

**STATUT SYMBIOTIQUE DE *Acacia saligna* (LABILL.)
WENDL. AU NIVEAU DE QUELQUES PÉPINIÈRES DU
NORD ET DU SUD DE L'ALGÉRIE**

LEBBIDA F., DJOUADI S., NOUREDDINE N. E.,
ZIZI M., AMRANI S et AÏD F.

Laboratoire de Biologie et de Physiologie des Organismes,
Equipe de Biologie du Sol, Faculté des Sciences Biologiques,
Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediène,
BP 32, El Alia, Bab Ezzouar, 16111 Alger.

Correspondance : LEBBIDA F. lfahima@yahoo.fr

RÉSUMÉ

Cent quarante quatre plants d'*Acacia saligna* (Labbil.) Wendl recueillis au niveau de douze pépinières du nord et du sud du pays se sont révélés dans leur grande majorité nodulés et fixateurs d'azote. Cette espèce introduite dans un passé relativement récent est donc capable de s'associer avec des souches de Rhizobia autochtones pour former une symbiose fixatrice d'azote.

Les performances symbiotiques des plants des pépinières du nord du pays se sont révélées très nettement supérieures à celles des plants des pépinières du sud vraisemblablement en raison de la nature des souches qui lui sont associées au niveau de ces régions. En effet, les souches extraites des plants provenant des pépinières du nord sont majoritairement à croissance lente et ont présenté un spectre d'hôte étroit tandis que les souches isolées à partir des plants des pépinières du sud se sont révélées toutes à croissance rapide et ont montré un spectre d'hôte plus large.

Ces résultats préliminaires, que nous comptons compléter par une caractérisation phénotypique et génotypique des souches de Rhizobia associées, indiquent qu'il serait nécessaire de recourir au niveau des pépinières du sud du pays à l'inoculation des graines ou des plantules d'*A. saligna* pour améliorer le pouvoir fixateur d'azote des plants de cette espèce.

Mots clés : *Acacia saligna*, nodulation, fixation d'azote, Rhizobia associées, pépinières

ABSTRACT

One hundred forty four *Acacia saligna* seedlings originated from twelve nurseries from North and South of Algeria were predominantly nodulated and able to fix nitrogen. This specie, introduced in a relatively little past in Algeria is able to recruit competent indigenous Rhizobia to form a nitrogen fixing symbiosis.

Nodulation and nitrogen fixation rates of *A. saligna* seedlings from Northern nurseries were clearly highest than those of seedlings from Southern ones, most probably due to the difference in the nature of the associated Rhizobia in these areas. In fact the stains isolated from seedlings of northern nurseries were mainly slow growers and showed a narrow host range while strains extracted from southern nurseries were fast growers and presented a broadest host range.

These preliminary results, that must be completed by the characterisation of associated Rhizobia by means of phenotypic and genotypic features, indicate that it could be necessary to proceed to the inoculation of seeds or seedlings of *A. saligna* in the case of southern nurseries in order to improve the nitrogen fixation potential of the stock plants of this species.

Key words : *Acacia saligna*, nodulation, nitrogen fixation, associated Rhizobia, nurseries

ملخص

منة و أربعة و أربعون شجيرة *Acacia saligna* مصدرها اثنا عشرة مشتلة في شمال و جنوب الوطن. كشفت أن الأغلبية تحتوي على عقد جذرية مثبتة النيتروجين. هذا النوع من شجرة الباقوليات قادر على إقامة تعايش مع سلالات الريزوبيا المحلية لتشكيل تعايش مثبت النيتروجين.

قدرة تعايش الشجيرات المأخوذة من مشتل الشمال أكبر من قدرة تعايش الشجيرات المأخوذة من مشتل الجنوب و يرجع هذا الى طبيعة السلالات التي تدخل في تشكيل هذا التعايش على مستوى هذه المناطق. سلالات بكتيرية الريزوبيا المعزولة من شجيرات الشمال تتميز بنمو بطئ على عكس السلالات المعزولة من شجيرات الجنوب فتتميز بنمو سريع.

النتائج الأولية تدل على اهمية اضافة تحليل خصائص الريزوبيا الضاهرية والتركيبية الوراثية, استخدام تلقيح البذور أو شجيرات *Acacia saligna* على مستوى شتل الجنوب بهدف تحسين قدرتها على تثبيت النيتروجين في هذه المنطقة.

كلمات مفتاحية : *Acacia saligna* , تشكيل عقد جذرية , تثبيت النيتروجين , الريزوبيا المرتبطة , مشتلة

INTRODUCTION

La flore d'Algérie comporte une douzaine d'acacias introduits à partir de l'Australie (MAIRE, 1987). Certaines espèces, telles *Acacia saligna*, *A. melanoxyton* et *A. longifolia* sont très utilisées en aménagement et produites à grande échelle par les pépinières du pays. Parmi ces espèces, *Acacia saligna* (Labill.) Wendl. (= *A. cyanophylla* Lindl.), un arbuste pouvant atteindre 5 à 6m de haut et introduit depuis 1870 en Algérie (TIEDEMAN et JOHNSON, 2004), est de loin la plus répandue et la plus largement produite en Algérie et le reste de l'Afrique du Nord (EI-LAKANY, 1987). Ce succès, résulte essentiellement de la rapidité de croissance de l'espèce ainsi que de sa relative résistance à la sécheresse, à la salinité et à l'alcalinité (DOMMERGUES *et al.*, 1999).

Les qualités intrinsèques de l'espèce sont accrues car, comme la majorité des légumineuses, *Acacia saligna* est capable de contracter avec les bactéries du groupe des Rhizobia une symbiose fixatrice d'azote (DOMMERGUES *et al.*, 1999 ; SPRENT et PARSONS, 2000). Une propriété qui lui permet de se passer de l'azote du sol et de jouer le rôle d'espèce pionnière pour la colonisation des sols pauvres ou dégradés et, ce faisant, améliorer, maintenir ou restaurer le niveau de fertilité azoté de ces derniers (DOMMERGUES *et al.*, 1999 ; Van der HEIJDEN *et al.*, 2008).

C'est pour ces raisons qu'*Acacia saligna* est utilisé massivement en Algérie pour des plantations d'agrément, la protection des terres sujettes à l'érosion, la stabilisation des dunes, la lutte contre l'ensablement et la désertification, la restauration des zones dégradées... Ces applications présentent des avantages induits, en particulier l'utilisation de ses feuilles comme fourrage et de son bois comme combustible, bois d'œuvre ou pour la production de charbon (EI-LAKANY, 1986 ; TIEDEMAN et JOHNSON, 2004).

La prévalence de la symbiose chez *A. saligna* et la nature des souches de Rhizobia qui lui sont associées n'ont fait l'objet que de quelques études, plus ou moins ciblées, concernant l'Australie, pays d'origine de l'espèce (LANGE, 1961 ; BARNET *et al.*, 1985 ; MARSUDI *et al.*, 1999) ou l'Afrique (Maroc, Tunisie, Libye, Egypte, Ethiopie...), où elle est très répandue (KOREISH *et al.*, 1997 ; KHBAYA *et al.*, 1998 ; NASR *et al.*, 1999 ; MOHAMED *et al.*, 2000 ; ZERHARI *et al.*, 2000 ; HATIMI *et al.*, 2001 ; MANSOUR *et al.*, 2003 ; WOLDE-MESKEL *et al.*, 2004).

Il ressort de ces études, passées en revue par LEARY *et al.*, (2006), qu'*A. saligna* peut s'associer avec les Rhizobia appartenant au moins à quatre genres de Rhizobia : *Bradyrhizobium*, *Rhizobium*, *Sinorhizobium* et

Mesorhizobium. Cependant, l'espèce montre une nette préférence pour les souches à croissance lente du genre *Bradyrhizobium* lorsqu'elles sont présentes dans le sol (DOMMARGUES et al. 1999 ; BROCKWELL et al., 2005 ; LEARY et al., 2006).

En Algérie, malgré l'importance considérable d'*A. saligna* qui devenue une composante fondamentale de la flore ligneuse du pays, aucune étude n'a été consacrée à la symbiose à Rhizobia chez cette espèce. C'est pour cela que nous avons jugé intéressant d'évaluer la prévalence de la symbiose à Rhizobia et de la fixation d'azote chez celle-ci et de constituer une collection des souches de Rhizobia qui lui sont associées en vue de leur caractérisation et de la sélection des souches les plus efficaces pour la production d'inoculants destinés aux pépinières. En effet, l'espèce ne se multipliant qu'en pépinière, il est important d'optimiser, à ce niveau, sa symbiose avec les Rhizobia afin de profiter pleinement de son pouvoir fixateur d'azote sur les aires de plantation. Cela peut être assuré en recourant à l'inoculation en pépinière des jeunes plants par des souches sélectionnées pour leur potentiel élevé de fixation d'azote.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

1. Plants d'*Acacia saligna*

Pour l'évaluation de la prévalence de la symbiose à Rhizobia chez *Acacia saligna*, nous avons retenus douze pépinières réparties sur l'ensemble du pays en prenant soin d'inclure six pépinières situées dans la région nord et six situées dans la région sud (Fig. 1).

Au niveau de chaque pépinière douze plants, âgés de 18 à 21 semaines, ont été choisis aléatoirement et leur ARA (Activité Réductrice de l'Acétylène (C_2H_2) en éthylène (C_2H_4)) ainsi que leur biomasse nodulaire sèche (BNS) mesurées comme décrit ultérieurement.

Au niveau de chaque pépinière douze plants, âgés de 18 à 21 semaines, ont été choisis aléatoirement et leur ARA (Activité Réductrice de l'Acétylène (C_2H_2) en éthylène (C_2H_4)) ainsi que leur biomasse nodulaire sèche (BNS) mesurées comme décrit ultérieurement.

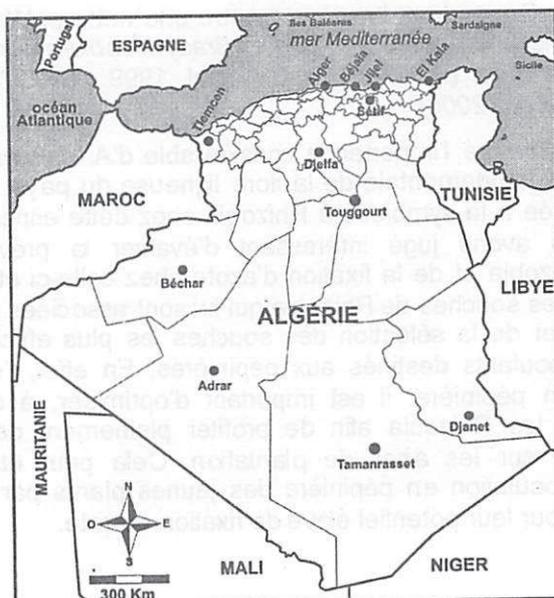


Figure 1 : Localisation des pépinières retenues pour la réalisation de l'étude

2. Semences

Les graines nécessaires à la réalisation des tests de nodulation requis pour l'authentification des isolats et la détermination de leur spectre d'hôte nous ont été fournies par l'institut National de Recherche Forestière (INRF - Arboretum de Baïnem – Alger). Il s'agit des graines de trois espèces d'acacia introduites à partir d'Australie (*Acacia saligna*, *Acacia longifolia* et *Acacia melanoxylon*) et de trois espèces autochtones (*Acacia ehrenbergiana*, *Acacia nilotica* et *Acacia tortilis* subsp. *raddiana*).

3. Détermination des performances symbiotiques

Les plants recueillis au niveau des pépinières ou produits au laboratoire sont déterrés et leur système racinaire est lavé à l'eau du robinet et rincé avec de l'eau distillée. Les nodules du système racinaire d'un même plant sont excisés et placés dans une enceinte étanche aux gaz et incubés pendant une heure sous une atmosphère renfermant 10% d'acétylène

(GROVE et MALAJCZUK, 1987). Le potentiel de fixation d'azote des nodules est évalué par la mesure de leur activité réductrice de l'acétylène (ARA) en quantifiant la production d'éthylène sur une aliquote d'incubation par chromatographie en phase gazeuse (STEWART *et al.*, 1967). Le chromatographe utilisé est un Carlo Erba de type Fractovap 4200 muni d'une colonne en acier inoxydable (1/8 de pouces de diamètre - 2m de long) remplie de Spherosyl XOB100 imprégné de 10% Na₂PO₄ et d'un détecteur à ionisation de flamme. Les conditions opératoires (températures et débits gazeux) utilisées pour la mesure de la réduction de l'acétylène en éthylène par chromatographie en phase gazeuse sont celles définies au laboratoire par AMRANI (1988).

Après incubation sous acétylène les nodules sont mis à sécher dans une étuve réglée à 65 °C pendant 96 heures et leur poids sec déterminé.

4. Souches bactériennes

L'isolement des souches de Rhizobia associées à *Acacia saligna* à partir des nodosités racinaires des plants recueillis au niveau des pépinières a été réalisé sur milieu YEMA (Yeast Extract Mannitol Agar) selon les méthodes préconisées par le Programme Biologique International (VINCENT, 1970). Il a été effectué à partir d'un nodule représentatif du cortège nodulaire sur 3 plants nodulés et efficaces par pépinière,

5. Test de nodulation

Les tests de nodulation nécessaires à l'authentification des souches, la détermination de leur spectre d'hôte ainsi que l'évaluation de leurs performances symbiotiques vis à vis d'*Acacia saligna* ont été réalisés par inoculation à des plantules obtenues au laboratoire dans des pots en plastique de 300 ml renfermant 250 g d'un mélange de sable et de tourbe (2/1 v/v) stérilisé par autoclavage à 121 °C durant une heure, 3 fois de suite entrecoupées d'un séjour de 48 heures à 25 °C (Chao et Alexander, 1984). Ces tests ont été réalisés en prévoyant cinq répétitions pour *A. saligna* et trois répétitions pour les autres espèces d'acacias.

La surface des graines est stérilisée par immersion durant 5 mn. dans de l'hypochlorite de calcium à 5,25%. Les graines sont rincées avec de l'eau distillée stérile et mises à germer en étuve réglée à 25 °C en boîtes de Pétri sur un mélange Agar/Eau (0,75% p/v) puis transférées, une fois que la racine a pointé, en pots sur mélange sable/tourbe. Après émergence des plantules, les pots sont inoculés par 3 ml d'une culture bactérienne obtenue

en milieu TY (Tryptone Yeast Extract), renfermant 10^7 à 10^8 cellules/ml et placés à 25 °C en chambre de culture réglée à une photopériode de 16 heures de jour et de 8 heures de nuit.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

1. Prévalence de la symbiose et de la fixation d'azote en pépinière

L'examen du système racinaire des plants recueillis au niveau des 12 pépinières nous a permis de vérifier qu'ils sont dans la grande majorité des cas nodulés et fixateurs d'azote. En effet, sur les 144 plants examinés pour l'ensemble des pépinières, 141, soit près de 98%, sont nodulés parmi lesquels 140 se sont révélés efficaces c'est-à-dire capables de réduire l'azote moléculaire en ammoniac. La proportion de plants nodulés et de plants efficaces s'est révélée similaire pour toutes les pépinières si l'on excepte les cas particuliers de la pépinière de Béchar pour laquelle nous avons rencontré 3 plants non nodulés et de celui de la pépinière de Tamanrasset pour laquelle nous avons rencontré un plant nodulé mais non efficace. Les sols utilisés comme substrat pour la production de ces plants renferment donc une flore rhizobienne suffisamment représentée et diversifiée pour noduler *Acacia saligna* de manière homogène et efficace. Dans le cas d'une espèce introduite, cette prévalence élevée de la symbiose à Rhizobia indique qu'*Acacia saligna* peut recruter facilement parmi le pool de Rhizobia autochtones, des souches compatibles pour établir la symbiose (WOLDE-MESKEL *et al.*, 2004 ; LEARY *et al.*, 2006).

Les nodules observés sur le système racinaire des plants examinés sont essentiellement répartis sur les racines secondaires (Fig. 2). Ils sont de type indéterminé branché et le plus souvent de forme coralloïde selon la classification établie par Corby en 1981. La localisation et la morphologie des nodules sur le système racinaire d'*Acacia saligna* sont similaires à celles décrites par d'autres auteurs dans diverses régions du monde (BROCKWEL *et al.*, 2005 ; SPRENT, 2005). Similitude qui trouve son explication dans le fait que la localisation des nodules, leur morphologie et leur abondance sont déterminées essentiellement par la plante hôte (SPRENT, 2005).

Sur le plan quantitatif, la biomasse nodulaire et le niveau d'efficacité des plants d'*Acacia saligna* se sont montrés très variables en fonction de la localisation géographique des pépinières retenues (Fig. 3). La biomasse nodulaire moyenne des plants provenant des pépinières du nord est de 159,89 mg/plante contre seulement 26,87 mg/plante pour les pépinières du

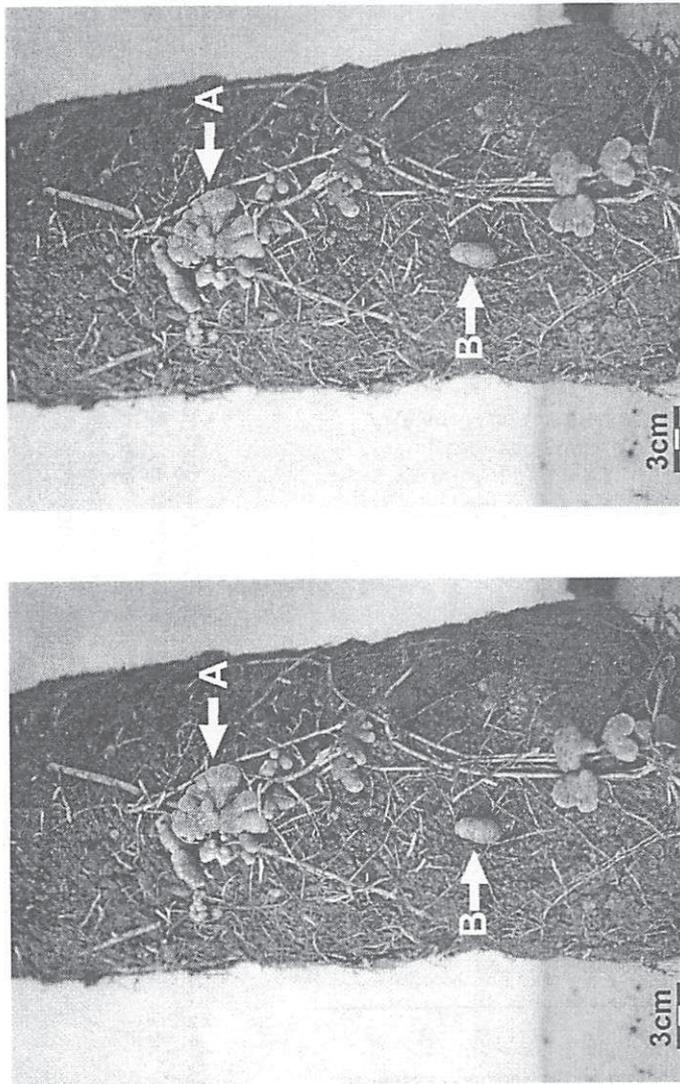


Figure 2 : Photographie montrant la localisation, la morphologie et l'aspect de surface caractéristiques des nodules observés sur un plant d'*Acacia saligna* âgé de 18 semaines provenant de la pépinière INRF de Bainem.

A : Nodule indéterminé branché formant un amas coralloïde en éventail,

B : Nodule indéterminé simple (Photo S. Amrani).

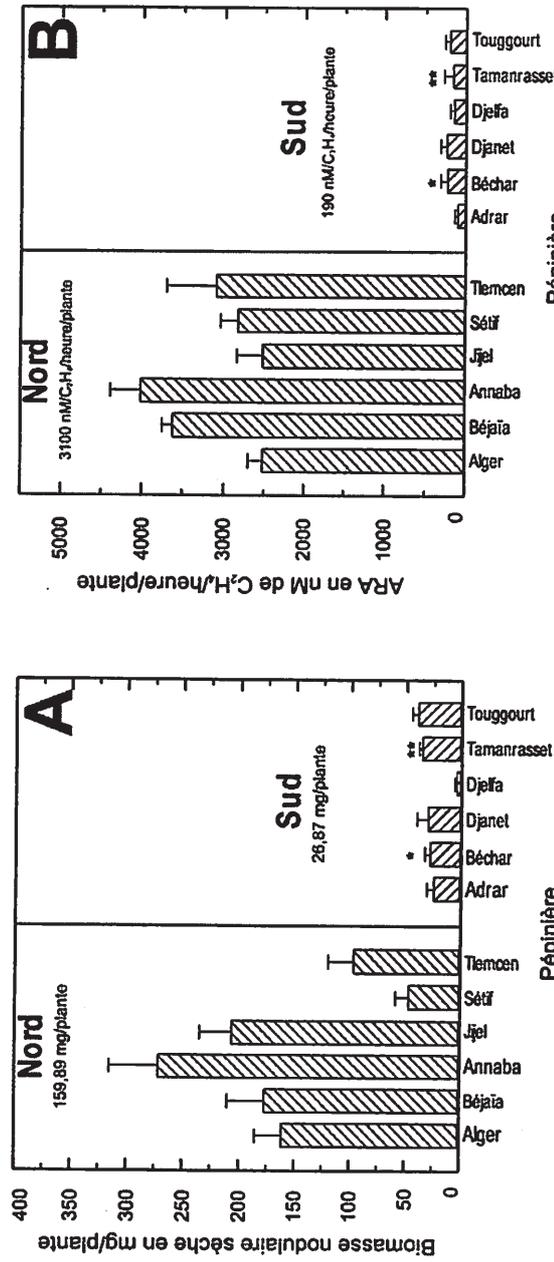


Figure 3 : Biomasse nodulaire sèche (A) et activité réductrice de l'acétylène (B) des plants d'*Acacia saligna* recueillis au niveau des différentes pépinières. Les barres représentent, sauf indication contraire, la moyenne établie sur 9 plants. Les données sont présentées dans le volet correspondant (* : moyenne établie sur 9 plants, ** : moyenne établie sur 11 plants)

Sud, Il en est de même pour l'ARA qui s'est révélée nettement plus importante pour les plants des pépinières du nord avec une moyenne de 3100 nM de C_2H_4 /heure/plante contre seulement 190 nM de C_2H_4 /heure/plante pour celles du sud. Ces résultats indiquent que les plants d'*Acacia saligna* sont mieux nodulés et fixent plus intensément l'azote dans les pépinières du nord du pays. Le pool rhizobien des sols utilisés comme substrat, les propriétés de ces derniers ou encore les conditions pédoclimatiques prévalant au niveau des pépinières, en particulier la température, semblent plus propices à l'établissement de la symbiose et à la fixation d'azote par *A. saligna* au nord du pays (ZHRAN, 1999 ; GRAHAM, 2007).

2. Caractéristiques symbiotiques des souches de Rhizobia associées à *Acacia saligna*

A partir des trois plants d'*Acacia saligna* retenus pour chacune des douze pépinières prises en considération nous avons pu extraire et purifier en tout 36 souches bactériennes. Ces isolats ont été subdivisés en deux groupes en fonction de leur vitesse de croissance. Le premier renferme des souches à croissance lente formant des colonies visibles à l'œil nu après 5 à 7 jours d'incubation à 25°C en milieu YEMA. Le deuxième renferme quant à lui des souches à croissance rapide dont les colonies sont visibles à l'œil nu après seulement 3 à 5 jours d'incubation (Tab. 1).

En fonction de l'origine géographique des souches, nous avons remarqués que le groupe 1 est uniquement représenté dans les pépinières du nord du pays tandis que le groupe 2 est représenté surtout dans les pépinières du sud ainsi qu'au niveau de deux pépinières du nord : Sétif et Tlemcen. Cette distribution géographique laisse indiquer que la nodulation d'*Acacia saligna* est assurée par des populations de Rhizobia différentes au niveau de ces deux régions.

La réinoculation de ces souches à des plantules axéniques des six espèces d'acacias retenues comme cibles nous a permis de vérifier qu'elles sont bien des Rhizobia car elles sont capables de renoduler au laboratoire au moins une des six espèces d'acacia testées (Tab 1).

Le spectre d'hôte de ces 36 souches de Rhizobia, c'est-à-dire leur capacité ou incapacité de noduler le panel des six espèces d'acacia que nous avons retenus, permet de les subdiviser en deux groupes. Le premier, groupe, constitué de 15 souches à croissance lente provenant exclusivement de plants recueillis au niveau des pépinières du nord présente un spectre d'hôte étroit puisqu'il est capable de noduler uniquement les trois espèces acacias introduites ou une partie de ces

dernières. Le deuxième groupe, constitué de 21 souches à croissance rapide provenant essentiellement de plants recueillis des pépinières du sud, montre un spectre d'hôte plus large car il nodule aussi bien des acacias introduits que des acacias autochtones (Tab. 1).

Tableau 1 : Vitesse de croissance, spectre d'hôte et groupe d'assignation des souches de Rhizobia associées à *Acacia saligna* dans quelques pépinières d'Algérie

Souche			Vitesse de croissance ^a	Spectre d'hôte						Groupe d'assignation ^b
Région	Pépinière	Code souche		Acacias introduits			Acacias autochtones			
			<i>A. saligna</i>	<i>A. longifolia</i>	<i>A. melanoxyl</i>	<i>A. ehrenbergi</i>	<i>A. nilotica</i>	<i>A. tortilis raddiana</i>		
Nord	Alger	1	L	++	++	++	-	-	-	1
		2	L	++	++	++	-	-	-	1
		3	L	++	++	++	-	-	-	1
	Béjaïa	1	L	++	++	++	-	-	-	1
		2	L	++	+	++	-	-	-	1
		3	L	++	++	++	-	-	-	1
	Annaba	1	L	++	++	++	-	-	-	1
		2	L	++	++	+	-	-	-	1
		3	L	++	++	++	-	-	-	1
	Jijel	1	L	++	++	++	-	-	-	1
		2	L	++	++	++	-	-	-	1
		3	L	++	++	++	-	-	-	1
	Sétif	1	L	++	++	++	-	-	-	1
		2	R	++	+	+	++	++	++	2
		3	L	++	++	++	-	-	-	1
	Tlemcen	1	R	++	++	++	++	++	++	2
		2	L	++	+	++	-	-	-	1
		3	R	++	++	++	++	++	++	2

a : Vitesse de croissance (**L** = Croissance lente, **R** = Croissance rapide) ;

++ : Souche infective et efficace, **+** - Souche infective mais non efficace ;

b : Groupe auquel est assigné la souche en fonction de sa vitesse de croissance et de sa capacité à noduler un ou plusieurs acacias parmi le lot des acacias introduits et celui des acacias autochtones

Tableau 1(suite) : Vitesse de croissance, spectre d'hôte et groupe d'assignation des souches de Rhizobia associées à *Acacia saligna* dans quelques pépinières d'Algérie

Souche			Vitesse de croissance ^a	Spectre d'hôte						Groupe d'assignation ^b
Région	Pépinière	Code souche		Acacias introduits			Acacias autochtones			
			<i>A. saligna</i>	<i>A. longifolia</i>	<i>A. melanoxyl</i>	<i>A. ehrenbergi</i>	<i>A. nilotica</i>	<i>A. tortilis raddiana</i>		
Sud	Adrar	1	R	++	++	++	++	++	++	2
		2	R	++	++	++	+-	++	++	2
		3	R	++	++	++	++	++	++	2
	Béchar	1	R	++	++	++	++	++	++	2
		2	R	++	++	++	+-	++	++	2
		3	R	++	++	++	++	++	++	2
	Djanet	1	R	++	++	++	++	++	++	2
		2	R	++	++	++	++	++	++	2
		3	R	++	++	++	+-	++	++	2
	Djelfa	1	R	++	++	++	++	++	++	2
		2	R	++	++	++	++	++	++	2
		3	R	++	++	++	++	++	++	2
	Tamanrasset	1	R	++	++	++	++	++	++	2
		2	R	++	+-	++	++	++	++	2
		3	R	++	++	++	++	++	++	2
	Touggourt	1	R	++	++	++	++	++	++	2
		2	R	++	++	++	++	++	++	2
		3	R	++	++	++	++	++	++	2

- a** : Vitesse de croissance (L = Croissance lente, R = Croissance rapide) ;
++ : Souche infective et efficiente, +- Souche infective mais non efficiente ;
b : Groupe auquel est assigné la souche en fonction de sa vitesse de croissance et de sa capacité à noduler un ou plusieurs acacias parmi le lot des acacias introduits et celui des acacias autochtones

Cette différence de spectre d'hôte entre les souches provenant des plants d'*A. saligna* dans les pépinières du nord et du sud laisse indiquer que l'espèce est vraisemblablement associée à des Rhizobia différents au niveau de ces deux régions. Cette conclusion est confortée par le fait que la biomasse nodulaire et le niveau d'efficacité des plants inoculés au laboratoire par les souches des deux groupes sont très dissemblables comme cela a déjà été observé pour les plants provenant des pépinières. En effet, la biomasse nodulaire sèche et l'ARA moyennes des plants inoculés par les souches du groupe 1 sont respectivement de 42,87 mg/plante et 168,91 nM de C₂H₄/h/plante contre seulement 10,57 mg/plante et 70,08 nM de C₂H₄/h/plante dans le cas des plants inoculés par les souches du groupe 2 (Fig. 4).

Ces résultats laissent indiquer que les différences observées entre les performances symbiotiques des plants d'*A. saligna* au niveau des pépinières de ces deux zones géographiques résulteraient donc, en partie du moins, de la nature des souches associées. Dans les pépinières du nord, *A. saligna* s'associe dans la majorité des cas avec des souches très compétentes lui conférant un taux de nodulation et un pouvoir fixateur d'azote élevés. Ces souches qui se caractérisent par leur croissance lente correspondraient vraisemblablement à des *Bradyrhizobium*, le microsymbiote préférentiel d'*A. saligna* et de la majorité des acacias australiens (DOMMERGUES *et al.* 1999 ; BROCKWELL *et al.*, 2005 ; LEARY *et al.*, 2006). Dans les sols des pépinières du sud, la population de ces souches préférentielles est vraisemblablement trop réduite ou peu compétitive et *A. saligna* s'associe dans ce cas avec la population rhizobienne la plus représentée et/ou la plus compétitive, à savoir, des souches à croissance rapide pouvant appartenir aux autres genres de Rhizobia nodulant *A. saligna* (*Rhizobium*, *Sinorhizobium* et *Mesorhizobium*).

Des disparités régionales de la nature des Rhizobia nodulant les acacias ou d'autres légumineuses ont été rapportées par de nombreux auteurs qui attribuent celles-ci à la sélection par les plantes hôtes et les facteurs du milieu de microflore rhizobiennes spécifiques à une région et à un couvert végétal donnés (LAFAY et BURDON, 2001 ; LIU *et al.*, 2005 ; GU *et al.*, 2007). Dans le cas des acacias, BARNET et CATT, (1991) ont montré que les Rhizobia associés aux acacias australiens en Nouvelles Galles du Sud (Australie) sont représentés essentiellement par des souches à croissance rapide du genre *Rhizobium* dans les zones arides et par des souches à croissance lente du genre *Bradyrhizobium* en forêt pluviale et dans la zone chaude littorale.

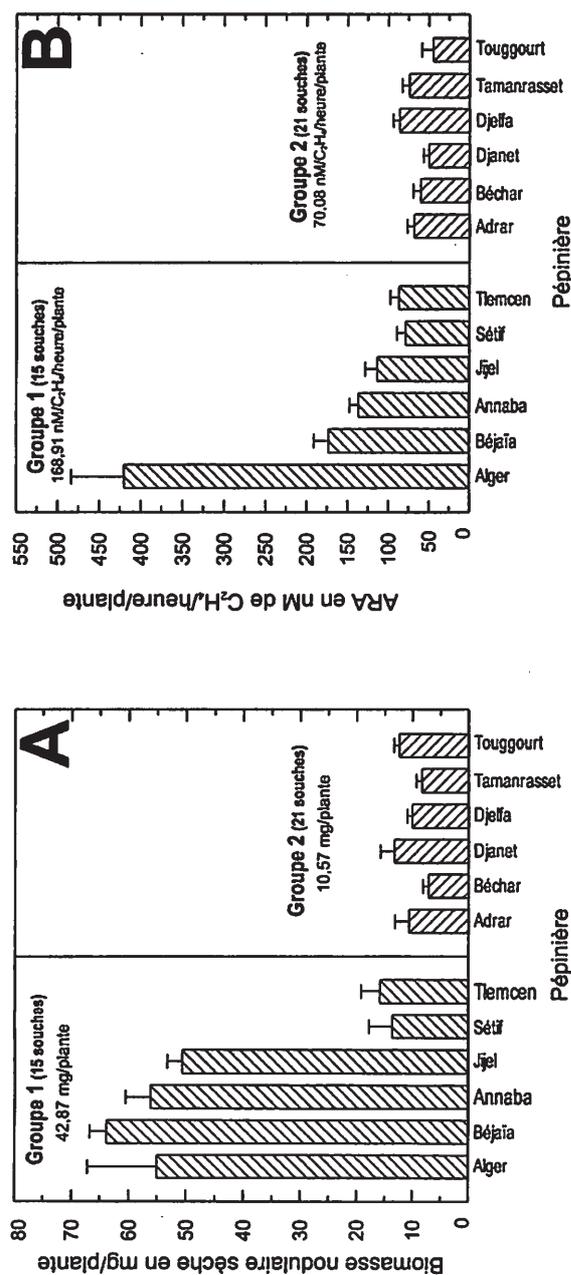


Figure 4 : Biomasse nodulaire sèche (A) et activité réductrice de l'acétylène (B) obtenues au laboratoire pour des plants d'*Acacia saligna* inoculés par les 36 souches de *Rhizobia* isolées. Les barres représentent la moyenne obtenue pour les cinq répétitions prévues surmontée de son erreur standard. Les moyennes obtenues en présence des souches du groupe 1 et du groupe 2 sont consignées littéralement dans le volet correspondant

L'absence, la faible représentation ou compétitivité des souches à croissance lente dans les sols des pépinières du sud peut s'expliquer par une inadaptation de celles-ci à la dessiccation, les températures élevées et la salinité qui affectent les sols de cette région (ZHRAN, 1999 ; GRAHAM 2007). Hypothèse confortée par le fait que les souches à croissance lente appartenant au genre *Bradyrhizobium* sont connues pour être plus affectées que celles des autres genres de Rhizobia par les températures élevées, la salinité et la dessiccation (JORDAN, 1984 ; KOREISH *et al.*, 1997 ; ZHRAN, 1999 ; POOLE *et al.*, 2007).

Nos résultats indiquent, par ailleurs, qu'*A. saligna* et les deux autres espèces d'acacias introduites (*A. melanoxyton* et *A. longifolia*) sont susceptibles à un plus grand nombre de souches que les acacias autochtones. En effet, les 36 souches testées nodulent les acacias introduits alors que seulement 21 d'entre elles sont capables de noduler les acacias indigènes. Ce résultat est en accord avec la littérature qui a établi très tôt que les acacias australiens sont peu exigeants dans le choix de leur partenaire symbiotique contrairement aux acacias africains qui sont beaucoup plus spécifiques vis-à-vis des Rhizobia (DREYFUS et DOMMARGUES, 1981 ; BROCKWELL *et al.*, 2005 ; LEARY *et al.*, 2006). Cette propriété permet aux acacias australiens de former une symbiose et de fixer l'azote sur un grand nombre de sols, y compris en dehors de leur aires d'origine (BALA *et al.*, 2003 ; LEARY *et al.*, 2006 ; THRALL *et al.*, 2007). Cette propriété serait en grande partie responsable du grand pouvoir de colonisation que montre *A. saligna* pour les milieux pauvres et/ou dégradés ou encore de son caractère invasif dans certaines régions du monde (THEOHARIDES et DUKES, 2007).

CONCLUSION

Cette étude indique qu'*Acacia saligna* est nodulée et fixatrice d'azote dans les douze pépinières explorées et ce indépendamment de la localisation géographique de ces dernières. Cette espèce, introduite dans un passé relativement récent, est donc capable de recruter à partir de la microflore rhizobienne autochtone des souches de *Rhizobia* compétentes avec laquelle elle forme des symbioses fixatrices d'azote.

La nodulation de l'espèce est assurée par des souches à croissance lente et à spectre d'hôte étroit, vraisemblablement apparentées au genre *Bradyrhizobium*, au niveau des pépinières du Nord du pays. Par contre, au sud du pays elle s'associe avec des souches à croissance rapide et à spectre d'hôte plus large qui seraient apparentées aux autres groupes de *Rhizobia* capables de la noduler.

Cette différence de la nature des *Rhizobia* associés à *A. saligna* au nord et au sud du pays serait à l'origine de la nette supériorité de la biomasse nodulaire et de l'activité réductrice de l'acétylène des plants provenant des pépinières du nord. En effet, les souches à croissance lente isolées des plants d'*Acacia saligna* provenant des pépinières du nord se sont révélées, au laboratoire, nettement plus efficaces que les souches à croissance rapide isolées à partir de plants provenant des pépinières du sud.

Sur le plan pratique, la nodulation et l'efficacité réduites des plants d'*Acacia saligna* produits au niveau des pépinières du sud du pays indique qu'il serait intéressant de recourir à l'inoculation, au niveau de ces pépinières, des graines ou des plantules de l'espèce par des souches de *Rhizobia* performantes. Cette pratique permettrait de produire des plants plus efficaces afin de mieux profiter du pouvoir enrichissant en azote de l'espèce au niveau des zones de plantation.

Nous comptons compléter ce travail sur la symbiose chez *Acacia saligna* en étendant nos observations à un plus grand nombre de pépinières et en recourant à l'analyse phénotypique et génotypique des souches de *Rhizobia* qui lui sont associées afin de préciser leur nature exacte et évaluer leur diversité.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AMRANI S., 1988.-** Contribution à l'étude de la symbiose à *Rhizobium* chez la luzerne (*Medicago sativa* L.) et le trèfle d'Alexandrie (*Trifolium alexandrinum* Juslen). Thèse de Magister, USTHB, 88 p.
- BALA A., MURPHY P. et GILLER K.E., 2003.-** Distribution and diversity of rhizobia nodulating agroforestry legumes in soils from three continents in the tropics. *Mol. Ecol.*, **12**, 917–929.
- BARNET Y.M. ET CATT P.C., 1991.-** Distribution and characteristics of root-nodule bacteria isolated from Australian *Acacia* spp. *Plant and Soil*, **135**, 109–120.
- BARNET Y.M., CATT P.C. et HEARNE D.H., 1985.-** Biological nitrogen fixation and root-nodule bacteria (*Rhizobium* sp. and *Bradyrhizobium* sp.) in two rehabilitating sand dune areas planted with *Acacia* spp. *Aust. J. Bot.*, **33**, 595–610.
- BROCKWELL J., SEARLE S.D., JEAUVONS A.C. et WAAYERS M., 2005.-** Nitrogen fixation in acacias: An untapped resource for sustainable plantations, farm forestry and land reclamation (ACIAR Monograph No. 115). ACIAR, Canberra, 132 p.
- CHAO W.L., et ALEXANDER M., 1984.-** Mineral soils as carriers for *Rhizobium* inoculants. *Appl. Environ. Microbiol.*, **47**, 94–97.
- CORBY H.D.L., 1981.-** The systematic value of leguminous root nodules. In *Advances in Legume Systematics*, Polhill R.M. et Raven P.H., (éds.), Royal Botanic Gardens, Kew, 657-669.
- DE FARIA S.M., LEWIS G.P., SPRENT J.I. et SUTHERLAND J.M., 1989.-** Occurrence of nodulation in the *Leguminosae*. *New Phytol.*, **111**, 607-619.
- DOMMERGUES Y., DUHOUX E. et DIEM H.G., 1999.-** Les arbres fixateurs d'azote. Caractéristiques fondamentales et rôle dans l'aménagement des écosystèmes méditerranéens et tropicaux avec référence particulière aux zones subhumides et arides. CIRAD, Editions Espaces, FAO, IRD, Montpellier et Rome, 499 p.
- DREYFUS B.L. et DOMMERGUES Y.R., 1981.-** Nodulation of *Acacia* species by fast- and slow-growing tropical strains of *Rhizobium*. *Appl. Environ. Microbiol.*, **41**, 97-99.

- EL-LAKANY M.H., 1987.-** Use of Australian acacias in North Africa. In *Australian Acacias in Developing Countries (ACIAR Proceedings No.16)*. Turnbull J.W. (éd.), ACIAR, Canberra, 118-125.
- GRAHAM P.H., 2007.-** Ecology of the root-nodule bacteria of legumes. In *Leguminous nitrogen-fixing symbioses*. Dilworth M.J. et al. (éds.), Springer, Dordrecht, 23-58.
- GROVE T.S. et MALAJCZUK N., 1987-** Nitrogen Fixation (Acetylene Reduction) by Forest Legumes: Sensitivity to Pre-Harvest and Assay Conditions. *New Phytol.*, **106**, 115-127.
- GU J., WANG E.T. et CHEN W.X., 2007.-** Genetic diversity of rhizobia associated with *Desmodium* species grown in China. *Lett. Appl. Microbiol.*, **44**, 286–292.
- HATIMI A., BANI-AAMEUR F. et OIHABI A., 2001.-** Caractérisation de souches de Rhizobiums autochtones des dunes : effet sur la croissance et la nutrition azotée d'*Acacia cyanophylla* Lindl. *Acta Bot. Gall.*, **148** 191-199.
- JORDAN D.C., 1984.-** Family III. *Rhizobiaceae* Conn. 1938. In *Manual of systematic bacteriology*, Vol. I. Krieg R.R. et Holt J.G. (éds.). Williams and Wilkins, Baltimore, 234-244.
- KHBAYA B., NEYRA M., NORMAND P., ZERHARI K., et FILALI-MALTOUF A. 1998.-** Genetic diversity and phylogeny of rhizobia that nodulate *Acacia* spp. in Morocco assessed by analysis of rRNA genes. *Appl. Environ. Microbiol.*, **64**, 4912–4917.
- KOREISH, E.A., EL-HALFAWI M.H. et ABD-EL-GHAFFAR S., 1997-** Nodulation and dinitrogen fixation by *Acacia saligna* seedlings as influenced by soil type and salinity. *Egypt. J. of Soil Sci.*, **37**, 437-450.
- LAFAY B. et BURDON J.J., 2001.-** Small-subunit ribosomal RNA genotyping of rhizobia nodulating Australian *Acacia* spp. *Appl. Environ. Microbiol.*, **67**, 396-402.
- LANGE R.T., 1961.-** Nodule bacteria associated with the indigenous *Leguminosae* of south-western. Australia. *J. Gen. Microbiol.*, **26**, 351-359.
- LEARY J.K., SINGLETON P.W., SCOWFROFT P.G. et BORTHAKUR D., 2006.-** Symbiotic diversity in the cosmopolitan genus *Acacia*. *Symbiosis*, **41**, 107-117.

- LIU J., WANG E.T. et CHEN W.X., 2005.-** Diverse rhizobia associated with woody legumes *Wisteria sinensis*, *Cercis racemosa* and *Amorpha fruticosa* grown in the temperate zone of China. *Systematic and Applied Microbiology*, **28**, 465-477.
- MAIRE R., 1987.-** Flore de l'Afrique du Nord (Maroc, Algérie, Tunisie, Tripolitaine, Cyrénaïque et Sahara), Volume XVI: Dicotyledonae. Lechevalier, Paris, 302 p.
- MANSOUR, S.R., ZAYED A.M., ET SAFWAT M.S., 2003.-** Nitrogen fixing efficiency of *Acacia saligna* trees inoculated with two *Bradyrhizobium* strains under field conditions. *International Journal of Forest Usufructs Management*, **4**, 22-27.
- MARSUDI N.D.S., GLENN A.R. ET DILWORTH M.J. 1999.-** Identification and characterization of fast- and slow-growing root nodule bacteria from South-Western Australian soils able to nodulate *Acacia saligna*. *Soil Biol. Biochem.*, **31**, 1229–1238.
- MOHAMED S.H., SMOUNI A., NEYRA M., KHARCHF D. ET FILALI-MALTOUF A., 2000.-** Phenotypic characteristics of root nodulating bacteria isolated from *Acacia spp.* Grown in Libya. *Plant and Soil*. **224**, 171-183.
- NASR H., SGHAIER T., GHORBAL M.H. ET DOMMERGUES Y.R., 1999.-** Variabilité génotypique de l'aptitude à la fixation symbiotique de l'azote chez *Acacia cyanophylla* Lindl. *Can. J. Bot.*, **77**, 77–86.
- POOLE P.S., HYNES M.F., JOHNSTON A.W.B., TWARI R.P., REEVE W.G. ET DOWNIE J.A., 2007.-** Physiology of root-Nodule Bacteria. In *Leguminous nitrogen-fixing symbioses*. Dilworth M.J. et al. (éds), Springer, Dordrecht, 241-292.
- SPRENT J.I., 2005.-** Nodulated Legume Trees. In *Nitrogen Fixation in Agriculture, Forestry, Ecology, and the Environment*. Werner D. et Newton W.E (éds), Springer, Dordrecht, 113-141.
- SPRENT J.I. ET PARSONS R., 2000.-** Nitrogen fixation in legume and non-legume trees. *Field Crops Res.* **65**, 183–196.
- STEWART W.D.P., FITZGERALD G.P. ET BURRIS R.H., 1967.-** In situ studies on N₂ fixation using the acetylene reduction method. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, **58**, 2071-2078.
- THEOHARIDES K.A. ET DUKES J.S. 2007.-** Plant invasion across space and time: factors affecting nonindigenous species success during four stages of invasion. *New Phytol.*, **176**, 256-273.

- THRALL P.H., SLATTERY J.F., BROADHURST L.M. ET BICKFORD S., 2007.-** Geographic patterns of symbiont abundance and adaptation in native Australian *Acacia*-rhizobia interactions. *J. Ecol.*, **95**, 1110-1122.
- TIEDEMAN, J.A. ET JOHNSON D.E., 2004.-** *Acacia cyanophylla* for forage and fuelwood in North Africa. *Agroforestry Systems*, **17**, 169-180.
- VAN DER HEIJDEN M.G.A., BARDGETT, R.D. ET STRAALLEN N.M.V., 2008.-** The unseen majority. Soil microbes as drivers of plant diversity and productivity in terrestrial ecosystems. *Ecology Letters*, **11**, 296-310.
- VINCENT J.M., 1970.-** *A Manual for the Practical Study of the Root-Nodule Bacteria (IBP Handbook no. 15)*. Blackwell, Oxford, 166 p.
- WOLDE-MESKEL E., TEREFEWORK Z., LINDSTRÖM K. ET FROSTEGÅRD Å., 2004.-** Metabolic and genetic diversity of rhizobia isolated from field standing native and exotic woody legumes in southern Ethiopia. *Syst. Appl. Microbiol.*, **27**, 603-611.
- ZAHARAN H.H., 1999.-** *Rhizobium*-Legume Symbiosis and Nitrogen Fixation under Severe Conditions and in an Arid Climate. *MMBR*, **63**, 968-989.
- ZERHARI K., AURAG J., KHBAYA B., KHARCHAF D. ET FILALI-MALTOUF A., 2000.-** Phenotypic characteristics of rhizobia isolates nodulating acacia species in the arid and Saharan regions of Morocco. *Lett. Appl. Microbiol.*, **30**, 351-357.