

MICROBIOLOGIE DU SOL. — *Influence de l'engorgement sur la fixation microbienne de l'azote moléculaire dans la rhizosphère d'un maïs*. Note (*) de M^{me} Theresa Hauke-Pacwiczowa, MM. Jacques Balandreau et Yvon Dommergues, présentée par M. André-Romain Prévot.

Dans la rhizosphère d'un maïs cultivé dans un sol salin, la fixation d'azote moléculaire, qui est mesurée par la méthode de réduction de l'acétylène en éthylène, apparaît seulement lorsque le sol est engorgé. Les micro-organismes responsables appartiennent essentiellement au genre *Clostridium* ; leur densité peut atteindre 10^9 unités/g de sol rhizosphérique.

La rhizosphère des plantes cultivées dans certains sols salins ou apparentés du Nord de l'Afrique héberge souvent des micropopulations assez denses (10^5 à 10^6) de bactéries fixatrices d'azote moléculaire [(⁷), (¹³)]. Mais on ignore si ces micro-organismes, qui sont bien connus pour fixer l'azote *in vitro* en présence de substrats énergétiques tels que le glucose ou la mannite, sont également capables de fixer l'azote dans le sol rhizosphérique, c'est-à-dire en présence des seuls substrats énergétiques exsudés par les racines. Le but de notre Note est de vérifier si cette fixation est possible et, éventuellement, de préciser les conditions dans lesquelles elle apparaît.

I. MATÉRIEL EXPÉRIMENTAL ET MÉTHODES. — Les expériences ont été conduites avec le maïs I. N. R. A. 420 cultivé dans le sol salin de Nakta (Tunisie) décrit par ailleurs (⁷). L'intensité fixatrice d'azote moléculaire par voie microbienne a été mesurée par la méthode de réduction de l'acétylène en éthylène [(¹¹), (¹²)], adaptée au sol (²). Pour la numération des *Azotobacter*, on a adopté un milieu gélosé à la mannite (¹⁰), pour celle des *Clostridium* fixateurs d'azote, un milieu liquide au glucose et à l'extrait de levure (⁵).

Le dispositif expérimental comprenait 4 lots de sol soumis aux traitements suivants :

Traitement 11 : Sol non ensemencé en maïs, maintenu à la capacité au champ (sol non rhizosphérique non engorgé) ;

Traitement 12 : Sol non ensemencé en maïs, submergé 15 jours après la mise en route de l'expérience (sol non rhizosphérique engorgé) ;

Traitement 21 : Sol ensemencé en maïs, maintenu à la capacité au champ (sol rhizosphérique non engorgé) ;

Traitement 22 : Sol ensemencé en maïs, submergé 15 jours après la mise en route de l'expérience (sol rhizosphérique engorgé).

Par sol rhizosphérique, nous entendons le sol adhérant fermement aux racines : il s'agit de la rhizosphère proche. Pour la mesure de la fixation d'azote, on n'a pas détaché le sol rhizosphérique des racines : l'incubation sous acétylène a donc porté sur l'ensemble « racines + sol adhérant aux racines ». Cette façon de procéder ne présente aucun inconvénient, puisque l'on sait que les racines stériles sont, par elles-mêmes, incapables de fixer l'azote moléculaire (⁹). Pour les détails expérimentaux, on

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

Collection de Références

n° 3931 = 13931

se reportera à une Note publiée par ailleurs ⁽⁹⁾ ; signalons seulement ici que l'incubation sous acétylène a toujours été effectuée sans aucune adjonction au sol de substrat énergétique exogène.

II. RÉSULTATS. — L'analyse statistique des résultats figurant au tableau met clairement en évidence l'existence d'une interaction significative « effet rhizosphère × engorgement » en ce qui concerne la fixation d'azote (réduction de l'acétylène en éthylène) et la densité des *Clostridium* fixateurs d'azote. La quantité d'éthylène formé passe de 0 dans le sol non rhizosphérique non engorgé (traitement 11) à $4,61 \times 10^{-9}$ M/h/g de sol dans le sol rhizosphérique engorgé (traitement 22) ; les densités correspondantes de *Clostridium* sont respectivement de 10^4 et 10^9 unités/g de sol.

TABLEAU

Influence de l'engorgement sur la réduction de l'acétylène en éthylène, la densité des Clostridium fixateurs d'azote, la teneur du sol en azote et le pH, dans le sol non rhizosphérique et dans le sol de la rhizosphère proche

		$\times 10^{-9}$ M éthylène/h/g de sol sec	Densité des <i>Clostridium</i> fixateurs en unités/g de sol sec (\log_{10})	Teneur du sol en azote total (10^{-3} N)	pH
Sol non en- gorgé (capaci- té au champ)	Sol non rhizosphérique (traitement 11)	0	4,26	0,340	8,2
	Sol rhizosphérique pro- che (traitement 21)	0,12	6,27	0,322	8,1
Sol engorgé (submersion)	Sol non rhizosphérique (traitement 12)	0	4,72	0,341	8,2
	Sol rhizosphérique pro- che (traitement 22)	4,61	8,95	0,488	7,7

N. B. : Pour la 1^{re} colonne, dans le cas du sol rhizosphérique, les mesures ont porté sur 10 échantillons de sol ; dans le cas du sol non rhizosphérique, les mesures ont porté sur 5 échantillons. Tous les nombres figurant dans la 2^e colonne sont la moyenne des numérations effectuées sur 4 échantillons de sol. Les dosages d'azote et la mesure du pH ont été faits sur un ou deux échantillons seulement.

Si l'on compare la densité des *Clostridium* et la quantité d'éthylène formé, on constate que la fixation d'azote ne devient effective que lorsque la densité de la micro-population de *Clostridium* dépasse un seuil qui est de l'ordre de 10^6 .

On observe d'autre part que la teneur en azote total passe de $0,340 \times 10^{-3}$ pour le traitement 11, à $0,488 \times 10^{-3}$ pour le traitement 22. Ce dernier résultat n'est pas fondé sur un nombre suffisant d'échantillons pour en tirer des conclusions définitives ; mais il confirme le résultat obtenu par la méthode de réduction de l'acétylène en éthylène.

Sur le tableau, nous n'avons pas fait figurer les densités d'*Azotobacter* en raison de leur grande variabilité. Indiquons seulement que ces densités passent de 10^2 pour le traitement 11, à 10^3 et 10^5 pour le traitement 22. Des densités de cet ordre ont d'ailleurs été signalées fréquemment dans les sols salins ou apparentés, dans diverses

régions du Nord de l'Afrique [(1), (4), (7), (13)]. Mais ces densités sont relativement faibles à côté de celles des *Clostridium*. On pourrait donc penser que les *Azotobacter* jouent un rôle effacé dans la rhizosphère ; il ne faut, toutefois, pas écarter complètement toute possibilité d'intervention des *Azotobacter*, car leur *densité réelle* est vraisemblablement plus élevée que leur *densité mesurée*, en raison de l'imperfection des méthodes de numération dont nous disposons.

L'acidification de la rhizosphère serait due à l'accumulation d'acides organiques produits par les *Clostridium*.

III. CONCLUSION. — Dans le sol salin de Nakta (qui est un sol bien représentatif des sols salins tunisiens et même Nord africains), l'azote moléculaire peut être fixé activement par voie microbienne ; mais la fixation est strictement localisée à la rhizosphère proche, et elle se manifeste uniquement lorsque le sol est engorgé. On sait que l'anaérobiose qui, dans le sol est souvent en grande partie induite par l'engorgement, est un facteur favorable à la fixation microbienne d'azote [(3), (8)] ; dans les conditions expérimentales adoptées ici, l'anaérobiose n'est pas seulement favorable : elle est indispensable à la manifestation du processus de fixation. Quant à la densité minimale de *Clostridium* correspondant à une fixation significative d'azote, elle se situe aux alentours de 10^6 , soit à un niveau beaucoup plus élevé que le niveau habituellement admis.

L'importance, en microbiologie du sol, de la notion d'interaction, évoquée récemment par l'un de nous (6), est soulignée par la présente étude.

(*) Séance du 8 septembre 1969.

(1) Y. ABD-EL-MALEK et Y. Z. ISHAC, *8th Intern. Congress for Microbiol.*, Montreal, 1962, p. 57.

(2) J. BALANDREAU (en préparation).

(3) N. J. BARROW et D. S. JENKINSON, *Plant and Soil*, 16, 1962, p. 258-262.

(4) I. BRYSSINE, *Al Awamia*, 11, 1964, p. 89-110.

(5) Y. DOMMARGUES et G. VILLEMIN, *Rev. Ecol. Biol. Sol*, 1969 (en préparation).

(6) Y. DOMMARGUES, V. JACQ et G. BECK, *Comptes rendus*, 268, Série D, 1969, p. 605-608.

(7) Y. DOMMARGUES, R. COMBREMONT, G. BECK et C. OLLAT, *Rev. Ecol. Biol. Sol*, 6, 1969, p. 115-129

(8) R. KNOWLES, *Soil Sc. Soc. Amer., Proc.*, 29, 1965, p. 223.

(9) T. HAUKE-PACEWICZOWA, J. BALANDREAU et Y. DOMMARGUES, *Soil Biol. and Biochem.* (en préparation).

(10) J. POCHON et P. TARDIEUX, *Techniques d'analyse en microbiologie du sol*, Ed. de la Tourelle, Saint-Mandé, 1962.

(11) W. D. P. STEWART, G. P. FITZGERALD et R. H. BURRIS, *Proc. Nat. Acad. Sc., U. S. A.*, 1967, p. 2071-2078.

(12) W. D. P. STEWART, G. P. FITZGERALD et R. H. BURRIS, *Archiv. für Mikrobiologie*, 62, 1968, p. 336-348.

(13) V. VANCURA, Y. ABD-EL-MALEK et M. N. YAZED, *Folia Microbiologica*, 10, 1965, p. 224-229.

(Centre de Pédologie biologique du C. N. R. S.,
B. P. n° 5, 54-Vandœuvre-lès-Nancy, Meurthe-et-Moselle.)