Interaction entre différentes souches de *Rhizobium lupini* et les espèces ou cultivars de lupin (*Lupinus albus*, *Lupinus luteus* et *Lupinus mutabilis*)

Bernard Lagacherie, Michèle Bours, Jean-Jacques Giraud, Georges Sommer

► To cite this version:

Bernard Lagacherie, Michèle Bours, Jean-Jacques Giraud, Georges Sommer. Interaction entre différentes souches de *Rhizobium lupini* et les espèces ou cultivars de lupin (*Lupinus albus*, *Lupinus luteus* et *Lupinus mutabilis*). *Agronomie*, 1983, 3 (8), pp.809-816. hal-00884574

HAL Id: hal-00884574

<https://hal.science/hal-00884574>

Submitted on 1 Jan 1983

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.

Interaction entre différentes souches de *Rhizobium lupini* et les espèces ou cultivars de lupin (*Lupinus albus*, *Lupinus luteus* et *Lupinus mutabilis*)

Bernard LAGACHERIE, Michèle BOURS, Jean-Jacques GIRAUD & Georges SOMMER

I.N.R.A., Laboratoire de Microbiologie des sols, BV 1540, F 21034 Dijon Cedex

RÉSUMÉ

L'efficacité fixatrice de souches de *Rhizobium lupini* a été mesurée en serre sur *Lupinus albus*, *luteus* et *mutabilis*. De fortes interactions se manifestent : 86 p. 100 des souches testées ont une bonne efficacité sur *L. albus*, 52 p. 100 sur *L. mutabilis* et 40 p. 100 sur *L. luteus* ; 22 p. 100 des souches ont une bonne efficacité fixatrice sur les trois espèces. Les interactions observées en serre se conservent au champ où les souches fixatrices augmentent le rendement en grain et la teneur en protéines des grains.

Il apparaît aussi des interactions entre cultivars de *L. albus* et souches de *R. lupini*.

Mots clés additionnels : Fixation d'azote, inoculum, inoculation, symbiose.

SUMMARY

Interaction between Rhizobium lupini strains and species or cultivars of lupin (Lupinus albus, Lupinus luteus and Lupinus mutabilis).

Efficiency of *Rhizobium lupini* strains was evaluated in the greenhouse on *Lupinus albus*, *L. luteus* and *L. mutabilis*. Strong species $\times$ strain interactions were observed : 86 % of strains were fully effective on *L. albus*, 52 % on *L. mutabilis* and 40 % on *L. luteus* ; 22 % of strains were very effective on all three species. Species $\times$ strain interactions persisted in a field experiment where effective strains increased yield and protein level of grain.

Interactions between *L. albus* cultivars and *R. lupini* strains were also observed.

Additional key words : Nitrogen fixation, inoculum, inoculation, symbiosis.

I. INTRODUCTION

Une étude précédente (LAGACHERIE *et al.*, 1976) a montré que *Rhizobium lupini* (Schroet.) Eckh *et al.*, bactérie provoquant la formation de nodosités sur les racines des genres *Lupinus* et *Ornithopus* (GRAHAM, 1976), est fréquemment absent des sols de culture français ; il est nécessaire, dans ces sols, d'inoculer les semences de lupin avec des souches de *Rhizobium* fixatrices.

Les premières souches de *R. lupini* isolées lors de cette étude se sont révélées d'efficacité fixatrice d'azote variable sur *Lupinus albus* L., *L. luteus* L. et *L. angustifolius* L. La variabilité de l'efficacité fixatrice des souches a été observée par LANGE & PARKER (1960) sur *L. albus*, *L. angustifolius* et *L. digitatus* Forsk., par CARADUS & SILVESTER (1979) sur *L. arboreus* Sims. De plus des interactions espèce $\times$ souche se manifestent pour ce caractère (LAGACHERIE *et al.*, 1976).

Plusieurs espèces annuelles de lupin peuvent être cultivées (GLADSTONE, 1970) et 3 au moins présentent un intérêt agronomique en France (LENOBLE & PICARD, 1980) :

L. albus, *L. luteus* et *L. mutabilis* Sweet. Il est donc indispensable de déterminer l'efficacité fixatrice des souches de *R. lupini* sur ces espèces, en tenant compte éventuellement de l'influence du cultivar au sein de l'espèce ; les souches retenues pour la fabrication d'inoculum devront être polyvalentes.

Nous avons testé un lot de 41 souches isolées de sols français sur les 3 espèces *L. albus*, *L. luteus* et *L. mutabilis* et sur 8 cultivars de *L. albus*, espèce la plus productive. Ce travail a été conduit en serre et au champ.

II. MATÉRIEL ET MÉTHODES

A. Isolement des souches

Les souches de *R. lupini* testées dans les différents essais ont été isolées dans des échantillons de sols agricoles français en utilisant comme plante-piège soit *L. albus* (souches LB) soit *L. luteus* (souches LL).

Dans un pot de matière plastique d'1 l, rempli d'1/2 l de sable stérilisé (sable extra siliceux B4, Silices et Réfractaires de la Méditerranée, Marseille), 100 g de la terre considérée sont étalés, puis recouverts d'une couche de 4 cm de sable stérilisé. Quatre graines de lupin, désinfectées par trempage pendant 30 mn dans une solution d'hypochlorite de calcium (70 g d'hypochlorite de calcium 115-120° chlorométriques dans 1 000 cm³ d'eau, agités pendant 30 mn et filtrés) et rincées à l'eau stérile, sont semées dans chaque pot ; la solution d'arrosage n'apporte pas d'azote (LAGACHERIE *et al.*, 1977).

Au stade floraison, plusieurs nodosités ont été prélevées dans chaque pot, désinfectées extérieurement par trempage dans une solution aqueuse de HgCl₂ à 1 p. 1 000 pendant 5 mn puis rincées abondamment à l'eau stérile ; une suspension de *Rhizobium*, réalisée par écrasement d'une nodosité dans de l'eau stérile a été étalée sur milieu nutritif gélosé de BERGERSEN (1961) complété par 0,2 g/l d'extrait de levure, à la dilution permettant d'obtenir des colonies isolées ; 3 repiquages successifs ont été effectués pour obtenir une culture pure ; seules les souches à croissance lente (une par sol) ont été retenues : il s'agit des souches pour lesquelles des colonies apparaissent après 5 j au moins de croissance, à 28 °C, sur milieu nutritif gélosé.

B. Croissance des végétaux en serre

Les plantes sont cultivées dans des pots en matière plastique d'une contenance de 5 l ; 1 l de graviers assure le drainage au fond du pot ; le support de culture était de la perlite (Perlisol 40, la Vermiculite et la Perlite, Nanterre). Après levée des graines, désinfectées au semis comme précédemment, 3 plantes sont conservées et inoculées par une suspension aqueuse d'une culture de *Rhizobium* sur milieu nutritif gélosé apportant au minimum 5.10⁹ bactéries par pot. Pendant la croissance des plantes, l'apport de la solution nutritive mentionnée ci-dessus est réalisé automatiquement, en fonction de l'évapotranspiration d'un pot témoin.

Dans chacun des essais dont les caractéristiques sont regroupées dans le tableau 1, les différentes souches sont réparties sur une espèce selon un dispositif en blocs randomisés.

La récolte a été effectuée à la fin de la floraison du 1^{er} étage floral. Le poids sec des parties aériennes a servi de

mesure de l'efficacité fixatrice des souches ; l'examen des racines a montré que toutes les souches utilisées avaient provoqué une nodulation.

Une analyse de variance effectuée sur les résultats de chaque espèce (ou cultivar) d'un essai permet de tester la signification (test F) du facteur souche, puis, sur la totalité de l'essai, la signification de l'interaction espèce (ou cultivar) × souche. Les souches sont différenciées sur chaque espèce (ou cultivar) par le test de DUNCAN au seuil de probabilité de 5 p. 100.

Pour permettre une comparaison entre espèces et entre essais, les résultats ont été exprimés en fonction du rendement moyen (base 100) des 2 souches LL13 et LB29 communes à tous les essais. Nous avons défini les classes d'efficacité fixatrice par rapport à cette base 100 : souches peu ou pas fixatrices entre 0 et 40, souches moyennement fixatrices entre 40 et 80 et souches bonnes fixatrices au-dessus de 80.

C. Essai au champ

Un essai au champ a été mis en place au domaine I.N.R.A. de Dijon-Epoisses en 1978.

Quatre souches de *R. lupini* et un témoin non inoculé ont été comparés sur les 3 espèces *L. albus* cv. « Blanca », *L. luteus* cv. « Sulfa » et *L. mutabilis* cv. « LM13 ». Dans chaque espèce, les traitements sont répartis en 6 blocs randomisés. Chaque parcelle de 7 m de long comporte 6 rangs écartés de 33 cm.

Les graines ont été inoculées par un inoculum-tourbe de façon à obtenir une richesse d'au moins 10⁶ *Rhizobium*/graine. Le semis a été réalisé le 13 mars après inoculation et ressuyage des graines, à l'aide d'un semoir à main EBRA type SJ5 ; un flambage du semoir à l'alcool a été effectué à chaque changement de souche. Le peuplement était de l'ordre de 70 plantes par m² pour *L. albus* et *L. mutabilis* et de 40 pour *L. luteus*.

La récolte a été faite par microbatteuse sur les 4 rangs centraux. La quantité de grain sec a été mesurée et le pourcentage de protéines déterminé par l'analyseur PROMETER type MKII.

Les dates de récolte se sont échelonnées en fonction de la précocité des espèces : *L. luteus* le 23 août, *L. albus* le 16 septembre et *L. mutabilis* le 30 septembre.

TABLEAU 1

Caractéristiques des essais en serre.
Characteristics of the greenhouse experiments.

N° d'essai	Végétation		Nombre de répétitions	Espèces	Nombre de souches
	Période	Durée (semaines)			
I	Printemps 77	12	3	<i>L. albus</i> ⁽¹⁾ <i>L. luteus</i> ⁽²⁾	17 (*)
II	Automne 77	11	3	<i>L. albus</i> ⁽¹⁾ <i>L. luteus</i> ⁽²⁾	18 (*)
III	Hiver 78	13	3	<i>L. albus</i> ⁽¹⁾ <i>L. mutabilis</i> ⁽³⁾	21 (*)
IV	Automne 79	12	4	<i>L. albus</i> ⁽¹⁾ <i>L. luteus</i> ⁽²⁾ <i>L. mutabilis</i> ⁽³⁾	11 (*)
V	Printemps 79	10	4	<i>L. albus</i> (8 cultivars) ⁽⁴⁾	6

(*) Comparées à un témoin non inoculé.

⁽¹⁾ : *L. albus* cv « Blanca » ; ⁽²⁾ : *L. luteus* cv « Sulfa » ; ⁽³⁾ : *L. mutabilis* cv « LM13 » ; ⁽⁴⁾ : « Blanca », « Kali », « Kalina », « La57 », « Lublanc », « Multolupa », « Neuland » et « Ultra ».

III. RÉSULTATS

A. Essais sur *L. albus* et *luteus* (I et II)

Un lot de 32 souches de *R. lupini* a été testé en serre lors de 2 essais sur les 2 espèces *L. albus* cv. « Blanca » et *L. luteus* cv. « Sulfa ». Un témoin non inoculé et 17 souches ont été comparées dans l'essai I, un témoin non inoculé, 3 souches de l'essai I (LL13, LL19 et LB29) et 15 nouveaux isollements dans l'essai II.

Les résultats des 2 essais sont regroupés dans le tableau 2. Compte tenu de la période de végétation moins favorable et d'une mise à fleur plus précoce, la croissance des plantes a été moindre lors de l'essai II, surtout pour *L. albus*.

Dans les 2 essais, l'effet souche est significatif au seuil de probabilité de 1 p. 100 sur chaque espèce : les souches de *R. lupini* sont d'efficacité variable.

Sur *L. albus*, la souche LL90 (essai I) est non fixatrice ; 14 souches (soit 82 p. 100 du total) de l'essai I et 13 souches (72 p. 100) de l'essai II sont bonnes fixatrices. Sur *L. luteus*, les souches LB86, LL88, LL97 et LB822 (essai I), LL90 et LL110 (essai II) sont très peu fixatrices ; 6 souches (35 p. 100) de l'essai I et 9 souches (50 p. 100) de l'essai II sont bonnes fixatrices. La répartition des souches sur une espèce selon leur efficacité est comparable dans chaque essai, mais elle diffère d'une espèce à l'autre. Certaines souches sont d'efficacité faible (LB86, LL90), moyenne (LL96, LL101) ou bonne (LL19, LB29, LL13, ...) sur les 2 espèces alors que d'autres souches (LL84, LL89, LB822, LL1052) sont bonnes fixatrices sur *L. albus* et faibles sur *L. luteus* ou inversement (souche LL15) faible sur *L. albus* et bonne sur *L. luteus*. L'existence d'une interaction espèce × souche significative dans chaque essai au seuil de probabilité de 1 p. 100 confirme statistiquement ces différences de comportement.

B. Essai sur *L. albus* et *mutabilis* (III)

13 souches déjà testées, 8 nouvelles souches ainsi qu'un témoin non inoculé ont été comparés en serre sur *L. albus* cv « Blanca » et *L. mutabilis* cv « LM13 ». Les résultats sont reportés dans le tableau 3.

Sur chaque espèce, l'effet souche est significatif au seuil de probabilité de 1 p. 100 : les souches sont d'efficacité fixatrice variable. La souche LL90 est inefficace sur les 2 espèces.

Mais alors que, sur *L. albus*, les 20 autres souches sont bonnes fixatrices, sur *L. mutabilis*, 12 souches seulement (soit 57 p. 100 du total) le sont ; le comportement des souches n'est pas le même sur les 2 espèces, les souches LL96, LLH25, LB28, LL94 et LLH31 sont bonnes fixatrices sur *L. albus* et moyennes ou peu fixatrices sur *L. mutabilis* ; parmi elles, LL96, LB28 et LL94 étaient bonnes fixatrices sur *L. luteus*. Statistiquement, ces différences de comportement se traduisent par une interaction espèce × souches significative au seuil de probabilité de 1 p. 100.

Les souches déjà testées conservent l'efficacité fixatrice mesurée dans les essais précédents, à l'exception des deux souches LL82 et LL96.

C. Essais sur *L. albus*, *luteus* et *mutabilis*

1. Essai en serre (IV)

Dix souches choisies parmi celles déjà testées, une nouvelle souche et un témoin non inoculé ont été comparés sur les 3 espèces *L. albus* cv « Blanca », *L. luteus* cv

TABLEAU 2

Efficacité fixatrice de 17 souches (essai I) et 18 souches (essai II) de *R. lupini* associées à *L. albus* et *L. luteus* (poids sec des parties aériennes en p. 100 de la moyenne des souches LL13 et LB29 ; moyenne de 3 répétitions).

Efficiency of 17 (essai I) and 18 (essai II) *R. lupini* strains growing with *L. albus* and *L. luteus* plants (dry weight % of the average of strains LL13 and LB29 ; mean of 3 replicates).

<i>L. albus</i> cv « Blanca »		<i>L. luteus</i> cv « Sulfa »	
Souche (Strain)	Efficacité (Efficiency)	Souche (Strain)	Efficacité (Efficiency)
Essai I			
LL88	113 a (*)	LL19	106 a
LL102	113 a	LB29	101 a
LL93	106 ab	LL13	99 a
LB29	102 abc	LL102	94 a
LL98	102 abc	LL103	89 a
LL19	100 abc	LL15	89 a
LL13	98 abc	LL93	67 b
LL84	96 bcd	LL98	60 bc
LL97	94 bcd	LL96	47 cd
LL103	94 bcd	LL85	40 de
LB822	94 bcd	LL80	38 de
LL85	90 bcd	LL84	26 ef
LL89	87 cd	LL89	25 ef
LL80	81 d	LB822	15 fg
LL96	66 e	LL97	14 fg
LL15	45 f	LL88	12 fg
LB86	28 g	LB86	5 g
Témoin (Check)	7 h	Témoin (Check)	4 g
Coefficient de variation			
Moyenne		9,7 %	
LB13-LB29 (g par pot)		37,3	
		19,6 %	
Essai II			
LL87	121 a	LL94	115 a
LB29	111 ab	LB28	109 ab
LL99	109 ab	LL87	104 ab
LL19	108 ab	LL13	104 ab
LL1051	105 ab	LL19	102 ab
LB28	100 ab	LL107	102 ab
LL107	96 ab	LB29	96 bc
LL1052	96 ab	LL99	91 bc
LL94	94 abc	LL1051	81 cd
LL91	93 abcd	LL91	70 de
LL13	89 abcd	LL92	63 e
LL100	86 bcd	LL101	55 ef
LL95	80 bcd	LL1052	39 fg
LL101	62 cde	LL100	33 gh
LL82	60 cde	LL82	28 gh
LL110	42 e	LL95	25 gh
LL92	40 e	LL110	18 hi
LL90	7 f	LL90	2 i
Témoin (Check)	4 f	Témoin (check)	1 i
Coefficient de variation			
Moyenne		20,0 %	
LL13-LB29 (g/pot)		22,7	
		12,5 %	
		34,8	

(*) Les valeurs suivies de la (ou des) même lettre ne diffèrent pas au seuil de probabilité de 5 p. 100 (test de DUNCAN).

« Sulfa » et *L. mutabilis* cv « LM13 ». Les résultats sont reportés dans le tableau 4.

Sur chaque espèce l'effet souche est significatif au seuil de probabilité de 1 p. 100. L'interaction espèce × souche,

TABLEAU 3

Efficacité fixatrice de 21 souches de *R. lupini* associées à *L. albus* et *L. mutabilis* (poids sec des parties aériennes en p. 100 de la moyenne des souches LL13 et LB29 ; moyenne de 3 répétitions).

Efficiency of 21 *R. lupini* strains with *L. albus* and *L. mutabilis* (shoot dry weight as % of the average of strains LL13 and LB29 ; mean of 3 replicates).

<i>L. albus</i> cv « Blanca »		<i>L. mutabilis</i> cv « LM13 »	
Souche (Strain)	Efficacité (Efficiency)	Souche (Strain)	Efficacité (Efficiency)
LL113	115 a	LL13	113 a
LL1051	110 ab	LL87	112 a
LL94	109 ab	LLH26	111 ab
LLH31	108 ab	LL84	110 abc
LLH26	106 ab	LL1051	98 abcd
LLH25	106 ab	LLH40	95 abcde
LB29	105 ab	LB822	94 bcde
LB28	100 ab	LL82	93 bcde
LL82	100 ab	LL88	92 cde
LL84	99 ab	LB84	92 de
LB821	98 ab	LLH8	88 def
LLH40	98 ab	LB29	87 def
LL96	98 ab	LB821	79 efg
LB822	97 ab	LL113	72 fg
LB84	96 ab	LL1052	67 gh
LL13	95 ab	LL96	52 hi
LL87	95 ab	LLH25	51 i
LL88	94 b	LB28	43 ij
LL1052	92 b	LL94	31 jk
LLH8	90 b	LLH31	23 k
LL90	19 c	LL90	6 l
Témoin (Check)	7 c	Témoin (Check)	5 l
Coefficient de variation			
Moyenne LL13-LB29 (g par pot)		11,0 %	13,7 %
		37,4	27,8

significative au seuil de probabilité de 1 p. 100, permet de mettre en évidence différents comportements de souches : 2 souches (LL13 et LB29) sont bonnes fixatrices sur les 3 espèces ; les souches LL82, LB822, LL88 et LL113 ne sont bonnes fixatrices que sur *L. albus* et *mutabilis* et peu fixatrices sur *L. luteus* ; la souche LLH31 est bonne fixatrice sur *L. albus* et *luteus* et peu fixatrice sur *L. mutabilis* ; enfin la souche LL15 est bonne fixatrice sur *L. luteus* et peu fixatrice sur les 2 autres espèces. Les 3 dernières souches se rapprochent de l'un de ces comportements : les souches LB28 et LL96 sont proches de LLH31, la souche LB26 proche de LL82.

2. Essai au champ

Quatre souches bien typées dans les essais précédents ainsi qu'un témoin non inoculé ont été comparés sur les 3 espèces : LL13 et LB29, bonnes fixatrices sur les 3 espèces ; LB822, bonne fixatrice sur *L. albus* et *mutabilis* et LB86, peu fixatrice sur *L. albus* et *luteus* et non testée sur *L. mutabilis*. Les rendements en grain sec et la teneur en protéines de ces grains sont regroupés dans le tableau 5.

Dans chaque espèce l'effet souche sur la récolte de grain est significatif au seuil de probabilité de 1 p. 100 ; l'interaction espèce × souche l'est aussi. Les souches se différencient et se classent au champ de la même façon qu'en serre. La souche LB86 se révèle également peu fixatrice sur *L. mutabilis*.

Sur la teneur en protéines des grains, l'effet souche est significatif au seuil de probabilité de 1 p. 100 : les souches fixatrices entraînent sur *L. albus* et *luteus* une augmentation de cette teneur par rapport au témoin non inoculé, les souches non fixatrices restant à son niveau ; sur *L. mutabilis*, la souche LL13 est supérieure au témoin non inoculé, LL29 lui est comparable et les souches LB822 (fixatrice) et LB86 (non fixatrice) inférieures. L'interaction espèce × souche sur le rendement en protéines en est donc renforcée.

TABLEAU 4

Efficacité fixatrice de 11 souches de *R. lupini* associées à *L. albus*, *L. luteus* et *L. mutabilis*. (poids sec des parties aériennes en p. 100 de la moyenne des souches LL13 et LB29 ; moyenne de 4 répétitions).

Efficiency of 11 *R. lupini* strains with *L. albus*, *L. luteus* and *L. mutabilis* (shoot dry weight as % of the average of strains LL13 and LB29 : mean of 4 replicates).

<i>L. albus</i> cv « Blanca »		<i>L. luteus</i> cv « Sulfa »		<i>L. mutabilis</i> cv « LM13 »	
Souche (Strain)	Efficacité (Efficiency)	Souche (Strain)	Efficacité (Efficiency)	Souche (Strain)	Efficacité (Efficiency)
LB29	107 a	LL15	104 a	LL13	102 a
LLH31	102 ab	LL13	102 ab	LB29	98 a
LB28	99 ab	LB29	98 ab	LL88	91 ab
LB822	98 ab	LB28	94 bc	LL82	91 ab
LB26	94 ab	LLH31	93 bc	LL113	86 ab
LL88	93 ab	LL96	92 c	LB822	81 b
LL13	93 ab	LB822	34 d	LB26	75 b
LL96	92 ab	LL82	23 e	LL96	55 c
LL113	90 b	LB26	21 e	LB28	46 c
LL82	90 b	LL113	16 e	LLH31	10 d
LL15	34 c	LL88	15 e	LL15	9 d
Témoin (Check)	6 d	Témoin (Check)	4 f	Témoin (Check)	7 d
Coefficient de variation		10,9 %	10,1 %	16,9 %	
Moyenne LL13-LB29 (g par pot)		38,2	47,7	30,3	

TABLEAU 5

Production de grains sec et teneur en protéines de *L. albus*, *L. luteus* et *L. mutabilis* associés au champ à 4 souches de *R. lupini* ; moyenne de 6 répétitions.

Grain yield and protein level of *L. albus*, *L. luteus* and *L. mutabilis* plants growing with 4 *R. lupini* strains ; mean of 6 replicates.

Souches	<i>L. albus</i> cv « Blanca »		<i>L. luteus</i> cv « Sulfa »		<i>L. mutabilis</i> cv « LM13 »	
	grain sec		grain sec		grain sec	
	t/ha	% protéines	t/ha	% protéines	t/ha	% protéines
LB29	4,15 a	38,6 a	1,87 a	43,3 a	1,80 a	48,9 b
LL13	3,96 ab	38,2 a	1,82 a	43,4 a	1,80 a	50,2 a
LB822	3,79 b	38,4 a	0,62 b	35,5 b	1,82 a	47,4 c
LB86	2,91 c	35,0 b	0,53 b	34,3 c	1,26 c	47,2 c
Témoin	2,82 c	35,6 b	0,48 b	34,7 bc	1,39 b	48,7 b
Coefficient de variation	6,4 %	2,1 %	12,5 %	2,2 %	5,4 %	1,2 %

3. Synthèse des résultats

Compte tenu de la stabilité de l'efficacité fixatrice des souches, il est possible de regrouper les résultats des différents essais.

Sur chaque espèce, les souches de *R. lupini* sont d'efficacité fixatrice variable (tabl. 6), mais, sur *L. albus*, on obtient une plus forte proportion (86 p. 100) de souches ayant une bonne efficacité fixatrice que sur *L. mutabilis* (52 p. 100) et que sur *L. luteus* (40 p. 100).

Sur les espèces prises 2 à 2 (fig. 1), les souches de *R. lupini* peuvent avoir des comportements différents : l'efficacité fixatrice est la même sur chaque espèce ou diffère selon l'espèce. Les souches dont le comportement reste identique (tabl. 7) sont proportionnellement les plus nombreuses dans la comparaison : *L. albus*-*L. mutabilis* (62 p. 100), puis *L. albus*-*L. luteus* (49 p. 100) et enfin *L. luteus*-*L. mutabilis* (33 p. 100). Par le jeu des interactions, et toutes les combinaisons n'ayant pas été testées, 4 souches seulement (LL13, LB29, LL87 et LL1051) ont une bonne activité fixatrice sur les 3 espèces et 2 souches (LB86 et LL90), une activité fixatrice faible ou nulle.

TABLEAU 6

Distribution, par classe d'efficacité fixatrice, des différentes souches de *R. lupini* testées sur chaque espèce de lupin (en p. 100 dans chaque classe).

Distribution of all *R. lupini* strains tested in efficiency classes on every lupin species (% par class).

	Nombre de souches testées	Classes d'efficacité		
		0-40	40-80	80-120
<i>L. albus</i>	41	7	7	86
<i>L. luteus</i>	35	46	14	40
<i>L. mutabilis</i>	23	17,5	26,5	52

D. Cultivars de *L. albus* (Essai V)

Cinq souches de *R. lupini* bonnes fixatrices sur *L. albus* cv « Blanca » (LL13, LB28, LB29, LL82 et LL84) et une, peu fixatrice (LL15), ont été essayées en serre sur 8 culti-

Figure 1
Efficacité comparée des souches de *R. lupini* sur les 3 espèces de lupin prises deux à deux. (Abscisses et ordonnées : poids sec des parties aériennes en p. 100 de la moyenne des souches LL13 et LB29).

Comparative effectiveness of *R. lupini* strains on three lupin species taken two by two (Abscissa and ordinate : shoot dry weight as % of the average of strains LL13 and LB29).

TABLEAU 7

Récapitulatif des souches de *R. lupini* dont l'efficacité fixatrice ne varie pas lors des comparaisons sur 2 espèces de lupin (en classes d'efficacité fixatrice).

List of *R. lupini* strains having same efficiency on two lupin species (in effectiveness classes).

Comparaisons	Nombre de souches	Classes d'efficacité				
		0-40	40-80	80-120		
<i>L. albus</i> - <i>L. luteus</i>	35	LL90(*) LB86	LL92 LL101	LL13 LB29 LL96 LL103 LLH31	LL19 LL87 LL99 LL1051	LB28 LL94 LL102 LL107
<i>L. albus</i> - <i>L. mutabilis</i>	24	LL90 LL15 (LB86)(**)		LL13 LL82 LL87 LLH8	LB29 LB84 LL88 LLH26	LB822 LL84 LL1051 LLH40
<i>L. luteus</i> - <i>L. mutabilis</i>	18	LL90 (LB86)(**)		LL13 LL1051	LB29	LL87

(*) LL ou LB : souches stables dans les trois comparaisons.
(**) Compte tenu des résultats de l'essai au champ.

TABLEAU 8

Efficacité fixatrice de 6 souches de *R. lupini* associées à 8 cultivars de *L. albus* (poids sec des parties aériennes en p. 100 de la moyenne des souches LL13 et LB29 ; moyenne de 4 répétitions).

Efficiency of 6 *R. lupini* strains with 8 *L. albus* cultivars (shoot dry weight as % of the average of strains LL13 and LB29 ; mean of 4 replicates).

Souches	Multolupa	Blanca	Kalina	Cultivar de <i>Lupinus albus</i>		Kali	Neuland	Ultra
				La57	Lublanc			
LB29	96 a	100 a	115 a	97 a	99 a	109 a	96 b	98 a
LL13	104 a	100 a	85 a	103 a	101 a	91 ab	104 ab	102 a
LB28	87 a	100 a	98 a	102 a	93 a	76 b	118 a	104 a
LB84	89 a	92 a	89 a	101 a	90 a	85 ab	105 ab	66 b
LL82	98 a	90 a	89 a	80 a	96 a	71 b	102 ab	81 ab
LL15	79 a	11 b	32 b	17 b	18 b	12 c	17 c	18 c
Moyenne des souches LL13-LB29 (g par port)	43,8	47,2	40,4	47,1	44,2	38,0	50,0	53,3
CV	21,8 %	17,2 %	22,7 %	20,6 %	15,5 %	22,6 %	14,2 %	22,8 %

vars de *L. albus* : « Blanca », « Kali », « Kalina », « La57 », « Lublanc », « Multolupa », « Neuland » et « Ultra ». Les résultats sont regroupés dans le tableau 8.

Les souches ne se comportent pas de la même façon sur chaque cultivar, ce que confirme une interaction cultivar $\times$ souche, significative au seuil de probabilité de 1 p. 100. Ainsi, sur « Multolupa », il n'y a pas d'effet souche : les 6 souches sont d'efficacité comparable ; sur 4 cultivars (« La57 », « Blanca », « Lublanc » et « Kalina »), 5 souches (LL13, LB28, LB29, LL82 et LB84) sont bonnes fixatrices, et une, LL15, peu fixatrice ; sur 3 autres cultivars (« Neuland », « Ultra » et « Kali »), la souche LL15 est peu fixatrice et les 5 autres souches sont d'efficacité variable.

Parmi les 6 souches essayées, LL13 et LB29 peuvent être considérées comme bonnes fixatrices sur les 8 cultivars de *L. albus*, la souche LB28 se révélant cependant la meilleure sur le cultivar « Neuland ».

IV. DISCUSSION ET CONCLUSIONS

Sur une espèce donnée de lupin, les résultats expérimentaux montrent que l'efficacité fixatrice de *R. lupini* est un caractère variable d'une souche à l'autre, mais stable pour une souche déterminée ; à l'exception des souches LL96 et LL82 (dans les essais I et II, leur efficacité moyenne peut être attribuée à une inoculation trop faible), les souches communes à plusieurs essais réalisent des performances comparables d'un essai à l'autre, qu'elles soient d'efficacité bonne (LL13, LB29 sur les 3 espèces), moyenne (LB28 sur *L. mutabilis*) ou faible (LL15 sur *L. albus*, LL82 sur *L. luteus* ou LLH31 sur *L. mutabilis*).

Malgré cette efficacité fixatrice ne s'exprime pas toujours avec la même intensité sur les 3 espèces de lupin utilisées pour cette étude : ainsi dans l'essai IV (tabl. 4), 2 souches (LL13 et LB29) sur les 11 essayées conservent la même

efficacité sur les 3 espèces ; pour l'ensemble des résultats (tabl. 7) la proportion de ce type de souches passe à un tiers, et 22 p. 100 seulement (LL13, LB29, LL87 et LL1051) ont une bonne efficacité fixatrice.

Au sein d'une espèce (*L. albus*), l'efficacité fixatrice d'une souche de *R. lupini* est influencée par le cultivar auquel elle est associée ; parmi les souches testées, aucune souche de bonne efficacité ne devient peu fixatrice, mais certaines (LB28 et LB29), équivalentes sur la plupart des cultivars, diffèrent significativement sur « Neuland » et « Kali ».

Les interactions espèces × souches sont des phénomènes fréquents dans les groupes d'inoculation croisée ; elles permettent de décrire des sous-groupes en classant les *Rhizobium* ou les espèces végétales selon leurs réactions symbiotiques ; ainsi BROCKWELL & HELY (1966) divisent un lot de *R. meliloti* en 9 sous-groupes ; les travaux de SAUBERT & SCHEFFLER (1967), complétant les observations de VINCENT (1954), divisent le groupe des trèfles en 3 sous-groupes. Nos résultats permettent d'envisager des subdivisions dans le groupe *R. lupini*, mais ils ne portent que sur 3 des 150 espèces du genre *Lupinus* (ALLEN & ALLEN, 1981) et JENSEN (1967) a décrit des relations entre le groupe *R. lupini* et d'autres groupes d'inoculation.

Les interactions cultivar × souche que nous trouvons dans l'espèce *L. albus* se rencontrent également dans d'autres groupes : luzerne (GASSER *et al.*, 1972 ; MILLER & SIROIS, 1982), soja (BALASUNDARAM *et al.*, 1972), trèfle blanc (MYTTON, 1975).

L'existence de ces interactions dans le groupe des *R. lupini* permet de proposer le schéma de sélection de souches suivant : début du tri sur *L. luteus*, la sélection se

poursuivant ensuite sur *L. mutabilis* et *L. albus* mais en remplaçant le cultivar « Blanca » par « Kali » ou « Ultra ».

L'efficacité fixatrice mesurée en serre se conserve au champ pour 4 souches de *R. lupini* essayées sur les 3 espèces de lupin, que les souches soient de bonne ou de faible efficacité fixatrice ; parallèlement à une augmentation de rendement les souches ayant une bonne efficacité fixatrice entraînent presque toujours une augmentation de la teneur en protéines des graines, amplifiant ainsi l'effet de l'inoculation sur la production de protéines ; un tel résultat est déjà signalé par BONNIER *et al.* (1964) sur *L. luteus*. Mais certaines caractéristiques du sol peuvent modifier l'expression de l'efficacité des souches en agissant sur la nodulation (LANGE & PARKER, 1960) ; le travail de sélection doit nécessairement se terminer au champ.

Lorsque le sol contient *R. lupini*, il est peu probable que *L. albus* rencontre des populations peu fixatrices ; les risques sont plus élevés pour *L. mutabilis* et surtout pour *L. luteus*. Le remplacement de telles souches par inoculation nécessiterait au préalable de considérer la compétitivité relative de la souche efficace apportée par rapport à celles du sol, ajoutant ainsi une nouvelle étape aux opérations de sélection.

Reçu le 11 janvier 1983.

Accepté le 21 avril 1983.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier nos collègues de la Station d'Amélioration des plantes et du domaine de l'I.N.R.A. de Dijon-Epoisses pour la fourniture des semences et la conduite de l'essai au champ ainsi que M. SIXDENIER qui a réalisé les analyses de protéines.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Allen N. O., Allen K. A., 1981. *The Leguminosae. A source book of characteristics, uses and nodulation*. The University of Wisconsin Press, Madison, 812 p.
- Balasundaram V. R., Iswaran V., Sundara Rao W. V. B., 1972. Interactions between soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) genotypes and different isolates of *Rhizobium japonicum*. *Indian J. agric. Sci.*, **42**, 387-389.
- Bergersen F. J., 1961. The growth of *Rhizobium* in synthetic media. *Aust. J. biol. Sci.*, **14**, 349-360.
- Bonnier C., Laloux L., Lebrun F., Weickmans L., 1964. Inoculation bactérienne des graines de lupin jaune doux (*Lupinus luteus*). *Bull. Inst. agron. Sta. Rech. Gembloux*, **XXXII**, 163-170.
- Brockwell J., Hely F. W., 1966. Symbiotic characteristics of *Rhizobium meliloti* : an appraisal of the systematic treatment of nodulation and nitrogen fixation interactions between hosts and *Rhizobia* of diverse origins. *Aust. J. agric. Res.*, **17**, 885-899.
- Caradus J. R., Silvester W. B., 1979. A comparative study of strains of *Rhizobium lupini* on *Lupinus arboreus* L. *N. Z. J. agric. Res.*, **22**, 329-333.
- Gasser H., Guy P., Obaton M., Sikora I., 1972. Efficiency of *Rhizobium meliloti* strains and their effects on alfalfa cultivars. *Can. J. Plant Sci.*, **52**, 441-448.
- Gladstone J. S., 1970. Lupins as crop plants. *Field Crop Abstr.*, **23**, 124-148.
- Graham P. H., 1976. Identification and classification of root nodule bacteria, 99-112. In : *Symbiotic nitrogen fixation in plants*, Nutman P. S. (ed.), Cambridge University Press, Cambridge, 584 p.
- Jensen H. L., 1967. Mutual host plant relationships in two groups of legume root nodule bacteria (*Rhizobium* spp.). *Arch. Mikrobiol.*, **59**, 174-179.
- Lagacherie B., Ginies P., Amarger N., 1976. L'inoculation du lupin. Essais préliminaires, *C.R. Acad. Agric. Fr.*, **62**, 987-994.
- Lagacherie B., Hugot R., Amarger N., 1977. Sélection de souches de *Rhizobium japonicum* d'après leur compétitivité pour l'infection. *Ann. agron.*, **28**, 379-389.
- Lange R. T., Parker C. A., 1960. The symbiotic performance of lupin bacteria under glasshouse and field conditions. *Plant and Soil*, **13**, 137-146.
- Lenoble M., Picard J., 1980. Lupin : où en est-on... *Cultivar*, **127**, 38-40.
- Miller R. W., Sirois J. C., 1982. Relative efficacy of different alfalfa cultivar, *Rhizobium meliloti* strain combinations for symbiotic nitrogen fixation. *Appl. environ. Microbiol.*, **43**, 764-768.
- Mytton L. R., 1975. Plant genotype × *Rhizobium* strain interactions in white clover. *Ann. appl. Biol.*, **80**, 103-107.
- Saubert S., Scheffler J. G., 1967. Strain variation and host specificity of *Rhizobium*. II. Host specificity of *Rhizobium trifolii* on European clovers. *S. Afr. J. agric. Sci.*, **10**, 85-94.
- Vincent J. M., 1954. The root-nodule bacteria of pasture legumes. *Proc. Linn. Soc. N.S.W.*, **79**, 4-32.