paires, sur le rendement et la teneur en azote du haricot. Un mélange de souches, efficace en serres, a aussi été évalué dans des essais au champ.

## Matériel et méthodes

### ÉVALUATION EN SERRES DE L'EFFICACITÉ SYMBIOTIQUE DES SOUCHES DU *RHIZOBIUM*

Les souches du *R. leguminosarum* biovar *phaseoli* utilisées dans cette étude ont été isolées tel que décrit par Vincent (1970) à partir de nodosités de plusieurs cultivars de haricot, récoltées dans différentes régions agricoles du Québec. Les souches efficaces de référence, ATCC 14482 et RCR 3610, ont été obtenues de l'*American Type Culture Collection* (Rockville, Maryland) et

du *United States Department of Agriculture* (Beltsville, Maryland) respectivement. Pour l'étude de l'effet des souches utilisées comme inoculant, le haricot jaune cv. Goldie (R. Rogers & Brothers Seed Company, Idaho Falls, Idaho) a été utilisé. Des pots de 11,5 cm de diamètre ont été lavés avec une solution désinfectante contenant 0,5% (v/v) de Oakite Sanitizer n° 1 (Oakite Products of Canada Limited, Bramalea, Ontario). Chaque pot a été rempli avec un mélange synthétique stérile (autoclavé 180 min à 100 kPa), composé de 1 volume de silice n° 24 (0,7 mm de diamètre) et de 2 volumes de vermiculite. On sème dans chaque pot quatre graines de haricot stérilisées en surface (Vincent, 1970) et on ajoute 120 mL d'une solution nutritive complète contenant aussi 30  $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$  de  $\text{N-NO}_3$  sous forme de  $\text{KNO}_3$  (Antoun *et al.*, 1984). Une faible concentration de nitrate est ajoutée à la solution nutritive, afin de mieux refléter le comportement des souches au champ (Heichel & Vance, 1979; Simpson & Gibson, 1970). Les pots sont placés en serre selon un dispositif expérimental de blocs aléatoires complets avec quatre répétitions. La température a été maintenue à 18°C et la photopériode était de 12 h. Deux semaines après le semis, on effectue un éclaircissage pour garder dans chaque pot trois plantules d'apparence uniforme. Les pots sont inoculés en versant à la surface du substrat 20 mL d'un mélange égal de la solution nutritive stérile et de la culture bactérienne contenant pour chaque souche testée un nombre de cellules supérieur à  $10^6$  par mL. Les témoins non inoculés subissent le même traitement mais sans les bactéries. À chaque semaine, les pots sont arrosés avec la solution nutritive et, lorsque nécessaire, de l'eau distillée est ajoutée. Les plantes (partie aérienne) sont récoltées 6 semaines après le semis (début de la floraison), séchées à 70°C pendant 48 h et leur poids est mesuré. L'azote total dans les plantes a été déterminé par une méthode Kjeldahl automatique (Foss Electric, Hillerd, Danemark). Afin d'estimer la quantité d'azote fixé, on a utilisé la méthode du bilan de l'azote entre le système fixateur (Sf) des plants inoculés et le système non fixateur (SNf) des plants non inoculés comme suit:

$$\% \text{Afa} = \frac{\text{Azote total (Sf)} - \text{Azote total (SNf)}}{\text{Azote total (Sf)}} \times 100$$

où Afa est le pourcentage approximatif d'azote atmosphérique fixé. Cette méthode est arbitraire et n'est utilisée dans ce travail que pour fin de comparaison, puisqu'elle n'est pas assez précise pour calculer la quantité exacte d'azote fixé (Rennie, 1984), en présence d'azote minéral.

L'analyse de la variance a été effectuée sur les données transformées en logarithme naturel et les moyennes ont été comparées à l'aide de la plus petite différence significative (ppds) au seuil de 5% (Steel & Torrie, 1960).

RENDEMENT ET TENEUR EN AZOTE DU HARICOT INOCULÉ, EN SERRES, AVEC DES MÉLANGES DE SOUCHES EFFICACES DU RHIZOBIUM

Pour étudier l'effet de l'inoculation du haricot avec les souches efficaces P68, P84, P107, P121 et P136 utilisées en paires, six graines stérilisées en surface sont semées dans des pots (désinfectés) de 18 cm de diamètre contenant le mélange synthétique stérile. Chaque pot reçoit 400 mL de la solution nutritive. Un éclaircissage est effectué deux semaines après le semis pour garder dans chaque pot quatre plantules uniformes et les pots sont inoculés avec 20 mL de la solution nutritive contenant plus que  $10^8$  cellules par mL de chaque souche utilisée individuellement ou des souches utilisées en paires (en nombre égal, c'est-à-dire plus que  $0,5 \times 10^8$  cellules de chaque souche). Les témoins non inoculés reçoivent la solution nutritive sans bactéries. Le dispositif expérimental était celui de blocs aléatoires complets avec cinq répétitions. Les plantes sont récoltées 10 semaines après le semis (à maturité). Les gousses sont séparées des plants et le poids de la matière sèche et le contenu en azote total de chaque fraction (gousses et plants) sont déterminés. Les conditions de croissance, l'analyse des plantes, la détermination du pourcentage d'Afa et l'analyse statistique des résultats sont déterminés comme dans le premier essai.

EXPÉRIENCES AU CHAMP

Les essais d'inoculation au champ ont été effectués sur la ferme de l'Université Laval à Pintendre et sur un champ de la conserverie Girard à Saint-Césaire. Le sol à Pintendre est un loam de pH 6,5 qui contient 6,9% de matière organique, 106,4 kg/ha de phosphore et 249 kg/ha de potassium. À Saint-Césaire, le sol est un loam limoneux de pH 6,7 qui contient 3,3% de matière organique, 253 kg/ha de phosphore et 382 kg/ha de potassium. Chaque site a été divisé en quatre blocs espacés de 2 m et chaque bloc contenait 5 parcelles de 0,9 m de largeur et 5 m de longueur espacées de 1 m, afin d'éviter les contaminations entre les parcelles. Chaque parcelle contenait quatre rangs séparés par 30 cm. Avant le semis, on a appliqué à Pintendre 20, 85 et 35 kg/ha, et à Saint-Césaire 28, 84 et 28 kg/ha de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et K<sub>2</sub>O respectivement. Au semis, on a creusé sur chaque rang un sillon d'environ 5 cm de profondeur qui a été rempli avec de la vermiculite contenant la souche ou le mélange de souches de *R. leguminosarum* biovar *phaseoli* en nombre

permettant d'obtenir plus que  $10^8$  cellules par graine. Les témoins non inoculés ont reçu de la vermiculite sans bactéries. Les graines du cultivar Goldie de haricot sont semées sur la vermiculite à 5 cm d'intervalle, et recouvertes de sol. Le haricot a été semé le 2 juin 1984 à Pintendre et le 5 juin 1984 à Saint-Césaire, et la récolte a été effectuée le 6 août 1984 à Saint-Césaire et le 8 août 1984 à Pintendre. Les mauvaises herbes ont été éliminées par sarclage manuel. Le dispositif expérimental a été celui de blocs aléatoires complets avec quatre répétitions et les cinq traitements suivants: ATCC 14482, P136, P121, le mélange P136 + P121 et le témoin non inoculé. Le mélange P136 + P121 a été utilisé car il a donné le rendement en matière sèche le plus élevé lors du deuxième essai en serre et la souche ATCC 14482, qui est une souche de référence, a été utilisée afin d'évaluer son efficacité au champ. À la récolte, on a prélevé le haricot sur une distance de 1,7 m dans chacun des deux rangs au centre de chaque parcelle et on a noté la masse de la matière fraîche et le nombre de gousses par plant. La masse de la matière sèche et le contenu en azote total du matériel végétal ont été déterminés comme dans les expériences en serres. Après l'analyse de la variance, les moyennes ont été comparées à l'aide du test de Duncan (Steel & Torrie, 1960).

### Résultats et discussion

#### ESSAIS EN SERRES

##### *Efficacité des souches du R. leguminosarum biovar phaseoli*

Le tableau I indique les valeurs moyennes du rendement en matière sèche et du contenu en azote total du haricot, inoculé avec les différentes souches bactériennes, au stade *pleine floraison* (après six semaines de croissance). Le rendement en matière sèche le plus élevé a été observé avec la souche P136. Cependant, ce rendement élevé n'est pas statistiquement différent des rendements obtenus avec 45 autres souches. Ceci indique qu'environ 71% des souches du *R. leguminosarum* biovar *phaseoli* isolées à partir des sols du Québec, ont le même effet sur le rendement de la matière sèche du haricot cv. Goldie, et semblent être efficaces au stade de la pleine floraison. Le plus faible rendement en matière sèche observé avec la souche P79 est inférieur à celui obtenu avec les témoins non inoculés. Cette souche se comporte donc comme un parasite. Les souches efficaces de référence RCR 3610 et ATCC 14482 ont donné des faibles rendements en matière sèche, comparables au rendement obtenu avec le témoin non inoculé (tableau I). Ces observations illustrent bien l'in-

teraction significative qui existe entre les cultivars de haricots et les souches du *R. leguminosarum* biovar *phaseoli* (Graham, 1981; Rennie & Kemp, 1983a) et indiquent que ces deux souches sont incompatibles avec le cultivar Goldie.

Le haricot inoculé avec la souche P68 a eu le contenu le plus élevé en azote total (tableau I), mais tel qu'observé avec le rendement de la matière sèche, ce contenu élevé en azote total n'est pas significativement différent de l'azote total du haricot inoculé avec 43 autres souches. Ceci indique aussi qu'en se basant sur le contenu en

azote total de la plante, 70% des souches isolées de sols du Québec peuvent être considérées comme efficaces. Le haricot cv. Goldie inoculé avec les souches P79, P132 ou RCR 3610 contenait moins d'azote total que les plantes non inoculées, ce qui indique que ces souches sont inefficaces. Le pourcentage d'Afa moyen dans les plants de haricot âgés de six semaines a été d'environ 29% et le pourcentage maximum d'Afa observé a été de 40% avec la souche P68 (tableau I). Une corrélation positive significative à  $P \leq 0,01$  ( $r = 0,71$ ), existe entre le poids de la matière sèche du haricot et son contenu en

TABLEAU I

Effets des souches du *Rhizobium leguminosarum* biovar *phaseoli* sur le rendement du haricot cv. Goldie récolté au stade de la pleine floraison en serre

Souches	Matière sèche (g/pot)	Azote total (mg/pot)	Afa <sup>1</sup> (%)
P1	1,88	67,60	25,74
P4	1,79	59,38	15,46
P5	2,00	70,73	29,03
P6	2,02	73,15	31,37
P15	2,01	78,08	35,71
P29-1	2,09	80,65	37,76
P29-2	1,91	68,15	26,34
P31	2,14	73,00	31,23
P35	1,80	52,70	4,74
P36	2,07	73,13	31,36
P66	2,15	79,85	37,13
P67	1,99	66,43	24,43
P68	2,22	83,68	40,00
P73	2,08	76,18	34,10
P74	2,05	70,58	28,88
P75	1,98	72,43	30,69
P76	2,02	68,18	26,37
P77	2,06	73,98	32,14
P78-1	2,20	73,13	31,36
P78-2	1,92	72,88	31,12
P79	1,56	48,05	0
P80	2,05	74,75	32,84
P81	2,05	76,53	34,40
P82	1,90	69,65	27,93
P83	2,15	73,60	31,79
P84	2,23	76,08	34,02
P85	1,99	74,50	32,62
P86	2,14	77,63	35,33
P87	1,84	66,93	25,00
P88	2,00	73,50	31,70
P89	1,86	70,73	29,03
P90	2,00	72,78	31,03
P91	2,04	74,60	32,71
P98	2,11	69,70	27,98
P99	1,99	67,98	26,15
P100	2,05	76,73	34,58
P102	1,99	76,25	34,16
P103	1,96	70,98	29,28
P104	1,99	76,23	34,15
P105	2,15	74,45	32,57

TABLEAU I (suite)

Souches	Matière sèche (g/pot)	Azote total (mg/pot)	Afa <sup>†</sup> (%)
P106	1,92	71,20	29,49
P107	2,23	77,45	35,18
P108	2,10	76,48	34,36
P113	1,99	75,75	33,73
P114	2,17	77,10	34,89
P115	2,13	79,25	36,66
P116	2,01	77,00	34,81
P117	2,20	78,13	35,75
P118	2,04	72,75	31,00
P119	1,80	64,60	22,29
P121	2,22	78,58	36,12
P122	2,05	70,78	29,08
P125	2,20	82,18	38,91
P126	2,17	76,65	34,51
P129	2,07	75,70	33,69
P128	2,12	72,05	30,33
P130	2,06	71,33	29,62
P131	1,89	66,50	24,51
P132	1,79	45,60	0
P133	1,97	68,25	26,45
P134	1,78	65,08	22,86
P135	2,07	73,28	31,50
P136	2,24	80,40	37,56
ATCC 14482	1,91	61,30	18,11
RCR 3610	1,70	37,28	0
Témoin non inoculé	1,80	50,20	—
Ppds (5%) ≠	(0,13)	(0,17)	
F	2,32**	5,66**	

<sup>†</sup> Afa : pourcentage approximatif d'azote atmosphérique fixé (pour explication voir Matériel et méthodes)

≠ Ppds : ces valeurs sont en logarithme naturel et elles ne doivent être utilisées qu'avec les moyennes transformées.

\*\* : significatif au seuil statistique  $P \leq 0,01$

azote total. Cependant la faible valeur du coefficient de détermination ( $r^2 = 50,73\%$ ) indique que le poids de la matière sèche du haricot après six semaines de croissance ne peut être utilisé d'une manière satisfaisante comme seul facteur de sélection des souches, comme c'est le cas chez d'autres légumineuses (Bordeleau *et al.*, 1977; Erdman & Means, 1952).

Comme la population naturelle du *R. leguminosarum* biovar *phaseoli* est très hétérogène dans le sol (Beynon & Josey, 1980), il est essentiel de sélectionner des souches indigènes efficaces et très compétitives (Graham, 1981) et d'identifier les combinaisons de souches qui stimulent la croissance de la plante (Bordeleau & Antoun, 1977; Bromfield, 1984) si l'on veut améliorer le rendement du haricot par l'inoculation avec le *Rhizobium*.

*Efficacité des souches du R. leguminosarum biovar phaseoli utilisées en paires*

Les souches P68, P84, P107, P121 et P136 ont donné les rendements en matière sèche les plus élevés lors de la première expérience, nous avons donc étudié l'effet de l'inoculation du haricot avec ces souches utilisées en paires sur le rendement de la matière sèche et le contenu en azote total des gousses et des plants. Au stade de la maturité, le rendement en matière sèche des gousses le plus élevé a été obtenu avec la combinaison P121 + P136 (tableau II), cependant ce rendement n'est pas significativement différent des autres rendements obtenus avec les souches individuelles ou les combinaisons de souche à l'exception de la souche P84. En effet, le plus faible rendement en matière sèche des gousses et le contenu en azote total des gousses le plus

TABLEAU II

Rendement du haricot cv. Goldie inoculé avec des souches du *Rhizobium leguminosarum* biovar *phaseoli* utilisées individuellement ou en paires et récolté au stade de la maturité en serre

Traitements	Gousses			Plants		
	Matière sèche (g/pot)	Azote total (mg/pot)	Af† (%)	Matière sèche (g/pot)	Azote total (mg/pot)	Afa (%)
P68	7,19	204,98	66,05	4,73	248,26	46,40
P84	4,72	123,80	43,78	3,41	142,60	6,68
P107	6,33	185,08	62,39	4,93	395,92	66,39
P121	6,68	189,24	63,22	5,52	177,32	24,95
P136	7,86	262,96	73,53	4,17	229,38	41,99
P68 + P84	7,34	244,40	71,52	4,22	301,42	55,85
P68 + P107	7,24	208,04	66,54	3,71	219,46	39,36
P68 + P121	7,03	200,50	65,29	4,46	282,72	52,93
P68 + P136	7,83	223,14	68,81	4,15	257,60	48,34
P84 + P107	7,50	215,54	67,71	4,15	208,62	36,21
P84 + P121	7,90	218,64	68,17	4,46	253,74	47,56
P84 + P136	6,04	213,40	67,39	3,38	165,74	19,71
P107 + P121	7,81	223,06	68,80	4,50	207,72	35,94
P107 + P136	7,81	217,34	67,98	3,75	164,34	19,03
P121 + P136	8,09	224,94	69,06	4,06	215,54	38,26
Témoin non inoculé	2,10	69,60		2,33	133,07	
Ppds (5%) ≠	(0,30)	(0,36)		(0,27)	(0,44)	
F	2,74**	2,76**		1,91*	3,31**	

† Afa : pourcentage approximatif d'azote atmosphérique fixé (pour explication voir Matériel et méthodes)

≠ Ppds : ces valeurs sont en logarithme naturel et elles ne doivent être utilisées qu'avec les moyennes transformées

\* : significatif au seuil statistique  $P \leq 0,05$

\*\* : significatif au seuil statistique  $P \leq 0,01$

faible ont été observés avec la souche P84. Comme cette souche était considérée efficace avec le haricot au stade de pleine floraison, cette observation corrobore donc les variations de l'efficacité de certaines souches de *Rhizobium* observées aux différents stades physiologiques de la plante (Bordeleau et al., 1977). Une corrélation positive et significative à  $P \leq 0,01$  ( $r = 0,88$ ) a été observée entre le poids de la matière sèche des gousses et leur contenu en azote total. Le coefficient de détermination étant de 78%, on conclut que le poids de la matière sèche des gousses peut être raisonnablement utilisé pour comparer l'efficacité des souches. En utilisant l'Afa, il est estimé qu'en moyenne 66% de l'azote total des gousses provient de la fixation biologique de l'azote atmosphérique, avec un minimum de 44% avec la souche P84 et un maximum de 74% observé avec la souche P136 (tableau II). Cette observation confirme que le haricot en symbiose avec des souches efficaces du *R. leguminosarum* biovar *phaseoli*, peut fixer des quantités importantes d'azote atmosphérique (Rennie & Kemp, 1983a, b).

Au stade de la maturité, une corrélation significative a été observée entre le poids de la matière sèche des plants de haricot et leur contenu en azote total ( $r = 0,52$ , significatif à  $P \leq 0,01$ ). Cependant, la très faible valeur du coefficient de détermination ( $r^2 = 27,4\%$ ) indique que le rendement de la matière sèche des plants est un facteur qui a peu de valeur pour l'étude de l'efficacité symbiotique des souches du *R. leguminosarum* biovar *phaseoli*. D'autre part, on estime que l'Afa moyen est de 39% pour les plants. Il n'y a aucune corrélation significative entre le rendement en matière sèche ou le contenu en azote total des gousses et ceux des plants. Comme d'une part le poids de la matière sèche des gousses est le facteur qui est le mieux corrélé au contenu en azote total des gousses et que d'autre part le pourcentage approximatif d'Afa moyen le plus élevé a été observé avec les gousses, il semble que le meilleur outil pour bien apprécier l'efficacité des souches du *R. leguminosarum* biovar *phaseoli* en symbiose avec le haricot cv. Goldie soit l'étude du contenu en azote total des gousses au stade de maturité.

#### EXPÉRIENCES AU CHAMP

Le deuxième essai en serres a d'une part souligné l'importance de l'utilisation des plantes au stade de maturité pour l'évaluation de l'efficacité symbiotique des souches du *R. leguminosarum* biovar *phaseoli*, et de plus cet essai a indiqué qu'aucune des souches efficaces testées n'a stimulé significativement la croissance du haricot cv. Goldie, lorsqu'elle est utilisée seule ou en mélange

avec une autre souche efficace. Comme le mélange des souches P121 + P136 a donné le rendement en matière sèche le plus élevé, nous avons évalué l'efficacité de ce mélange lorsque confronté à des *Rhizobium* indigènes, dans des essais au champ. À Saint-Césaire et à Pintendre, l'inoculation du haricot avec la souche de référence ATCC 14482 ou les souches P121 et P136 ou la combinaison P121 + P136 n'a pas eu d'effet significatif sur les rendements (en matières fraîches et sèches) des plants et des gousses du haricot, ni sur le nombre de gousses par plant (tableau III). À Saint-Césaire, les plants de haricot provenant des parcelles non inoculées avaient un pourcentage d'azote significativement inférieur à celui observé chez les plants inoculés. Cependant, cette différence ne se reflète pas sur le contenu en azote total des plants ou des gousses du haricot. À Pintendre, la présence de la souche ATCC 14482 a eu un effet néfaste sur le pourcentage d'azote dans les plants et les gousses du haricot (tableau III). Cet effet s'est traduit par un faible contenu en azote total dans les gousses du haricot inoculé avec la souche ATCC 14482. Ces deux essais au champ indiquent que les sols utilisés contiennent du *R. leguminosarum* biovar *phaseoli* efficace. En effet, aucune des souches introduites n'a permis d'obtenir des rendements supérieurs à ceux des témoins non inoculés. Le tableau IV indique des corrélations très significatives entre la masse de la matière fraîche des plants et des gousses et leur masse de matière sèche. Le contenu des plants et des gousses en azote total est aussi en relation directe avec la masse de leur matière sèche. À Pintendre, aucune corrélation significative n'a été observée entre la masse des plants (matière fraîche ou sèche) et la masse de la matière sèche des gousses ou leur contenu total en azote. Ces observations confirment que la meilleure façon d'apprécier l'efficacité des souches du *R. leguminosarum* biovar *phaseoli* est le contenu en azote total des gousses au stade de maturité, qui au champ est aussi reflété par la masse de la matière sèche des gousses.

#### Conclusion

Ce travail souligne l'importance de la fixation symbiotique de l'azote atmosphérique chez le haricot et il indique aussi qu'en général les sols du Québec renferment des souches indigènes du *R. leguminosarum* biovar *phaseoli* qui sont efficaces, tout au moins chez le cultivar Goldie. Parmi les souches efficaces utilisées dans cette étude, aucune n'a indiqué un pouvoir compétitif important qui se soit traduit par une stimulation importante de la croissance du haricot. Aucune synergie n'a été observée avec les combinaisons

TABLEAU III

Valeurs moyennes des matières fraîches et sèches, de la concentration en azote, du contenu en azote total des plants et des gousses, et du nombre de gousses par plant du haricot cultivé au champ

Traitement	Matière fraîche		Matière sèche		Azote (%)		Azote total		Nombre de gousses par plant
	g/plant	g/gousse	g/plant	mg/gousse	plants	gousses	mg/plant	mg/gousse	
<i>Saint-Césaire</i>									
ATCC 14482	10,27 a*	2,98 a	1,94 a	388,6 a	1,99 a	2,24 a	39,06 a	8,75 a	3,78 a
P136	10,31 a	3,03 a	1,91 a	392,4 a	1,97 a	2,25 a	37,80 a	8,85 a	3,37 a
P121	10,80 a	3,08 a	2,01 a	401,5 a	1,90 a	2,25 a	38,23 a	9,07 a	3,81 a
P136 + P121	12,22 a	3,22 a	2,27 a	429,0 a	1,91 a	2,23 a	43,44 a	9,58 a	4,23 a
Témoin non inoculé	9,95 a	2,88 a	1,84 a	369,3 a	1,67 b	2,11 a	31,28 a	7,93 a	3,63 a
<i>Pintendre</i>									
ATCC 14482	16,11 a	4,09 a	2,97 a	419,2 a	1,91 a	2,10 a	55,69 a	8,78 a	4,75 a
P136	17,49 a	4,33 a	3,18 a	457,6 a	2,43 b	2,59 b	77,91 a	11,85 b	5,00 a
P121	18,28 a	4,37 a	3,28 a	469,0 a	2,55 b	2,65 b	83,61 a	12,45 b	5,24 a
P136 + P121	14,50 a	4,13 a	2,61 a	447,9 a	2,53 b	2,60 b	65,95 a	11,68 b	4,71 a
Témoin non inoculé	15,68 a	4,04 a	2,87 a	416,9 a	2,35 b	2,54 b	66,22 a	10,60 ab	4,92 a

\* Les valeurs qui ne sont pas suivies par la même lettre sont significatives au seuil statistique  $P \leq 0,05$  d'après le test de Duncan.



TABLEAU IV

Coefficients de corrélation ( $r$ ) reliant la matière fraîche des plants (MFP) et des gousses (MFG), la matière sèche des plants (MSP) et des gousses (MSG) et le contenu en azote total des plants (ATP) et des gousses (ATG), du haricot cultivé au champ

	MSP	ATP	MFG	MSG	ATG
<i>Saint-Césaire</i>					
MFP	0,99	0,96	0,96	0,91	0,93
MSP		0,97	0,95	0,91	0,92
ATP			0,91	0,88	0,91
MFG				0,97	0,97
MSG					0,99
<i>Pintendre</i>					
MFP	0,99	0,90	0,65	0,16 N.S.*	0,28 N.S.
MSP		0,88	0,62	0,13 N.S.	0,22 N.S.
ATP			0,78	0,47	0,63
MFG				0,73	0,72
MSG					0,87

\*N.S.: non significatif au seuil statistique  $P \leq 0,01$

de souches. Cette étude démontre aussi qu'il est essentiel de se rendre jusqu'au stade de maturité et d'étudier les rendements en matière sèche et en azote total des gousses afin d'obtenir la meilleure estimation de l'efficacité symbiotique des souches du *R. leguminosarum* biovar *phaseoli*, lors d'essais en serres ou au champ. Bien qu'aucun effet positif n'a été obtenu dans les essais d'inoculation du haricot au champ, probablement à cause de la présence de souches indigènes efficaces, l'inoculation de cette plante demeure une pratique qui sera bénéfique dans les sols qui ne contiennent pas de souches indigènes efficaces ou à la suite du développement de souches de *Rhizobium* plus compétitives et ayant une efficacité symbiotique supérieure à celle des souches efficaces présentes dans les sols du Québec.

### Remerciements

Les auteurs remercient le Dr L. Couture pour ses conseils judicieux dans la préparation de ce manuscrit, le Dr H. H. Keyser pour la souche RCR 3610, Mme G. Fiset pour l'isolation des *Rhizobium* et M. M. Pitre pour l'excellent soutien technique. Ce travail a été financé en partie par le Centre de recherches pour le développement international et par le Conseil de recherches et services agricoles du Québec. T. Paré remercie l'Université de Ouagadougou, Burkina Faso, qui a permis son stage au Canada.

### Références

- ALLEN, O. N. & E. K. ALLEN, 1981. The Leguminosae. A source book of characteristics, uses and nodulation. — University of Wisconsin Press, Madison, 812 p.
- ANTOUN, H., L. M. BORDELEAU & R. SAUVAGEAU, 1984. Utilization of the tricarboxylic acid cycle intermediates and symbiotic effectiveness in *Rhizobium meliloti*. — Pl. Soil, 77: 29-38.
- BEYNON, J. L. & D. P. JOSEY, 1980. Demonstration of heterogeneity in a natural population of *Rhizobium phaseoli* using variation in intrinsic antibiotic resistance. — J. gen. Microbiol., 118: 437-442.
- BORDELEAU, L. M. & H. ANTOUN, 1977. Effet de l'inoculation mixte avec des souches de *Rhizobium meliloti* sur le rendement de la luzerne, cultivar Saranac. — Can. J. Pl. Sci., 57: 1071-1075.
- BORDELEAU, L. M., H. ANTOUN & R. A. LACHANCE, 1977. Effets des souches de *Rhizobium meliloti* et des coupes successives de la luzerne (*Medicago sativa*) sur la fixation symbiotique d'azote. — Can. J. Pl. Sci., 57: 433-439.
- BROMFIELD, E. S. P., 1984. Variation in preference for *Rhizobium meliloti* within and between *Medicago sativa* cultivars grown in soil. — Appl. Environ. Microbiol., 48: 1231-1236.
- DUKE, J. A., 1981. Handbook of legumes of world economic importance. — Plenum Press, New York and London, 345 p.
- ERDMAN, L. W. & U. M. MEANS, 1952. Use of total yield for predicting nitrogen content of inoculated legumes grown in sand cultures. — Soil Sci., 73: 231-235.
- GRAHAM, P. H., 1981. Some problems of nodulation and symbiotic nitrogen fixation in *Phaseolus vulgaris* L.: a review. — Fid Crops Res., 4: 93-112.
- HEICHEL, G. H. & C. P. VANCE, 1979. Nitrate-N and *Rhizobium* strain roles in alfalfa seedling nodulation and growth. — Crop Sci., 19: 512-518.
- RENNIE, R. J., 1984. Comparison of N balance and  $^{15}\text{N}$  isotope dilution to quantify  $\text{N}_2$  fixation in field grown legumes. — Agron. J., 76: 785-790.

- RENNIE, R. J. & G. A. KEMP, 1983a. N<sub>2</sub>-fixation in field beans quantified by <sup>15</sup>N isotope dilution. I. Effect of strains of *Rhizobium phaseoli*. — *Agron. J.*, 75: 640-644.
- RENNIE, R. J. & G. A. KEMP, 1983b. N<sub>2</sub>-fixation in field beans quantified by <sup>15</sup>N isotope dilution. II. Effect of cultivars of beans. — *Agron. J.*, 75: 645-649.
- SIMPSON, J. R. & A. H. GIBSON, 1970. A comparison of the effectiveness of two strains of *Rhizobium trifolii* with *Trifolium subterraneum* in agar and three soils. — *Soil Biol. Biochem.*, 2: 295-305.
- STEEL, R. G. D. & J. H. TORRIE, 1960. Principles and procedures of statistics. — McGraw-Hill Book Co., New York, 481 p.
- VINCENT, J. M., 1970. A manual for the practical study of root-nodule bacteria. — *Int. Biol. Progr. Handb.*, no. 15, Blackwell Sci. Publ. Oxford and Edinburgh, 164 p.

IDRC / CRDI



2565 18