

# REVUE DE L'UNIVERSITE DE CONSTANTINE

N°2 - 1991

## Sciences et Technologie



P.A.O Info- Service  
3, bis Rue Kouicem S.M.K Constantine

Imp A.GUERFI  
Z.I Bp 61 Cité Kechida Batna

# REVUE DE L' UNIVERSITÉ DE CONSTANTINE

SCIENCES ET TECHNOLOGIE

N° 2, JUIN 1991



DIRECTEUR DE LA REVUE :

- N. TABET

DIRECTEUR DE LA PUBLICATION :

- L. BAH

RÉDACTEUR EN CHEF :

- A. BENAKHLA

SECRETARIAT :

- G. AOUAM
- F. KHEIRI

COMITÉ DE REDACTION :

- A. DJEKOUN
- A. MEKROUD
- A. BENSOUYAD
- N. BELALOU
- M. BENSARI

ADRESSE :

- Université de Constantine  
Tour administrative  
1er étage - Service des publications  
et des activités scientifiques  
Tél. (04) 68 - 57 - 74

## SOMMAIRE

- Influence des facteurs d'environnement sur la production laitière - Cas de la Belgique. (N. Kafidi, P. Leroy, C. Michaux, A. François).....01
- La pathologie respiratoire des bovins en Belgique : Etude comparative sur un intervalle de dix ans. (F. Z. Meniaï - Belayat, K. Meniaï, A. Dewaele) ..... 07
- Conduite d'une prophylaxie des hypodermes des bovins. - Modalités pratiques - (A. Benakhla, C. Sedraoui).....13
- Recherche de la résistance des strongles gastro-intestinaux au thiabendazole chez les ovins dans la région de Constantine. - Application du test d'éclosion des oeufs - (B. Bentounsi, A. Benchaoui).....19
- Contribution à la chimiothérapie des certodoses larvaires par l'albendazole. Modèle expérimental choisi : "La cysticercose hétopéritonéale du lapin". (M. C. Benchikh-Elefgoun).....25
- Effets des glucocorticoïdes sur les processus biologiques. (D. E. Kraouchi, F. Kraouchi).....28
- Caractéristiques de la nodulation et fixation symbiotique de l'azote chez le soja (Glycine max. L. Merrill) : Effet du déficit hydrique. (A. Djekoun, C. Planchon).....32
- Mise en évidence d'un métabolite secondaire (substance A) produit par le champignon pathogène *Cyloconium oleaginum* dans les feuilles d'olivier. (A. Guechi, E. Lukasova, L. Girre).....39

## RECOMMANDATION POUR LES AUTEURS

Les articles ne doivent pas dépasser 12 pages dactylographiées. Les articles plus longs seront publiés en fractions dans des numéros successifs, chaque fraction étant déterminée par les auteurs.

A chaque fois, il faut présenter un titre, une conclusion et un résumé. La mention "à suivre" n'est pas autorisée. Le texte doit être dactylographié sur papier format 21x29,7 (A4) en double interligne.

### BIBLIOGRAPHIE

Les références bibliographiques doivent être citées dans le texte et ne comporter que le numéro de l'index. Ex. (5). Si le nom de l'auteur apparaît, dans la phrase, il doit être suivi par le numéro de l'index. Ex. "C'est la technique de Mohamed (11) qui est généralement préconisée"; "En 1958, Moussi (14) fut le premier...". Lorsque la référence comporte plus de 3 auteurs, seul le premier est cité, suivi de "et col".

Pour les articles le(s) nom(s) de(s) auteur(s) suivi des initiales du (des) prénom(s), le titre de l'article : le titre du périodique (en se conformant aux abréviations admises). L'année de publication, le tome (souligné d'un trait); le numéro du périodique et la première et la dernière page.

Ex. [MOHAMEDI A. PNEUMONIE VERMINEUSE A MULLERIUES CAPILORIS Ann. Med. Vét.. 1981, 5, 125, 177-189.]

### ICONOGRAPHIE

Les tableaux, dessins, graphiques, cartes, photographies doivent être fournis à part. Les tableaux doivent être simples, dactylographiés, en double interligne et leur format ne doit pas excéder 21x27. Disposer, en dessus, la mention "tableau" affectée d'un numéro, en chiffre romain et, sous cette mention le titre. Encadrement et présentation sont laissés à l'appréciation du comité de rédaction.

Pour les photographies, fournir des épreuves couleur ou noir et blanc bien contrastées, sur papier blanc.

Toutes les illustrations (figures) autres que les tableaux devront comporter, au dos, le nom de l'auteur et le numéro, marqués au crayon ou au stylo doux. Les légendes doivent être dactylographiées sur une même feuille et porter le numéro des figures correspondantes.

### POUR LES OUVRAGES

Les noms d'auteurs, avec les initiales de leurs prénoms; le titre complet de l'ouvrage, le volume, la première page du paragraphe se rapportant aux résultats discutés et, si on a cité l'ouvrage en entier, le nombre de volume et le nombre de pages; le numéro de l'édition s'il y en a plusieurs; le nom et l'adresse de l'éditeur, l'année de l'édition.

# CARACTERISTIQUES DE LA NODULATION ET FIXATION SYMBIOTIQUE DE L'AZOTE CHEZ LE SOJA (*Glycine max. L. Merrill*) : EFFET DU DEFICIT HYDRIQUE.

A. DJEKOUN<sup>1</sup> et C. PLANCHON<sup>2</sup>

ملخص :

عند فول الصويا (*Glycine max. L. Merrill*) الملقحة مع السلالة "*Bradyrhizobium Japonicum*" إن قياس تثبيت الأزوت على العقد الجذرية المفصولة والموضوعة في شروط مائية ملائمة والمرتبة بدلالة قطرها تبين بأن هذا النشاط مرتفع عند العقد الكبيرة (3,5 - 5,0 ملم) مقارنة مع العقد الصغيرة (1,0 - 2,0 ملم)، أما فقدان الماء للعقد الكبيرة ضعيف جدا عندما تكون خاضعة لعنوة مائية أي معرضة للهواء الطلق. تحليل خصائص نمو العقد الجذرية (العدد، الوزن الصاف، والحجم العقدي) عند أربعة تراكيب وراثية للصويا : *Hodgson*, *Jiling 14* و *Kingsoy, Kai-Yu 3* يبين نشاط عالي لتثبيت النيتروجين عند الأنواع ذات الجهاز العقدي المكونة بأغلبية من العقد الكبيرة (*Kingsoy, Kai-Yu*) كذلك هذا النشاط يرتبط بعلاقة كبيرة مع الحجم العقدي أكثر مع العدد أو الكتلة العقدية. إذا القامة العقدية يمكن إستعمالها كميزة لإنتخاب الصويا ذات أحسن فعالية لنشاط تثبيت النيتروجين.

المصطلحات الأساسية : نبات الصويا ، نمو العقد الجذرية ، تثبيت الأزوت ، عوز مائي

## Résumé :

Chez le Soja (*Glycine max. L. Merrill*) inoculé avec une souche de *Bradyrhizobium japonicum*, la mesure de la fixation de l'azote, sur nodules détachés, maintenus en conditions hydriques favorables et classés en fonction de leur diamètre, montre que celle-ci est très élevée chez les gros nodules (3,5 à 5,0 mm), comparativement aux petits nodules (1,0 à 2,0 mm). Les pertes en eau des gros nodules sont très faibles lorsqu'ils sont soumis à une contrainte hydrique (exposés à l'air libre). L'analyse des caractéristiques de la nodulation (nombre; poids sec et volume nodulaire) chez quatre génotypes de soja : *Kai-Yu3*; *Kingsoy*; *Hodgson* et *Jiling 14*, indique une forte activité nitrogénasique chez les variétés présentant une nodulation formée en majorité de gros nodules (*Kai-Yu3* et *Kingsoy*). Cette activité est fortement corrélée avec le volume nodulaire qu'avec le nombre ou la masse nodulaire. Ainsi le critère de la taille des nodules pourrait être utilisé comme paramètre de sélection du soja pour une meilleure efficacité de l'activité de fixation de l'azote.

Mots Clefs : Soja, nodulation, fixation de l'azote., déficit hydrique.

## INTRODUCTION

Chez le soja, la capacité des génotypes à fixer l'azote en fonction d'une souche de *Bradyrhizobium japonicum* a été mise en évidence (5), (6), (16).

De plus l'aptitude des génotypes à fixer l'azote a été étudiée à l'intérieur d'un même groupe de maturité ou entre groupe de maturité différente (11), (3), (14). Ces

travaux mettent souvent l'accent sur l'étroite relation qui existe entre la fixation de l'azote, le poids frais, le poids sec nodulaire ou nombre de nodules. Ce type de relation reste cependant très dépendant de l'âge de la plante. Par contre très peu de travaux ont été consacrés à l'étude des relations entre la taille des nodules et la capacité de la fixation symbiotique de l'azote chez les différentes espèces de légumineuses ou génotypes de soja. De même l'effet de la sécheresse sur l'activité de la fixation de l'azote a été analysé par *APERICO-TEPO* et al (1980); *ABDELGHAFAR* et al (1981); *SHUMSUN-NOOR* et al (1989) au niveau inter et intra spécifiques pour différentes légumineuses, sans être relié aux caractéristiques de la nodulation. Dans le même sens, nous avons essayé :

1 Laboratoire d'Ecophysiologie végétale, I.S.N. Université de Constantine

2 Laboratoire d'amélioration des plantes, Ecole Nationale Supérieure Agronomique, Toulouse.

i) de déterminer en fonction de la taille des nodules détachés du système racinaire, leur capacité à fixer l'azote de l'air en conditions hydriques limitantes ou non et leur vitesse de dessèchement lorsqu'ils sont exposés à l'air libre ;

ii) d'analyser, sur quatre génotypes de soja, les caractéristiques de leur nodulation (nombre, diamètre, volume et masse nodulaire) et les relations entre ces paramètres et l'aptitude à fixer l'azote en conditions hydriques favorables ou non. Les liens avec la photosynthèse nette de la plante entière sont parallèlement étudiés.

## MATERIEL ET METHODES

### Conditions de culture

Les graines de soja sont inoculées avec une préparation commerciale de *Bradyrhizobium japonicum* (souche G 49). Après germination sur vermiculite, les plantules sont repiquées dans des pots en plastique (14 cm de diamètre et 18 cm de profondeur) contenant un mélange de sable-terre-terreau dans les proportions : 1-1-1. La culture est conduite sous serre en conditions contrôlées : Température de l'air 20 à 25 °C le jour et 15 à 18 °C la nuit ; humidité de l'air de 60 % ; éclairage de 700  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  (PAR) avec une photopériode de 14 heures. L'irrigation des plantes est effectuée régulièrement à la capacité au champ.

### Matériel végétal

Deux séries de plantes ont été réalisées. La première série concerne la variété Hodgson, soit 50 pots : après 40 jours (stade floraison : R<sub>2</sub> selon l'échelle de FEHR et CAVINESS, 1977), les plantes sont dépotées de façon à ne pas perdre les nodules. Ceux-là sont détachés du système racinaire et aussitôt sont placés dans une boîte de Petri, le fond recouvert de papier Watmann imbibé d'eau. Le dépotage des plantes est réalisé après six heures d'éclairage, assurant aux nodules une meilleure disponibilité en photosynthétats. Trois catégories de nodules sont définies en fonction du diamètre :

- 1ère catégorie : petits nodules ( $1,0 \leq \phi \leq 2,0$  mm)
- 2ème catégorie : nodules moyens ( $2,5 \leq \phi \leq 3,0$  mm)
- 3ème catégorie : gros nodules ( $3,5 \leq \phi \leq 5,0$  mm).

Sur trois répétitions de 0,30 g de poids frais nodulaire par catégorie définie, les mesures de la fixation de l'azote, la teneur en eau et le poids sec nodulaire ont été effectuées. En outre sur chacune de ces trois catégories nodulaires, la vitesse de dessèchement des nodules en fonction du temps d'exposition à l'air libre après 1; 2; 3 et 4 heures d'exposition a été déterminée sur trois répétitions de 20 nodules, sous conditions de température égale à 20 °C et d'humidité relative de l'air de 40 à 50 %. Les nodules sont placés dans des boîtes de Pétri, le fond recouvert de papier Watmann. La perte d'eau est

appréciée par simple pesée (Balance Sartorius 1/10 000 g). L'eau perdue par nodule est rapportée au poids sec nodulaire après leur passage à l'étuve à 70 °C pendant 48 heures, en fin d'expérience. Les témoins (trois répétitions/catégorie) sont placés sur papier Watmann imbibé d'eau.

La deuxième série de plantes, concerne quatre variétés de soja, d'origine et de groupe de maturité différentes (Kai-Yu 3 ; Kingsoy ; Hodgson et Jiling 14). Au stade floraison, les plantes sont soumises à un déficit hydrique de sept jours à l'exception des témoins (14 plantes par variété soit 7 plantes stressées et 7 témoins). La photosynthèse nette de la plante entière et la fixation de l'azote sont mesurées. Après ces deux opérations, les plantes sont dépotées et le nombre, le volume total ( $\text{mm}^3$ ), la teneur en eau (exprimée en % du poids sec) et le poids sec nodulaire sont déterminés. Le volume des nodules par plante est calculé en multipliant le nombre de nodules appartenant à chacune des trois catégories par le volume d'un nodule dont le diamètre par classe de nodules est estimé à 1,5 ; 3,0 et 4,0 mm

La photosynthèse de la plante entière est mesurée en circuit fermé dans une enceinte transparente (alutglass). La diminution du taux de CO<sub>2</sub> dans la chambre est déterminée par un analyseur de CO<sub>2</sub> à rayon infra-rouge (DEFOR-MAIĤAK) sous température de 25°C et un éclairage de 600  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  assuré par trois lampes HPLR de 400 W Philips. La fixation symbiotique de l'azote est mesurée in-situ par la méthode de réduction de l'acétylène (ARA). L'acétylène est injecté au niveau du système racinaire par une seringue hypodermique de 50 ml, après que le pot soit hermétiquement fermé (le volume injecté d'acétylène correspond à 10 % de la porosité du mélange de substrat utilisé). L'éthylène produit est analysé après une heure d'incubation (17). La mesure de la fixation de l'azote (ARA) sur nodules détachés est réalisée dans des pilluliers de 100 ml. Le fond recouvert de papier Watmann (imbibé d'eau pour les témoins). Le temps d'incubation dans une atmosphère contenant 10 % d'acétylène est de 30 minutes.

## RESULTATS ET DISCUSSIONS

### Capacité de fixation de l'azote des nodules excisés en fonction de la taille des nodules (diamètre nodulaire)

En conditions hydriques non limitantes, pour un même poids frais nodulaire égal à 0,30 g (Tableau 1), le nombre de nodules par catégorie varie selon un rapport de 1 à 4, le poids sec nodulaire reste identique pour un même poids frais. Ainsi la teneur en eau (% du poids sec) est la même quelle que soit la taille des nodules, alors que le contenu en eau exprimé en g/nodule est très important chez les nodules de la troisième catégorie. La teneur en eau du nodule exprimée en % du poids sec apparaît indépendante de la grosseur du nodule. Chez les gros nodules, l'activité de la nitrogénase par nodule est 5 et 10 fois supérieure

Tableau n°1 : Capacité de la fixation de l'azote (ARA) pour un même poids frais nodulaire en fonction de la taille des nodules (diamètre des nodules en mm)

Diamètre nodulaire (mm)	Poids frais (g)	Nombre de nodule (1)	Poids sec (g) (2)	Poids en eau nodule (g) (2)	ARA ( $\mu\text{mol C}_2\text{H}_4 \text{ h}^{-1}$ ) (2)	ARA ( $\mu\text{mol C}_2\text{H}_4 \text{ h}^{-1} \cdot \text{nod}^{-1}$ ) (2)	*ARAs ( $\mu\text{mol C}_2\text{H}_4 \text{ h}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ de nod. sec (2)
1.0 - 2.0	0.30	40 - 45	0.0536	0.006	0.171	0.0038	2.76
2.5 - 3.5	0.30	20 - 22	0.0533	0.010	0.352	0.0168	6.23
3.5 - 5.0	0.30	10 - 12	0.049	0.026	0.520	0.0520	8.92

(1) pour un même poids frais de nodule (0,30g)

(2) Moyenne de 3 répétitions

à celle des nodules des deux autres catégories (Tableau 1). Ces résultats mettent en évidence l'existence de relation entre l'ARA et la taille du nodule qui dépasse la simple relation masse-activité. En effet, l'activité spécifique de la nitrogénase (ARA par unité de masse nodulaire) est fortement corrélée avec la taille des nodules ( $r = 0.92^{**}$ ). Dans notre cas, le poids en eau par nodule traduit non seulement la taille du nodule, mais également l'efficacité de l'activité de l'azote.

En conditions hydriques limitantes, les nodules détachés et exposés à l'air libre (Fig. 1) perdent leur eau de façon linéaire, la réduction de leur teneur en eau (exprimée en % du témoin) est très rapide chez les nodules de la première catégorie ( $1,0 \leq \phi \leq 2 \text{ mm}$ ). Après quatre heures d'exposition à l'air libre, le taux de réduction est de 85, 60 et 50 % respectivement pour ces trois types de nodules. Pour une exposition, de deux heures (Fig. 2), l'inhibition de l'ARA et la diminution de la teneur en eau des nodules sont considérables pour les petits nodules. L'inhibition de l'ARA est de 70 % pour ce dernier type de nodules contre 30 % seulement pour les gros nodules. Ces résultats sont probablement liés à l'étroite relation existant entre la fixation symbiotique et la teneur en eau

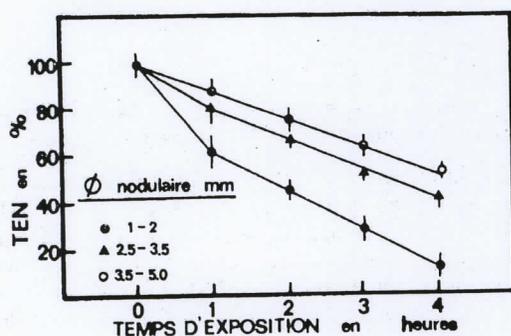


Fig.1 Vitesse de dessèchement des nodules (exprimée par la teneur en eau des nodules TEN) en fonction du temps d'exposition à l'air libre. (valeurs exprimées en % du témoin  $\pm$  écart type)

des nodules (9), (20). Les travaux de SPRENT (1976) et DURAND et al (1987), sur la cinétique de la perte d'eau des nodules détachés à l'air libre, montrent que ceux-ci présentent une diminution de leur diamètre, de leur potentiel hydrique, lié à la perte d'eau et l'augmentation de la résistance à la diffusion des gaz par diminution de la porosité.

Sur la base de ces données, les gros nodules constituent une véritable réserve d'eau et seraient moins affectés par le manque d'eau, leur parenchyme cortical étant de plus épais et rigide empêche la perte de leur contenu en eau lorsque le sol se dessèche. En outre, la taille des cellules de ce parenchyme est très importante par rapport à celles des nodules de faible taille (19). Toutefois, chez ce type de nodules, l'eau semble très retenue par les grosses molécules (sucres solubles et uréides).

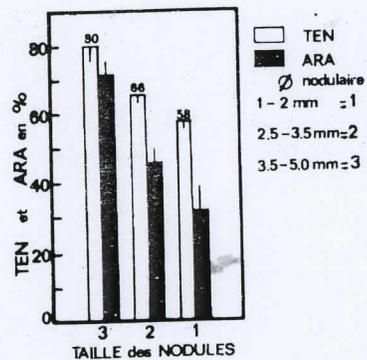


Fig.2. Valeurs de l'ARA et de la teneur en eau des nodules (TEN) selon leur taille après deux heures d'exposition à l'air libre. (valeur exprimée en % du témoin  $\pm$  écart type)

Caractéristiques de la nodulation et fixation de l'azote atmosphérique chez différents génotypes

L'analyse, des caractères de la nodulation (Tableau. 2) pour quatre génotypes de soja, indique l'évidence de différences significatives concernant le nombre de nodules par génotype étudié. Le nombre moyen de

nodules est de 39 pour la variété Jiling 14 et 24 nodules pour Hodgson. Kingsoy et Kai-Yu 3 sont en position intermédiaire avec 28 et 32 nodules par plante. Le poids sec nodulaire est identique pour ces cultivars à l'exception de Kai-Yu 3 dont le poids sec des nodules est plus élevé. Parmi ces caractères de la nodulation, le volume total des nodules est aussi plus important chez Kai-Yu 3. Comparativement à Jiling 14, Kingsoy et Kai-Yu 3 seraient des génotypes qui nodulent moins et présentent de gros nodules. Une faible nodulation peut être compensée par une taille nodulaire importante (valeur du volume moyen nodulaire très élevée). Toutefois, la meilleure capacité de fixation de l'azote est en faveur des cultivars qui présentent de gros nodules (Kai-Yu 3 et Kingsoy).

Il existe aussi une étroite corrélation entre l'activité de la réduction de l'acétylène (ARA), l'activité spécifique (ARA par unité de poids sec nodulaire) et la taille des nodules (volume moyen nodulaire) :  $r = 0,85^{**}$  et  $0,73^{**}$  pour  $p \leq 0,01$  (Tableau.3) respectivement pour l'ARA et l'ARAs. Ces deux paramètres caractérisant la fixation de l'azote, sont faiblement corrélés avec le poids sec moyen par nodule ( $r = 0,34$  et  $0,36$  pour  $p \leq 0,05$ ), confirmant les résultats précédents et montrant une meilleure efficacité de la fixation de l'azote chez les gros nodules indépendamment de leur masse. Ce fait est justifié par la forte corrélation négative ( $r = -0,75^{**}$ ) entre l'ARAs et la densité nodulaire (rapport poids sec sur le volume nodulaire  $g/mm^3$ ) (Fig. 3). Cette situation suggère qu'au niveau des variétés à gros nodules la proportion de la matière sèche reste très faible par rapport à celle de l'eau. Ce dernier rapport qui semble très déterminant dans l'expression de l'ARAs explique bien

le fait que souvent l'activité de l'ARA par plante est faible lorsqu'elle est rapportée au poids sec nodulaire, pour les petits nodules. Les travaux de NEVES et al (1985) et THU et al (1986) sur le soja, montrent que la masse ou la taille des nodules est déterminée par la souche de *Bradyrhizobium japonicum* utilisée dans l'inoculation des graines. Certaines souches induisent une production intense de nodules mais peu efficaces, par contre d'autres produisent peu de nodules mais à forte efficacité de fixation de l'azote. Dans notre cas, ce fait peut résulter de la plus ou moins interaction des génotypes avec la souche *Bradyrhizobium japonicum* G. 49. Entre autre, le niveau de la photosynthèse constitue un important facteur de la masse nodulaire et de la fixation symbiotique de l'azote, expliquant en particulier les performances de Kai-Yu 3 (17), (10).

Après un épuisement de la réserve en eau du sol (sept jours de déficit hydrique). La teneur en eau du sol, exprimée en % du poids sec, est la même pour ces cultivars étudiés (Tableau 4) celle-ci varie entre 5.08 et 6.34 % selon la variété implantée, elle correspond en moyenne à 25 % de la capacité de rétention du mélange (terre-terreau-sable). Ainsi pour une même intensité du stress hydrique, les quatre génotypes ont réagi différemment. En générale, on note une diminution de l'activité fixatrice du  $CO_2$  par les feuilles et de l'azote par les nodules (valeurs exprimées en % du témoin bien arrosé). Le taux d'inhibition de la photosynthèse nette de la plante entière est moins important chez Kingsoy (12 %), par contre il est de plus de 40 % chez Kai-Yu 3 et Jiling 14. Ces résultats confirment bien l'existence de différences génotypiques vis à vis de la sensibilité de l'appareil photosynthétique au manque d'eau chez le soja, et confortent les observa-

Tableau 2 : Caractéristiques de la nodulation et fixation de l'azote chez quatre génotypes de soja

Paramètres de la nodulation	Génotypes				P P D S à 5%
	Kai-yu	Kingsoy	Hodgson	Jiling 14	
ARA ( $\mu mol.C_2H_4.h^{-1}$ )/plante (1)	4.81 ± 0.43	3.44 ± 0.37	2.63 ± 0.42	3.00 ± 0.36	0.8
Poids sec nodulaire (g) (1)	0.21 ± 0.02	0.16 ± 0.02	0.15 ± 0.02	0.17 ± 0.02	0.03
ARAs ( $\mu mol.C_2H_4.h^{-1}.g^{-1}$ de nodules secs) (1)	23.3 ± 1.70	22.3 ± 1.70	17.43 ± 1.62	17.0 ± 1.42	2.5
Nombre total de nodules (1)	32 ± 8	28 ± 6	24 ± 4	39 ± 6	5.0
Volume nodulaire total ( $mm^3$ ) (1)	668.83 ± 230	321.95 ± 87	170.63 ± 62.14	281.04 ± 23.24	80
Volume nodulaire moyen ( $mm^3$ ) (1)	21.07 ± 7.0	11.90 ± 3.7	7.56 ± 1.96	7.20 ± 1.89	2.6
Poids sec nodulaire moyen ( $g \times 10^{-3}$ ) (1)	6.47 $10^{-3}$	5.79 $\times 10^{-3}$	6.37 $\times 10^{-3}$	4.37 $\times 10^{-3}$	0.8 $\times 10^{-3}$
Poids sec/volume nodulaire ( $g/mm^3 \times 10^{-3}$ ) (1)	0.31	0.5	0.88	0.64	0.1
Photosynthèse nette/plante ( $mg$ de $CO_2.h^{-1}$ )	82.29	51.39	71.60	74.46	12.5

(1) Moyenne de sept répétition ± l'écart type

**Tableau 3 : Coefficients de corrélation entre les différents paramètres de la nodulation des quatre génotypes et l'activité nitrogénasique par plante (ARA) ou l'activité spécifique nodulaire (ARAs)**

Matrice de corrélations totales								
	ARA	PSN	ARAs	NNT	VTN	VMN	PSNM	PS/VT
ARA	1.000							
PSN	0.875**	1.000						
ARAs	0.745	0.362*	1.000					
NNT	0.144	0.329	-0.177	1.000				
VTN	0.886**	0.789**	0.624**	0.233	1.000			
VMN	0.853**	0.656	0.733**	-0.148	0.916	1.000		
PSNM	0.345*	0.239	0.360*	-0.755	0.233	0.530	1.000	
PS/VT	-0.705**	-0.478**	-0.745**	-0.223	-0.760	-0.701	0.003	1.000

\* significative au seuil de 5%

\*\* significative au seuil de 1%

ARA Activité de la Réduction d'Acétylène

VTN Volume Total Nodulaire

PSN Poids Sec Nodulaire

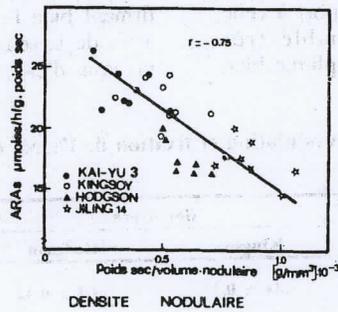
VMN Volume Moyen des Nodules

ARAs Activité Spécifique de la Réduction d'Acétylène

PSNM Poids Sec Moyen Nodulaire

NNT Nombre Total de Nodules

PS/VT Poids Sec nodulaire/Volume Total des nodules



**Fig.3 : Relation entre l'activité spécifique nodulaire et la densité nodulaire (poids sec/Volume nodulaire)**

tions de BUNCE (1988) sur la sensibilité du soja au stress hydrique.

L'inhibition de l'activité nitrogénasique par rapport au témoin diffère aussi d'une variété à une autre : Kai-Yu 3 et Kinsoy, caractérisées par une nodulation composée en majorité de gros nodules (Tableau 4), maintiennent une assez bonne activité nodulaire. Celle-ci est fortement affectée chez Jiling 14 et Hodgson et présente plus de 60 % d'inhibition. Chez les deux premières variétés, le poids sec nodulaire et la teneur

en eau des nodules (% du témoin) sont moins affectés, comparés à ceux d'Hodgson et Jiling 14.

A l'exception de la variété Kai-Yu 3, l'ARA est plus sensible au manque d'eau que la photosynthèse. Le maintien d'une bonne activité de fixation de l'azote chez Kai-Yu 3 est probablement lié à la réserve en photosynthétats des nodules (le poids sec nodulaire est de 77,13 % par rapport au témoin contre 59,7 % chez Hodgson après un déficit hydrique de 7 jours), associée à une teneur en eau des nodules qui reste très important malgré un dessèchement du sol.

Tableau 4 : Etats hydriques du sol et des nodules et l'activité fixatrice de l'azote et photosynthèse après un stress hydrique de 7 jours

Paramètres du sol et des nodules	GÉNOTYPES				P P D S à 5%
	Kai-Yu 3	Kingsoy	Jiling 14	Hodgson	
Humidité du sol (%) (1)	5.78	5.08	5.94	6.34	1.01
Poids sec des nodules (%) (2)	77.13	64.44	60.73	59.10	7.3
Teneur en eau des nodules (%) (2)	81.71	79.13	67.25	62.95	5.6
ARA/Plante (%) (2)	61.80	55.09	30.40	34.56	6.01
Photosynthèse nette/plte (%) (2)	56.12	89.96	54.47	68.86	11.03

(1) Valeurs exprimées en % du poids sec

(2) Valeurs exprimées en % du témoin bien arrosé

## CONCLUSION

En conditions non limitantes en eau, la masse nodulaire apparaît comme un facteur intervenant en forte interaction avec le volume dans l'activité de la fixation de l'azote. Ainsi les gros nodules qui présentent une densité (matière sèche / volume nodulaire) plus faible révèlent des activités spécifiques les plus importantes. Ces résultats montrent qu'un accroissement transitoire de la masse nodulaire par l'augmentation du taux de la photosynthèse et des transports des photoassimilats vers les nodules, ne se traduit de façon systématique pas par une augmentation de l'activité spécifique de la fixation de l'azote.

Chez le soja, les nodules sont localisés au niveau des horizons de surfaces entre 0-40 cm (13), (22). Cette situation explique leur exposition aux variations du milieu en particulier au stress hydrique. Les nodules de grande taille, caractérisés par une forte capacité réserve en eau, apparaissent les moins sensibles au

déficit hydrique au niveau du fonctionnement de la symbiose.

Cette approche d'étude a permis de déceler le double avantage que procure une nodulation constituée en majorité de gros nodules : leur meilleure efficacité à fixer l'azote quand les conditions hydriques sont favorables, mais également leur capacité à maintenir niveau de la fixation de l'azote lorsque les conditions d'alimentation en eau deviennent plus limitantes. L'intérêt de ces données pourrait être discuté dans une optique de criblage de cultivars, sur la base de leur tolérance au manque deau mais également capables de conserver une fixation de l'azote dans ces conditions. Aussi la détermination de couples "cultivar-souche de *Bradyrhizobium* capables de fournir de tels types de nodulation, pourraient répondre à la deuxième à la condition.

## BIBLIOGRAPHIE

1 ABDEL-GRAFFAR A.S., EL-HALFAWI M.H. and ABDEL-SALEM A.A., 1981 Effects of inoculation, nitrogen fertilizer salinity, and water stress on symbiotic N Fixation by *Vicia faba* and *Phaseolus vulgaris*. In P.H GRAHAM and S.C. HARRIS Eds. Biological nitrogen fixation technology for tropical agriculture. CIAT, Cali. Colombia.

2 APERICIO-TEJO P.M., SANCHEZ-DIAZ M.F and PENA J.L., 1980 Nitrogen fixation, stomatal response and transpiration in *Medicago sativa*, *Trifolium repens* and *T. subterraneum* under water stress and recovery. *Physiol. Plant.* 48:1-14.

3 BELLO A. B., CERON-DIAZ W.D., NICKELL C.D., EL-SHERIF E.O. and DAVIS L.C., 1980- Influence of cultivar, between row spacing and plant population on N<sub>2</sub> fixation of soybeans. *Crop Sci.*, 20:751-755

4 BUNCE J.A., 1988- Differential responses of photosyntheses to water stress in three soybean cultivars. *Plant physiol. Biochem.*, 26:415-420.

5 CALDWEL B.E. and VEST G., 1968- Nodulation interaction between soybean genotypes and serogroups of *Rhizobium japonicum*. *Crop Sci.*, 8:680-682

6 DANSO S.K.A., HERA C. and DOUKA C., 1987- Nitrogen fixation in soybean influenced by cultivar and rhizobium strain. *Plant and Soil.*, 99:163-174

7 DURAND J.L., SHEEHY L.E. and MINCHIN F.R. 1987- Nitrogenase activity, photosynthesis and nodule water potential in soybean plants experiencing water deprivation. *J.Exp.Bot.*, 38:311-321.

- 8 FEHR W.R and CAVINESS C.D., 1977- Stages of soybean development Iowa state Univ. Coop.Ext.Ser.Spec., N80.
- 9 FINN G.A. and BRUN W.A., 1980- Water stress effects on CO<sub>2</sub> assimilation, photosynthate partitioning, stomatal resistance and nodule activity in soybean. *Crop. Sci.*, 20 : 431-434.
- 10 FINN G.A. and BRUN W.A., 1982- Effect of atmospheric CO<sub>2</sub> enrichment on growth, non structural carbohydrate content and root nodule activity in soybean. *Plant Physiol.*, 69:327-331.
- 11 FISHBECK K., EVANS H.J. and BOERSMA L.L., 1973- Measurement of nitrogenase activity of intact legumes symbionts in situ using the acetylene reduction assay. *Agon.J.*, 65:429-433.
- 12 GARNER E.P., SAPRA V.T. and FLOYD M., 1988- Genotypic variation for nitrogen fixation in soybeans. *Crop Sci.*, 16:123-128
- 13 GRUNBINGER V., ZOBEL R., VENDELAND J. and CORTES P., 1982- Nodules distribution on roots of field grown soybean in subsurface soil horizons. *Crop Sci.*, 22:153-155
- 14 HARDASON G., ZAPTA F. and DANSO S.K.A., 1983- Effect of plant genotype and nitrogen fertilizer on symbiotic nitrogen fixation by soybean cultivars. *Plant and Soil*, 82 : 397-405.
- 15 NEVES M.C.P., DIDONET A.D., DUQUE F.F AND DOBEREINER J., 1985- Rhizobium strain effects on nitrogen. Transport and distribution in soybeans. *J.Exp. Bot.*, 169 : 1179-1192.
- 16 PAUL M.H and PLANCHON C., 1990- Chlorophyll fluorescence as tool in soybean improvement for N fixation efficiency. *EUPHYTICA.*, 45:43-47
- 17 SCHWEITZER L.E. and HARPER J.E., 1980- Effect of light, dark and temperature on root nodule activity (Acetylene Reduction) of soybean. *Plant physiol.*, 65:51-61
- 18 SHUMSUN-NOOR L, ROBIN C., SCHONTZ D., HEULIN T. et GUICKERT A., 1989- Effet d'un déficit hydrique sur le tréfle blanc (*Trifolium repens* L). I. Importance du cultivars. *Agronomie.*, 9:251-258
- 19 SPRENT J.I., 1976- Water deficits and nitrogen fixing root nodules. P. 291-315. In J.R KOZWOLZKI (Ed). *Water deficits and plant growth*. Vol.IV., Academic press, New-York
- 20 SPRENT J.I., 1981- Nitrogen fixation. P. 131-143. In L.G PALEG and D. ASPINALL (Eds). *Physiology and Biochemistry of drought resistance in plants*. Academic press, New-York
- 21 THU V.T., DREVON J.J and SALSAC L., 1986- Etude de l'activité nitrogénase des nodosités de soja inoculé avec une souche à croissance rapide de *Rhizobium*. *Agronomie*, 6:175-179
- 22 WRIGHT G.C. and SMITH C.J., 1987- Soybeans root distribution under wet soil culture on red brown earth. *Plant and soil*, 103:129-133