

COMPTE RENDU SUR UN ESSAI D'INOCULATION
DE LA LUZERNE DANS UN SIEROZEM TUNISIEN

par

[E. BOUAZIZ], [R. COMBREMONT], J. DEJARDIN, [M. OBATON], Y. DOMMERCUES

O. R. S. T. O. M.

8 JUIL. 1970

Collection de Référence

R
n° 74168 ex 1

COMPTE RENDU SUR UN ESSAI D'INOCULATION
DE LA LUZERNE DANS UN SIEROZEM TUNISIEN

par E. BOUAZIZ*, R. COMBREMONT*, J. DEJARDIN**, M. OBATON***, Y. DOMMERGUES****

Les sols irrigués des stations expérimentales mises en place par le C.R.U.E.S.I. (Centre de Recherche pour l'utilisation d'Eau Salée en Irrigation) en Tunisie, sont généralement favorables au développement des Rhizobium de la luzerne, mais les souches sauvages (1) induisent une nodulation dont les caractères (petite taille, grand nombre de nodules) semblent indiquer une efficacité médiocre. D'où l'idée de chercher à remplacer ces souches sauvages par une souche plus efficace en procédant à une inoculation massive. Des essais au champ ont été mis en place en mars 1968 dans un sierozem à la station C.R.U.E.S.I. de Ksar Gheriss.

I.- PREPARATION DES INOCULUMS

La souche de Rhizobium (Sa 10) a été préparée en fioles agitées sur milieu au mannitol et à l'extrait de levure tamponné au pH 7. A la fin de la culture on a procédé à une centrifugation pour multiplier environ par 10 la richesse en bactéries. La pâte de Rhizobium ainsi obtenue a été mélangée à un poids égal de terre d'infusoires. La richesse finale en bactéries était de 10^{10} bactéries vivantes par gramme d'inoculum. L'on a apporté ainsi environ 2×10^5 bactéries par graine, ce qui correspond à une inoculation massive puisque l'on considère habituellement qu'un inoculum est de bonne qualité s'il apporte 1 à 5×10^3 bactéries par graine.

II.- DISPOSITIFS EXPERIMENTAUX

1.- Dispositif principal :

Le dispositif principal a été établi conformément aux normes P.B.I., avec toutefois une simplification consistant dans la suppression des doses intermédiaires d'azote (fig. 1). De façon à éviter des contaminations et des transports d'une parcelle à l'autre un plan en bloc subdivisé (ou essai en bandes, dit "strip trial" ou "split block" en Anglais) a été adopté.

Variables :

- Plante : Légumineuse (luzerne de Provence) - non légumineuse (maïs)
- Inoculum : Aucun (0) - Inoculum concentré de la souche Sa 10 (I)
- Azote combiné : aucune application - 99 kg/ha.
- Amélioration du sol : Aucun traitement - fumure minérale (150 kg P_2O_5 /ha - plus 100 kg K_2O /ha et applications foliaires d'oligo-éléments B, MO , 5Co dans le cas de la légumineuse).

* U.N.E.S.C.O. C.R.U.E.S.I., Tunis

** O.R.S.T.O.M., 93 - Bondy

*** C.N.R.S., 54 - Vandoeuvre-lès-Nancy

**** I.N.R.A., laboratoire de microbiologie des sols, 21 - Dijon

(1) L'existence dans le sol de Ksar Gheriss de souches sauvages de Rhizobium du groupe d'inoculation croisée de la luzerne s'explique par le fait que ces sols hébergent divers Medicago spontanés, dont Medicago minima et Medicago lacognata.

Blocs : 8 blocs d'une surface de 234 m² chacun.

2.- Dispositifs complémentaires simples

Ils ont porté sur de la luzerne du Puits ; toutes les parcelles ont reçu une fumure P K. Le premier dispositif a porté sur la comparaison non inoculation/inoculation (12 blocs de 60 m² chacun) ; le deuxième a porté sur la comparaison : aucun apport d'oligo-éléments/apport d'oligo-éléments. Les plans adoptés sont dans les deux cas des blocs complets randomisés.

Ces deux essais complémentaires ne mettent en évidence aucun effet significatif en raison de la faible surface du dispositif eu égard à l'hétérogénéité du sol. Nous n'y reviendrons pas.

III.- CONDUITE DES ESSAIS ET DETERMINATIONS EFFECTUEES

1) Luzerne

Semis : le 24 mars 1968

Irrigations : par aspersion

3 coupes : 1 - 2 juillet 1968

21 août 1968

1er octobre 1968

2) Maïs

1ère culture : . semis le 21 mars 1968

. coupe le 2 juillet 1968

2ème culture : . semis le 5 juillet 1968

. coupe le 1er octobre 1968

Irrigations : comme pour la luzerne

3) Unités d'origine et unités transformées (kg/ha)

Après chaque coupe, on a pesé le fourrage récolté en vert, puis on a déterminé l'humidité et la teneur en azote.

Les rendements figurant sur les tableaux I à V sont exprimés en unités d'origine, c'est-à-dire en kg de matière verte par 4,5 m² et en g d'azote par 4,5 m².

Pour convertir ces données en kg/ha, il faut y appliquer un coefficient de 2 222 pour la matière verte et 2,222 pour l'azote.

4) Les nodules ont été comptés les 02.05.1968 (1er prélèvement) et 20.06.1968 (2ème prélèvement), soit 38 et 87 jours après le semis. Leur nombre est exprimé en unités par 20 plants, les plants ayant été prélevés sur des monolithes de 30 cm de profondeur, 50 cm de longueur et 20 cm de largeur (à noter que les racines dépassaient quelquefois 50 cm de long lors du 2ème prélèvement).

IV.- RESULTATS ET DISCUSSION

Les effets significatifs des traitements figurent aux tableaux I (luzerne) et V (maïs). Sur les tableaux II, III, IV, VI, on a fait figurer seulement les moyennes correspondant aux résultats significatifs.

1.- Traitement inoculation (I)

Il n'exerce pas d'effet principal significatif, ce qui s'explique par le fait que, sur la moitié des parcelles, on a fait une application d'azote. On verra au paragraphe 4 ci-dessous que l'inoculation exerce un effet favorable significatif en l'absence d'azote.

2.- Traitement fumure P K

a) Luzerne

La fumure P K exerce un effet favorable sur le rendement en matière verte et en azote de la luzerne. Cet effet favorable peut être dû :

- à un meilleur développement de la plante et notamment du système racinaire, d'où augmentation du nombre de sites d'infection, donc de nodules.
- à un effet direct sur la nodulation et/ou sur la fixation d'azote.
- à un apport d'oligo-éléments, cette dernière hypothèse n'étant pas confirmée par des essais menés parallèlement.

L'effet favorable de la fumure P K se manifeste aussi sur la nodulation (tableau III), ce qui pourrait faire espérer l'existence d'une interaction "Inoculation x Fumure P K", mais une telle interaction ne s'est pas manifestée (tableau I).

b) Maïs

Comme le montre le tableau VI, la fumure P K exerce une influence dépressive sur le maïs (rendement en matière verte et en azote) ; l'origine de cette influence réside peut-être dans un déséquilibre de la nutrition minérale du maïs.

3.- Traitement fumure azotée (N)

a) Luzerne

Seul est libre de toute interaction, l'effet de la fumure sur le nombre de gros nodules. Cet effet, qui est dépressif (tableau II), pourrait s'expliquer soit par une grande sensibilité à l'azote de la souche Sa 10, soit par le fait que, localisée à l'horizon supérieur du sol, la souche Sa 10 est exposée à une concentration d'azote élevée, alors que les souches natives, réparties dans tout le profil, ne sont pas gênées par des concentrations aussi fortes.

b) Maïs

Le maïs réagit bien à la fumure azotée puisque son rendement en matière verte ou en azote double lors de cet apport (tableau VI). Toutefois, le rendement de l'engrais est à peine de 50 %, puisque on a apporté 99 kg/ha d'azote et les exportations supplémentaires dues à cette fumure ont été de 46 kg/ha.

4.- Interaction "Inoculation x Fumure azotée" (IN)

L'examen du tableau IV révèle qu'en l'absence d'azote, l'inoculation avec la souche de Rhizobium Sa 10 accroît le rendement en matière verte et en azote. Mais cet accroissement est seulement de l'ordre de 10 %. La discrétion de l'effet de l'inoculation pourrait s'expliquer par le fait que les souches sauvages présentent une certaine efficacité et qu'elles sont douées d'une aptitude compétitive plus élevée que la souche introduite (Sa 10).

V.- CONCLUSION

La comparaison des exportations d'azote par la luzerne et le maïs (tableaux VII et VIII) montre que les Rhizobium sauvages ont fixé :

$$84,55 - 70,42 = 14,13 \text{ kg N/ha}$$

et que l'inoculation avec le Rhizobium Sa 10 a accru cette fixation de :

$$90,98 - 84,55 = 6,43 \text{ kg N/ha}$$

en 7 mois.

La fixation biologique de l'azote dans le sol considéré est donc de l'ordre de 20 kg/ha. Même si l'on tient compte du rendement de l'engrais azoté dans ces sols, qui est de l'ordre de 50 % (cf. supra), la fixation d'azote par les Rhizobium de la luzerne ne dépasserait pas 50 kg/ha. Cette fixation est faible à côté de celle que l'on obtient dans des conditions normales, où elle atteint 200 et même 300 kg/ha.

Il semble que deux groupes de facteurs limitent la fixation dans le sierozem tunisien considéré :

1.- Facteur microbien

Le rendement de fixation des souches sauvages est moyen à modeste. Comme ces souches sont douées d'une grande aptitude compétitive, il est difficile d'introduire des souches à rendement de fixation élevé, à moins que ces souches soient elles-mêmes hautement compétitives.

2.- Facteurs édaphiques

Les propriétés chimiques du sol sont défectueuses. Si l'expérimentation a pu mettre en évidence un niveau insuffisant de P et K, il est vraisemblable que d'autres éléments sont également déficients. La teneur en matière organique très basse de ces sols, pourrait aussi être responsable des rendements faibles et, peut-être, d'un mauvais développement du Rhizobium introduit.

REMERCIEMENTS :

Nous tenons à remercier ici vivement, Mmes ANDRE et SCHWARTZ, qui ont conduit tous les calculs numériques de l'analyse statistique des résultats de nos essais.

TABLEAU I : RECAPITULATION DES EFFETS SIGNIFICATIFS SUR LA LUZERNE

TRAITEMENTS	N O D U L E S				Rendement en Matière verte			Rendement en Azote		
	Nombre total		Nombre de gros nodules		1ère coupe	2ème coupe	3ème coupe	1ère coupe	2ème coupe	3ème coupe
	Premier prélèvement	Deuxième prélèvement	Premier prélèvement	Deuxième prélèvement						
Inoculation (I)										
Fumure (PK)	*		**		**			*		
Interaction (IPK)										
Fumure azotée (N)				**						
Interaction (IN)			*		*	**	**	**	**	**
Interaction (PKN)										
Moyenne générale dans les unités d'origine (1)	181,24	169,80	25,77	78,66	1,07	2,35	2,59	12,47	13,73	14,66
Moyenne générale (résultats en kg/ha)					2 378	5 222	5 755	27,71	30,51	32,58

(1) Nombre de nodules par 20 plants ; matière verte en kg/4,5 m² ; azote en g/4,5 m²

* Seuil de signification 0,05

** Seuil de signification 0,01

TABLEAU II : MOYENNES CORRESPONDANT A L'EFFET SIGNIFICATIF DE LA FUMURE AZOTEE (LUZERNE)

Nombre de gros nodules (deuxième prélèvement)

Fumure azotée	
O	N
79,867	36,691

N.B. Le nombre de nodules est exprimé en unités par 20 plants.

TABLEAU III : MOYENNES CORRESPONDANT AUX EFFETS SIGNIFICATIFS
DE LA FUMURE P K (LUZERNE)

1° - Nombre de nodules (premier prélèvement)

<u>Nombre total</u>	
Fumure P K	
0	P K
120,664	148,017

<u>Nombre de gros nodules</u>	
Fumure P K	
0	P K
21,168	34,787

2° - Rendement en matière verte (première coupe)

Fumure P K	
0	P K
0,999	1,148

3° - Rendement en azote (première coupe)

Fumure P K	
0	P K
11,698	13,237

N.B. Le nombre de nodules est exprimé en unités par 20 plants, le rendement en matière verte en kg/4,5 m², le rendement en azote en g/4,5 m².

TABLEAU IV : MOYENNES CORRESPONDANT AUX INTERACTIONS SIGNIFICATIVES
 "Inoculation x Fumure azotée" (IN) (LUZERNE)

1° - Nombre de gros nodules (premier prélèvement)

		Fumure azotée	
		0	N
Inoculation	0	22,675	31,634
	I	34,519	22,889

2° - Rendement en matière verte

		1 ^{ème} coupe		2 ^{ème} coupe		3 ^{ème} coupe	
		Fumure azotée		Fumure azotée		Fumure azotée	
		0	N	0	N	0	N
Inoculation	0	0,994	1,128	1,484	1,685	1,520	1,647
	I	1,086	1,087	1,605	1,553	1,690	1,626

3° - Rendement en azote

		1 ^{ème} coupe		2 ^{ème} coupe		3 ^{ème} coupe	
		Fumure azotée		Fumure azotée		Fumure azotée	
		0	N	0	N	0	N
Inoculation	0	11,159	13,435	13,061	14,842	13,83	15,48
	I	12,493	12,784	13,576	13,461	14,87	14,49

N.B. Mêmes observations qu'au tableau III.

TABLEAU V : RECAPITULATION DES EFFETS SIGNIFICATIFS SUR LE MAIS (1)

Traitements	Rendement en Matière verte		Rendement en azote	
	1ère coupe	2ème coupe	1ère coupe	2ème coupe
Fumure (PK)		*		*
Fumure azotée		**		**
Interaction PKN				
Moyenne générale dans les unités d'origine	5,56	5,52	16,37	25,67
Moyenne générale en kg/ha	12 356	12 267	36,38	57,04

(1) Mêmes remarques qu'au tableau I.

TABLEAU VI : MOYENNES CORRESPONDANT AUX EFFETS SIGNIFICATIFS
DES FUMURES P K et N (MAIS)

1° - Rendement en matière verte (2ème coupe)

Fumure P K		Fumure azotée	
0	PK	0	N
5,850	5,194	3,606	7,437

2° - Rendement en azote (2ème coupe)

Fumure P K		Fumure azotée	
0	PK	0	N
27,363	23,984	15,316	36,03

N.B. : Mêmes observations qu'au tableau III.

TARLEAU VII : EXPORTATION D'AZOTE PAR LA LUZERNE ET
LE MAIS AVEC ET SANS FUMURE AZOTEE (kg/ha)

		Pas d'azote	Fumure azotée
LUZERNE	1ère coupe	27,71	27,71
	2ème coupe	30,51	30,51
	3ème coupe	32,58	32,58
	TOTAL	90,80	90,80
MAIS	1ère coupe	36,38	36,38
	2ème coupe	34,04	80,07
	TOTAL	70,42	116,45

TABLEAU VIII : EXPORTATION D'AZOTE PAR LA LUZERNE
NON INOCULEE ET INOCULEE (kg/ha.)

		Pas d'inoculation	Inoculation (souche Sa 10)
LUZERNE	1ère coupe	24,80	27,76
	2ème coupe	29,02	30,18
	3ème coupe	30,73	33,04
	TOTAL	84,55	90,98

Figure 1 : Exemple de bloc expérimental utilisé dans l'essai

Entourées d'un trait fort, les parcelles ayant reçu la
fumure P K.

Entourées d'un trait moyen, les parcelles utiles.

I : lignes de luzerne inoculée.

N₀ : Bande témoin sans azote.

N₃ : Bande dans laquelle on a fait une application de 99 kg N/ha.