

Volume 29, N°1 et 2, Année 2008 – ISSN : 1111-5432

**Annales
de
l'Institut
National
Agronomique
El-Harrach (ALGER)**



REVUE SEMESTRIELLE

Volume 29, N°1 et 2, Année 2008 – ISSN : 1111-5432



***Annales
de
l'Institut
National
Agronomique
El-Harrach (ALGER)***

REVUE SEMESTRIELLE

EFFET DE L'ACTION DES PIÈCES TRAVAILLANTES D'UNE CHAÎNE CLASSIQUE DE PRÉPARATION DU SOL SUR L'ÉVOLUTION DE LA RÉSISTANCE PÉNÉTRIMÉTRIQUE

AMARA M., BOUDHAR L., ADLI N. et FEDDAL M.A.
Laboratoire de machinisme agricole – Génie Rural
Ecole Nationale Supérieure Agronomique
m.amara@ina.dz

R E S U M E

En vue de mieux comprendre, la dynamique du système racinaire, une analyse de l'évolution de la teneur en eau, de la porosité et de la résistance pénétrométrique du sol sous l'action des différentes pièces travaillantes des outils aratoires d'une chaîne classique de préparation du sol est développée.

Les essais réalisés sur parcelle expérimentale ont montré que l'action des pièces travaillantes modifie les valeurs de ces paramètres. La porosité augmente considérablement après le labour, elle passe de 40,4 % à 49,38 %. Le passage du covercrop permet d'atteindre une valeur de 51,02 % et après le cultivateur à dents la porosité totale augmente à une valeur de 52,65 %. Pour ce qui est de la résistance pénétrométrique, celle-ci est fortement conditionnée par la teneur en eau. Sa valeur passe de 10,65 daN/cm² avant le labour à 6,36 daN/cm² après le labour. Sa valeur augmente de nouveau après le passage du covercrop et atteint 10,10 daN/cm² et augmente légèrement après le passage du cultivateur à dents.

Les valeurs moyennes montrent que la résistance pénétrométrique est inversement proportionnelle à la teneur en eau.

Ces évolutions sont illustrées par des fonctions polynomiales du premier et du second degré. L'effet combiné de la porosité et de l'humidité du sol sur la résistance pénétrométrique est quantifié par la relation : R_p (daN/cm²) = 21,86 – 0,793 w – 0,041 n. et l'effet de la teneur en eau dans le sol par le modèle : $R_p = - 19,763 + 5,096 w - 0,213 w^2$

Mots clés : résistance pénétrométrique, tassement, labour, teneur en eau, porosité, modèle

ABSTRACT

This work is a contribution to the concerns of soil; it focuses on an analysis of changes in the water content, porosity and cone index soil under different parts working tools tillage action of classical string soil preparation. The tests, conducted on the National Agronomic Institute Experimental Station, have shown that the action of working parts alter the values of these parameters.

The porosity increases considerably after labour, an increase from 40,4% to 49,38%. The passage of cover crop can reach a value of 51,02% and after the tine cultivator porosity increases to a total value of 52,65%.

With regard to the cone index, it is strongly influenced by moisture content. Its value rose from 10,65 daN / cm² before ploughing to 6,36 daN / cm² after labour. Its value increases again after the cover crop and reached 10,10 daN / cm² and increases slightly after the tine cultivator.

The averages show that the cone index is inversely proportional to the moisture content. These changes are illustrated by the relationship R_p (daN/cm²) = 21,86 – 0,793 w – 0,041 n. The effect of moisture in the soil is illustrated by the model: $R_p = - 19,763 + 5,096 w - 0,213 w^2$

Words keys: cone index, compaction, porosity, ploughing, moisture content, model.

ملخص

من أجل فهم أفضل لديناميكية نظام الجذور، أقيمت تحليلات تتعلق بتطور كمية الماء، مسامية التربة و مقاومتها لاختراق الجذور لها تحت تأثير مختلف قطع الآليات المستعملة في سلسلة كلاسيكية لتحضير التربة.

التجارب التي أجريت على المساحات التجريبية أظهرت أن تأثير القطع العاملة تغير من قيمة تلك القيم المسامية تزداد بكمية معتبرة بعد الحرث، تنتقل من 40.4 % إلى 49.38 % مرور ال cover-crop يرفع القيمة إلى 51.02 % وبعد مرور آلة الزرع ذي الأسنان، المسامية الكاملة تصل إلى قيمة 52.65 %.

وفيما يخص مقاومة التربة لاختراق الجذور لها، فإنها تتأثر جدا بكمية الماء، تنتقل قيمتها من 10.65 daN/cm^2 قبل الحرث إلى 6.36 daN/cm^2 بعده. قيمتها تزداد من جديد بعد مرور ال cover-crop لتصل إلى 10.10 daN/cm^2 ، وتزداد أكثر بعد مرور آلة الزرع ذي الأسنان.

القيم المتوسطة تبين أن مقاومة التربة لاختراق الجذور لها هي متناسبة تناسباً عكسياً مع كمية المياه التي تحتويها.

هذه التطورات ممثلة بالمعادلات التالية – $R_p (\text{daN/cm}^2) = 21,86 - 0,793 w - 0,041 n$ و $R_p = - 19,763 + 5,096 w - 0,213 w^2$

الكلمات المفتاحية : مقاومة التربة، الحرث، كمية الماء، مسامية، مثل.

Notations

n porosité totale, %

ρ_d masse volumique sèche, g / cm³

ρ_s masse volumique réelle, g / cm³

w teneur en eau du sol, %

R_p résistance pénétrométrique, daN / cm²

p probabilité statistique

R² coefficient de détermination

INTRODUCTION

Les pratiques agricoles et plus particulièrement les opérations de travail du sol modifient les propriétés physiques de sol y compris sa structure, sa densité apparente, sa conductivité thermique et son alimentation en eau, sa distribution des grandeurs des pores et par conséquent celle des racines sur la profondeur travaillée. Ceci induit impérativement la modification des rendements des cultures mises en place.

Le changement de la distribution des pores entraîne celui du stockage et de la transmission d'air, de l'eau et des corps dissous, qui peuvent mener à une amélioration du développement de la culture en place si les opérations du travail du sol sont correctement menées.

HILL, (1990) a montré que le non labour durant plusieurs campagnes avait comme résultat une diminution de la taille des pores ce qui entraînait une diminution de la réserve en eau et par conséquent une diminution des rendements.

Selon CASSEL, (1982), la charrue à socs permet entre autre, la conservation maximum des chaumes dans le sol qui à long terme l'enrichiront en matière organique tout en limitant son érosion.

Pour certains auteurs comme, FRANCIS et autres, 1987 ; HODGSON et autres, 1989 ; LAL et autres, 1989 ; HASHEMI-DEZFULI et HERBERT, 1996, ont montré que jusqu'à présent les techniques simplifiées avaient les mêmes conséquences que les techniques conventionnelles sur le rendement des cultures. Cependant, O' SULLIVAN et BALL (1982) ont montré que sous un système de non labour, une diminution des rendements lors des premières années de production.

Selon HAMZA M.A. et ANDERSON W.K, (2005), L'agriculture intensive répartie partout dans le monde et impliquant des rotations de récolte plus courtes et l'utilisation des machines de plus en plus lourdes mènent à une augmentation de tassement de sols. L'ampleur du compactage des sols est estimée dans le monde entier à 68 millions de hectares de terre du seulement au trafic du matériel roulant. On estime que le tassement de sol est responsable de la dégradation d'une surface de 33 millions d'ha en l'Europe et environ 30% environ 4 millions d'ha de la ceinture de blé dans l'Australie occidentale. Des problèmes semblables liés au tassement de sol ont été signalés dans presque chaque continent.

Selon le même auteur, bien que les systèmes d'exploitation agricole se soient sensiblement améliorés pour faire face à de nouvelles pressions liées à l'agriculture intensive, la structure de beaucoup de sols autrement sains a été détériorée dans la mesure où les rendements de récolte ont été réduits.

Selon NEVE et HOFMAN, (2000) in HAMZA M.A. et ANDERSON W.K, (2005), la nature et l'ampleur de cette dégradation, qui peut être exagérée par le manque de matière organique, ont été identifiées dans le monde entier. Le tassement affecte également la minéralisation du carbone et de l'azote organiques des sols aussi bien que la concentration de l'anhydride carbonique dans le sol (CONLIN et DRIESSCHE, (2000), in HAMZA M.A. et ANDERSON W.K, (2005)).

Puisque le tassement de sol diminue principalement sa porosité, l'augmentation de la porosité est une manière claire de réduire ou d'éliminer le phénomène de tassement du sol. La gestion du tassement du sol, particulièrement dans des régions arides et semi-arides, peut être réalisé entre autres par l'application appropriée de certaines ou de toutes les techniques culturales suivantes :

- addition de matière organique par des amendements humiques ;
- le trafic des machines roulantes doit être maîtrisé, type de pneumatique, gonflage des roues des tracteurs et des machines agricoles ;
- choisir une rotation qui inclut des cultures avec des racines fortes, plantes sarclées, capables pénétrer et décomposer la structure des sols compacts.

Les techniques de gestion améliorées des sols sont essentielles en s'assurant que des conditions physiques des sols ne sont pas compromises et que des pratiques qui augmentent le contenu organique soient appliquées. Pour cela le choix de la technique de préparation du sol doit être réalisé en tenant compte des conditions naturelles de la région et de l'état initial des sols.

La problématique de la méthode conventionnelle ou des nouvelles techniques, comme le semis direct, doit être sérieusement posée en Algérie. Le travail présenté dans notre article est une introduction à cette problématique.

CARACTERISTIQUES DE LA PARCELLE D'ESSAIS

Les essais ont été réalisés sur la parcelle expérimentale de l'institut national agronomique. Les coordonnées géographiques de la parcelle sont les suivantes : 3°08' de longitude est, 36°43' de latitude nord. Elle se trouve à 24 m au dessus du niveau de la mer ; entres les isohyètes 600 mm et 700 mm. Elle appartient à l'étage bioclimatique sub-humide à hiver doux.

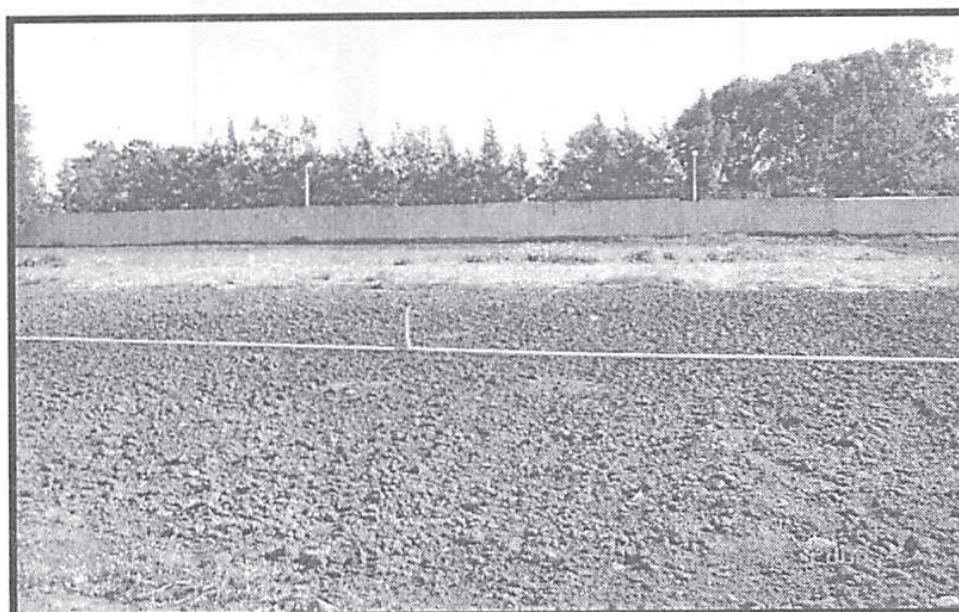


Figure 1 : Parcelle d'essais

La texture du sol est : argile 19,85 %, limon fin 18,65 %, limon grossier 15,32 %, sable fin 18,5 % et sable grossier 26,17 %, selon le triangle des textures, le sol où ont été réalisés les essais, est de texture équilibrée, dans notre cas le sol est limoneux, ces résultats ont été obtenu sur l'horizon 0-25 cm.

MATERIELS ET METHODE

La chaîne classique utilisée pour la réalisation des opérations de travail du sol est composée respectivement : d'une charrue bisoc, d'un Cover crop 7/14 et d'un cultivateur à dents. Le tracteur utilisé est un deux roues motrices de puissance 68 CV.

Pour la détermination de l'humidité, de la densité réelle et de la densité apparente, un cylindre de $166,81 \text{ cm}^3$ a été utilisé. Pour la mesure de la résistance pénétrométrique, un pénétromètre mécanique simple est utilisé, la surface projetée du cône est de $1,766 \text{ cm}^2$ (fig. 2).

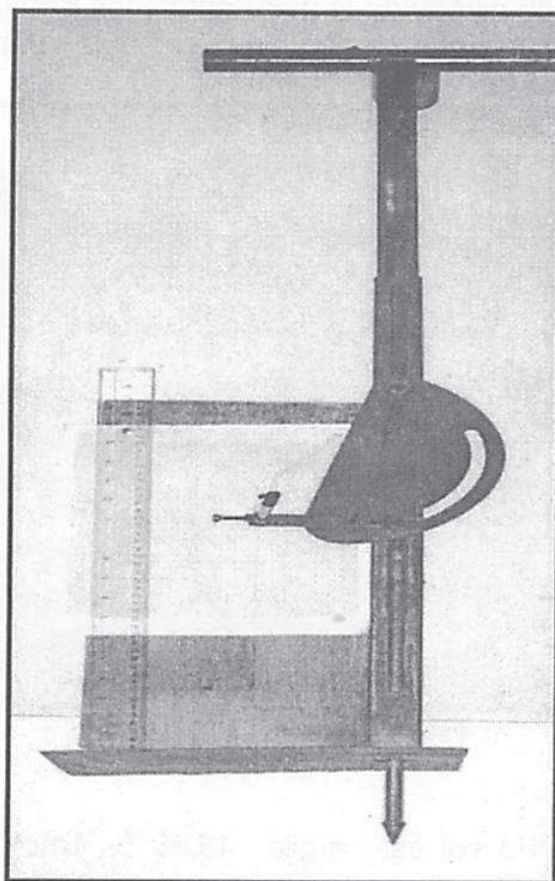


Figure 2 : Pénétrromètre

METHODOLOGIE

Les mesures des trois paramètres étudiés, à savoir l'humidité, la porosité et la résistance pénétrométrique ont été réalisées respectivement avant et après les passages de la charrue à soc, du Cover crop et du cultivateur à dents sur une parcelle d'un hectare.

Pour chacun des paramètres trois séries de 10 valeurs ont été effectuées, ce qui fait 120 valeurs pour chaque paramètre pendant l'itinéraire technique.

L'étude a porté sur les valeurs moyennes.

La masse volumique réelle (ρ_s) et La masse volumique sèche (ρ_d) du sol sont déterminée avec la méthode classique à l'aide des

relations : $\rho_s = \frac{M_s}{V_s}$ et $\rho_d = \frac{M_s}{V_t}$. La porosité totale $n = (1 - \frac{\rho_d}{\rho_s}) \%$.

La valeur de la masse volumique réelle est de : 2,45 g/cm³.

RESULTATS ET ANALYSE

1. TENEUR EN EAU DU SOL

Les résultats de la variation de la teneur en eau du sol sont mentionnés sur le tableau 1. De façon générale, les différents passages des outils aratoires par leurs actions ont un effet sur la teneur en eau dans le sol, donc sur la conservation de l'eau dans le sol. Les résultats montrent que le labour permet une augmentation de la teneur en eau au niveau du premier horizon. Nous constatons aussi que l'humidité du sol diminue légèrement après le passage du covercrop et du cultivateur à dents.

Tableau1 : variation de l'humidité du sol

Profondeur (cm)	Avant labour	Après labour	Après cover crop	Après cultivateur
p1 (0-10cm)	9.8	17.27	12.15	8.16
p2 (10-20cm)	13.42	16.37	14.95	12.42
p3 (20-26cm)	12.85	15.49	13.22	12.45

2. POROSITE DU SOL

Les résultats montrent que la porosité augmente fortement après le labour et légèrement après les passages du covercrop et du cultivateur à dents (fig. 3).

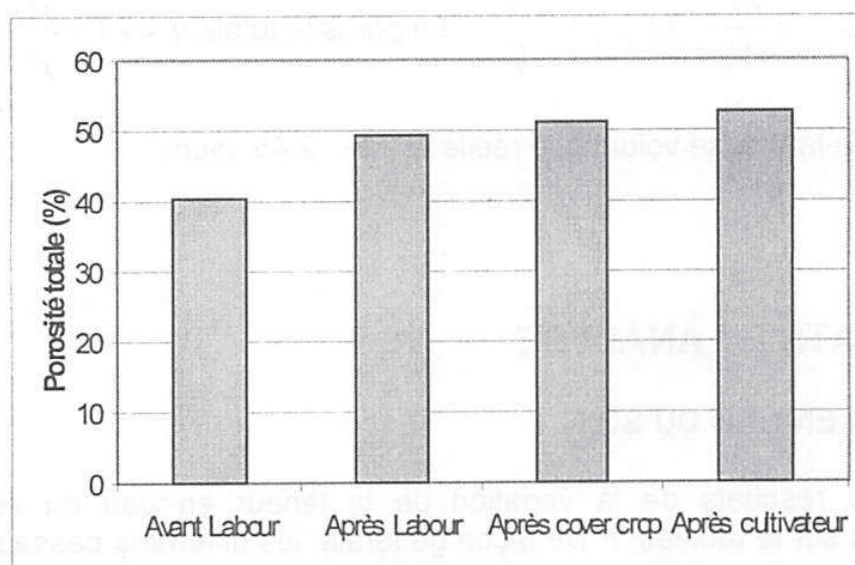


Figure 3 : Evolution de la porosité totale

3. RESISTANCE PENETROMETRIQUE DU SOL

Les premières observations sur l'évolution de la résistance pénétrométrique du sol en relation avec la profondeur sont mentionnées sur le tableau 2 et la figure 4.

Tableau 2 : Résistance pénétrométrique en relation avec la profondeur

Profondeur (cm)	Avant Labour	Après Labour	Après Cover Crop	Après Cultivateur
0	0	0.57	0	0
2	0.1	1.58	1.32	0.39
4	5.58	2.28	2.46	1.39
6	9.2	3.23	3.9	1.85
8	9.34	3.68	5.38	3.35
10	9.3	4.1	6.47	4.49
12	9.3	4.27	7.05	5.94
14	9.2	4.19	7.43	8.05
16	9.16	4.33	7.55	9
18	8.9	4.61	7.83	9.15
20	3.34	5.01	8.02	9.14
22	2.74	5.47	8.5	9.68
24	2.44	5.9	7.99	9.45

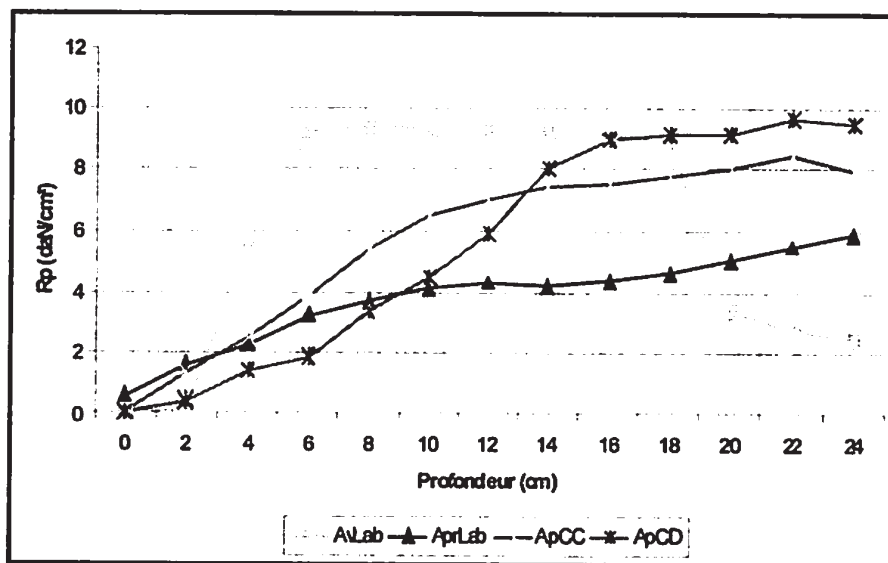


Figure 4 : Evolution de Rp en relation avec la profondeur

Cette figure montre clairement l'effet du passage des différents outils aratoires sur la résistance pénétrométrique du sol. Nous remarquons qu'à partir de la profondeur de 18 cm, la résistance pénétrométrique devient plus importante après le passage des outils aratoires, ce qui est certainement dû aux différents passages du tracteur utilisé. Cette figure 4 montre que la semelle de labour se situe à une profondeur supérieure à 21 cm. Pour plus de précision, une analyse de l'évolution de la résistance pénétrométrique à différents horizons est réalisée et donne les résultats suivants (tableau 3 et figure 5):

Tableau 3 : Evolution de la résistance pénétrométrique moyenne (daN/cm²)

Profondeur (cm)	Avant labour	Après labour	Après cover crop	Après cultivateur
0-10 (cm)	10.49	4.63	6.22	3.85
10-20 (cm)	13.97	6.5	11.75	12.95
20-26 (cm)	7.5	8.05	12.34	14.47

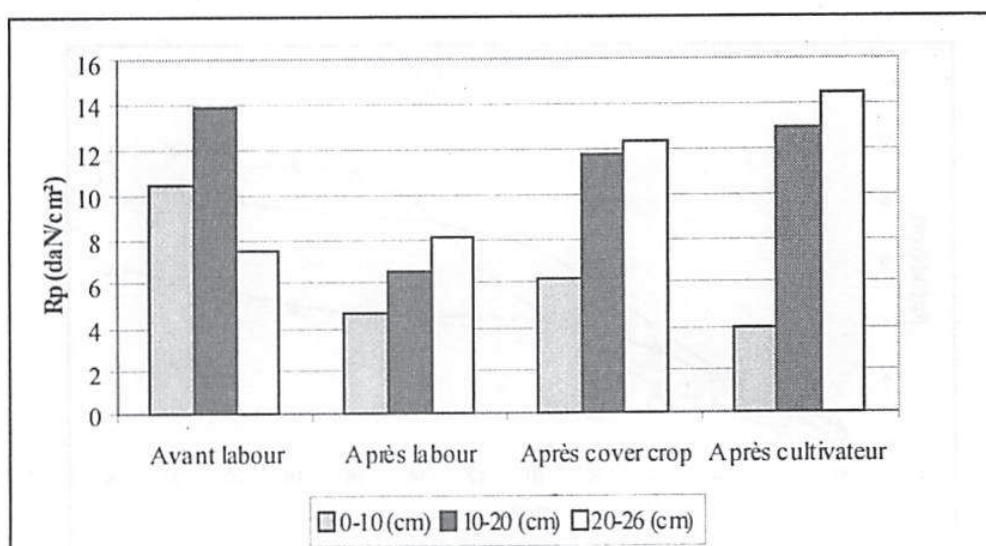


Figure 5 : Evolution de la résistance pénétrométrique en relation avec la profondeur et l'outil utilisé

Cette figure montre que la résistance pénétrométrique du sol est modifiée par l'outil aratoire utilisé. Nous constatons qu'après passage des outils aratoires, la résistance pénétrométrique du sol :

- diminue fortement après le labour, remonte légèrement après le covercrop et diminue encore après le passage du cultivateur à dents et ce pour le premier horizon (0-10 cm),
- pour le deuxième horizon compris entre 10 et 20 cm, les valeurs de la résistance pénétrométrique sont plus importantes et suivent la même évolution sauf qu'après le passage du cultivateur à dents la valeur de Rp augmente légèrement, elle passe de 11,75 à 12,95 daN/cm².
- pour ce qui est du troisième horizon, la valeur de la résistance pénétrométrique est plus faible avant le labour, elle n'est que de 7,5 daN/cm², puis augmente progressivement pour atteindre une valeur de 14,47 daN/cm². Ce qui est justifié par les nombreux passages du tracteur.

4. RELATION RESISTANCE PENETROMETRIQUE DU SOL AVEC SA POROSITE ET SA TENEUR EN EAU

L'analyse statistique de l'évolution de la résistance pénétrométrique en fonction de la porosité totale (n) et la teneur en eau (w) du sol a donné les résultats suivants :

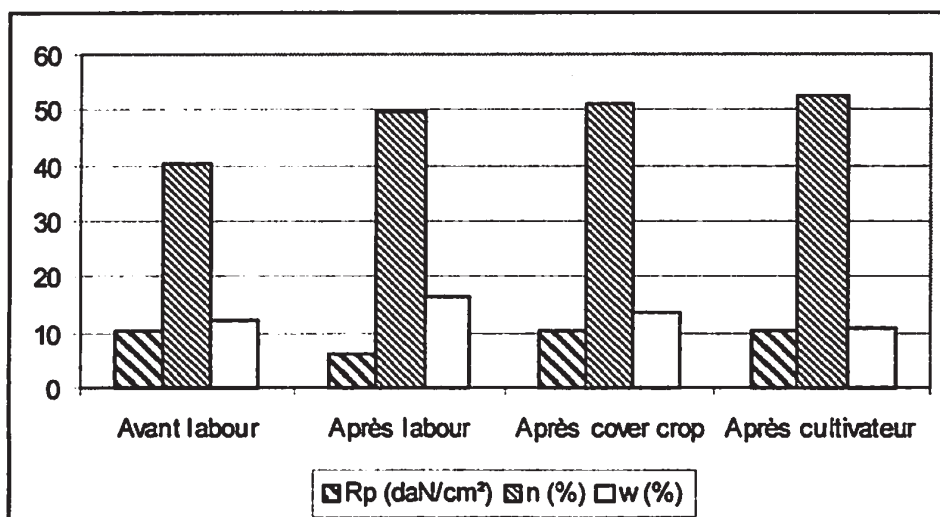


Figure 6 : Evolution comparée de Rp, de n et de w avant et après passage des outils aratoires

L'analyse par régression multiple, mettant en relation la variable dépendante R_p avec les variables indépendantes w et n , a donné la relation suivante :

$$R_p \text{ (daN/cm}^2\text{)} = 21,86 - 0,793 w - 0,041 n$$

avec $R^2 = 0,876$

Cette relation montre que la teneur en eau a plus d'effet que la porosité sur la valeur de la résistance pénétrométrique. Pour mettre en évidence cet effet une quantification de l'effet de la l'humidité du sol sur la résistance pénétrométrique a été réalisée.

La régression polynomiale du second ordre donnant la relation entre la résistance pénétrométrique (R_p) et la teneur en eau dans le sol (w) a permis l'obtention du modèle ci-dessous :

$$R_p = - 19,763 + 5,096.w - 0,213. w^2$$

Tenant compte de la valeur de $p = 0,013$ inférieure à 0,05 dans le tableau de l'analyse de la variance, le modèle établi montre que la relation entre R_p et w est fortement significative à un niveau de confiance de 95 %.

Le coefficient de détermination $R^2 = 0,9998$ montre que le modèle est expliqué à 99,98 %. Nous en concluons donc que la résistance pénétrométrique est fortement influencée par la teneur en eau dans le sol. D'où l'importance de choisir correctement le moment d'intervention avec les pièces travaillantes. La résistance pénétrométrique commence à diminuer à partir de la teneur en eau $w = 12\%$. Cette relation est illustrée par la figure suivante :

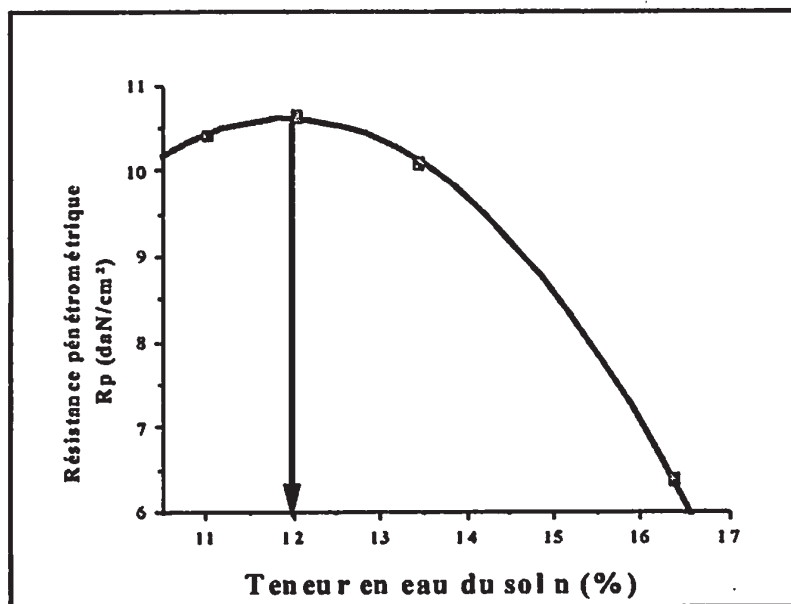


Figure 7 : Relation Résistance pénétrométrique R_p avec la teneur en eau w

CONCLUSIONS

Ce travail montre clairement l'effet des opérations de travail du sol, sur l'évolution de la résistance pénétrométrique du sol de la porosité et de l'humidité du sol. Les résultats obtenus confirment aussi l'effet de la teneur en eau du sol sur le comportement physique et mécanique du sol sous l'action des différents outils aratoires utilisés.

Les techniques de préparation du sol modifient nettement le comportement du sol vis-à-vis de la conservation de l'eau, de la porosité et particulièrement sur sa résistance pénétrométrique. Le choix des outils aratoires a donc un effet certain sur le développement des racines.

La résistance pénétrométrique est une donnée utile pour évaluer la force de résistance qu'opposera le sol. Il est cependant nécessaire de rappeler que ce paramètre est très influencé par la teneur en eau du sol. Une étude précise relative à l'effet des pneumatiques sur la compaction et sur la résistance pénétrométrique est nécessaire pour évaluer correctement la part de l'effet des outils aratoires.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- CASSEL, D.K., 1982.-** Tillage effects on soil bulk density and mechanical impedance. In: Unger, P.W., Van Doren, D.M., Whisler, F.D., Skidmore, E.L. (Eds.), Tillage Effects on Soil Physical Properties and Processes. Special Publication No. 44. ASA, pp. 45–67
- FRANCIS, G.S., CAMERON, K.C., SWIFT, R.S., 1987.-** Soil physical conditions after six years of direct drilling or conventional cultivation on a silt loam soil in New Zealand. Aust. J. Soil Res. 25, 517–529.
- HILL, R.L., 1990.-** Long-term conventional and no-tillage effects on selected soil physical properties. Soil Sci. Soc. Am. J. 54, 161–166.
- HODGSON, D.R., KIPPS, N.A., BRAIM, M.A., 1989.-** Direct drilling compared with plowing for winter wheat grown continuously and the effects of subsoiling. Soil Use Manage. 5, 189–194.
- LAL, R., LOGAN, T.J., FAUSEY, N.R., 1989.-** Long-term tillage and wheel traffic effects on a poorly drained Mollic Ochaaqualf in northwest Ohio. 1. Soil physical properties, root distribution and grain yield of corn and soybean. Soil Till. Res. 14, 341–358.
- HASHEMI-DEZFULI, A., HERBERT, S.J., 1996.-** Corn grain yield responses to tillage systems and plant densities. Iran Agric. Res. 15, 19–31.
- HAMZA M.A. AND ANDERSON W.K., 2005.-** Soil compaction in cropping systems. A review of the nature, causes and possible solutions. Soil and Tillage Research , 82 (2), p. 121-145.
- O'SULLIVAN, M.F., BALL, B.C., 1982.-** Spring barley growth, grain quality and soil physical conditions in cultivation experiment on a sandy loam in Scotland. Soil Till. Res. 2, 359–378.

RAPPORT CONCENTRE/FOURRAGE : EFFET SUR LA PRODUCTION DES VACHES LAITIÈRES DANS LA WILAYA DE CONSTANTINE

GHOZLANE F., BOUSBIA A., BENYOUCEF M.T. et TRIKI S.

Département de Zootechnie. Institut National Agronomique
16200 El Harrach – Alger Algérie

E-mail : ghozlane_f@yahoo.fr

R E S U M E

L'évaluation de la part du concentré dans la ration alimentaire des vaches laitières et son influence sur la production de lait dans les élevages bovins de la wilaya de Constantine a été étudiée dans 12 exploitations totalisant un effectif bovin de 865 têtes dont 504 vaches laitières en majorité de races Holstein et Montbéliarde. Il ressort de cette étude que, le rendement laitier qui s'établit en moyenne à 4500 litres/vache/an est relativement faible comparativement à ce qui est obtenu par ces races dans leurs pays d'origine et que les fourrages n'occupent qu'une place limitée dans l'assolement annuel. De ce fait, l'alimentation des vaches est fortement tributaire des apports de concentrés. Ce concentré n'est pas utilisé de façon rationnelle ce qui alourdit les charges alimentaires (plus de 55% des charges alimentaires totales). Ces résultats montrent les tendances actuelles de l'élevage bovin laitier en Algérie, basé essentiellement sur la conversion des concentrés en protéines animales à cause de la faiblesse de la production fourragère induite par la part des superficies réservées aux cultures fourragères qui couvrent à peine 8% de la SAU.

Mots clés : Algérie, alimentation, performances, vache laitière.

EXTRACT REPORT / FODDER: EFFECT ON THE BOVINE DAIRY PRODUCTION IN THE WILAYA OF CONSTANTINE.

A B S T R A C T

The evaluation of the share of the extract in the food of the dairy cows and its effect on the milk production of the cattles farming of the wilaya of Constantine was studied in 12 farms adding up a livestock number of 865 heads which 504 dairy cows as a majority of Holstein and Montbéliard breeds. It comes out from this study that, the dairy yield which is established on average with 4500 litre/cow/year is relatively low compared with what is obtained by these breeds in their native countries.

Fodders occupy a limited place in the yearly crop rotation. As a result, the feeding of the cows is heavily dependent of extracts supply. This extract is not used efficiently which increased the feed costs (more than 55% of the total feed costs).

These results show the current trends of the dairy cattle - rearing in Algeria, mainly based on the conversion of the extracts into animal proteins due to the weakness of the areas reserved for the forage crops which cover only 8% of the UAA.

Key words : Algeria, dairy cow, food, performances

INTRODUCTION

La production laitière en Algérie qui est évaluée à 1.7 milliard de litres en 2006 soit 0,28% de la production mondiale, ne couvre qu'à peine 40% des besoins de la population algérienne. (F.A.O. 2006).

Pour combler ce déficit, l'Algérie a recours à l'importation de lait en poudre avec une facture très élevée, de l'ordre de 488.2 millions de dollars US en 2006 (F.A.O. 2006).

Le lait constitue un produit de base dans le modèle de consommation algérien. Sa part dans les importations alimentaires totales du pays représente environ 22 % (F.A.O. 2006).

La rentabilité de l'élevage laitier est étroitement liée à la maîtrise du coût alimentaire du kilogramme de lait et à l'expression totale du potentiel génétique.

L'objectif de cette étude consiste à évaluer à partir des données récoltées sur plusieurs exploitations d'une part la part du concentré dans la ration alimentaire des vaches laitières et son influence sur la production laitière et d'autre part le coût de la production du litre de lait dans quelques élevages bovins laitiers de la wilaya de Constantine.

METHODOLOGIE

Le choix de la région d'étude a été dicté par la vocation agricole et particulièrement de l'importance de l'élevage bovin qui caractérise la wilaya de Constantine. Le nombre de vaches laitières dans cette wilaya avoisine les 37 000 têtes soit 4,46% de l'effectif national réparties sur 293 exploitations agréées (MADR, 2006).

La méthode de collecte des informations est basée particulièrement sur : Les mesures de paramètres techniques (quantités d'aliments, la production laitière). Les entretiens directs avec les éleveurs et les différentes institutions techniques d'élevage. Les observations personnelles. Le relevé des données sur les fiches d'élevage lorsqu'elles existent.

12 exploitations totalisant un effectif de 865 têtes, dont 504 vaches laitières ont été retenues sur la base des critères suivants :

La stabilité dans l'activité de l'élevage bovin laitier.

La disponibilité des informations fiables et mesurées (fiches d'élevages).

Le suivi de l'alimentation (planning fourrager) et de la production laitière.
La taille des élevages (supérieur à 10 vaches).

Les informations recherchées sont celles liées aux surfaces réservées aux cultures et à leurs rendements (SAU, SF, SFI), aux troupeaux bovins laitiers (la taille du troupeau, la structure du cheptel), à la production laitière (la production journalière par vache, la moyenne technique, la moyenne économique), et à l'alimentation (quantité distribuées, refusées).

RESULTATS ET DISCUSSION

CONDUITE ALIMENTAIRE DU TROUPEAU LAITIER

La ration de base, variable d'une exploitation à une autre se compose principalement en hiver : d'ensilage d'orge, de triticale, foin de vesce avoine ou d'avoine et parfois de luzerne. En été celle-ci comprend le sorgho en vert, l'ensilage à base d'orge ou de triticale, le foin de vesce avoine.

Suivant les plans d'affouragement appliqués au niveau de ces unités, la distribution du vert est limitée à des périodes très courtes (3 mois au maximum).

Excepté l'orge qui est produit par quelques exploitations, toutes les autres matières premières utilisées par les éleveurs pour la préparation de l'aliment concentré sont achetées.

L'enquête a relevé que 50 % des élevages distribuent entre 8,1 et 10 kg de concentrés par vache et par jour.

La fréquence de distribution du concentré est unique dans toutes les exploitations (deux fois par jour au moment de la traite).

LES APPORTS EN MATIERE SECHE

Les quantités de MS ingérées de la ration totale / vache / jour exprimées en kg varient de 15,92 à 22,45 avec une moyenne de $19,32 \pm 2,02$ avec un apport de MS de 3,3 kg par 100 kg de poids vif. Cette quantité semble répondre à la norme préconisée par Jarige (1988).

Les résultats enregistrés montrent que la quantité moyenne de fourrage et de concentré ingéré exprimé en MS s'établissent respectivement à $11,70 \pm 2,35$ kg par vache et par jour, et $8,14 \pm 1,62$ kg par vache et par jour.

LES APPORTS EN UFL ET MAD

La part du concentré dans la ration distribuée est en moyenne de $41,86 \pm 8,33\%$ (tableau 1), ce rapport varie de $26,05 \pm 2,05$ (unité 4) à $56,55\%$ (unité 11). Néanmoins seules deux exploitations dépassent les normes préconisées (SOLTNER, 1990) exposant ainsi leurs vaches au risque d'acidose digestive

La part du concentré dans l'apport énergétique total pour les vaches laitières est en moyenne de $56,00 \pm 7,42\%$, ce rapport varie de $40,87\%$ (unité 3) à $70,48\%$ (unité 11).

Les proportions des UFL et des MAD apportées par le concentré dans la ration totale varient respectivement de 39,9 à 70,48 % avec une moyenne de $55,42 \pm 7,50\%$ pour les UFL et 47 à 74,82 % avec une moyenne de $65,43 \pm 5,62\%$ pour les MAD (tableau 1). Ces résultats sont largement supérieurs à ceux obtenus en condition semi aride puisque MADANI et al (2004) rapportent les taux de 42% pour les UFL et 53% pour les MAD. En revanche la proportion des UFL obtenu est très proche de celle indiquée par BOUKIR (2007) en zone du littoral soit 54%.

LA PRODUCTION LAITIERE

LA PRODUCTION LAITIERE PERMISE PAR LA RATION DE BASE

La moyenne de la production laitière permise par la ration de base dans toutes les exploitations est de $3,60 \pm 2,08$ kg et $2,73 \pm 1,61$ kg respectivement pour les UFL et les MAD (tableau 2). Cette faible production est à mettre en relation avec la qualité médiocre des fourrages cultivés qui laisse à désirer et qui affecte négativement la valeur laitière de la ration. Les fourrages classiques à base d'orge et de vesce avoine présentent généralement une faible valeur nutritive; ils sont riches en cellulose, pauvres en protéines, peu digestibles et encombrant le rumen.

LA PRODUCTION LAITIERE PERMISE PAR LA RATION TOTALE

La moyenne de la production théorique permise par les UFL et les MAD est respectivement de $22,59 \pm 4,14$ kg et $20,42 \pm 3,90$ Kg dans toutes les exploitations, elle est supérieure à la moyenne de la production laitière réelle au niveau de toutes les exploitations soit une moyenne de $14,85 \pm 2,74$ kg. Ces résultats s'expliqueraient par la déviation du métabolisme engendrant une lipogénèse au lieu d'une sécrétion lactée (Tableau2).

Tableau 1 : Caractéristiques des rations des vaches laitières dans chaque exploitation

N° d'exploitation	Kg de MS ingérée par vache et par jour	MS concentrée / MS totale%	UFL concentré/ UFL totaux (%)	MAD concentré / MAD totaux (%)
1	19,62 ± 2,05	40,34 ± 4,21	55,72 ± 7,58	61,77 ± 1,02
2	22,45 ± 1,63	40,23 ± 3,04	53,66 ± 2,94	59,73 ± 3,58
3	18,42 ± 0,62	29,34 ± 0,99	40,87 ± 1,36	59,68
4	21,49 ± 1,69	26,05 ± 2,05	47,95 ± 5,87	60,84 ± 3,39
5	18,4	39,14	54,24	71,08
6	21,12	51,14	63,9 ± 0,14	72,99 ± 2,59
7	20,48 ± 2,50	44,28 ± 5,41	57,82 ± 2,92	68,49 ± 3,28
8	20,45	44	59,38	74,65
9	17,85	40,33	53,57	64,92
10	16,29	44,20	55,25	64,95
11	15,92	56,55	70,48	71,05
12	19,35 ± 1,28	46,64 ± 2,97	59,17 ± 2,84	67,03 ± 5,11
Moy. et écart type	19,32 ± 2,02	41,86 ± 8.33	56,00 ± 7.42	66,39 ± 5,29

Tableau 2 : Niveau de production laitière par exploitation

N° d'exploitation	Production théorique (kg)		Production moyenne réelle (kg)	Kg de lait permis par (UFL) de la RB	Kg de lait permis par (MAD) de la RB
	UFL	MAD			
1	26,68 ± 3,66	21,37 ± 2,79	15,03 ± 0,58	5,68 ± 3,66	3,51 ± 0,29
2	29,65 ± 1,65	25,69 ± 1,48	20,08 ± 1,26	7,66 ± 1,65	6,84 ± 1,48
3	17,97 ± 0,70	13,59	11,60 ± 0,32	5,99 ± 0,70	1,90 ± 0,01
4	16,45 ± 2,41	13,73 ± 0,73	10,88 ± 1,32	3,21 ± 2,41	1,73 ± 0,78
5	21,81	22,56	11,15	3,80	2,26
6	27,18 ± 0,05	25,31 ± 0,79	16,84 ± 0,35	2,25 ± 0,22	2,47 ± 0,79
7	24,98 ± 1,30	23,06	15,89 ± 0,26	3,99 ± 1,29	2,88 ± 0,96
8	24,09	19,01	16,61	3,03	0,36
9	20,42	18,39	16,53	3,40	2,55
10	17,31	20,86	13,16	1,47	3,54
11	21,67	19,07	14,61	0,00	1,26
12	22,94 ± 1,25	22,37 ± 1,58	15,87 ± 0,57	2,67 ± 1,25	3,44 ± 1,59
Moy. et écart type	22,59 ± 4,14	20,42 ± 3,90	14,85 ± 2,74	3,60 ± 2,08	2,73 ± 1,61

LA PART DU CONCENTRE DANS LA PRODUCTION LAITIERE THEORIQUE ET REELLE

La production laitière est assurée par un apport massif d'aliments composés dont la composition est souvent variable. L'apport énergétique du concentré qui participe dans la production laitière aussi bien théorique que réelle est très élevé ; les proportions varient respectivement de $66,78 \pm 2,58$ à 100% (avec une moyenne de $84,38 \pm 8,66\%$) et de $48,20 \pm 7,42$ à 100% (avec une moyenne de $75,08 \pm 14,31\%$).

L'apport azoté du concentré dans la production laitière théorique et réelle est lui aussi fortement élevé, avec des proportions qui varient respectivement de $73,63 \pm 4,07$ à 94,40 % (avec une moyenne de $87,02 \pm 6,21\%$) et de $68,83 \pm 6,71$ à 91,37% (avec une moyenne de $82,05 \pm 7,73\%$).

De ces résultats, on peut déduire que l'apport azoté du concentré qui participe dans la production laitière théorique et réelle est supérieur à l'apport énergétique. Ce qui témoigne de la médiocrité de la qualité des fourrages grossiers utilisés surtout du point de vue protéique. On en déduit que la production laitière dans cette région reste souvent assurée à "coup de concentrés".

PART DU CONCENTRE DANS LE COUT DE PRODUCTION DU LAIT CRU

Le coût de production du litre de lait calculé par la chambre nationale d'agriculture en 2006 a été estimé à $26,41 \pm 5,02$ DA /l. Il varie selon le niveau de production ; il reste tout de même élevé en raison des techniques d'alimentation archaïque et de la faible valeur nutritive des fourrages cultivés (SERAY, 2006).

Ce prix de revient est en dessus du prix de vente du lait recombinaé fixé par l'état à 25 dinars le litre.

L'étude réalisée par cette même institution a révélé que 80% du coût de production du litre de lait cru est attribué à l'alimentation.

Les résultats obtenus montrent que le concentré participe dans les charges alimentaires à des proportions qui varient selon les exploitations entre $36,93\% \pm 0,38$ et $63,35\% \pm 1,07$ avec une moyenne de $55,13\% \pm 8,10$ alors qu'au Maroc, il ne participe selon SRAIRI et KESSAB, (1998) que pour 30%.

CONCLUSION

Les rations de base distribuées dans les exploitations enquêtées sont pauvres, elles couvrent à peine les besoins d'entretien des animaux d'où le recours excessif aux concentrés. Les conditions de productions dans cette région de l'Algérie sont extrêmement favorables à une amélioration du niveau de production laitière. En effet une meilleure maîtrise des techniques culturales et de conservation des fourrages permettra non seulement l'augmentation des rendements, mais aussi la valeur alimentaire des espèces cultivées (ABDELGUERFI et *al*, 2007). Une telle évolution n'est possible cependant que par une intensification mobilisatrice des ressources hydriques très souvent détournées vers les cultures spéculatives. Ainsi il apparaît que le développement durable de la filière bovin laitier en Algérie est conditionné par la maîtrise des systèmes fourragers.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ABDELGUERFI A., LAOUAR M. et M'HAMMEDI BOUZINA M., 2007.-** Les productions fourragères et pastorales en Algérie. Agriculture et développement. 6 ,14-25.
- ANONYME, 2006.-** Les contraintes de développement de l'agriculture algérienne. Rapport d'expertise. Chambre nationale d'agriculture.
- BOUKIR M., 2007.-** Relations entre les modalités de productions bovines et les caractéristiques du lait .cas des exploitations laitières de la wilaya de Tizi-ouzou. Thèse de magister INA El-harrach 114 p.
- F.A.O, 2006.-** Annuaire statistique de la FAO.
- JARRIGE R., 1988.-** Alimentation des bovins ovins et caprins. Paris, INRA France.
- MADANI T., MOUFFOK C., et FRIOUI M., 2004.-** Effet du niveau de concentré sur la rentabilité de la production laitière en situation semi-aride algérienne. 11 Renc. Rech. Ruminants Paris France.
- MADR, 2006.-** Statistiques agricoles : superficie et production, série B.
- Seray K., 2006.-** Crise actuelle de la filière lait en Algérie. L'union générale des commerçants et artisans algériens (UGCAA).
- SOLTNER D., 1990.-** Alimentation des animaux domestiques. Paris, INRA France.
- SRAIRI M.T. et KESSAB B., 1998.-** Performances et modalités de production laitière dans six étables spécialisées au Maroc. INRA Productions animales; 11 :299-304

EFFET DU STRESS HYDRIQUE SUR QUELQUES PREDICTEURS DES VALEURS F_1 ET DE L'HETEROSIS CHEZ LE BLE DUR (*Triticum Durum* Desf.)

HANIFI-MEKLICHE L. ⁽¹⁾, BOUKECHA D. ⁽²⁾ et MEKLICHE A. ⁽²⁾
courriel : hanifileila@yahoo.fr

⁽¹⁾ Labo. de Rech. Production Végétale, I.N.A. el-Harrach, Alger

⁽²⁾ Dépt de Phytotechnie, I.N.A. , I.N.A. El-Harrach, Alger

R E S U M E

L'effet du stress hydrique sur les différents prédicteurs des valeurs F_1 et de l'hétérosis du blé dur (*Triticum durum* Desf.) a été étudié en utilisant un croisement demi-diallèle entre cinq variétés dans un dispositif split-plot. Le facteur stress hydrique comporte trois traitements disposés en sous blocs. Les corrélations F_1 -parent moyen et F_1 - AGC sont non significatives dans la majorité des cas. Il y a une forte influence de l'ASC au niveau des caractères nombre de grains/épi, poids de 1000 grains, biomasse aérienne, indice de récolte (au niveau des trois traitements), longueur de l'épi (irrigué), hauteur de la tige (irrigué et stressé à la montaison) et rendement en grain (irrigué et stressé à l'épiaison). Le stress hydrique affecte la signification de quelques corrélations F_1 -ASC, F_1 -AGC et F_1 -parent moyen.

Mots clés : Prédicteurs, F_1 , hétérosis, stress hydrique, blé dur.

EFFECT OF WATER STRESS ON SOME PREDICTORS OF F_1 VALUES AND HETEROSIS OF DURUM WHEAT (*Triticum durum* Desf.)

A B S T R A C T

The effect of the water stress on the predictors of F_1 values and the heterosis of durum wheat (*Triticum durum* Desf.) was studied by using a half crossing diallel between five varieties in Split-plot design. The water factor stress comprises three treatments laid out in main plot. The correlations F_1 – mid-parent and F_1 - GCA are not significant in the majority of the cases. There is a strong SCA influence for ear grains numbers, thousand grains weight, aboveground biomass, harvest index (on the level of the three treatments), ear length (irrigated), straw height (irrigated and stressed at stem elongation) and grain yield (irrigated and stressed at heading date). The water stress affects the significance of some correlations F_1 - SCA, F_1 - GCA and F_1 – mid-parent.

Key words : Predictors F_1 , heterosis, water stress, durum wheat.

ملخص

تمت دراسة الإجهاد المائي على مختلف المتنبئات (prédicteurs) لقيم الجيل الأول (F1) والهتروزييس (l'hétérosis) عند خمسة أصناف من القمح الصلب (*Triticum durum* Desf.) باستعمال تصالب نصف ثنائي الصنو عبر أداة (split-plot) التجريبية. إن دراسة عامل الإجهاد المائي عبر التجربة مركبة من ثلاث قوالب (blocs). وزعت في كل قالب ثلاثة علاجات نقص الماء. أبرزت أن الارتباطات بين الجيل الأول F1 - الوالد متوسط و AGC-F1 غير معتبة احصائيا في معظم الحالات. كما بينت الدراسة تأثير الـ ASC على العوامل التالية : عدد الحبات في كلي سنبل، وزن ألف حبة، الكتلة الحيوية الخضرية، مؤشر الحصاد (علي مستوى علاجات)، طول السنبل (علاج مسقي)، طول الساق (علاجات مجهد عند الصعود. السنبل و علاج مسقي) و مردود من حبات القمح (مجهد عند تسنبل و مسقي). كما أن الإجهاد المائي يؤثر أيضا على دلالة بعض الارتباطات بين F1-ASC, F1-AGC و الوالد المتوسط F1-.

الكلمات الجوهرية : الهتروزييس، الإجهاد المائي، قمح الصلب، الجيل الأول، المتنبئات،

1. INTRODUCTION

La sélection d'hybrides performants dans une espèce donnée dépend de l'importance de l'hétérosis obtenu. Le niveau d'hétérosis dépendrait de la divergence des deux parents. La prédiction de la valeur F_1 à partir de la divergence parentale peut alors être recherchée. Si la corrélation est élevée, le sélectionneur a alors le moyen d'effectuer un tri préliminaire au niveau des parents sur la base d'un indice de distance (LEFORT-BUSON, 1986).

Plusieurs méthodes utilisant la valeur propre, la divergence parentale estimée par la statistique D^2 de Mahalanobis basée sur les données phénotypiques et la distance de HANSON et CASAS (HANSON et CASAS, 1968) ont été utilisées pour étudier la relation parents-descendance. Les résultats des différents travaux utilisant la distance D^2 de Mahalanobis sur blé (SINGH et BEHL, 1991, PICARD *et al.*, 1992), sur maïs (MELO *et al.*, 2001), sur cacao (DIAS *et al.*, 2003) et la distance de HANSON et CASAS sur le petit mil pénicillaire (MARCHAIS, 1978) et sur orge (HANIFI-MEKLICHE et GALLAIS, 1999) montrent que la corrélation entre celles-ci et la valeur moyenne et/ou l'hétérosis exprimés par l'hybride varie d'une espèce à l'autre, d'un génotype à l'autre, d'un caractère à l'autre et de l'environnement.

Récemment de nouveaux outils de prédiction fournis par les marqueurs moléculaires ont été utilisés. Là aussi, les résultats varient d'une expérience à l'autre. Les résultats obtenus par XIAO *et al.* (1996) montrent une corrélation élevée entre l'hétérosis et la distance moléculaire chez le riz. Cependant, chez le cacao, sur cinq caractères étudiés, seuls deux (poids humides des semences/plante et poids humides des semences/fruit) montrent une corrélation positive et significative entre, d'une part, la distance mesurée à l'aide des données de la RAPD et, d'autre part, la performance moyenne et l'hétérosis des hybrides (DIAS *et al.*, 2003). Par contre, GARCIA *et al.* (2002) ne trouvent aucune corrélation significative entre les distances génétiques basées sur les marqueurs RAPD et l'hétérosis F_1 chez le poivron vert. De même, les résultats de XU *et al.* (1999) sur le riz montrent qu'il n'y a aucune corrélation entre la diversité parentale mesurée par les marqueurs SSR et la performance F_1 ou l'hétérosis par rapport au parent moyen pour tous les caractères quantitatifs étudiés. Les résultats obtenus par REDONA *et al.* (2001) sur le riz suggèrent que la relation entre la divergence parentale mesurée par l'hétérozygotie des marqueurs microsatellite et le niveau d'hétérosis chez les hybrides varie avec les génotypes étudiés et que la prédiction de l'hétérosis à partir des données des marqueurs moléculaires peut être difficile.

En Algérie, le problème du stress hydrique de fin de cycle chez les céréales se pose avec acuité. La question est de savoir si le stress hydrique peut affecter les différents prédicteurs des valeurs F_1 et de l'hétérosis ?

L'objectif de ce travail est donc d'étudier, dans différentes situations de stress hydrique, les différents prédicteurs des valeurs F_1 et de l'hétérosis en utilisant la valeur propre, les distances de Mahalanobis et de Hanson et Casas.

2. MATERIEL ET METHODES

Ce travail fait suite à une étude de l'effet du stress hydrique sur l'hétérosis F_1 du blé dur (*Triticum durum* Desf.) (BOUKECHA, 2001). Il porte sur 5 variétés de blé dur et 10 hybrides issus du croisement demi-diallèle de ces mêmes variétés. Les variétés utilisées sont Waha, Vitron, Ardente, Siméto et Saadi. L'expérimentation est réalisée en pot à l'Institut National Agronomique. Les plantules des 15 génotypes obtenus après germination dans les boîtes de Pétri sont repiquées à raison de 2 plantules par pot en polyéthylène d'une contenance de 7 l. Le substrat utilisé est un sol reconstitué avec un mélange de terre – sable – terreau en proportion 1 : 8 : 1 dont la capacité de rétention est de 6,6 %. L'essai est disposé en split plot avec 3 blocs. Le facteur irrigation comporte 3 traitements disposés en sous blocs, chaque sous blocs comprend les 15 génotypes et chaque génotype est représenté par 4 pots, soit au total 14 répétitions/génotype. Les traitements appliqués sont :

- Traitement irrigué (IRR), les pots sont conduits en irrigué tout le long du cycle de développement de la plante,
- Traitement stressé au stade montaison (MON), les plantes sont conduites en irrigué jusqu'à la montaison puis stressés par arrêt de l'irrigation jusqu'au tarissement de 80 % de la réserve utile du sol puis réhydratés.
- Traitement stressé au stade épiaison (EPI), le déficit hydrique est appliqué par arrêt de l'arrosage au stade épiaison.

Les caractères étudiés sont la date d'épiaison qui correspond au nombre de jours du semis jusqu'à la date d'épiaison de 50 % des plantes se trouvant dans les pots, la hauteur de la tige en cm (HT), la longueur des barbes en cm (LB), la longueur du col de l'épi en cm (LC), la surface de la feuille étendard en cm² (SF), le nombre de grains par épi (NGE), le poids de mille grains (PMG), la biomasse par plante (BIO), le rendement en grain par plante (RDT) et l'indice de récolte (IR). Les différentes mesures ont été effectuées sur l'ensemble des plantes de l'essai.

Le modèle 1 où l'effet bloc est considéré comme une variable aléatoire et les variétés comme variable fixe et la méthode 3 (les parents, une série de F_1 sans les réciproques) de l'analyse diallèle de GRIFFING (1956) ont été utilisés pour chaque traitement séparément.

La performance y_{ij} d'un croisement peut être décomposée sous une forme faisant apparaître l'hétérosis h_{ij} défini comme l'écart de la moyenne de l'hybride par rapport à la moyenne de ses parents, d'après le modèle de EBERHART et GARDNER (1966) :

$$y_{ij} = \bar{v} + \frac{1}{2}v_i + \frac{1}{2}v_j + h_{ij}$$

$$y_{ii} = \bar{v} + v_i$$

v_i est la valeur propre centrée du parent i et \bar{v} est la moyenne des parents.

Les principes de décomposition factorielle peuvent être appliqués aux valeurs h_{ij} ($i \neq j$) de la manière suivante :

$$h_{ij} = \bar{h} + h_i + h_j + S_{ij}$$

\bar{h} est l'hétérosis moyen

h_i est l'hétérosis lié au parent i appelé hétérosis parental (ou général)

S_{ij} est l'hétérosis spécifique et est donc égal à l'aptitude spécifique à la combinaison (ASC).

L'aptitude générale à la combinaison (AGC) peut être décomposée comme suit :

$$AGC = h_i + \frac{1}{2}v_i$$

$$v_i = l_i - \bar{l}$$

l_i est la valeur propre du parent i et \bar{l} est la moyenne de toutes les variétés.

3. RESULTATS

L'analyse de la variance montre des différences très hautement significatives entre les géotypes pour l'ensemble des caractères et un effet traitement significatif à très hautement significatif pour la majorité des caractères à l'exception de la date d'épiaison, de la longueur des barbes et de la longueur du col (tableau 1). L'interaction géotype x irrigation est très hautement significative pour la majorité des caractères étudiés à l'exception du nombre de jours nécessaires à l'épiaison. Ceci montre que la valeur d'un géotype donné dépend du milieu dans lequel il se développe. La comparaison des moyennes montre que le stress hydrique à l'épiaison provoque une réduction beaucoup plus importante de l'ensemble des caractères par rapport à celle obtenue par un stress hydrique à la montaison (tableau 2). L'analyse diallèle de GRIFFING (1956) a été réalisée pour chaque traitement séparément à cause de la signification de l'interaction géotype x irrigation pour la majorité des caractères. Cette analyse révèle une variance d'AGC et d'ASC très hautement significative (tableau 3) pour l'ensemble des caractères. Cependant, les pourcentages de la variation expliqués par l'ASC sont plus importants que ceux de l'AGC, montrant ainsi le rôle prédominant des effets non additifs (tableau 4).

3.1. CORRELATION F_1 – PARENT MOYEN

La majorité des corrélations F_1 – parent moyen (tableau 5) au niveau des différents caractères par traitement sont non significatives à l'exception du nombre de grains/épi ($r = -0,88^{***}$ pour le traitement irrigué) et de l'indice de récolte ($r = 0,70^*$ et $0,71^*$ respectivement pour les traitements irrigué et stressé à la montaison). Le parent moyen explique 76,91 % et 50 % de la variation du nombre de grains/épi et de l'indice de récolte respectivement. Sur la base de cette corrélation, ces deux caractères apparaissent comme étant les plus additifs par rapport aux autres caractères.

3.2. CORRELATION F_1 – ASC.

Cette corrélation permet de séparer les plus faibles corrélations F_1 – parent moyen, celles qui sont dues à une imprécision dans les mesures de celles qui sont dues à l'ASC.

Le nombre de corrélations significatives est plus important au niveau de l'essai irrigué (7 sur 10) suivi de l'essai stressé à la montaison (5 sur 10) et de l'essai stressé à l'épiaison (5 sur 10) (tableau 5). L'ASC explique plus de 50 % de la variation totale obtenue au niveau des caractères nombre de

Tableau 1 : Analyse de la variance (carrés moyens) des différents caractères

CARACTERES	Génotype Ddl = 14	Traitement ddl = 2	Génotype x traitement ddl = 28	Résiduelle ddl = 84	Résiduelle ddl = 4	C.V. (%)	
	(1)	(2)		(1)	(2)	(1)	(2)
RDT (g)	57,6***	117,7***	31,3***	0,8	0,7	8,6	9,6
NGE	737,5***	2858,9***	960,1***	9,8	4,3	11,8	9,1
PMG (g)	659,1***	236,1**	349,7***	7,8	9,7	6,7	6,5
BIO (g)	30,4***	297,1**	55,5***	3,4	8,5	7,8	6,3
IR	0,1***	0,1***	0,1***	$7,02 \cdot 10^{-4}$	$1,8 \cdot 10^{-4}$	6,6	7,8
DE	358,7***	20,9 ns	18,0 ns	27,9	10,9	2,4	3,4
LB	5,5***	1,1 ns	4,2***	0,9	0,9	7,4	7,6
LC	19,3***	5,4 ns	8,9***	1,8	1,9	13,5	11,2
HT (cm)	40,8***	67,8*	33,3***	9,4	7,2	5,1	5,1
SF (cm ²)	319,9***	937,8***	160,8***	14,8	5,6	5,4	7,9

SCE résiduelle 1 = SCE génotype x bloc + SCE génotype x bloc x irrigation.
 Cette résiduelle est utilisée pour le calcul du F observé des effets génotype et interaction génotype x irrigation,

SCE résiduelle 2 = SCE bloc x irrigation. Cette résiduelle est utilisée pour le calcul du F observé de l'effet irrigation

*, **, *** significatif à 0,05, 0,01, 0,001 respectivement, ns = non significatif,

C.V. = coefficient de variation de l'erreur

Tableau 2 : Moyennes des hybrides F1 et des parents en fonction du stress hydrique

CARACTERES	F1			PARENTS		
	Irrig	Mont	Epi ai	Irrig	Mont	Epi ai
RDT	11,86	10,12	7,97	9,24	9,07	7,41
NGE	52,27	46,37	32,35	44,65	48,65	39,72
PMG	51,57	45,60	50,00	41,80	39,99	38,14
BIO	30,74	26,39	26,78	30,68	27,04	24,42
IR	0,40	0,39	0,30	0,30	0,34	0,31
DE	82,20	82,73	80,97	85,20	84,40	84,27
LB	12,07	12,33	12,50	12,40	12,80	11,93
LC	12,00	10,90	10,77	12,00	13,33	12,40
HT	61,80	59,00	58,37	59,47	60,40	59,07
SF	57,70	48,77	50,27	53,53	45,93	46,93

Tableau 3 : Analyse de la variance du demi-diallèle (5 x 5) selon la méthode 3 modèle I de GRIFFING (1956)

CARACTERES	IRRIG		MONT		EPIAI	
	CM AGC (ddl 4)	CM ASC (ddl 10)	CM AGC (ddl 4)	CM ASC (ddl 10)	CM AGC (ddl 4)	CM ASC (ddl 10)
RDT	40,59***	124,25***	64,11***	108,47***	13,89***	32,87***
NGE	884,58**	4963,26***	751,52***	1285,38***	516,46***	377,32***
PMG	88,74***	342,72***	850,21***	1788,26***	515,52***	376,80***
BIO	69,34***	234,97***	95,77***	127,10***	144,48***	329,94***
IR	0,11***	0,25***	0,11***	0,23***	0,03***	0,04***
DE	1544,84***	1919,76***	230,85***	620,10***	1545,68***	1673,75***
LB	48,74***	71,38***	54,92***	57,48***	33,28***	65,42***
LC	46,96***	57,88***	48,06***	53,65***	45,25***	50,61***
HT	654,71**	1093,77***	913,77***	1198,18***	725,21***	1273,04***
SF	800,33**	1280,75***	380,91***	528,91***	1040,12***	1080,17***

CM = carré moyen, AGC = aptitude générale à la combinaison,
 ASC = aptitude spécifique à la combinaison,
 *, **, *** significatif à 0,05, 0,01, 0,001 respectivement,
 ns = non significatif

Tableau 4 : Composantes de la variation des aptitudes à la combinaison des différents caractères par traitements

CARACTERES	AGC ₁ /ASC ₂		
	IRRI	MON	EPI
RDT	0,2	0,4	0,3
NE	0,4	0,4	0,2
NGE	0,4	0,4	0,9
PMG	0,2	0,3	0,2
BIO	0,3	0,5	0,3
IR	0,3	0,3	0,4
DE	0,5	0,6	0,6
LB	0,6	0,5	0,3
LC	0,5	0,6	0,6
HT	0,4	0,5	0,4
SF	0,4	0,5	0,6

$$1=2 \frac{\sum g_i^2}{4}, 2=\frac{1}{5} \sum S_{ij}^2$$

Tableau 5 : Corrélations entre d'une part la F₁ et d'autre part l'AGC, l'ASC et le parent moyen

CARACTERES	F ₁ -Pmoy			F ₁ -AGC			F ₁ -ASC		
	IRR.	MON.	EPI.	IRR.	MON.	EPI.	IRR.	MON.	EPI.
RDT	0,02 ns	-0,13 ns	0,27 ns	0,59 ns	0,59 ns	0,38 ns	0,93***	0,59 ns	0,97***
NGE	-0,88***	0,02 ns	0,28 ns	0,67*	0,08 ns	0,52 ns	0,98***	0,78**	0,96***
PMG	0,05 ns	0,02 ns	-0,18 ns	-0,04 ns	0,64*	-0,05 ns	0,84**	0,95***	0,97***
BIO	0,14 ns	0,60 ns	0,36 ns	0,29 ns	0,25 ns	-0,21 ns	0,91***	0,99***	0,86**
IR	0,70*	0,71*	-0,10 ns	0,59 ns	0,26 ns	0,53 ns	0,98***	0,76*	0,72*
DE	0,23 ns	0,40 ns	0,40 ns	0,22 ns	0,27 ns	0,22 ns	0,51 ns	0,25 ns	0,30 ns
LB	-0,57 ns	-0,13 ns	-0,33 ns	0,58 ns	0,48 ns	0,19 ns	0,61 ns	0,39 ns	0,48 ns
LC	0,47 ns	0,15 ns	0,21 ns	0,56 ns	0,73*	0,55 ns	0,19 ns	0,26 ns	0,54 ns
HT	0,02 ns	0,27 ns	-0,27 ns	0,37 ns	0,75*	0,42 ns	0,92***	0,69*	0,28 ns
SF	-0,12 ns	0,25 ns	-0,33 ns	0,29 ns	0,21 ns	0,72*	0,90***	0,22 ns	-0,15 ns

IRR = irrigated, MON = stressed at stem elongation , EPI = stressed at heading date, caractères = traits,

RDT = grain yield, NGE = grain number/ear, PMG = thousand grain weight, BIO = air biomass,

IR = Harvest index, DE = Heading date, LB = barbs length, LC = ear collar length, HT = Straw height,

SF = leaf area

grains/épi, poids de 1000 grains, biomasse aérienne, indice de récolte (pour les trois traitements), rendement en grain/plante (irrigué et stressé à l'épiaison), hauteur de la tige (irrigué et stressé à la montaison) et surface foliaire (irrigué). Ces résultats montrent que la valeur de l'hybride est dépendante du croisement, ce dernier s'exprime d'autant mieux que le milieu est favorable.

3.3. RELATION ENTRE LA VALEUR PROPRE, L'HÉTÉROSI PARENTAL ET L'AGC

La majorité des corrélations $h_i - v_i$ sont négatives, dont seulement deux sont significatives. Il s'agit du rendement en grain au niveau du traitement irrigué et de la date d'épiaison au niveau des trois traitements. Pour ce dernier caractère, la valeur propre explique plus de 98 % de la variation totale obtenue (tableau 6).

La signification des corrélations $h_i - AGC$ dépend du traitement pour le rendement en grain, le nombre d'épis/plante, la longueur du col et la surface foliaire. La longueur des barbes ($r = 0,99^{***}$; $0,96^{***}$ et $0,97^{**}$ respectivement pour les traitements irrigué, stressé à la montaison et stressé à l'épiaison) et la hauteur de la tige ($r = 0,99^{**}$; $0,988^{**}$ et $0,97^{**}$ respectivement pour les traitements irrigué, stressés à la montaison et stressé à l'épiaison) montrent une corrélation $h_i - AGC$ significative dans les trois traitements (tableau 6). Aucune corrélation significative $AGC - v_i$ n'est obtenue.

3.4. CORRELATION ENTRE LES DISTANCES GENÉTIQUES, LA VALEUR F_1 , L'ASC ET L'HÉTÉROSI SPÉCIFIQUE (h_{ij}).

La majorité des corrélations avec la distance de Hanson et Casas et avec la distance de Mahalanobis (tableau 7) sont négatives, ce qui signifie que plus la distance entre les lignées parentales est grande et plus la valeur de l'hybride F_1 , l'hétérosi spécifique (h_{ij}) et l'ASC sont faibles. Dans la majorité des cas ces corrélations sont non significatives montrant qu'il y a une indépendance entre, d'une part, les distances étudiées et, d'autre part,

Tableau 6 : Corrélations $h_i - v_i$ et $h_i - AGC$

CARACTERES	$h_i - v_i$ (ddl = 3)			$h_i - AGC$ (ddl = 3)		
	IRR	MON	EPI	IRR	MON	EPI
RDT	-0,91*	-0,58 ns	-0,71 ns	-0,91*	-0,58 ns	-0,71 ns
NGE	-0,63 ns	-0,66 ns	0,56 ns	-0,63 ns	-0,66 ns	0,56 ns
PMG	-0,87 ns	-0,70 ns	-0,83 ns	-0,87 ns	-0,70 ns	-0,83 ns
BIO	-0,22 ns	-0,52 ns	0,04 ns	-0,22 ns	-0,52 ns	0,04 ns
IR	-0,84 ns	-0,57 ns	-0,59 ns	-0,84 ns	-0,57 ns	-0,59 ns
DE	-0,99**	-0,99***	-0,99***	-0,54 ns	-0,19 ns	-0,85 ns
LB	0,57 ns	0,57 ns	-0,30 ns	0,99***	0,96**	0,97**
LC	0,37 ns	-0,17 ns	0,49 ns	0,98**	0,84 ns	0,98**
HT	-0,29 ns	0,48 ns	-0,23 ns	0,99**	0,99**	0,97**
SF	-0,12 ns	-0,32 ns	0,25 ns	0,92*	0,70 ns	0,90*

Tableau 7 : Corrélations entre la distance de HANSON et CASAS d'une part et la moyenne des F₁, l'hétérosis par rapport au parent moyen (h_{ij}) et l'ASC d'autre part et entre la distance de Mahalanobis d'une part et h_{ij} et la F₁ d'autre part

CARACTERES	R ² _{F₁} - F ₁ (ddl=8)	R ² _{h_{ij}} - h _{ij} (ddl=8)	R ² _{ASC} - ASC (ddl=8)		Mahalanobis- h _{ij}	Mahalanobis- F ₁
	IRR.	EPI.	MON.	EPI.	MON	MON
RDT	0,00 ns	-0,25 ns	-0,59 ns	-0,52 ns	-0,06 ns	-0,40 ns
NE	-0,37 ns	-0,18 ns	-0,60 ns	-0,60 ns	-0,21 ns	-0,27 ns
NGE	-0,18 ns	-0,69*	-0,71*	-0,78**	-0,39 ns	-0,44 ns
PMG	0,30 ns	-0,31 ns	-0,56 ns	-0,84**	0,78**	0,79**
BIO	-0,45 ns	-0,25 ns	-0,06 ns	-0,12 ns	-0,30 ns	-0,65*
IR	-0,12 ns	-0,33 ns	-0,65*	-0,61 ns	0,19 ns	0,23 ns
DE	0,44 ns	0,28 ns	0,09 ns	-0,07 ns	0,38 ns	0,34 ns
LB	-0,01 ns	-0,17 ns	-0,56 ns	-0,62 ns	-0,13 ns	0,05 ns
LC	-0,27 ns	-0,40 ns	-0,12 ns	-0,22 ns	0,25 ns	-0,01 ns
HT	-0,64*	-0,44 ns	-0,10 ns	-0,14 ns	0,24 ns	0,41 ns
SF	-0,19 ns	0,46 ns	-0,02 ns	-0,03 ns	0,37 ns	0,07 ns

la valeur F_1 , l'ASC et l'hétérosis spécifique, à l'exception des corrélations $R^2_{ij} - F_1$ de la hauteur de la tige ($r = -0,64^*$) au niveau du traitement irrigué, $R^2_{ij} - ASC$ du nombre de grains/épi ($r = -0,71^*$ et $-0,78^{**}$ respectivement pour les traitements stressés à la montaison et stressé à l'épiaison), $R^2_{ij} - h_{ij}$ nombre de grains/épi ($r = -0,69^*$ au niveau du traitement stressé à l'épiaison).

4. DISCUSSION

Les corrélations entre d'une part les valeurs F_1 et d'autre part le parent moyen et l'AGC ne sont pas significatives dans la majorité des cas à l'exception de la corrélation $F_1 -$ parent moyen du nombre de grains/épi (irrigué) et de l'indice de récolte (irrigué et stressé à la montaison) et de la corrélation $F_1 -$ AGC du nombre de grains/épi (irrigué), du poids de 1000 grains, de la longueur du col et de la hauteur de la tige (stressé à la montaison) et de la surface foliaire (stressé à l'épiaison). Le parent moyen et l'AGC ne permettent pas de prédire la valeur F_1 car les effets non additifs sont plus importants que les effets additifs.

Les faibles corrélations $F_1 -$ parent moyen des caractères poids de 1000 grains, biomasse aérienne, hauteur de la tige, surface foliaire (les trois traitements), rendement en grain (irrigué et stressé à l'épiaison) ainsi que $F_1 -$ AGC des caractères nombre de grains/épi (stressés à la montaison et à l'épiaison), poids de 1000 grains, hauteur de la tige, rendement en grain (irrigué et stressé à l'épiaison), biomasse aérienne, indice de récolte (les trois traitements), surface foliaire (irrigué et stressé à la montaison), sont dues à une forte influence de l'ASC, ce résultat est en accord avec ceux obtenus par BOUKECHA (2001). Ce qui montre l'existence d'effets non additifs. L'AGC influence la valeur F_1 des caractères hauteur de la tige, longueur du col, poids de 1000 grains (stressé à la montaison), surface foliaire (stressé à l'épiaison), et nombre de grains/épi (irrigué).

Les corrélations $AGC - v_i$ non significatives tendent à confirmer un rôle assez fort des déviations à l'additivité. Les corrélations négatives entre l'hétérosis parental (h_i) et la valeur propre (v_i) pourraient indiquer la possibilité de fixation de l'hétérosis pour le rendement en grain, le nombre d'épis, le nombre de grains/épi, le poids de 1000 grains, la biomasse aérienne, l'indice de récolte, la date d'épiaison, la hauteur de la tige et la surface foliaire. Cependant, peu de corrélations sont significatives. Il y aurait donc une certaine indépendance entre la valeur propre et l'hétérosis parental. Cela signifierait que l'hétérosis ne s'explique pas uniquement par

la dominance complète, par conséquent l'expression de l'hétérosis dépend de l'hétérozygotie et des combinaisons de gènes favorables. Nos résultats sont en accord avec ceux de HANIFI-MEKLICHE et GALLAIS (1999) sur l'orge. Les corrélations h_i – AGC sont positives et significatives pour la majorité des caractères morphologiques (4/4, 2/4 et 4/4 respectivement pour les traitements irrigué, stressé à la montaison et stressé à l'épiaison) à l'exception de la surface foliaire et la longueur du col de l'épi (traitement stressé à la montaison). Pour le rendement en grain, cette corrélation est négative et significative uniquement pour le traitement irrigué. Cela tend à montrer que l'AGC de ces caractères est déterminée par l'hétérosis parental.

Le nombre de caractères présentant une corrélation F_1 -ASC significative (7/10, 5/10 et 5/10 respectivement dans les milieux irrigué, stressé à la montaison et stressé à l'épiaison) est plus important par rapport aux corrélations F_1 - Pmoy (2/11, 1/11 et 0/11 respectivement dans les traitements irrigué, stressé à la montaison et stressé à l'épiaison). Ces résultats sont en accord avec ceux de BETRAN *et al.* (2003), sur le maïs, qui indiquent que l'ASC permet de mieux prédire la performance hybride. De plus, le traitement irrigué (milieu favorable aux différents caractères) permet de mieux exprimer les potentialités génétiques des génotypes et de ce fait améliore la prévision des valeurs de l'hybride à partir de l'ASC par rapport aux traitements stressé à la montaison et stressé à l'épiaison. Ceci montre que les résultats obtenus dans un milieu favorable ne peuvent pas être extrapolés à un milieu défavorable, par conséquent la sélection doit se faire dans le milieu de culture.

Les corrélations négatives, bien que, non significatives dans la majorité des cas entre d'une part la distance de Hanson et Casas et la distance de Mahalanobis et d'autre part la F_1 , l'hétérosis spécifique et l'ASC montrent, selon HALLAUER et MIRANDA (1981), qu'il pourrait y avoir un effet défavorable de la distance génétique. Ces résultats sur la distance D^2 de Mahalanobis sont en accord avec ceux obtenus sur le blé par JATASRA (1980), RAGHUVANSHI *et al.* (1989), SINGH et BEHL (1991) et PICARD *et al.* (1992), sur le maïs par MELLO *et al.* (2001), et sur le cacao par DIAS *et al.* (2003). Par contre, SRIVASTAVA et ARUNACHALAM (1977) sur le triticales et GUO *et al.* (1989) sur le blé ont obtenu une liaison significative entre l'hétérosis du rendement et cette distance. En ce qui concerne la liaison entre la distance de Hanson et Casas et la valeur F_1 ou l'hétérosis spécifique, les résultats obtenus sont contradictoires. En effet, MARCHAIS (1978), travaillant sur des lignées de petit mil (*Pennisetum typhoides*) issus d'une même population F_2 , ne trouve pas de liaison entre cette distance et la F_1 , tandis que HANIFI-MEKLICHE et GALLAIS (1999), travaillant sur l'orge, trouvent une seule corrélation significative sur douze caractères étudiés.

Cependant, une forte liaison avec l'hétérosis spécifique a été mise en évidence par MARCHAIS (1978) pour la majorité des caractères étudiés, tandis que HANIFI-MEKLICHE et GALLAIS (1999) n'obtiennent que trois corrélations significatives sur douze caractères étudiés.

Certaines corrélations sont affectées par un stress hydrique telles que les corrélations F_1 -ASC (effets de dominance) du rendement en grain, de la surface foliaire (stressé à la montaison), de la hauteur de la tige et de la surface foliaire (stressé à l'épiaison), les corrélations F_1 – parent moyen (effets additifs) du nombre de grains par épi (stressé à la montaison et à l'épiaison) et de l'indice de récolte (stressé à la montaison) et les corrélations h_i – AGC de la longueur du col et de la surface foliaire (stressé à la montaison). Pour le rendement en grain, les corrélations $h_i - v_i$ et h_i – AGC sont rompues quel que soit le stade auquel le stress hydrique intervient. Tandis que d'autres corrélations apparaissent lorsqu'il y a stress hydrique telles que les corrélations F_1 -AGC des caractères poids de 1000 grains, longueur du col, hauteur de la tige (stressé à la montaison) et surface foliaire (stressé à l'épiaison).

5. CONCLUSION

Une meilleure prévision de la valeur hybride est obtenue sur l'environnement non stressé. En effet, l'étude des différents prédicteurs des valeurs F_1 et de l'hétérosis a montré une forte influence de l'aptitude spécifique à la combinaison sur la valeur F_1 de sept caractères sur dix au niveau du traitement irrigué. Cependant, les effets de dominance sont affectés par le stress hydrique. En effet, le nombre de corrélations significatives passe de sept pour dix caractères pour le traitement irrigué à cinq pour dix caractères pour les traitements stressé à la montaison et stressé à l'épiaison.

La signification des corrélations hétérosis parental – AGC au niveau de la majorité des caractères morphologiques tend à montrer que l'AGC de ces caractères est déterminée par l'hétérosis parental.

Les corrélations négatives bien que non significatives dans la majorité des cas entre d'une part la distance de Hanson et Casas et la distance de Mahalanobis et d'autre part la F_1 , l'hétérosis spécifique et l'ASC montrent qu'il pourrait y avoir un effet défavorable d'une trop forte distance génétique.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BETRAN FJ, RIBAUT JM, BECK D et GONZALEZ de LEON D, 2003.-** Genetic diversity, specific combining ability, and heterosis in tropical maize under stress an nonstress environments. *Crop Science*, 43, 797 – 806.
- BOUKECHA D, 2001.-** Etude agronomique et génétique de la tolérance à la sécheresse de quelques variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.). Thèse de Magister en Sciences Agronomiques. I.N.A. p. 136.
- DIAS LAS, MARITA J, CRUZ CD et BARROS (de) EG, 2003.-** Genetic distance and its association with heterosis in cacao. *Ciência e agrotecnologia revista*, 25/04/01.
- EBERHART SA et GARDNER CO, 1966.-** A general model for genetic effects. *Biometrics*, 22, 864 – 881.
- GARCIA BF, SALINAS GEG, POZO OC, REYES HV, RAMIREZ MM, Lopez JAS, AGUIRE MB et SALAZAR OS, 2002.-** Estimation of genetic distances among green pepper (*Capsicum annuum*. L.) lines using RAPD markers and its relationship with heterosis. *Proceedings of the 16th International Pepper Conference Tampico, Tamaulipas, Mexico.* November 10-12, 4 p.
- GUO P., Zhang J, Gan W et Cai M, 1989.-** Methods of distance analysis and heterosis. *Journal of Genetics and Genomics* 1989 16 (2): 97-104.
- GRIFFING B, 1956.-** Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems, *Aust. J. Biol. Sci.* 9, 463-493.
- HALLAUER AR et MIRANDA JB, 1981.-** Quantitative genetics in maize breeding. Iowa State University Press/Ames., 468 p.
- HANIFI-MEKLICHE L et Gallais A, 1999.-** Heterosis, genetic effects and value of F2s and doubled-haploid lines in barley breeding. *Agronomie*, 19, 509-520.
- HANSON W D et CASAS E, 1968.-** Spatial relationship among eight populations of *Zea mays* L., utilizing information from a diallel mating design. *Biometrics*, 24, 867-880.

- JARASRA DS, 1980.-** Genetic divergence in bread wheat *Triticum aestivum*. Haryana Agric. Univ. J. Rers.,10, 18-25.
- LEFORT-BUSON M, 1986.-** Heterosis chez le colza oléagineux (*Brassica napus* L.) : analyse génétique et prédiction. Thèse de Doct. ès Sci. Nat. Univ. Paris-Sud, Centre d'Orsay, France. 228 p.
- MARCHAIS L, 1978.-** Une analyse génétique chez le petit mil pénicillaire à l'aide de la distance R^2 de Hanson et Casas. Ann. Amélior. Plantes 28, 165-193.
- MELO WMC, PINHO RGV, FERREIRA D.F., 2001.-** Capacidade combinatoria e divergência genetica em hibridos comerciais de Milho. Ciência e agrotechnologia Revista, 25/04/01.
- PICARD B, BRANDLARD G, OURY FX, BERARD P et ROUSSET M, 1992.-** Etude de la diversité génétique du blé tendre, II. Application à la prédiction de l'hétérosis. Agronomie, 12, 683-690.
- RAGHUVANSHI KMS, SINGH SP et RAO SK, 1989.-** Parental diversity in relation to heterosis for yield and its components in wheat. Crop Improv. 1, 182-184.
- REDONA ED, MORENO LS, CRUZ (de la) I A et ORDONEZ SA, 2001.-** Heterosis and parental molecular divergence in rice. Plant & Animal Genome IX conference Town & Country Hotel, San Diego, CA, du 13 au 17 Janvier (résumé).
- SINGH I et BEHL RK, 1991.-** Genetic divergence in relation with combining ability and transgression in wheat. J. Genet. Breed., 2, 147-150.
- SRIVASTAVA PS et ARUNACHALAM V, 1977.-** Heterosis as function of genetic divergence in triticales. Pflanzenzücht. 78, 269-275.
- XIAO J, LI J, YUAN L, McCOUCH SR et TANKSLEY SD, 1996.-** Genetic diversity and its relationship to hybrid performance and heterosis in rice as revealed by PCR-based markers. Theor. Appl. Genet. 92, 637-643.
- XU W, VIRMANI SS, HERNANDEZ JE et REDONA ED, 1999.-** Association between simple sequence repeat (SSR) marker diversity, pedigree record, quantitative trait variation, and hybrid performance in rice. Plant breeding, IRRN, 24, 10-11.

GESTION ET PERCEPTION DE LA SALINITE DANS LA PLAINE DE OUARIZANE PERIMETRE IRRIGUE DU BAS CHELIFF (ALGERIE)

HARTANI T.

Institut National Agronomique, Hassan Badi, El Harrach (Alger)
E-mail : t.hartani@ina.dz Tél : + 213 21 521987

R E S U M E

Dans ce papier, on s'intéresse aux pratiques agricoles et aux modes de gestion de la salinité dans une plaine de 4000 ha située en amont du périmètre d'irrigation du Bas Cheliff appelée (plaine de Ouarizane). Une description des états de salinité des sols permet d'évaluer les niveaux actuels (2006-2007) et de les situer dans un contexte historique. Les conclusions indiquent une salinité en surface spatialement répartie suivant un gradient amont-aval et une diminution de celle-ci depuis une dizaine d'années suite aux opérations de réhabilitation des réseaux d'irrigation et de drainage.

Les enquêtes sur une quarantaine d'exploitations agricoles ont abouti à la définition de cinq classes d'exploitations généralement orientées vers l'arboriculture et le maraîchage (cultures spéculatives). La confrontation des observations aux mesures de salinité constitue l'originalité de ce travail puisqu'il permet d'identifier des modes de gestion de la salinité et d'éclairer sur la notion de perception de celle-ci dans le contexte du Bas Cheliff. Les principales conclusions en ce sens attestent justement de la bonne perception de la salinité chez les agriculteurs de Ouarizane, notamment chez ceux situés à l'aval et qui sont *de facto* directement confrontés aux effets des sels.

Mots clés : salinité, exploitation agricole, perception, enquête, Ouarizane.

A B S T R A C T

In this paper, agricultural practices are analysed in connexion with salinity hazard in a 4000 ha plain called Ouarizane, located northern the Lower Cheliff irrigation district. A description of salinity states during the years 2006 and 2007 leads to interesting conclusions. First, the salinity on surface increases from upstream to downstream. Second, a relative decrease of salinity was diagnosed in relation with irrigation drainage operations in the '90.

According on surveys, five types of agricultural farms were defined and were generally found in relation with vegetable and fruit tree practices. The comparison between salinity measurements and survey observations was achieved to introduce understand the perception concept. Main results indicate in fact a good perception of the salinity phenomenon in Ouarizane area particularly downstream where the salinity problem is relevant.

Key words : salinity, agricultural farm, perception, survey, Ouarizane.

ملخص

تدرس الممراسات الزراعية بارتباط مع مشكلة الملوحة من خلال محيط وريزان الذي تبلغ مساحته قرابة 400 هكتار شمال المحيط المسقي للشلف الأدنى.

أدت متابعة الملوحة خلال عامي 2006 و 2007 إلى نتائج مفيدة .

أولا : إن ملوحة التربة السطحية تكبر بموازاة مع اتجاه الواد.

ثانيا : أن مستوى الملوحة بداء ينخفض مقارنة مع المعلومات

السابقة نتيجة لإدخال قنوات صرف المياه في بداية

التسعينات.

من جهة أخرى، بينت التحقيقات الميدانية وجود خمسة أنواع من

المستثمرات الفلاحية. في حين أن المقارنة بين التحقيقات وقياس الملوحة

ساهمت في فهم إدراك الملوحة عند المزارعين في وريزان أغلبية النتائج

تؤكد جودة إدراك المزارعين للملوحة وأثارها.

INTRODUCTION GENERALE

La plaine du Bas Cheliff est l'un des plus anciens périmètres d'irrigation en Algérie qui occupe une superficie de 40 000 hectare ; il a été équipé en grande hydraulique en 1937 pour valoriser les terres de la région. Mais le déficit hydrique qui a sévi par la suite a favorisé le recours à d'autres ressources pour l'irrigation à savoir l'eau souterraine et parfois même l'oued considéré à la fois comme une source d'eau et comme un drain naturel.

Une extension progressive des surfaces salées a été constatée depuis, en atteignant par endroits des niveaux critiques (DURANT, 1983, DOUAOUI, 2005). Plusieurs tentatives pour expliquer cette évolution ont été conduites, notamment à partir des propriétés des sols *in situ*, mais les facteurs de salinisation sont restés à ce jour mal identifiés (HARTANI et LAKEHAL, 2000). La gestion de la salinité exige en effet la prise en compte des caractéristiques du sol, de la qualité de l'eau d'irrigation et des conditions locales, incluant le climat, les cultures, l'environnement économique, social, politique et culturel et les systèmes de cultures existants (FAO, 2006). Des travaux antérieurs ont déjà souligné la prépondérance de la qualité de l'eau par rapport à d'autres facteurs physiques et anthropiques sur la salinisation des terres (TABET, 1999). Cependant, dans le présent contexte, la salinité des sols, des eaux souterraines et le manque d'eau de surface peuvent conduire à une autre conclusion.

Le présent travail se propose de caractériser les pratiques des agriculteurs en rapport avec la salinité des sols agricoles, et ce dans une entité appelée "périmètre irrigué de Ouarizane". Ce territoire, couvrant près du dixième du périmètre du Bas Cheliff et alimenté en eau à partir du barrage Gargar, est considéré comme la partie la mieux équipée en infrastructure hydraulique. Son dynamisme se manifeste par la plus grande surface de vergers du périmètre. Les moyens utilisés dans notre analyse reposent sur des enquêtes sur les itinéraires techniques et les précédents culturels et sur des mesures de salinité afin de caractériser les modes de gestion de la salinité dans le contexte du Bas Cheliff.

L'intérêt de cette étude est qu'elle confronte des facteurs physiques tels que la salinité de l'eau ou du sol et la pratique agricole. On montre en particulier que l'agriculteur sélectionne les terres non affectées par la salinité pour pratiquer des cultures peu tolérantes aux sels (melon ou les agrumes). Les terres plus salées sont en revanche mises en valeur à travers la culture de l'artichaut, plus tolérant (sélection des variétés, rotation avec d'autres cultures, irrigation, etc...)

MATERIELS ET METHODES

1.- LE MILIEU NATUREL

La zone de Ouarizane est localisée sur la partie Nord du périmètre du Bas Chéelif, sur le piémont de Dahra. Elle est limitée au nord par la ville de Mazouza, au sud par la ville de Oued Rhiou, à l'Est par la commune de Sobha et à l'Ouest par Djdiouia (Fig, 1). La superficie agricole utile de la zone est d'environ 4 000 ha. La topographie de la plaine est comme l'ensemble du Bas Cheliff relativement plate. Le relief est orienté Nord- Est et Sud-Ouest suivant le sens de l'écoulement de l'oued Chlef.

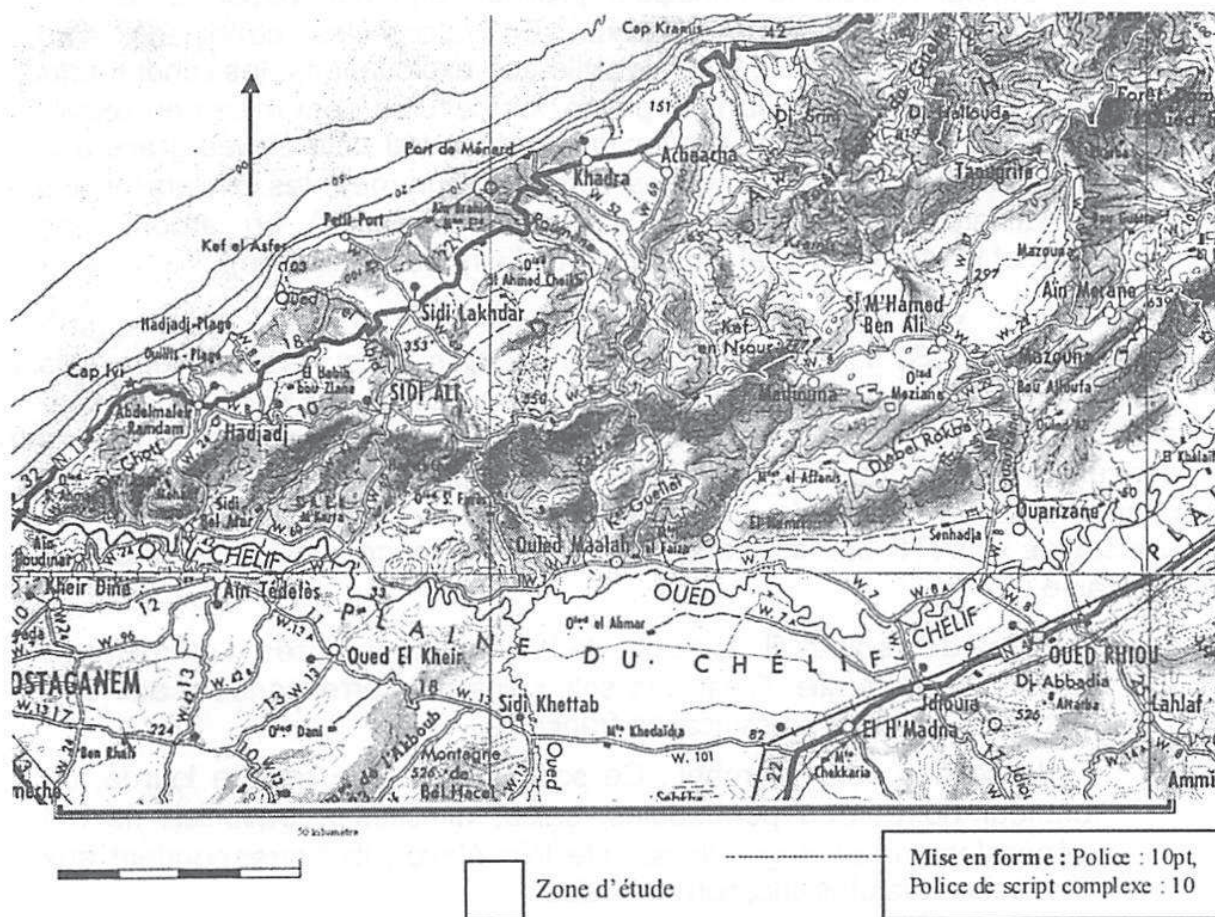


Figure 1 : Situation géographique de la zone d'étude. Carte d'état major 1/500 000^e

Le climat de la plaine est caractérisé par des étés très chauds et des températures basses en hiver. La pluviométrie annuelle moyenne y est de 250 mm, les températures maximales moyennes oscillent entre 12°C et 38°C et l'humidité relative de l'air est pratiquement supérieure à 50%.

La vitesse du vent varie entre 13 et 33 km/h. L'évapotranspiration, calculée selon la méthode de Penman modifiée, prend une valeur estimée à 1939 mm/an.

Le bassin versant de la plaine est parcouru par un réseau hydrographique organisé autour de l'oued Chlef avec deux grands affluents : oued Ouarizane et oued Djenn orientés suivant la direction nord-sud.

La plaine de Ouarizane fournit un exemple très illustratif d'une agriculture duale. Depuis plusieurs siècles, la coexistence entre deux secteurs ; traditionnel dans les piémonts et moderne dans les vallées ne cesse de se manifester. Dans la zone de piémonts, les céréales (orge et blé dur) en pluvial restent la principale pratique agricole, associée le plus souvent à un petit élevage d'ovins. En raison des conditions agro écologiques défavorables et la faible taille des exploitations, les rendements obtenus sont très faibles. Dans la plaine, les cultures sont mises en œuvre de façon relativement intensive avec une surface par actif élevée grâce à la mécanisation. Les cultures irriguées sont les agrumes, les oliviers et des arbres fruitiers divers (pommier, abricotier, grenadier) en amont ; les artichauts et le melon en aval (sud ouest de l'aire de Ouarizane).

Les sols de Ouarizane peuvent être classés en quatre catégories (CPCS, 1967): des sols peu évolués, des vertisols, des sols hydromorphes et des sols halomorphes. Une classification dite vernaculaire a été rencontrée au cours de nos enquêtes. Communément utilisée par les agriculteurs, cette appellation se base sur des critères relativement simples comme la texture, la couleur ou la drainance du sol. On peut ainsi citer les classes de sols N'fil et T'ferchet et leur correspondance avec la classification française :

- classe des sols N'fil : Ce sont de bons sols, composés d'un mélange de sable et d'argile. C'est des sols sains qui correspondent aux sols peu évolués de la classification française.
- classe des sols T'ferchet : Ce sont des sols de texture lourde, de couleur noire, peu perméables, salés, difficiles à travailler. Ils ont généralement un degré de salinité très élevé ; ils correspondent aux vertisols de la classification française.

En plus de ces dernières, les classes El Hamri et sablonneux sont respectivement rencontrées en surélévation et aux abords de l'oued Chlef (HASSANI, 2007).

L'eau du barrage Gargar et celle de la retenue de Merdjjet Sidi Abed ont été au début des aménagements, les principales ressources en eau de la plaine de Ouarizane. L'eau est acheminée par gravité à travers un canal

principal et distribuée par *segua*. Cette technique par gravité est le mode d'irrigation dominant et représente à elle seule 93 % des systèmes d'irrigation pour l'ensemble des agriculteurs enquêtés pendant cette étude ; quelques initiatives d'irrigation par goutte à goutte sont à signaler dans certains maraîchers. Des investigations menées sur la qualité de l'eau ont, en outre, révélé une salinité totale comprise entre 0,5 et 2g/l (DOUAOUI et HARTANI, 2006).

Cependant, depuis une dizaine d'années, deux faits majeurs caractérisent l'état de la ressource hydrique: un faible niveau de remplissage du barrage (près de vingt millions de m³ en moyenne sur une capacité de cent millions) et le transfert de l'eau de la Merdja vers la ville d'Oran. C'est ainsi que la plupart des exploitations agricoles se sont orientées vers l'eau de la nappe. Aujourd'hui, tous les irrigants à Ouarizane disposent de l'eau souterraine soit à partir de leur propre forage soit à partir d'un forage voisin. Cette eau est, en moyenne, deux fois plus chargée que l'eau de surface (HASSANI, 2007).

Le drainage tel qu'il est pratiqué dans la plaine de Ouarizane, comporte un drainage de surface et un drainage souterrain. Dans le premier cas, il est principalement constitué des émissaires naturels (oued Chlef, oued Djenn, oued Ouarizane) qui se jettent dans l'oued Chlef. Un drainage souterrain par tuyaux enterrés a été installé au début des années 2000 dans le cadre de la réhabilitation du périmètre du Bas Chélif. Sa réalisation a concerné plus particulièrement la partie aval de la zone d'étude pour tenter de limiter les effets de l'hydromorphie et de la salinité.

2.- CONDUITE DES ENQUETES

L'approche par les enquêtes vise à comprendre les pratiques des agriculteurs dans un contexte de salinité et de manque d'eau. Dans un premier temps, le travail a consisté en la récolte des données auprès des institutions: assemblée populaire communale de Ouarizane, office d'irrigation et de drainage, agence nationale des ressources hydrauliques, chambre d'agriculture de Relizane etc..... Dans un deuxième temps, des entretiens ont été réalisés avec des agriculteurs sur la base d'un questionnaire permettant de décrire les pratiques agricoles en relation avec la salinité (itinéraire technique, rotation des cultures, etc...). Le premier passage en juin 2006, a concerné quarante deux exploitations agricoles choisies de manière à balayer toute la plaine (Fig. 2). Les principaux paramètres structurels de l'exploitation ont été relevés: surface agricole utile, cheptel, taille, famille, cultures, irrigation mais aussi des paramètres liés à

l'agriculteur tels que sol salé ou pas, eau salée ou pas permettant de qualifier la perception de la salinité par ce dernier.

Le traitement des enquêtes a abouti à une "typologie par culture" dans laquelle cinq classes d'agriculteurs ont été définies, chaque classe étant caractérisée par son système de culture et par son mode de gestion de la salinité. Une validation de cette typologie a été effectuée pendant le mois de février 2007 et a concerné un échantillon de quinze exploitations agricoles issues de l'échantillon mère.

3.- PRELEVEMENTS ET MESURES

Simultanément avec le déroulement des enquêtes, des échantillons de sol ont été prélevés dans l'horizon de surface (0-30 cm). Le positionnement des points de prélèvement a été fait à l'aide d'un GPS de navigation type Garmin, ce qui a permis de prendre les coordonnées des points échantillonnés en longitude, latitude et de les convertir en UTM mètre avant de les positionner sur une carte topographique au 1/20000°. Des échantillons de sol ont été prélevés aux points indiqués en figure 2 et les mesures ont concerné la conductivité électrique, le pH, et les cations majeurs pour le calcul du SAR. Pour étudier la variabilité spatiale de la salinité, les points de prélèvement ont été répartis en deux groupes amont et aval suivant leur position par rapport à un transect médian indiqué en pointillés en figure 2. La variabilité temporelle de la salinité a également fait l'objet de cette étude. Une confrontation des résultats obtenus à Ouarizane a été réalisée à cet effet avec la carte de salinité datant de 1997 DOUAOUI (2005).

Les mêmes grandeurs ont été suivies dans le cas de l'eau d'irrigation recueillie au niveau de 29 forages et de la même façon que précédemment, les coordonnées ont été reportées sur une carte (HASSANI, 2007). L'ensemble du travail a concerné plus de soixante parcelles réparties sur les 42 exploitations agricoles retenues pour l'étude. L'originalité de la démarche décrite dans ce papier se situe au niveau de la confrontation des mesures de salinité avec les résultats des enquêtes. Elle vise à comprendre les modes de gestion de la salinité à l'échelle d'un territoire de près de 4000ha.

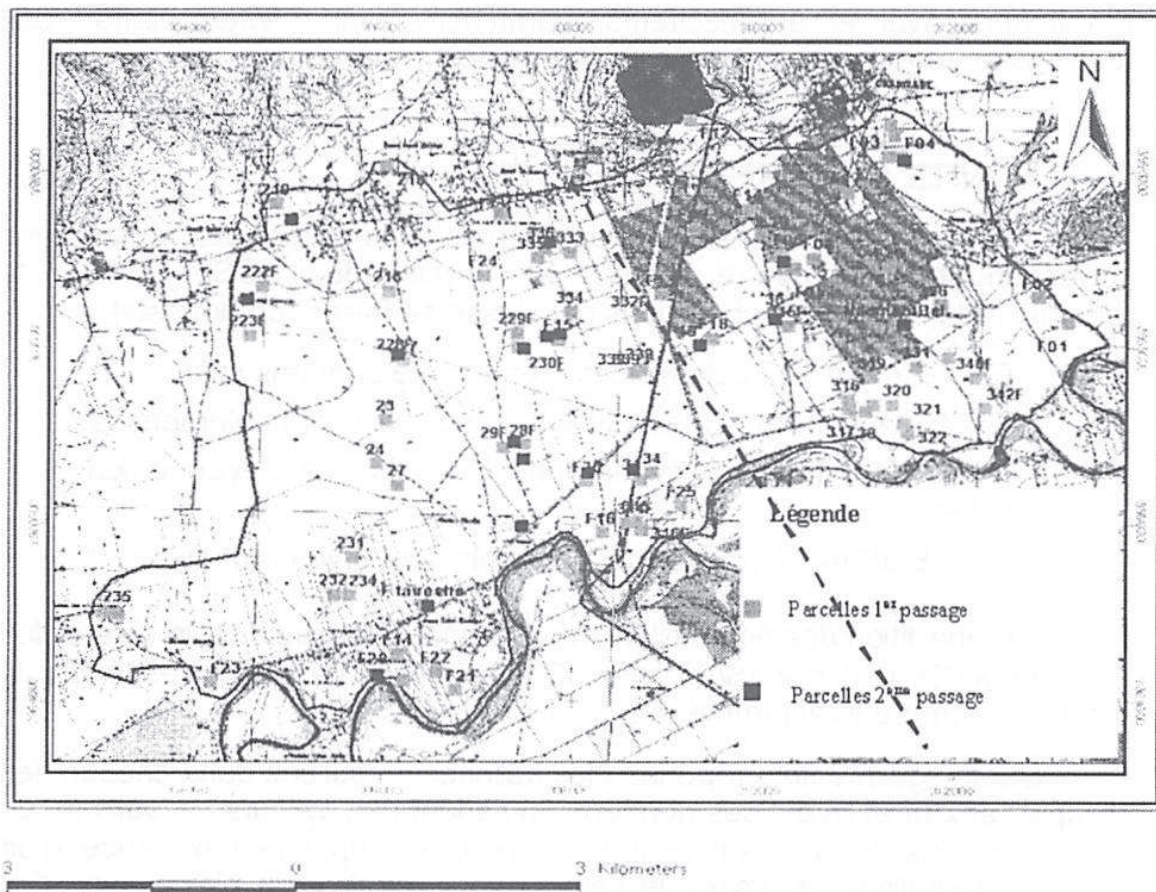


Figure 2 : Délimitation de l'unité d'étude de Ouarizane et points de prélèvement des échantillons de sol lors des deux passages sur terrain (Juin 2006- Février 2007)

RESULTATS ET DISCUSSION

La superficie relativement importante de la zone d'étude (plus de 4000 ha) et la forte densité des exploitations agricoles dans la zone de plaine ont été les principaux facteurs déterminant le choix et le nombre de parcelles étudiées. Nous avons essayé de respecter des critères communs tels que la présence effective de l'irrigation et différenciés en particulier le système de culture. Ainsi, la typologie proposée permet de définir cinq classes d'agriculteurs détaillés dans HASSANI (2007): maraîchers locataires

amont, arboriculteurs amont, arboriculteurs amont à double revenu, maraîchers aval et arboriculteurs maraîchers aval. L'interprétation des résultats se fera en rapport avec cette typologie.

1.- SALINITE EN SURFACE DES SOLS

Les mesures de salinité ont permis d'identifier des échantillons correspondant aux quatre classes de salinité de l'USSL (1954); la répartition du nombre d'échantillons par classe se faisant comme suit:

- CE = 2 dS/m : 32 échantillons. Les sols ne sont pas salés
- $2 < CE = 4$ dS/m : 15 échantillons. Les sols sont faiblement salés
- $4 < CE = 8$ dS/m : 11 échantillons. Les sols sont moyennement salés
- CE > 8 dS/m : 2 échantillons. Les sols sont halomorphes

La répartition des échantillons montre une dominance de la classe des sols non salés (CE = 2 dS/m) avec 32 échantillons ce qui correspond à la moitié du nombre total prélevé.

Sur la figure 3 sont reportées les salinités mesurées dans chacun des groupes amont et aval ; ces dernières indiquent des valeurs de salinité, en moyenne, plus élevées en aval (Fig. 3). Ceci suppose l'existence d'un gradient de salinité croissant de l'amont vers l'aval de la plaine avec des systèmes de cultures et des pratiques d'irrigation correspondants.

La comparaison, par classe de salinité, aux données de 1997 indique une tendance à la baisse car 32 des 60 points de mesure choisis ont une CE < 4 dS/m, ces points étant initialement classés dans la tranche 4 et 8 dS/m. Dans les zones proches des piedmonts, les niveaux de salinité sont relativement bas (< 2 dS/m) et ne varient pas significativement. Une deuxième confrontation a été réalisée avec des échantillons prélevés en 1975 conduit à la même conclusion (HASSANI, 2007).

Cette tendance s'explique probablement par le fonctionnement du drainage depuis une dizaine d'année dans les parties aval de la plaine conduisant vraisemblablement à un lessivage hivernal. En revanche, cette tendance n'est pas vérifiée en amont où l'absence de l'eau du barrage depuis quelques années semble affecter progressivement la qualité des sols.

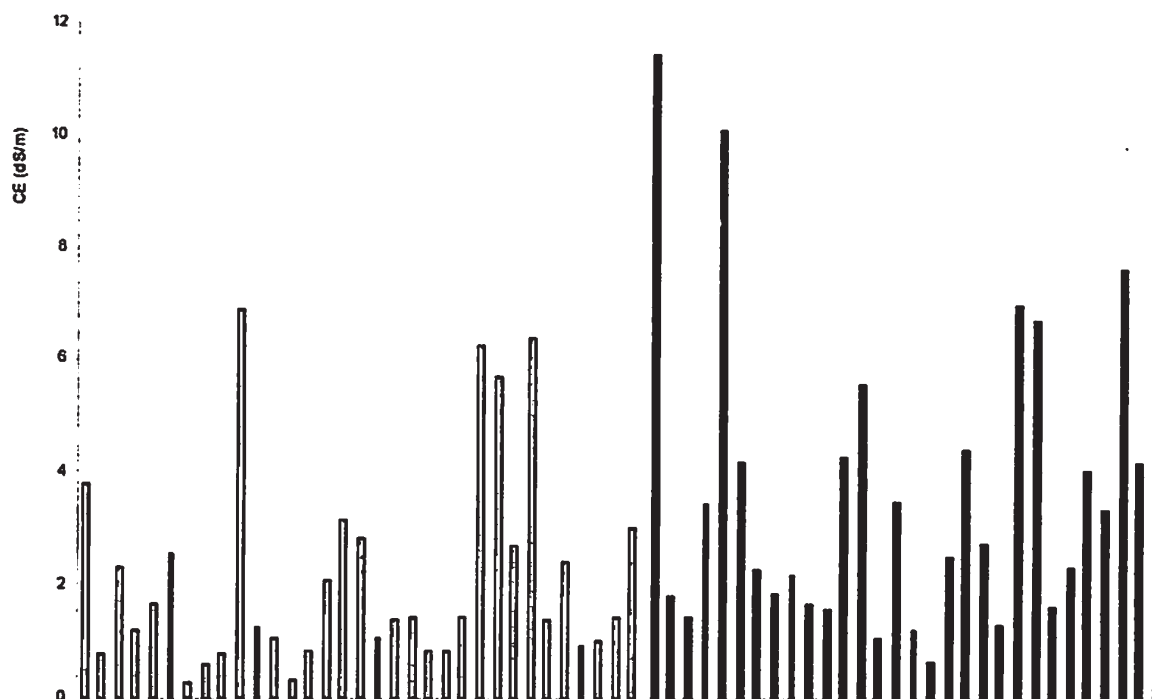


Figure 3 : Conductivité électrique des sols de Ouarizane. En noir les points proches de l'aval ; en gris les points proches de l'amont

1.- SALINITE DES EAUX

La qualité des eaux est étudiée à partir des deux indicateurs CE à 25°C et SAR. Les points de mesures ont été reportés sur un graphique indiquant la CE en abscisse et le SAR en ordonnée (Fig. 4). Ainsi, les classes C3S1, C3S2, C4S1, C4S2, C4S3 ont été identifiées et révèlent de ce fait des eaux de qualité médiocre, suivant la classification de l'USSS (1954). Cette qualité des eaux est pourtant loin d'affecter la dynamique de l'agriculture avec une utilisation de ces eaux sans aucune restriction par les agriculteurs. Une brève analyse des affirmations de ces derniers quant à la salinité des eaux, montre que la majorité d'entre eux qualifient l'eau ayant une CE > 2.25 dS/m de "bonne pour l'irrigation" (Fig. 5). Est-ce alors une mauvaise perception du risque de salinisation – sodisation ou existe-t-il une adaptation locale à cette qualité de l'eau ?

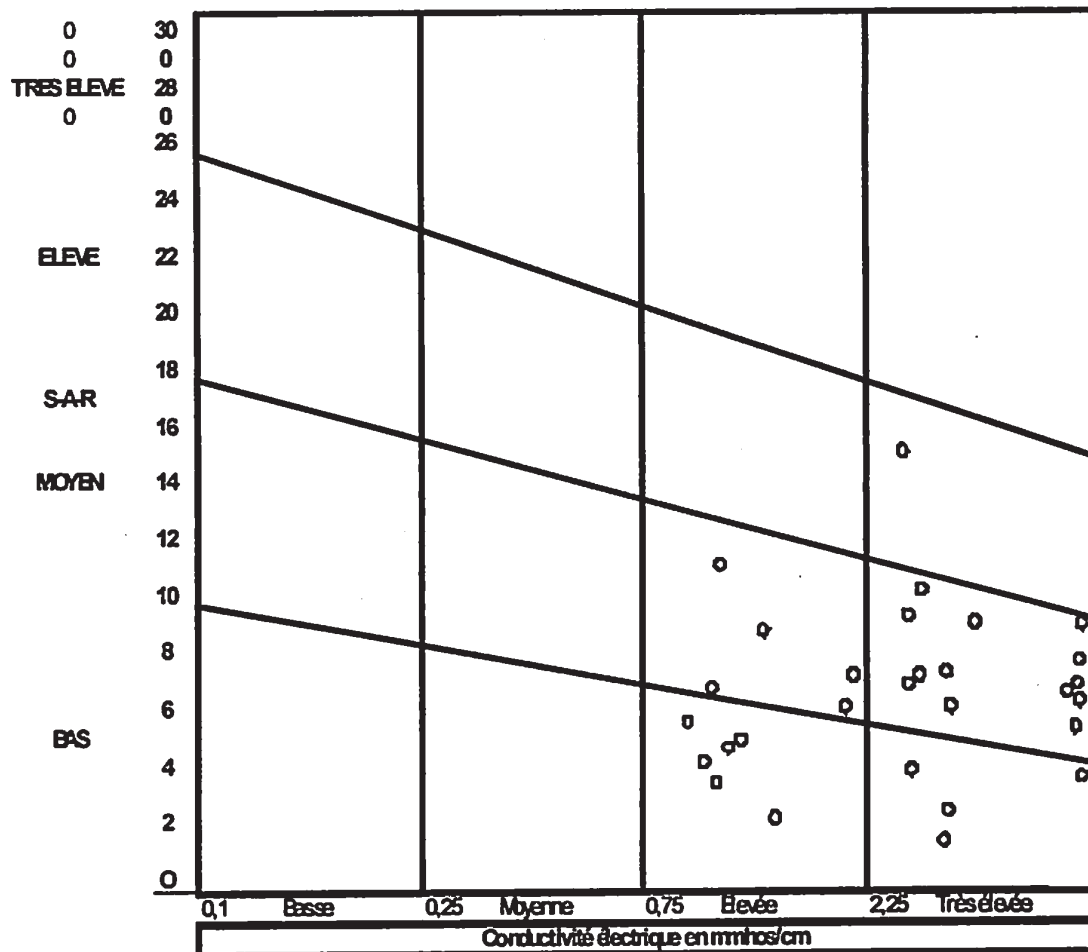


Figure 4 : Classification des échantillons d'eau par rapport à la norme USSL (1954). Données du périmètre de Ouarizane Juillet – Août 2006

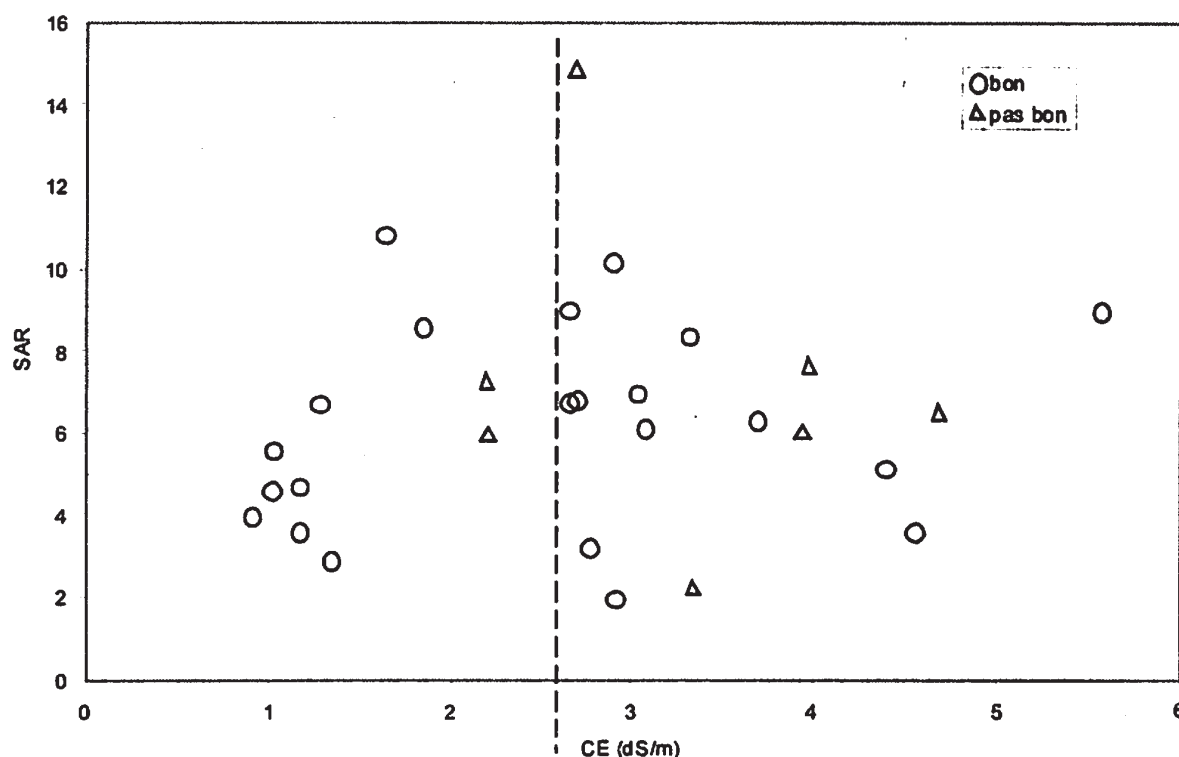


Figure 5 : CE et SAR des eaux d'irrigation à Ouarizane. En pointillé la limite supérieure de la CE selon l'USSS (1954). Le symbole rond indique que les eaux sont aptes à l'irrigation selon les agriculteurs et inaptes dans le cas du symbole triangle.

3. PERCEPTION DE LA SALINITE

La notion de perception de la salinité s'inspire de travaux similaires effectués au Pakistan (KIELEN, 1996). La démarche consiste à représenter le couple (CE, SAR) en différenciant les cas où les agriculteurs qualifient les sols qu'ils cultivent de "salés" ou "pas salés". Cela revient en réalité à comparer la mesure ou son estimation avec les affirmations des agriculteurs.

En appliquant cette démarche à la plaine de Ouarizane, il est possible d'interpréter les résultats en fonction de la classification universelle de la salinité des sols (Richards, 1954). La valeur limite de la CE au-delà de laquelle le sol est considéré comme étant salé est 4 dS/m.

L'analyse de la figure 6 montre qu'il existe seulement 4 cas sur l'ensemble des 60 échantillons prélevés pour lesquels la salinité est effectivement supérieure à 4 dS/m alors que l'agriculteur affirme le contraire. C'est-à-dire que dans la grande majorité des situations, les agriculteurs ont une connaissance de leurs parcelles qui est en adéquation avec la mesure.

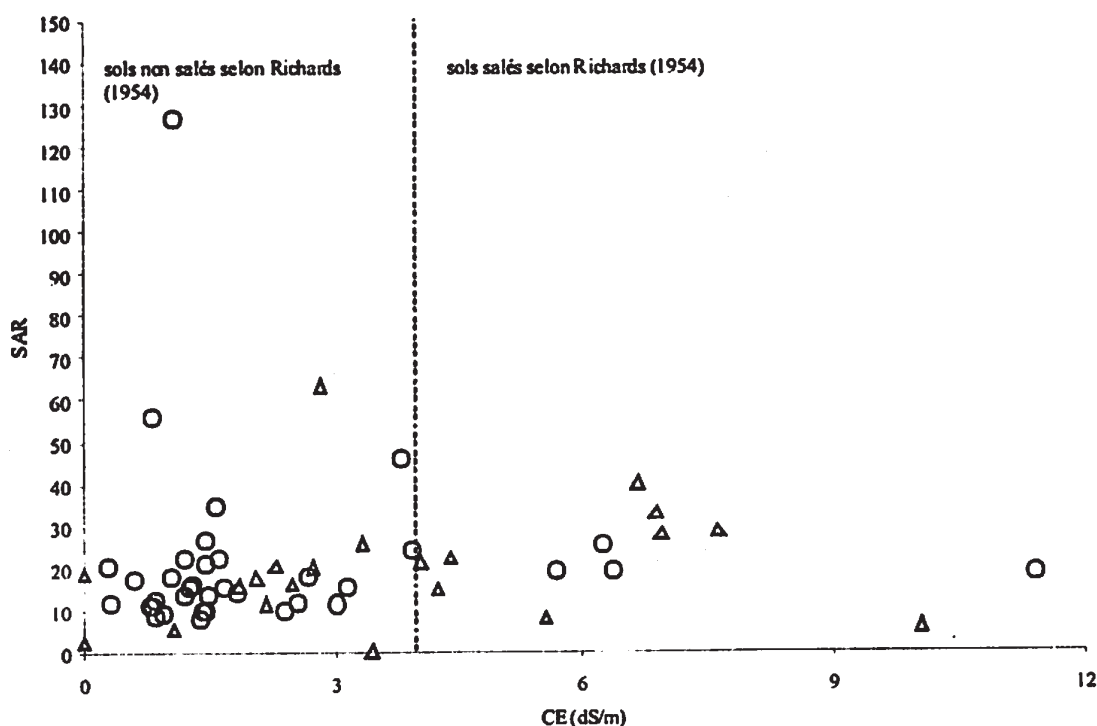


Figure 6 : CE et SAR des sols à Ouarizane. En pointillé la limite supérieure de la CE des sols salés selon Richards (1954). Le symbole rond indique que les sols ne sont pas salés selon les agriculteurs et salés dans le cas du symbole triangle.

De la même façon, une analyse a porté sur les 66 échantillons de sols ayant une salinité inférieure à 4 dS/m. Sur l'ensemble des échantillons mesurés, seuls dans vingt cas l'agriculteur affirme cultiver sur des terres salées. Il est intéressant d'observer ici la bonne perception des locataires qui affirment que leurs terres ne sont pas affectées alors que la perception des propriétaires privés ou les bénéficiaires des terres publiques (Exploitation Agricole Collective) présentent un décalage par rapport à la réalité (Tableau 1).

Tableau 1 : Perception de la salinité dans les parcelles ayant une $CE < 4 \text{ dS/m}$ en fonction du statut juridique des terres (EAC : exploitation agricole collective « publique »)

Statut	Nombre d'échantillons analysés	Affirmant avoir un sol salé
EAC	22	7
Privé	41	13
Locataire	3	0
Total	66	20

On peut conclure ainsi à une bonne perception de la salinité chez les agriculteurs de Ouarizane probablement en raison de leur longue expérience de l'irrigation dans cette région. Les quelques agriculteurs qui semblent a priori ignorer la salinité de leurs sols se trouvent en amont de la plaine là où justement l'irrigation par le barrage a été remplacée par l'eau souterraine depuis quelques années. De futures investigations en ce sens doivent éclairer sur la situation de ce type d'agriculteurs.

CONCLUSION

Au terme de cette analyse, il est possible de conclure à un état différencié de la salinité des sols suivant un gradient amont-aval. Cette répartition spatiale est bien entendu dynamique et largement dépendante des pratiques d'irrigation et de drainage. Le remplacement de l'eau du barrage par l'eau souterraine par les arboriculteurs amont constitue à cet égard un facteur important de salinisation secondaire de même que la réalisation de drains enterrés chez une partie des maraîchers aval contribue à limiter la salinisation dans ces zones.

L'autre élément de conclusion qui paraît pertinent est la perception variable de la salinité chez les agriculteurs. C'est ainsi que les artichautières de l'aval de Ouarizane sont généralement mises en valeur par des agriculteurs nettement "plus au fait" de la question de salinité que les maraîchers de l'amont. Labour, rotation des cultures, sélection variétale sont des indices qui témoignent de la capacité d'adaptation de ces agriculteurs au contexte salin.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- CPCS., 1967.-** Classification des sols utilisée par la direction des études de milieu et de la recherche hydraulique. Rapport ANRH, Direction des ressources en sols.
- DOUAOUI A., 2005.-** Variabilité spatiale de la salinité en relation avec certaines caractéristiques des sols de la plaine du Bas-Chélif. Apport de la géostatistique et de la télédétection. *Thèse Doct. d'état*, INA-Alger. 230p.
- DOUAOUI A., et HARTANI T.,- 2006.-** La salinisation dans la plaine du Bas Chelif : acquis et perspectives. *Actes de l'atelier régional Sirma (www.eau-sirma.net)*. Marrakech, Maroc.
- FAO., 2006.-** Conférence électronique sur la salinisation : extension et stratégies de prévention et réhabilitation, 11p. IPTRID, *CISEAU*.
- HASSANI F., 2007.-** Stratégies individuelles de gestion de la salinité dans la plaine de Ouarizane (périmètre du Bas Cheliff, Algérie). *Mémoire de magister*. INA.
- KIELEN, C. N., 1996.-** Farmers' perceptions, strategies and practises for dealing with salinity and sodicity in their farming systems. *International irrigation management institute*, Lahore, Pakistan.
- RICHARDS, L. A, (1954).-** Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. *USDA, Agri. and book*, p60.
- TABET, D. H., 1999.-** Intérêt d'une approche spatiale pour le suivi de la salinité des sols dans les systèmes irrigués. Cas de la subdivision de Chistain dans le Punjab (Pakistan). *Thèse de l'ENGREF* Montpellier, 435p
- USSL., 1954.-** Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. US Department of Agriculture, Handbook n°60, U. S. Gov. *Print. Office*, Washington D.C.

ETUDE DES PERTES EN GRAINS AU TABLIER DE COUPE DE LA MOISSONNEUSE BATTEUSE DE FABRICATION ALGERIENNE.

KACI F. et LAABASSI K.

**Labo. de machinisme Agricole, Dépt du Génie Rural
Ecole Nationale Supérieure Agronomique
f.kaci@ina.dz , k.laabassi@ina.dz**

R E S U M E

Les pertes en grains au niveau des moissonneuses batteuses utilisées sont très importantes; il y a lieu de localiser exactement à quel niveau de la machine ces pertes ont lieu, d'identifier les cause et d'apporter les solutions adéquates. Ce travail qui a ciblé l'estimation des pertes en grains à l'avant de la machine a montré que ces dernières augmentent à mesure que la vitesse de rotation du rabatteur augmente; il y a lieu bien sûr de respecter les valeurs du coefficient cinématique λ . La vitesse d'avancement de la machine qui favorise l'alimentation en produit de récolte aide à diminuer les pertes alors que ces dernières sont inversement proportionnelles à la hauteur de position du rabatteur.

Mots clés : moissonneuse batteuse, pertes en grains, vitesse d'avancement, vitesse du rabatteur, hauteur du rabatteur.

SUMMARY

Losses in grain harvesting machines used are very important, it is necessary to locate exactly where in the machine such losses occur, to identify the cause and provide appropriate solutions. This work has focused on estimating the loss of grain in front of the machine showed that they increase as the speed of the reel increases, it should of course respect the values of cinematic coefficient λ . The speed of the machine that supports the supply of product helps to reduce harvest losses, while these losses are inversely proportional to the height position reel.

Works keys : harvesting machine, grain losses, machine speed, reel speed, reel position.

ملخص

يعتبر نسبة ضياع الحبوب المحصودة مرتفعا في آلة الحصاد و الدرس المستعملة، و قصد تحديد الأسباب و اقتراح الحلول المناسبة و جب تحديد موقع الضياع بدقة. تطرقت هذه الدراسة إلى تحديد نسبة الحبات الضائعة في مقدمة آلة الحصاد و الدرس، و لقد تبين أن هذه النسبة ترتفع بارتفاع سرعة دوران الجالب أو المطارد، و هذا بالتزام قيم المعامل الحركي λ . تعتبر سرعة انتقال الآلة حافزا لجلب عدد السنابل المحصودة، لذا فإنها و تساعد على تخفض نسبة الحبات المفقودة و هذه الأخيرة متناسبة عكسيا مستوى علو الجالب أو المطارد.

كلمات مفتاحية: آلة الحصاد و الدرس، ضياع المنتج (الحبات)، سرعة التنقل، سرعة الجالب او المطارد، علو الجالب.

Les machines de récolte des céréales disponibles en Algérie sont principalement la « CLAAS Mercator » de fabrication allemande et la « SABA » de fabrication algérienne. Cette dernière est fabriquée à l'usine de machines agricoles de Sidi Bel Abbas sous licence « CLAAS ». Ce sont des machines classiques, conventionnelles. Il existe aussi quelques machines de firme Case IH « axial flow 1660 » qui travaillent sous pivot dans le sud algérien chez des agriculteurs privés. Ce sont des machines non conventionnelles.

Les principales caractéristiques des machines Claas et Saba sont :

Tablier de coupe	Largeur de coupe	4,20 m
	Hauteur de coupe	0,75 – 1.50 m
	Diamètre du rabatteur	1,05 m
	Releveurs d'épis	Présents
Organes de battage	Diamètre du batteur	450 mm
	Largeur du batteur	1250 mm
	Nombre de latte	06
	Vitesse du batteur	650 – 1500 tr/mn
	Longueur du contre- batteur	0,414 m
Secoueurs	Surface du contre –batteur	0,517 m ²
	Nombre	04
	Longueur	3,50 m
	Surface de secouage	4,50 m ²
Organes de nettoyage	Type de ventilateurs	A palettes
	Diamètre du ventilateur	0,64 m
	Vitesse de rotation du ventilateur	650 tr/mn
	Nombre de grilles	02
	Surface de tamisage	3,15 m ²

L'objectif de cet essai est de déterminer les pertes en grains au tablier de coupe de la moissonneuse-batteuse « Saba » en relation avec le coefficient cinématique λ . Ce coefficient est donné par le quotient de la vitesse du rabatteur sur la vitesse d'avancement de la machine :

$$\lambda = \frac{v_{rah}}{v_a}$$

Les vitesses du rabatteur et d'avancement de la machine doivent être appropriées pour éviter des pertes importantes à l'avant de la machine NYBORG. E.O. and *al.*, 1999. Il est donc intéressant de comprendre comment évoluent les pertes en relation avec ces deux paramètres. La hauteur de position du rabatteur influe aussi sur les pertes, il est important de déterminer la position la plus convenable KLINNER. W.E., 2000.

Les essais réalisés concernent :

- L'influence de la vitesse de rotation du rabatteur sur les pertes ;
- L'influence de la vitesse d'avancement de la machine sur les pertes ;
- L'influence de la hauteur de position du rabatteur sur les pertes.

1. MATERIEL ET METHODES

Cette étude a été réalisée à la station expérimentale de l'Institut Technique des Grandes Cultures (ITGC) de Oued Smar (Alger) et a porté sur du blé tendre –Variété ANZA- ; le rendement était de 47,4 qx/ha. Les pertes naturelles au moment des essais étaient de 14,7 Kg/ha (0,31% du rendement) ; l'humidité moyenne du grain était de 16,37%. Pour chaque essai, on délimite une bande de culture de 100 m de longueur. Sur cette bande, on effectue une série d'échantillonnage à raison de 3 répétitions.

Les paramètres prélevés pour chaque essai concernent :

- Le rendement théorique (g/m^2) : cinq échantillons de 01 m^2 blé sur pied on été prélevés sur chaque bande d'essai afin qu'ils soient battus et pesés ;
- Les pertes naturelles : g/m^2 ;
- Les pertes au tablier de coupe ;
- L'humidité relative des grains.

2. RÉSULTATS ET DISCUSSION

2.1. INFLUENCE DE LA VITESSE DE ROTATION DU RABATTEUR SUR LES PERTES EN GRAINS DE BLE

Les principaux résultats sont présentés dans le tableau 1.

Tableau 1 : Vitesse de rotation du rabatteur en relation avec les pertes

Vitesse du rabatteur		λ	Capacité de travail (Kg/s)	Pertes naturelles s g/m ²	Pertes totales g/ m ²	Hauteur de coupe (cm)	Pertes au tablier de coupe		
Tr/mn	m/s						g/m ²	Kg/ha	%
17	0,93	1,09	2,83	1,47	2,87	24,00	1,40	14,80	0,29
22	1,21	1,41	-	-	1,96	23,00	1,22	12,25	0,25
28	1,54	1,79	-	-	3,85	22,00	2,38	23,8	0,50
36	1,98	2,30	-	-	5,46	25,5	3,99	39,9	0,84
42	2,31	2,68	-	-	5,12	28,00	4,74	47,4	1

Vitesse d'avancement $V_a = 0,86$ m/s
 Hauteur du rabatteur $H_{rab} = 860$ mm

D'après ces résultats, nous constatons que les pertes naturelles moyennes sont faibles (14,7 Kg/ha) et que les pertes en grains de blé augmentent à mesure qu'augmente la vitesse de rotation du rabatteur mais restent acceptables dans la mesure où elles ne dépassent pas 1%. (Fig.1). Ceci s'explique par le choc que provoquent les lattes du rabatteur sur les épis de blé entraînant ainsi un égrenage plus important. La vitesse optimale de rotation du rabatteur varie entre 17 et 28 tr/mn, le coefficient cinématique λ variant entre 1 et 1,79.

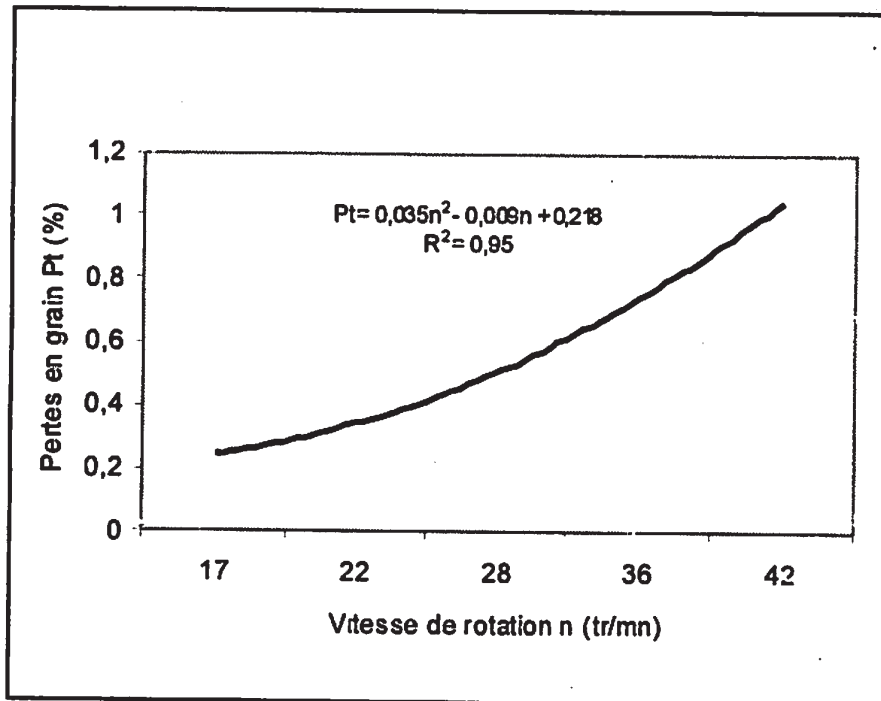


Figure 1 : Influence de la vitesse du rabatteur sur les pertes en grains

2.2. INFLUENCE DE LA VITESSE D'AVANCEMENT DE LA MACHINE SUR LES PERTES EN GRAIN DE BLE

Les résultats des essais sont présentés dans le tableau 2.

Tableau 2 : Vitesse d'avancement de la machine en relation avec les pertes

Vitesse d'avancement (Va)	m/s	0,46	0,76	0,90	0,94	1,11
	km/h	1,67	2,76	3,27	3,39	4,00
Vitesse de rotation du rabatteur Vrab	tr/mn	17	17	17	20	28
	m/s	0,93	0,93	0,93	1,10	1,54
λ	-	2,02	1,21	1,03	1,17	1,39
Capacité de travail q	kg/s	1,50	2,44	2,93	3,06	3,62
Hauteur de coupe H	cm	24,60	22,10	22,00	26,70	30,40
Pertes naturelles	g/m ²	1,47	1,47	1,47	1,47	1,47
Pertes totales	g/m ²	11,23	2,87	2,86	2,75	2,03
Pertes au tablier de coupe	g/m ²	9,76	1,40	1,39	1,28	0,56
	kg/ha	97,6	14,0	13,9	12,8	5,60
	%	2,05	0,29	0,29	0,27	0,12

Hrab = cte = 860mm

Les pertes en grain au tablier de coupe diminuent considérablement à mesure qu'augmente la vitesse d'avancement de la machine (Fig. 2) ; en effet avec l'augmentation de la vitesse, la machine est bien alimentée en produit de récolte et les épis coupés ne risquent pas de tomber au sol. Le coefficient cinématique λ doit varier entre 1,2 et 1,4.

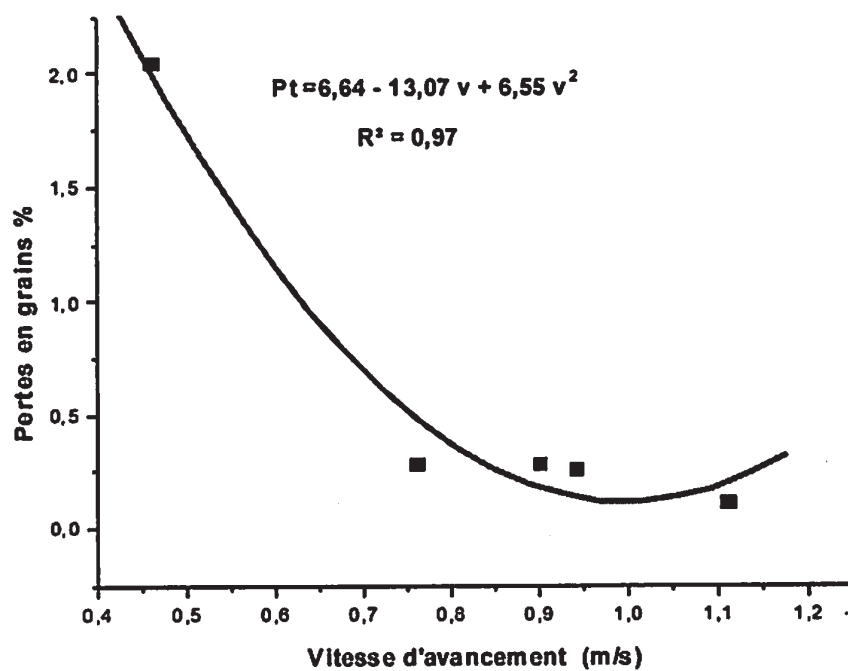


Figure 2 : Influence de la vitesse d'avancement de la machine sur les pertes en grains au tablier de coupe

2.3. INFLUENCE DE LA HAUTEUR DE POSITION DU RABATTEUR SUR LES PERTES

Les résultats des essais sont présentés dans le tableau 3.

Tableau 3 : Hauteur de position du rabatteur en relation avec les pertes

Hauteur de position du rabatteur mm	Hauteur de coupe cm	Pertes naturelles g/m ²	Pertes totales g/m ²	Pertes au tablier de coupe		
				g/m ²	Kg/ha	%
800	23,00	1,47	5,49	4,02	40,2	0,85
900	26,00	1,47	3,46	1,99	19,9	0,42
1000	25,00	1,47	2,48	1,01	10,1	0,21

$$V_a = 0,86 \text{ m/s} ; V_{rab} = 22 \text{ tr/mn} ; \lambda = 1,41$$

On remarque que les pertes en grain au tablier de coupe sont inversement proportionnelles à la hauteur de position du rabatteur (Fig.3.), les pertes augmentent au fur et à mesure que la hauteur de position du rabatteur diminue. En effet à chaque fois que l'axe du rabatteur s'abaisse, le contact des lattes du rabatteur avec les plantes s'accroît et provoque un égrenage plus important.

Mais, il existe quand même des hauteurs qui minimisent les pertes GOC M., 1998. Ces hauteurs devraient être choisies de telle façon que les lattes du rabatteur touchent les tiges au 2/3 de leur hauteur.

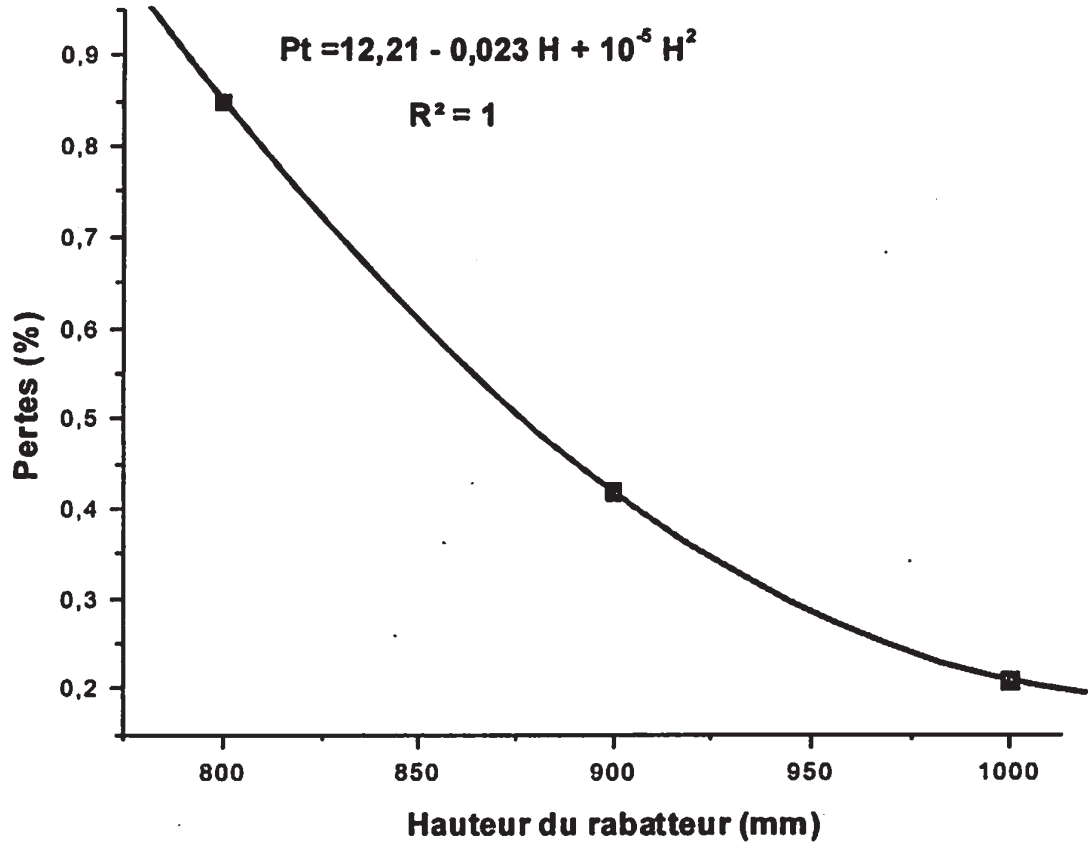


Figure 3 : Influence de la position du rabatteur sur les pertes en grains

CONCLUSION

Pour minimiser les pertes au tablier de coupe il faut tenir compte à la fois des réglages de la vitesse de rotation du rabatteur, de la vitesse d'avancement de la machine et de la hauteur du rabatteur. Connaissant l'influence de chacun de ces paramètres sur les pertes, il est aisé de choisir rapidement les valeurs à retenir en relation avec les conditions de la récolte.

Les valeurs optimales de λ qui donneraient des pertes inférieures à 1% devraient être comprises entre 1 et 1,4 et une hauteur de position du rabatteur de 1 m.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. **GOC M., 1998.-** Bulletin des travaux techniques d'essai. Travaux I.B.M.E.R; ed. P.W.R.L. Varsovie.
2. **KLINNER. W.E., 2000.-** Reducing field losses in grain harvesting operation. Agricultural Engineering Research p.23-27.
3. **NYBORG. E.O. and al., 1999.-** Grain combine loss characteristics. Transaction of the A.S.A.E. 12 (6) p.727-732.

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

مئة 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 لتشكل 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 شتلات 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 (DOMMERGUES 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 à 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 (C₂H₂) en éthylène (C₂H₄)) 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 (C₂H₂) en éthylène (C₂H₄)) ainsi que leur biomasse nodulaire sèche (BNS) mesurées comme décrit ultérieurement.

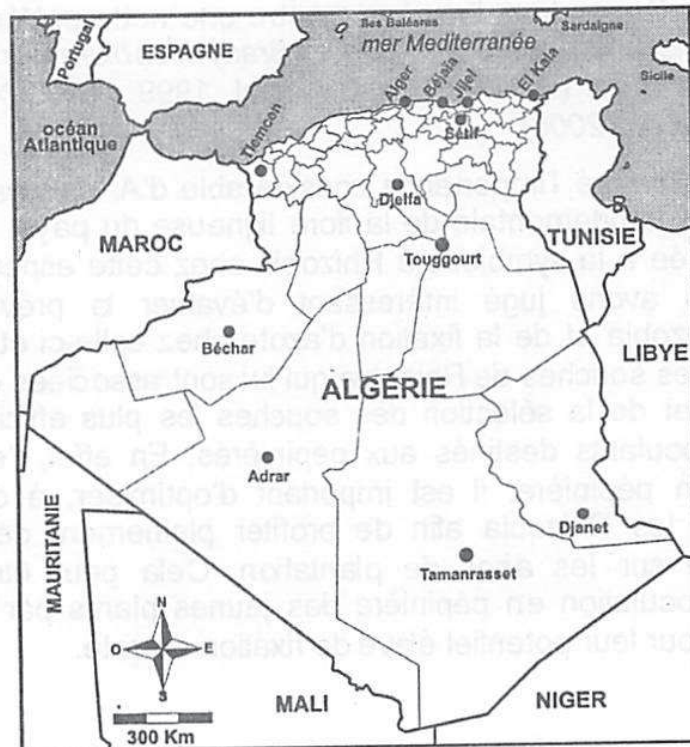


Figure 1 : Localisation des pépinières retenues pour la réalisation de l'étude

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

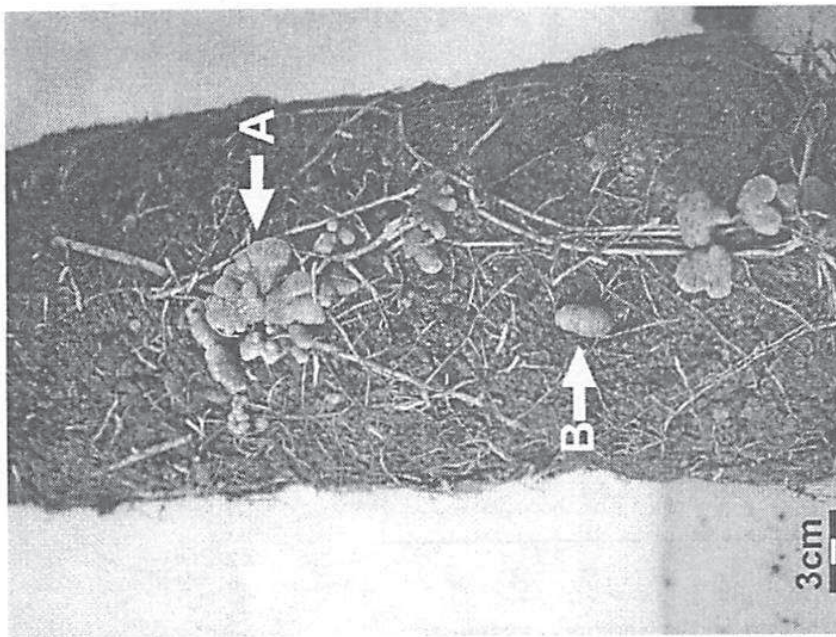
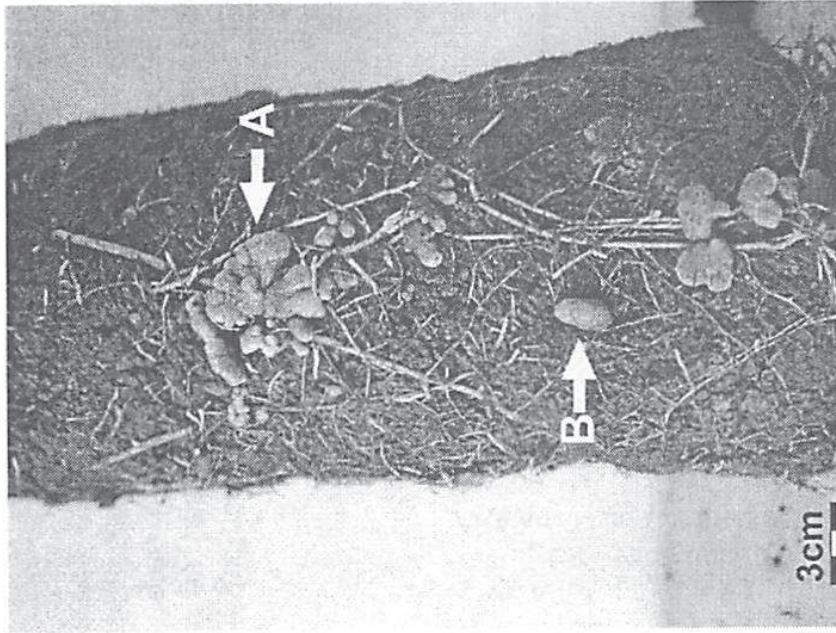


Figure 2 : Photographie montrant la localisation, la morphologie et l'aspect de surface caractéristiques des nodules observés sur un plant d'*Acacia saligna* âgé de 18 semaines provenant de la pépinière INRF de Baïnem.

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

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

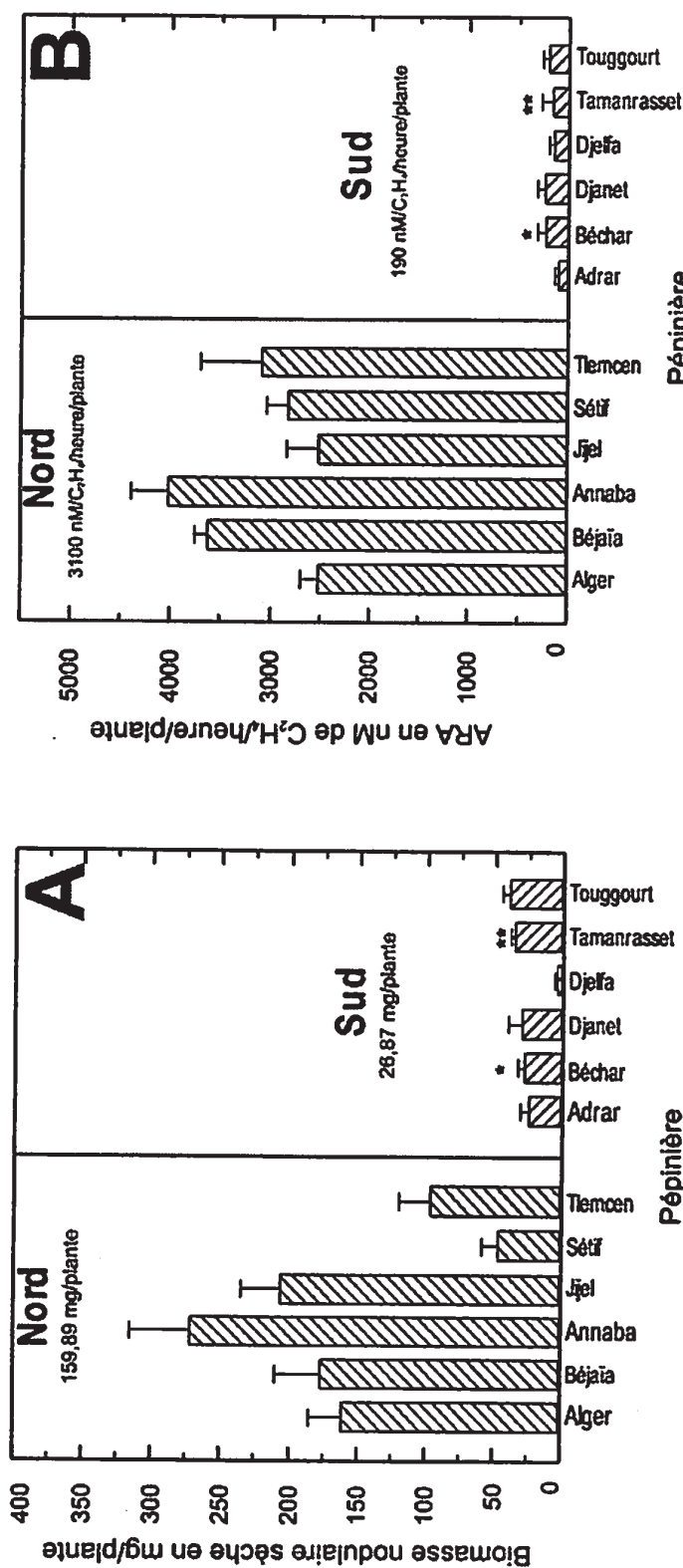


Figure 3 : Biomasse nodulaire sèche (A) et activité réductrice de l'acétylène (B) des plants d'Acacia saligna recueillis au niveau des différentes pépinières. Les barres représentent, sauf indication contraire, la moyenne établie sur dix-sept plants. Les données de son erreur standard sont indiquées par les pépinières du nord et du Sud du pays sont données littéralement 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 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

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'efficiences 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 microflores 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.

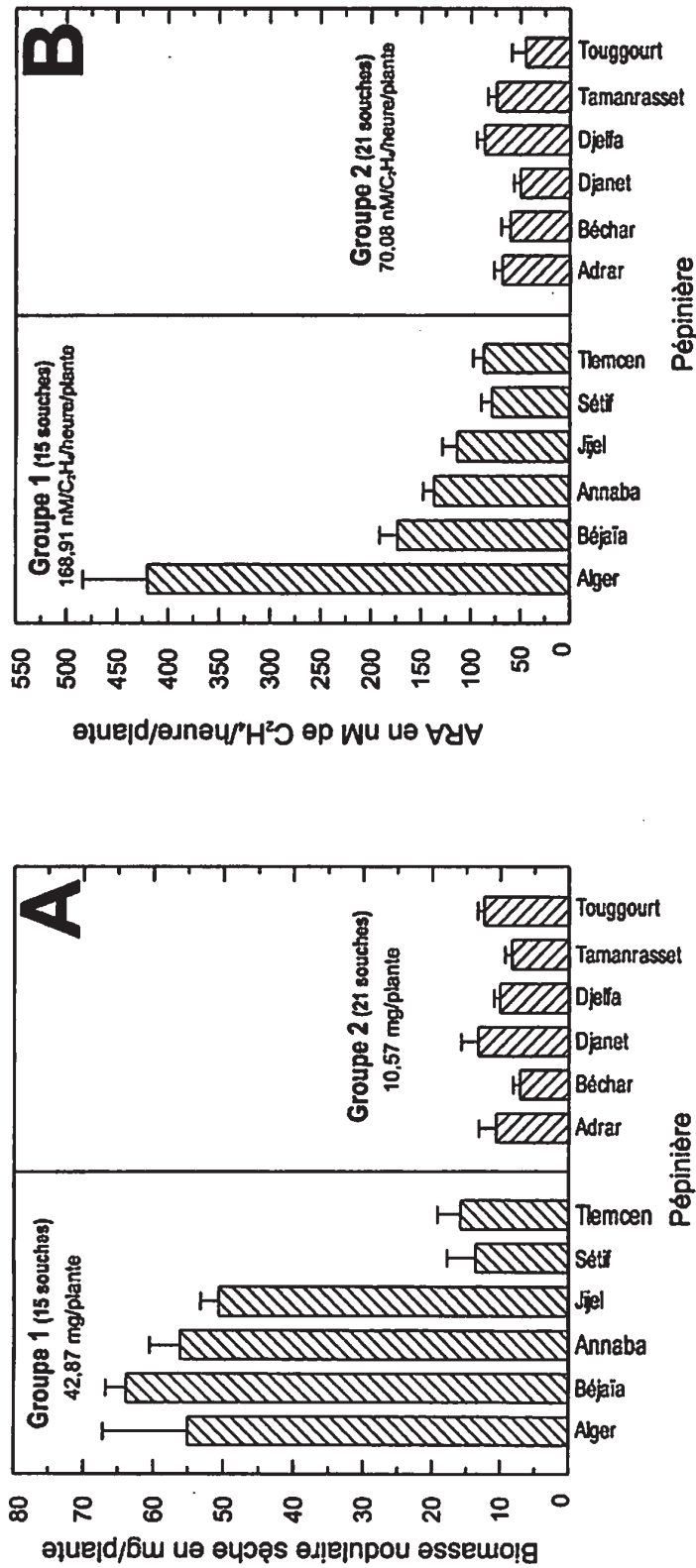


Figure 4 : Biomasse nodulaire sèche (A) et activité réductrice de l'acétylène (B) obtenues au laboratoire pour des plants d'*Acacia saligna* inoculés par les 36 souches de *Rhizobia* isolées. Les barres représentent la moyenne obtenue pour les cinq répétitions prévues surmontée de son erreur standard. 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 (ZAHNAN, 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 ; ZAHNAN, 1999 ; POOLE *et al.*, 2007).

Nos résultats indiquent, par ailleurs, qu'*A. saligna* et les deux autres espèces d'acacias introduites (*A. melanoxylon* 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 DOMMERGUES, 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 géotypique 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., JEAVONS 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. *Let. 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., TIWARI 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.

CARACTERISATION DE *BIFIDOBACTERIUM INFANTIS* DANS LE LAIT ADAPTE 1^{er} ÂGE (CELIA1®) ET DANS LE LAIT MATERNEL

MAMECHE-DOUMANDJI A. ^(1,2),
TERKMANI H. ⁽¹⁾ et BOUSBIA N. ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Université Saâd Dahleb, Faculté des sciences Agro-Vétérinaires,
DépT Agron., Route de Soumaâ, B.P. 270 – 9000, Blida (Algérie)

⁽²⁾ Auteur pour la correspondance, Fax: + 213 (0)25 41 82 60,
Tel: +213 (0)793 27 27 01, E-mail : corino147@yahoo.fr

R E S U M E

Une souche de *Bifidobacterium infantis* a été isolée à partir des selles d'un nourrisson âgé de deux mois allaité exclusivement au sein de l'hôpital de Ben Boulaïd de Blida. Les milieux MRS et Columbia représentent de bons milieux de culture pour la croissance de cette souche. L'inoculum standard de cette dernière est de l'ordre de $5,5 \cdot 10^7$ UFC/mL. Deux types de lait ont fait l'objet de notre étude, le lait maternel et le lait adapté 1^{er} âge (Célia1®). Grâce à l'importance de *Bf. infantis* dans la prévention des diarrhées néonatales, cette espèce constitue une souche probiotique. Cette dernière a montré un effet bénéfique sur l'équilibre de la flore intestinale du nourrisson. Le lait maternel et le lait artificiel Célia1® 1^{er} âge ont permis une bonne croissance pour l'espèce *Bf. infantis*. Ceci peut être expliqué par la richesse du lait maternel en facteurs bifidigènes et la richesse du lait infantile en éléments nutritifs indispensables à la croissance de *Bf. infantis*. Une congélation à -20°C. a montré que *Bf. infantis* n'était pas dans un état physiologique optimal. D'où l'intérêt d'utilisation de techniques de conservation plus efficaces telle que la lyophilisation. *Bf. infantis* représente une sensibilité envers divers antibiotiques. Cette sensibilité est notée particulièrement envers l'amoxicilline et la céfalexine. Les diamètres de la zone d'inhibition sont respectivement de l'ordre de 24 et de 20 mm.

Mots clés : *Bifidobacterium infantis* – croissance – pH - lait artificiel – lait maternel - conservation – antibiotiques - probiotique.

CARACTERISATION OF BIFIDOBACTERIUM INFANTIS IN MILK ADAPTS 1ST ÂGE (CELIA1®) AND IN THE MOTHER'S MILK

S U M M A R Y

A stock of *Bifidobacterium infantis* was insulated starting from the saddles from infant nursed exclusively with the two months old centre from the hospital from Ben Boulaid de Blida. The mediums MRS and Columbia represent good culture media for the growth of our stock of interest. The standard inoculum of this stock is about $5.5 \cdot 10^7$ UFC/mL. Two types of milk were the subject of our study: mother's milk and milk adapted 1st age (Célia1®). Due of the importance of *Bf. infantis* in the prevention of the diarrhoeas neonatal, this species constitutes a probiotic stock which showed a beneficial effect on balance of the intestinal flora of the infant. This stock showed a good growth in the mother's milk and artificial milk Célia1® 1st age. This can be explained by the richness of the mother's milk in factors bifidigenes and richness of infantile milk in essential nutritive elements with the growth of *Bf. infantis*. The effect of the conservation at -20°C. and of the duration of congelation showed that the stock *Bf. infantis* was not in an optimal physiological state. From where interest of the use of more effective techniques such as freeze-drying. The stock *Bf. infantis* represents sensitivity towards various antibiotics, more particularly towards Amoxicilline and the cefalexine. The diameters of the zone of inhibition are respectively about 24 and 20 mm.

Key words : *Bifidobacterium infantis* - growth - pH - artificial milk - mother's milk conservation – antibiotics - probiotic.

دراسة خصائص جرثومة *Bifidobacterium infantis* في الحليب الاصطناعي مخصص للعمر الأول (Célia1®) وحليب الأم.

الملخص

تم عزل جرثومة *Bifidobacterium infantis* من غائط أطفال رضع غنوا بحليب الأم فقط ويبلغون كلهم شهرين من العمر وهذا بمستشفى بن بولعيد – البلدية. كذلك تم استعمال وسط التكاثر MRS و Columbia الوسطين الأكثر ملائمة لنمو وتكاثر الجرثومة التي هي محل دراستنا.

قدرت الكمية المعيارية المستخدمة لدراسة هذه الجرثومة ب 5,5 . 10⁷ وحدة مستعمرة مشكلة /ملل، ولإجراء الدراسة قمنا باستعمال صنفان من الحليب: حليب الأم وحليب اصطناعي مخصص للعمر الأول (Célia1®). ونظرا لأهمية جرثومة *Bf. infantis* للوقاية من الإسهال عند الرضع حديثي الولادة، فقد اعتبرت محفزة حيوية ذات تأثير إيجابي على توازن البكتريا المعوية عند الرضع.

أظهرت هذه الجرثومة معدلات نمو جيدة خلال تكاثرها في حليب الأم وفي الحليب الاصطناعي (Célia1®)، وهذا راجع أساسا إلى وجود محفزات لنموها في حليب الأم ولغني الحليب الاصطناعي بالمواد المغذية والضرورية لنمو الجرثومة.

إن لتأثير درجة الحرارة (-20°) و مدة تجميدها قد جعلت جرثومة *Bf. infantis* تنمو في ظروف فيزيولوجية غير ملائمة لذا ننصح باتخاذ إجراءات تخزينية أخرى مثل التجفيف بتبخير الماء ثم تجميده تحت درجات حرارة منخفضة وتحت الفراغ (درينغ- فريزر).

بينت جرثومة *Bf. infantis* حساسية اتجاه عدة مضادات حيوية بالخصوص أموكسيسيلين وسفاليكسين، بحيث قدر قطر مناطق كبح النمو ب 24 مم و 20 مم على التوالي والترتيب.

الكلمات الجوهرية : *Bifidobacterium infantis* - نمو - قدرة الهيدروجين (pH) - حليب اصطناعي- حليب الأم- حفظ- محفز حيوي - مضاد حيوي.

1. INTRODUCTION

Chez les humains, la microflore intestinale constitue un riche écosystème composé d'une vaste gamme de micro-organismes présentant une activité métabolique. Dans le tube digestif, la colonisation bactérienne touche particulièrement le gros intestin, qui produit habituellement jusqu'à 10^{12} bactéries /g de selles. La microflore intestinale est constituée généralement de *Bactéroïdes*, de bifidobactéries, de coliformes, d'entérobactéries, d'eubactéries et de streptocoques. Le rôle-clé de la microflore intestinale dans la santé physiologique de l'organisme-hôte est largement documenté. En conditions normales, le milieu microbien de l'intestin humain affiche une très grande stabilité. Cependant, plusieurs facteurs internes et externes, dont l'âge et le régime alimentaire de l'hôte, agissent sur la nature et la quantité des bactéries présentes (SALMINEN et ISOLAURI, 2006; FARNWORTH et al., 2007). À la naissance, le tube digestif des nouveaux-nés humains constitue un milieu stérile. Peu de temps après la naissance, les bactéries amorcent la colonisation du gros intestin. Tant que l'allaitement maternel est maintenu, les bifidobactéries prédominent dans les selles du nourrisson. Au sevrage, cependant, son taux chute concurremment à l'augmentation du nombre de bactéries indésirables comme les coliformes, *Clostridia* et les streptocoques. Le taux de bifidobactéries continue de décroître avec l'âge, provoquant du coup une augmentation de la sensibilité aux infections (MOORE et HOLDEMAN, 1974; BJORKESTE, 2005; KLIJN et al., 2005; NAGHMOUCHI et al., 2006).

Les diarrhées sont une cause principale de mortalité chez les enfants dans les pays en voie de développement où selon les estimations de l'OMS, l'on recense chaque année 1,3 milliards d'épisodes et 3,2 millions de décès chez les enfants de moins de cinq ans. L'un des rôles fondamentaux de la flore microbienne intestinale est de protéger l'hôte contre l'invasion par des germes pathogènes. L'apport par l'aliment de bactéries vivantes réputées bénéfiques (probiotiques) peut permettre d'orienter favorablement ou de renforcer les propriétés de la flore intestinale. Les bactéries lactiques comptent parmi les meilleures candidates (AKAO et al., 1994; BERTAZZONI-MINELLI et al., 1995; KHEADR et al., 2004; COLLADO et al., 2005).

En Algérie, les préparations lactées aux bifidobactéries destinées aux nourrissons ne sont pas encore disponibles. La mise au point d'un lait fermenté aux bifidobactéries destiné aux jeunes nourrissons pallierait à cette carence. Ce lait fermenté serait proposé en particulier en cas de diarrhées

déjà établies (traitement thérapeutique), ou en prévention de celles-ci (traitement préventif) chez les nourrissons recevant un allaitement artificiel.

La première partie de notre étude concerne le contrôle de la pureté de la souche *Bifidobacterium infantis*. La deuxième étape concerne le suivi de la cinétique de la croissance et du pouvoir acidifiant de la souche d'intérêt dans le lait infantile 1^{er} âge (Célia1®) et dans le lait maternel. La dernière partie est orientée vers l'étude de la technique de la conservation de *Bf. infantis* à -20°C. ainsi que sa sensibilité aux antibiotiques.

2. MATERIEL ET METHODES

2.1. CONTROLE DE LA QUALITE BACTERIOLOGIQUE DU LAIT INFANTILE 1^{ER} AGE (CELIA1®) ET DU LAIT MATERNEL

Le lait maternel provient d'une mère bien portante, ayant accouché par voie naturelle, qui n'est pas sous traitement antibiotique. L'échantillon provient des premières sécrétions mammaires. Le lait infantile 1^{er} âge utilisé lors de cette présente étude est le lait Célia1®. Le choix de ce dernier a été justifié par son utilisation au niveau de la pouponnière de Hadjout.

La qualité bactériologique du lait adapté premier âge et du lait maternel est déterminée selon la méthode décrite par le journal officiel de la république algérienne (J.O.R.A., 1998). Cette analyse est réalisée immédiatement après ouverture de la boîte du lait infantile artificiel où 25 g de ce dernier sont additionnés à 225 mL de TSE. 25 ml de lait maternel sont aussi additionnés à 225 mL de TSE. Les milieux de culture ainsi que les conditions d'incubation sont mentionnés au niveau du tableau 1.

Tableau 1 : Conditions de culture pour la recherche de microorganismes dans le lait artificiel 1er âge et le lait maternel

Microorganismes	Milieux de culture	Température et durée d'incubation
Germes aérobies mésophiles	gélose nutritive	37°C./ 72 heures
Coliformes	Bouillon lactosé au vert brillant (VBL)	37°C. / 48 heures
<i>Clostridium sulfito-réducteur</i>	Milieu viande foie + une ampoule d'Alun de fer + une ampoule de sulfite de sodium	80°C./ 10 minutes (au bain marie), puis un refroidissement avec de l'eau froide - choc thermique - 37°C./ 48 heures
Staphylocoques	-Enrichissement dans milieu Gioltti Cantonii + additif tellurite de Potassium	37°C./ 24 heures
	-Isolement sur gélose Chapman	37°C./ 48 heures
Levures et moisissures	Milieu à l'oxytétracycline glucose agar (OGA)	5 jours à l'air ambiant 20°C.
Salmonelles	-Pré-enrichissement dans le milieu tryptone sel eau (TSE)	37°C./ 24 heures
	-Isolement sur milieu gélose Hecktoën	37°C./ 48 heures

2. 2. CONTROLE DE LA PURETE DE LA SOUCHE

Bifidobacterium infantis

La souche bifide provient de selles fraîches d'un nourrisson sain âgé de 2 mois. L'échantillonnage est effectué au niveau de la pouponnière de l'hôpital Ben Boulaid de Blida.

Les selles sont prélevées stérilement à partir de la couche jetable. L'isolement des bifidobactéries est réalisé en profondeur sur MRS cystéiné à 37°C. Après 48 h d'incubation, les colonies sont sélectionnées selon leur aspect morphologique ainsi que sur la base de leur mobilité, de leur forme, de leur état frais et de la coloration de Gram (TAMIME et *al.*, 1995). Les colonies des bifidobactéries sont repiquées sur le bouillon MRS cystéiné, à pH 6,4 additionné de 15 µg/ mL d'acide nalidixique. Puis les tubes sont incubés en anaérobiose (en ajoutant une goutte d'huile de paraffine stérile à la surface du tube) pendant 24 h à 37°C. La pureté des souches est contrôlée par la coloration de Gram, test de la catalase, test physiologique et test biochimique de la galerie API 20A. Après quoi les souches seront repiquées sur MRS cystéiné à pH 6,4 (LARPENT, 1997; D'AIMMO et *al.*, 2007).

2.3. CARACTERISATION DE *Bifidobacterium infantis*

DANS LE LAIT INDUSTRIEL ET LE LAIT MATERNEL

2.3.1. La reconstitution du lait adapté 1^{er} âge

La préparation du lait adapté premier âge a été faite par mesure d'une quantité adéquate de la poudre de lait. Celle-ci a été reconstituée dans de l'eau minérale à raison de 30 g de poudre dans 360 mL d'eau minérale (décrite sur l'emballage). Une fois la poudre bien dissoute dans l'eau, le lait est réparti dans des tubes à essais à raison de 9 mL par tube puis stérilisé à 110°C. pendant 10 minutes.

Le lait maternel n'a subi aucun traitement. Les deux types de laits sont conservés au congélateur à -20°C. jusqu'au moment de leur utilisation.

2.3.2. La mise au point du lait infantile (artificiel et maternel) fermenté au *Bifidobacterium infantis*

Le lait adapté et le lait maternel sontensemencés avec 1 mL d'une préculture de *Bifidobacterim infantis* âgée de 18h (soit $5,5 \cdot 10^7$ UFC/mL). Un suivi du pouvoir acidifiant et de la cinétique de la croissance de la

souche est réalisé toutes les deux heures pendant 8h et après 24h de fermentation dans les deux types de lait. Le dénombrement de la souche d'intérêt est réalisé sur gélose Columbia (Fig. 1).

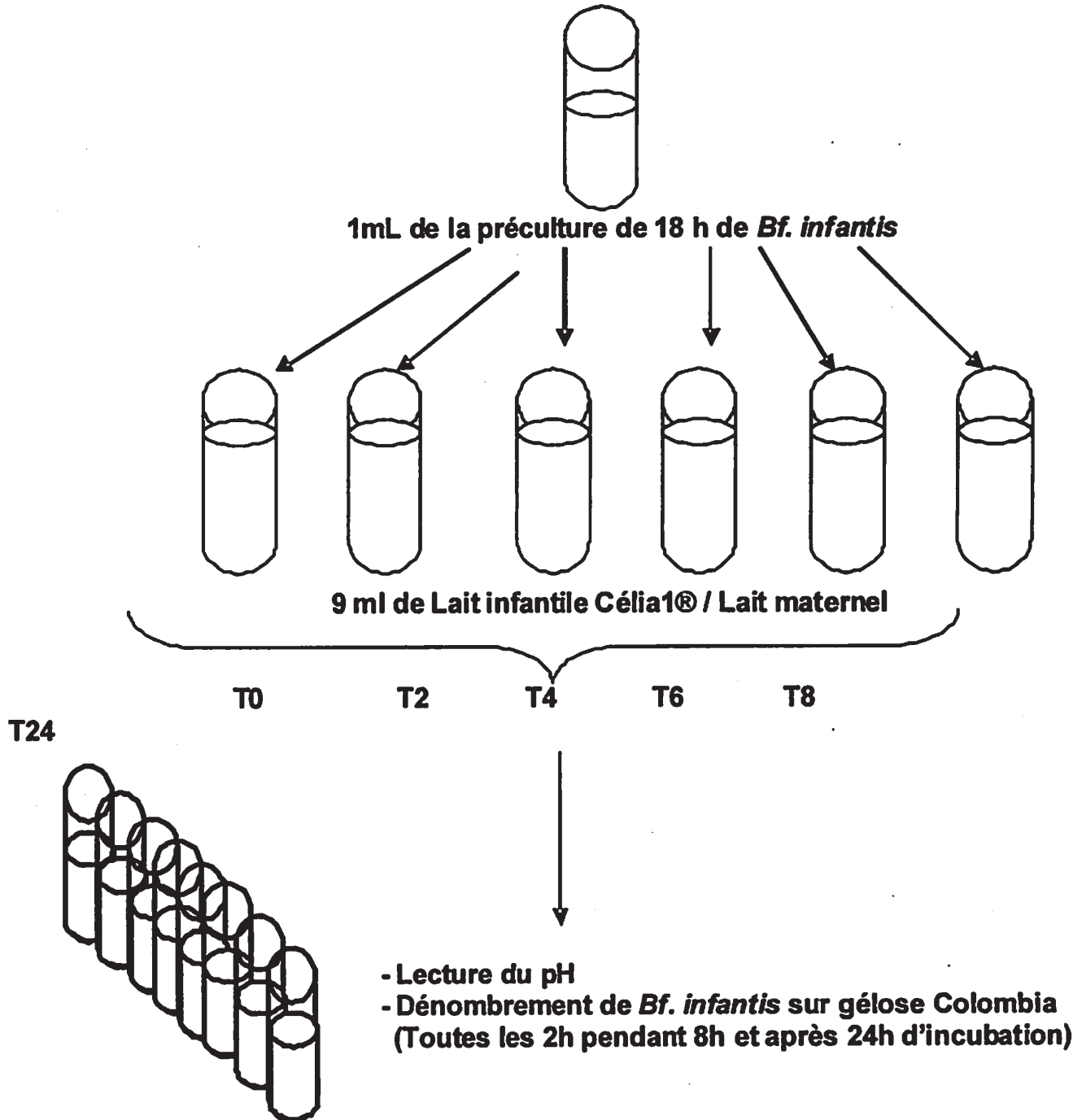


Figure 1 : Suivi du pouvoir acidifiant et de la croissance de *Bifidobacterium infantis* dans le lait artificiel et maternel

2.4. ETUDE DE LA SENSIBILITE DE *BIFIDOBACTERIM INFANTIS* AUX ANTIBIOTIQUES

Cette méthode a pour but de déterminer la sensibilité d'une souche bactérienne vis-à-vis de divers antibiotiques. Quatre antibiotiques ont fait l'objet de cette présente étude la pénicilline, l'amoxicilline, la céfalexine et la roxithromycine.

2.4.1. Méthode de diffusions des puits (antibiogramme standard)

La méthode de diffusion des puits ou antibiogrammes standards sont les plus utilisées par les laboratoires de diagnostic. Des puits sont creusés sur gélose Colombia préalablement ensemencée avec une préculture de *Bifidobacterim infantis*. Ces puits sont chargés avec 100 µL d'antibiotique à tester. Dès l'application des puits, les antibiotiques diffusent de manière uniforme si bien que leurs concentrations sont inversement proportionnelles à la distance de puit. Les boîtes de Pétri sont placées à 4°C. pendant 1h 30 min. Une fois la diffusion de l'antibiotique est terminée, ces boîtes sont mises à l'étuve à 37°C / 24h. Après incubation, les puits s'entourent de zones d'inhibition circulaires correspondant à une absence de culture. Lorsque la technique est parfaitement standardisée, les diamètres des zones d'inhibition dépendent uniquement de la sensibilité du germe.

2.4.2. Détermination des catégories sensible/ intermédiaire/résistant (S/I/R)

Les valeurs critiques définies pour les concentrations et les diamètres des zones d'inhibition, ainsi que les recommandations spécifiques à certaines espèces ou à certains groupes d'antibiotiques sont publiées dans un communiqué annuel par le CA-SFM (comité de l'antibiogramme - société française de microbiologie) et BSAC (British Society for Antimicrobial Chemotherapy) (OMS, 1979; ANDREWS, 2001).

Trois catégories cliniques ont été retenues pour l'interprétation des tests de sensibilité *in vitro* : Sensible (S), Résistant (R) et Intermédiaire (I).

Aux regards des concentrations et des diamètres critiques (tableau 2, Fig. 2) sont considérées comme :

- **Sensible (S)**, la souche pour laquelle le diamètre de la zone d'inhibition de l'antibiotique testé est inférieur ou égale au diamètre

critique D. Ceci suggère que la concentration de l'antibiotique (C_a) est inférieure ou égale à la concentration critique basse (c).

- **Résistant (R)**, la souche pour laquelle le diamètre de la zone d'inhibition de l'antibiotique testé est supérieur au diamètre critique d. Ceci suggère que la concentration de l'antibiotique testé (C_a) est supérieure à la concentration critique haute (C).
- **Intermédiaire (I)**, la souche pour laquelle le diamètre de la zone d'inhibition de l'antibiotique testé est compris entre les deux diamètres critiques (d , D). La concentration de l'antibiotique testé (C_a) est comprise entre la concentration critique basse et la concentration critique haute.

Tableau 2 : Les différentes zones de sensibilité d'un micro-organisme en fonction de la concentration et du diamètre de la zone d'inhibition.

Catégories	C_a (mg/L)	Diamètre (mm)
Sensible	$C_a \leq c$	Diamètre $\leq d$
Résistant	$C_a > C$	Diamètre $\geq D$
Intermédiaire	$c \leq C_a \leq C$	$d \leq \text{Diamètre} \leq D$

C_a : Concentration de l'antibiotique, c : concentration critique basse, C : concentration critique haute, d , D : diamètre critique

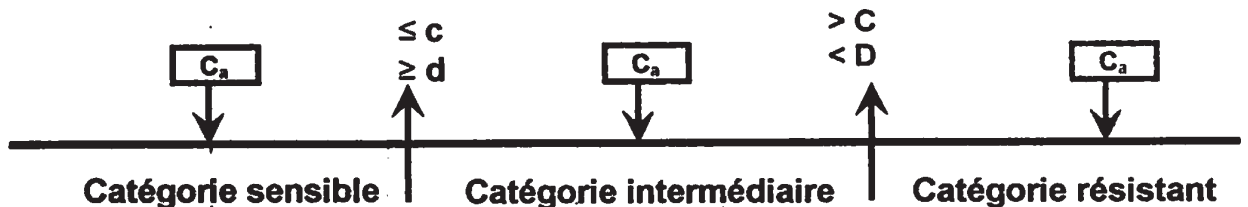


Figure 2 : Schéma illustrant les différentes catégories de sensibilité d'un micro-organisme vis-à-vis d'un antibiotique

2.5. ETUDE STATISTIQUE

Le test t de Student a été utilisé lors de cette présente étude afin de comparer l'évolution des deux paramètres technologique (pH et taux de croissance) dans les deux types de laitsensemencés avec *Bf. infantis*.

3. RESULTATS ET DISCUSSION

3. 1. CONTROLE DE LA QUALITE BACTERIOLOGIQUE

D'après nos résultats, le lait adapté premier âge (Célia1®) est d'une bonne qualité hygiénique puisqu'il est exempt de bactéries pathogènes et d'autres bactéries indésirables.

D'après les résultats obtenus le lait maternel est de bonne qualité microbiologique, les levures sont en nombre réduit et inférieur aux normes admises (1000 germes/ mL). Les deux laits peuvent donc servir à l'élaboration de lait fermenté.

3.2. CONTROLE DE LA PURETE DE *Bifidobacterium infantis*

Les colonies du genre *Bifidobacterium* cultivé sur MRS cystéiné apparaissent sous une forme ronde et lenticulaire. L'aspect microscopique révèle la présence de cellules en forme de bâtonnets bifurqués. Les résultats des tests effectués sont les suivants: Gram +, catalase -. Les résultats de la galerie API 20 A ont indiqué qu'il s'agirait bien de l'espèce *Bifidobacterium infantis*.

3.3. CARACTERISATION DE *Bifidobacterium infantis* DANS LE LAIT INDUSTRIEL ET LE LAIT MATERNEL

3.3.1. Suivi du pouvoir acidifiant de *Bifidobacterium infantis* au cours de la fermentation

Bf. infantis est caractérisé par son haut pouvoir acidifiant. La diminution du pH est due à la production mixte d'acide acétique et d'acide lactique (voie hétérofermentaire, *bifid shunt*).

En effet, Les bifidobactéries produisent de l'acide acétique et de l'acide lactique dans un ratio molaire théorique de 3 : 2 en métabolisant une grande variété d'hexoses par le cycle du fructose-6-phosphate.

Toutes les deux heures on note une diminution de pH atteignant une valeur de 4,85 pour le lait adapté et 4,95 pour le lait maternel. L'évolution du pouvoir acidifiant dans les deux types de lait sont représentés au niveau de la figure 3.

D'après les résultats du test t de Student, deux conclusions sont notées :

- **Conclusion statistique:** l'hypothèse nulle H_0 ($\mu_a - \mu_b = 0$) peut être rejetée pour $t = 5,31$, avec un seuil de confiance de 0,005. En conclusion la moyenne de l'évolution du pH dans le lait artificiel (LA) est significativement différente de celle du pH dans le lait maternel (LM), au seuil de confiance de 0,005 (5 chances sur milles de se tromper en rejetant l'hypothèse nulle).

- **Conclusion expérimentale:** le calcul du test t de Student pour un test bilatéral permet de rejeter l'hypothèse nulle H_0 au seuil de confiance de 0,005. En conclusion y a une différence significative entre les deux séries de mesure du pH, au seuil de confiance 0,005.

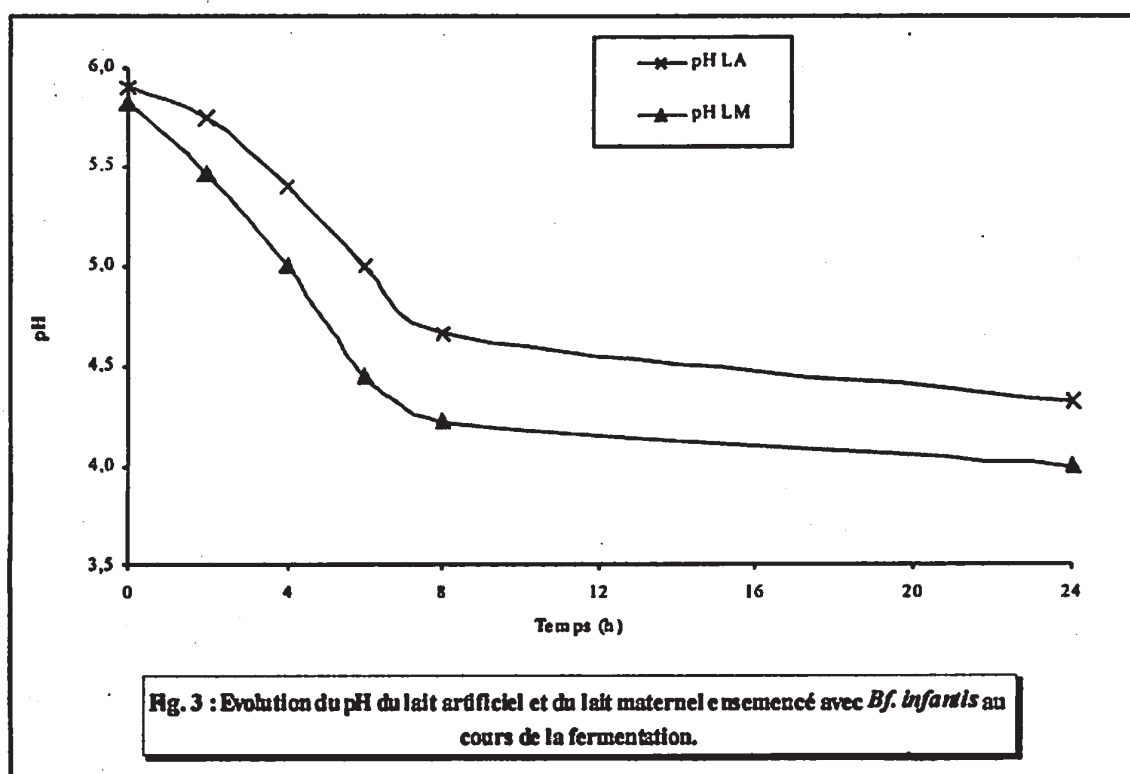


Figure 3 : Evolution du pH du lait artificiel et du lait maternel ensemencé avec *Bf. Infantis* au cours de la fermentation

3.3.2. Suivi de la cinétique de la croissance de *Bifidobacterium infantis* dans les deux types de laits

D'après nos résultats, le nombre de *Bifidobacterium infantis* atteint après 4 h d'incubation un nombre de $3 \cdot 10^8$ UFC/mL lorsque cette espèce est cultivée dans le lait maternel, alors que le même nombre n'est atteint qu'après 6 h d'incubation lorsque *Bf. infantis* se retrouve dans le lait adapté 1^{er} âge (Fig. 4).

Après 24 h d'incubation, le nombre de cellules atteintes est de l'ordre de $2,50 \cdot 10^8$ UFC/ml pour le lait adapté et $1,39 \cdot 10^8$ UFC/mL pour le lait maternel. Cette diminution peut être expliquée par la diminution du pH à un seuil défavorable à la croissance de *Bf. infantis* ou autres. Cette acidité est expliquée par l'activité hétéro-fermentaire de *Bf. infantis*. La fructose-6-phosphate phosphocetolase (F6PPK) assure la dégradation des hexoses par la voie du fructose -6- phosphate. Cette voie est appelée « *Bifid-shunt* », par l'appauvrissement du milieu en éléments nutritifs et par l'âge de la bactérie. L'activité acidifiante de *Bf. infantis* est plus importante dans le lait maternel que dans le lait artificiel. Ceci peut être expliquer par la richesse du lait de femme par les facteurs bifidigènes. Ces derniers représentent des facteurs de croissance indispensables au développement de la flore bifide.

D'après les résultats du test t de Student, deux conclusions sont notées:

- **Conclusion statistique:** l'hypothèse nulle H_0 ($\mu_a - \mu_b = 0$) peut être rejetée pour $t = 0,97$, avec un seuil de confiance de 0,2. En conclusion l'évolution du logarithme du nombre de *Bf. infantis* dans le lait artificiel (LA) est significativement différent de celle du nombre trouvé dans le lait maternel (LM), au seuil de confiance de 0,2 (2 chances sur 10 de se tromper en rejetant l'hypothèse nulle).

- **Conclusion expérimentale:** le calcul du test t de Student pour un test bilatéral permet de rejeter l'hypothèse nulle H_0 au seuil de confiance de 0,2. En conclusion y a une différence significative entre les deux séries de mesure du Nombre de cellules, au seuil de confiance 0,2.

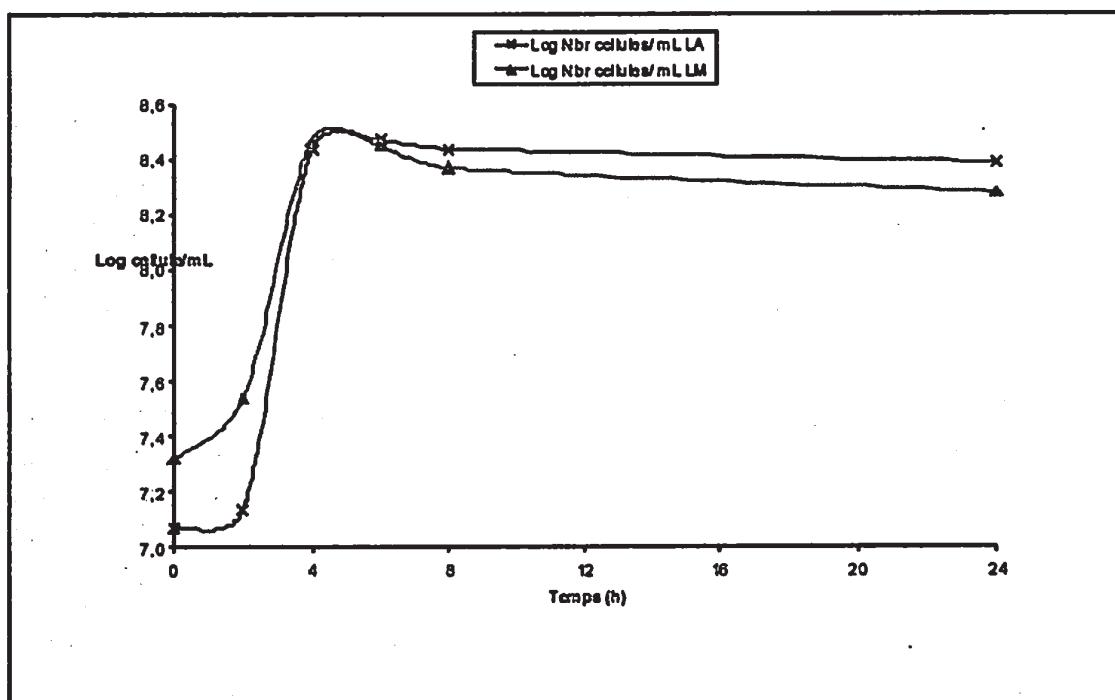


Figure 4 : Cinétique de la croissance de *Bf. infantis* dans le lait maternel et artificiel au cours de la fermentation

3.4. RESISTANCE DE *BIFIDOBACTERIUM INFANTIS* AUX ANTIBIOTIQUES

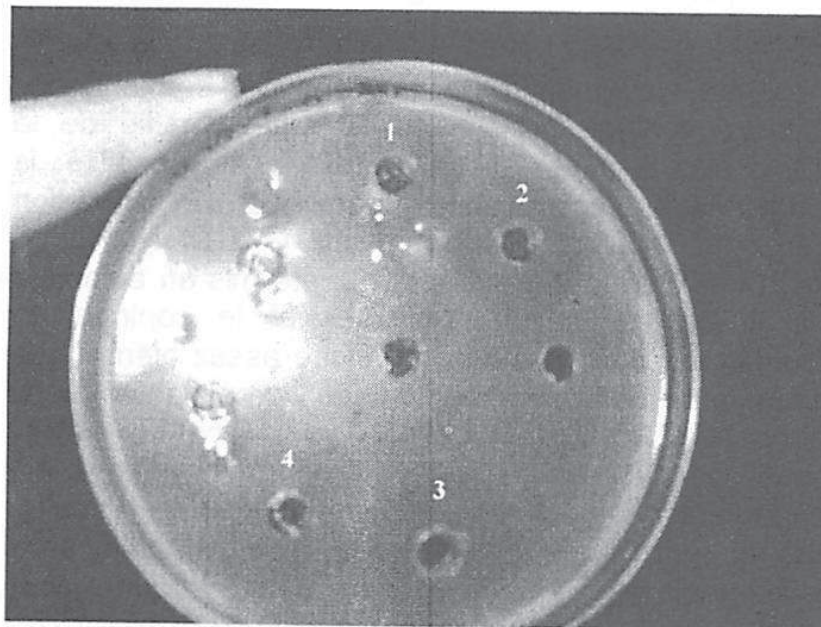
Les résultats de la sensibilité de *Bf. infantis* vis-à-vis des 4 antibiotiques (pénicilline, amoxicilline, céfalexine et roxytrhomycine) sont représentés au niveau du tableau 3 et la figure 5. La souche *Bf. infantis* représente une sensibilité envers divers antibiotiques, plus particulièrement envers l'amoxicilline et la céfalexine, le diamètre de la zone d'inhibition est respectivement de l'ordre de 24 et 20 mm.

D'après nos résultats un traitement usuel par l'amoxicilline chez l'enfant, induit des modifications quantitatives et qualitatives des populations du genre *Bifidobacterium* présentes dans sa microflore fécale. On estime qu'à deux ans, un enfant acquiert une microflore résidente "mature" constituée de nombreuses espèces bactériennes qui vont s'établir et peuvent évoluer au cours du temps. Cette flore comprend notamment des populations bactériennes appartenant au genre *Bifidobacterium*, populations considérées comme bénéfiques pour la santé de l'hôte. L'amoxicilline qui est un antibiotique très fréquemment prescrit chez l'enfant, est active *in vitro* sur la plupart des souches de bifidobactéries (MOUBARECK *et al.*, 2005).

Cependant, peu d'études décrivent les effets de l'amoxicilline sur la flore totale de l'enfant (WALIGORA-DUPRIET et al., 2007).

Tableau 3 : Résultats de la sensibilité de *Bf. infantis* à l'égard des 4 antibiotiques

Antibiotique	Diamètre de la zone d'inhibition (mm)	Interprétation
La pénicilline	18	Intermédiaire
L'amoxicilline	24	sensible
La céfalexine	20	sensible
La roxithromycine	18	Intermédiaire



- 1: La pénicilline
- 2: La roxithromycine
- 3: La céfalexine
- 4: L'amoxicilline

Figure 4 : La sensibilité de *Bf. infantis* aux antibiotiques

Selon RASIC et SAD (1990), deux facteurs sont très importants lors de l'isolement et la numération des bifidobactéries. Le premier de ces facteurs est l'obtention des conditions anaérobies et le second est un milieu de culture adéquat. Les conditions anaérobies sont facilement obtenues depuis l'apparition des hottes anaérobies qui ont des atmosphères modifiées composées de 10% de CO₂ et de 90% de N₂ (SHAH, 1997). De plus, les milieux de culture contiennent généralement des suppléments tels que la cystéine, la cystine, des sels minéraux, l'acide ascorbique et le sulfite de sodium qui réduisent le potentiel redox (SHAH, 1997). Les milieux de cultures MRS et Colombia ont permis une bonne croissance de notre souche d'intérêt. Des études cliniques ont démontré que des infections gastro-intestinales peuvent être contrecarrées avec succès par l'utilisation de probiotiques (MERCENIER et al., 2003, TURCHET et al., 2003; PLUMMER et al., 2004; TURSI et al., 2006).

WANG et al., (2004) ont rapporté que la consommation régulière de yogourt additionné de *Lactobacillus acidophilus* La5 ou de *Bifidobacterium lactis* Bb12 induit une suppression effective de l'infection due à *H. pylori*. Par contre ROSENFELDT et al., (2002) ont mentionné que des souches de *L. rhamnosus* et *L. reuteri* ont permis de traiter des gastro-entérites à *Rotavirus* chez des enfants hospitalisés.

Récemment, il a été clairement démontré que les probiotiques influencent directement sur certains aspects de la fonctionnalité de la muqueuse intestinale tels que l'expression de gènes, la perméabilité, le niveau de stress oxydatif, les défenses anti-oxydantes et l'inflammation (GARCIA-LAFUENTE et al., 2001; HOOPER et GORDON, 2001; STAPPENBECK et al., 2002). Si aucun lien direct n'a été mis en évidence entre une espèce particulière de micro-organismes et le contrôle de certaines de ces fonctionnalités, on connaît en revanche assez bien le rôle joué par certains des métabolites sur la muqueuse, l'exemple le mieux étudié étant celui du butyrate (MARIADASON et al., 1997; VENKATRAMAN et al., 2000). Par conséquent, toute modification de l'écosystème est susceptible d'induire des altérations au niveau de la muqueuse de l'intestin. C'est ainsi que chez les rongeurs, il a été montré que des perturbations de la flore induites par exemple par l'administration d'antibiotiques sont susceptibles d'altérer la maturation de la muqueuse intestinale (KINOSHITA et al., 2007).

4. CONCLUSION

Bifidobacterium infantis est une souche qui a été isolée à partir des selles d'un nourrisson allaité exclusivement au sein. Les milieux MRS et Columbia représentent de bons milieux de culture pour la croissance de notre souche d'intérêt. L'inoculum standard de cette souche est de l'ordre de $5,5 \cdot 10^7$ UFC/mL. Deux types de lait ont fait l'objet d notre étude: le lait maternel et le lait adapté 1^{er} âge (Célia1®). Une optimisation de la croissance et du pouvoir acidifiant de la souche ont été obtenus dans les deux types de laits. Ceci peut être expliqué par les facteurs bifidigènes contenus dans le lait maternel et la richesse du lait infantile en éléments nutritifs indispensables à la croissance de *Bf. infantis*. Après 4 heures de fermentation le nombre de *Bf. infantis* dans le lait adapté est de l'ordre de $2,78 \cdot 10^7$ UFC/mL, alors qu'il est meilleur dans le lait maternel soit $3 \cdot 10^8$ UFC/mL.

L'effet de la durée de la congélation à -20°C . a montré que la souche *Bf. infantis* n'était pas dans un état physiologique optimal, d'où l'intérêt de préconiser l'utilisation de techniques plus efficaces telle que la lyophilisation. La souche *Bf. infantis* représente une sensibilité envers divers antibiotiques, plus particulièrement envers l'amoxicilline et la céfalexine. Les diamètres de la zone d'inhibition sont respectivement de l'ordre de 24 et 20mm.

En perspectives, il est intéressant d'étudier l'effet de la lyophilisation sur la viabilité des souches probiotiques, la mise au point d'un lait infantile 1^{er} âge fermenté avec la souche *Bf. infantis* en association avec d'autres espèces de bactéries lactiques et la production de bactériocine et de biomasse issue de *Bf. infantis* en bioréacteur.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AKAO T., CHE Q. M., KOBASHI K., YANG L., HOTTARI M. H., NAMBA T., 1994.-** Isolation of a human intestinal anaerobic *Bifidobacterium* sp strain SEN, capable of hydrolysing sennosides to sennidins. *Appl. Environ. Microbiol.* 60, 3: 1041 – 1043.
- ANDREWS J. M., 2001.-** The development of the British Society for Antimicrobial Chemotherapy (BSAC) standardized method of disc diffusion testing. *J. Antimicrob. Chemotherapy*, 48: 29 – 42.
- BERTAZZONI-MINELLI E., BENINI A., VICENTINI L., 1995.-** Intestinal microflora in premenstrual syndrome and effect of *Lactobacillus acidophilus* and *Bifidobacterium bifidum* administration. *Microecol. Ther.*, 25: 223 – 230.
- BJORKESTE B., 2005.-** Genetic and environmental risk factors for the development of food allergy. *Current Opinion in Allergy and Clinical Immunology*, 5, 3: 249 - 253.
- COLLADO M. C., GONZÁLEZ R., HERNÁNDEZ M., FERRÚS M.A., SANZ Y., 2005.-** Antimicrobial peptides are among the antagonistic metabolites produced by *Bifidobacterium* against *Helicobacter pylori*. *Int. J. Antimicrob. Agents*, 25, 5: 385 - 391.
- D'AIMMO M. R., MODESTO M., BIAVATI B., 2007.-** Antibiotic resistance of lactic acid bacteria and *Bifidobacterium* spp isolated from dairy and pharmaceutical products. *Inter. J. Food Microbiol.*, 115: 35 - 42.
- FARNWORTH E. R., MAINVILLE I., DESJARDINS M. P., GARDNER N., FLISS I., CHAMPAGNE C., 2007.-** Growth of probiotic bacteria and bifidobacteria in a soy yogurt formulation. *Inter. J. Food Microbiol.*, 116: 174 - 181.
- GARCÍA-LAFUENTE A., ANTOLÍN M., GUARNER F., CRESPO E., MALAGELADA J. R., 2001.-** Modulation of colonic barrier function by the composition of the commensal flora in the rat. *Gut*, 48: 503 - 507.
- HOOPER L. V., GORDON J. I., 2001.-** Commensal host-bacterial relationships in the gut. *Science*, 292, 5519: 1115 – 1118.
- KHEADR E., BERNOUSSI N., LACROIX C. FLISS I., 2004.-** Comparison of the sensivity of commercial strains and infant isolated of Bifidobacteria to antibiotics and bacteriocins. *Int. Dairy J.*, 14: 1041 - 1053.

- KINOSHITA H., UCHIDA H., KAWAI Y., KITAZAWA H., MIURA H., SHIIBA K., HORII A., SAITO T., 2007.-** Quantitative evaluation of adhesion of lactobacilli isolated from human intestinal tissues to human colonic mucin using surface plasmon resonance (BIACORE assay). *J. Appl. Microbiol.*, 102: 116 – 123.
- KLJUN A., MERCENIER A., ARIGONI F., 2005.-** Lessons from the genomes of bifidobacteria. *FEMS Microbiol. Rev.*, 29: 491 p.
- LARPENT J. P., 1997.-** *Technique de laboratoires, microbiologie alimentaire*, Ed. 2 techniques et documentations Lavoisier, Paris: 1073 p.
- MARIADASON J. M., BARKLA D. H., GIBSON P. R., 1997.-** Effect of short-chain fatty acids on paracellular permeability in Caco-2 intestinal epithelium model. *Am. J. Physiol. Gastrointest. Liver. Physiol.*, 272: 705 - 712.
- MERCENIER A., PAVAN S., POT B., 2003.-** Probiotics as Biotherapeutic Agents: Present Knowledge and Future Prospects. *Current Pharmaceutical Design*, 9, 2: 175 - 191
- MOORE W. E. C., HOLDEMAN L. V., 1974.-** Human Fecal Flora: The Normal Flora of 20 Japanese-Hawaiians. *Appl. Microbiol.*, 27, 5: 961 - 979.
- MOUBARECK C., GAVINI F., VANGIEN L., BUTEL M. J., DOUCET-POPULAIRE F., 2005.-** Antimicrobial susceptibility of bifidobacteria. *J. Antimicrob. Chemother.*, 55, 1: 38 - 44.
- NAGHMOUCHI K., DRIDER D., KHEADR E., LACROIX C., PRÉVOST H., FLISS I., 2006.-** Multiple characterizations of *Listeria monocytogenes* sensitive and insensitive variants to divergicin M35, a new pediocin-like bacteriocin. *J. Appl. Microbiol.*, 100: 29 – 39.
- OMS 1979.-** Comité d'experts sur la standardisation biologique. 13^{ème} Rapport. Sem. Rapp. Techn., 638: 61 - 65.
- PLUMMER S., WEAVER M.A., HARRIS J. C., DEE P., HUNTER J., 2004.-** *Clostridium difficile* pilot study: effects of probiotic supplementation on the incidence of *C. difficile* diarrhoea. *Int. Microbiol.*, 7, 1: 59 - 62.
- RASIC J. L., SAD N., 1990.-** Culture media for detection and enumeration of bifidobacteria in fermented milks products. *Bull. IDF International Dairy Federation*, 252: 24 - 34.

- ROSENFELDT V., MICHAELSEN K. F., JAKOBSEN M., LARSEN C. N., MOLLER P. L., PEDERSEN P., TVEDE M., WEYREHTER H., VALERIUS N. H., PAERREGAARD A., 2002.- Effect of probiotic *Lactobacillus* strains in young children hospitalized with acute diarrhoea. *Pediatr. Infect. Dis. J.*, 21, 5: 411 - 416.
- SALMINEN S AND ISOLAURI E., 2006.- Intestinal colonization, microbiota, and probiotics. *J. Pediatrics*, 149: 115 - 120.
- SHAH N. P., 1997.- Isolation and enumeration of bifidobacteria in fermented milk products: A review. *Milchwissenschaft.*; 52, 2, 72 - 76.
- STAPPENBECK T. S., HOOPER L. V., GORDON J. I., 2002.- Developmental regulation of intestinal angiogenesis by indigenous microbes via Paneth cells. *PNAS*, 99: 15451 – 15455.
- TAMIME A. Y., MARSHALL V. M., ROBINSON R. K., 1995.- Microbiological and technological aspect of milks fermented by bifidobacteria. *J. Dairy Research*, 62, 1: 151 - 187.
- TURCHET P., LAURENZANO M., AUBOIRON S., ANTOINE J. M., 2003.- Effect of fermented milk containing the probiotic *Lactobacillus casei* DN-114001 on winter infections in free-living elderly subjects: a randomised, controlled pilot study. *J. Nutr. Health Aging.*, 7, 2: 75 - 77.
- TURSI A., BRANDIMARTE G., GIORGETTI G. M. AND ELISEI W., 2006.- Mesalazine and/or *Lactobacillus casei* in Preventing Recurrence of Symptomatic Uncomplicated Diverticular Disease of the Colon: A Prospective, Randomized, Open-label Study. *J. Clinical Gastroenterol.*, 40, 4: 312 - 316.
- VENKATRAMAN A., RAMAKRISHNA B. S., PULIMOOD A. B., 2000.- Increased permeability in dextran sulphate colitis in rats: time course of development and effect of butyrate. *Scand. J. Gastroenterol.*, 35, 10: 1053 - 1059.
- WALIGORA-DUPRIET A. J., CAMPEOTTO F., NICOLIS I., BONET A., SOULAINES P., DUPONT C., BUTEL M. J., 2007.- Effect of oligo-fructose supplementation on gut microflora and well-being in young children attending a day care centre. *Intern. J. Food Microbiol.*, 113: 108 – 113.
- WANG Y. C., YU R. C., CHOU C. C., 2004.- Viability of lactic acid bacteria and bifidobacteria in fermented soy-milk after drying, subsequent rehydration and storage. *Int. J. Food Microbiol.* 93: 209 –217.

**INFLUENCE DU NaCl SUR LE COMPORTEMENT
D'UNE ESPECE HALOPHYTE
(*Atriplex halimus* subsp. *schweinfurthii*)**

NEDJIMI B.⁽¹⁾ et Y. DAOUD Y.⁽¹⁾

(1) Université de Djelfa, Institut des Sciences de la Nature et de la Vie, BP 3117 Djelfa, Algérie.

(2) Ecole Nationale Supérieure Agronomique,
Département de Sciences du sol, El-harrach, Algérie

R E S U M E

Les paramètres de croissance, la composition minérale et la valeur nutritionnelle ont été caractérisés et analysés après 30 jours de culture *in vitro* d'*Atriplex halimus* subsp. *schweinfurthii*. Les résultats montrent que les graines de cette espèce sont caractérisées par leur rapidité de germination et leur faible sensibilité aux fortes concentrations en NaCl. Le seuil de sensibilité de la germination se situe à 12.96 g/l, correspondant à une pression osmotique de 0.782 MPa. Le seuil de sensibilité de la production de matière sèche de la partie aérienne est de 7.49 g/l (0.242 MPa).

L'enrichissement du milieu en NaCl se traduit dans tous les organes par une diminution du taux de la matière azotée totale et une augmentation du taux de sodium. La valeur nutritionnelle de la matière sèche est peu affectée par la salinité. Cette espèce peut être employée localement pour le repeuplement des terres affectées par la salinité, en vue de leur réhabilitation, notamment en tant que parcours.

Mots-clés : salinité, *Atriplex halimus* subsp. *Schweinfurthii*, germination, culture *in vitro*, matière sèche, nutrition minérale, steppe.

S U M M A R Y

Atriplex halimus subsp. *schweinfurthii* is a perennial halophyte, which is widely distributed in the Algerian salt steppes. This study reports the effect of sodium chloride (NaCl) on the germination, growth, ion content and nutritional value of the species under *in vitro* conditions. Results showed that seeds were characterized by speed of germination and low sensitivity to the high concentrations of NaCl. Optimal growth was observed at 5 g/l NaCl and declined with a further increase in salinity; the threshold of sensitivity of the shoot dry matter was 7.49 g/l (0.242 MPa). The nutritional value of dry matter was little affected by salinity, N concentration decreased with increasing salinity, while Na⁺ increased. This variety can be used locally as a fodder for livestock and could be useful in sand dune stabilization.

Keys words : Salinity, *Atriplex halimus* subsp. *Schweinfurthii*, Germination, In vitro culture, Mineral nutrition, Steppe.

ملخص

تعالج هذه الدراسة تأثير الإجهاد الملحي المحدث بملح كلور الصوديوم على الإنبات، تراكم (*Atriplex*) المادة الجافة، التحليل الكيميائي وعلى القيمة العلفية لنبات القطف. النتائج المتحصل عليها بينت أن بذور هذا النوع تميزت بضعف حساسيتها (*halimus*) لمختلف تراكيز كلور الصوديوم المستخدمة، عتبة المقاومة أو الحساسية بالنسبة للإنبات قدرت بـ 12.96 غ/ل. أظهرت النتائج بأن تركيز 5 غ/ل حفز زيادة المادة الجافة، فوق هذا التركيز كلور الصوديوم أثر سلبا على نمو النبات، بالمقابل لاحظنا تراكم معتبر لعنصر الصوديوم، بينما لم يؤثر هذا الملح كثيرا على القيمة العلفية (نسبة الأزوت). من خلال هذه النتائج يمكن استعمال هذا النبات لإستغلال الأراضي المالحة الغير صالحة لزراعة معظم النباتات الفلاحية.

الكلمات المفتاحية : الملوحة، القطف، الإنبات، المادة الجافة، القيمة العلفية، الزراعة النسيجية.

INTRODUCTION

L'accroissement de la pression animale sur les surfaces pastorales et le prélèvement des produits ligneux destinés à la satisfaction des besoins en combustibles provoquent une dégradation de la steppe algérienne (Le houérou, 1995). La reconstitution du couvert végétal ne peut plus être assurée dans la majorité des cas par les mécanismes naturels de régénération et nécessite le recours à des techniques d'aménagement et de gestion des terres (Nefzaoui et Chermiti, 1991).

Sur les 20 millions d'hectares de parcours steppiques en Algérie, 15 millions sont des parcours palatables (HCDS, 2001) qui se répartissent, en fonction de leur état de dégradation, en 3 millions d'hectares de parcours en bon état, 5.5 millions d'hectares de parcours moyennement dégradés, 6.5 millions d'hectares de parcours dégradés. L'offre fourragère des parcours est estimée à un milliard d'unités fourragères, elle ne peut satisfaire que 15% des besoins alimentaires du cheptel ovin existant.

Les sols des zones steppiques sont caractérisés par la présence d'accumulations salines diverses, les sels solubles présentent souvent une concentration suffisante pour affecter les propriétés des sols et le comportement des végétaux (Halitim, 1988). La végétation steppique est représentée par quatre grands types de formations (Djebaili, 1984), les parcours à graminées (steppe à Alfa [*Stipa tenacissima*], steppe à sparte [*Lygeum spartum*]), les parcours à chamaephytes (steppe à Armoise blanche [*Artemisia herba alba*]), les parcours à espèces halophytes (steppe à *Atriplex halimus* et *Salsola vermiculata*), les parcours dégradés (steppe à *Noaea micronata* et *Piganum harmala*).

Atriplex halimus (Chénopodiacées) est une espèce spontanée, pérenne des régions méditerranéennes arides et semi-arides (Nedjimi et Daoud, 2006). Riche en protéines, elle constitue une source importante en matière azotée pour le cheptel, essentiellement en période de disette (El-Shatnawi et Turuk, 2002).

Ce travail a été entrepris pour étudier expérimentalement la tolérance à la salinité d'une espèce autochtone d'*Atriplex halimus* subsp. *schweinfurthii* à intérêt fourrager.

MATERIEL ET METHODES

Les semences d'*Atriplex halimus* proviennent de la région d'El Mesrane (Djelfa), plus précisément de la zone du chott Zahrez (3°03'E longitude, 34°36'N latitude et 830m d'altitude) où les nappes d'*Atriplex* occupent une surface importante de l'ordre de 16 400 ha. La conductivité électrique de la solution du sol a été mesurée au niveau du premier horizon du sol (0 – 20 cm), au voisinage des touffes d'*Atriplex* qui ont été échantillonnées pour la semence, la conductivité électrique de l'extrait de pâte saturée est de 10.5 dS/m à 25°C. Après décortication manuelle de leur valves fructifères (bractéoles), les graines sont désinfectées par un séjour de 20 minutes dans l'Ethanol à 70 %, suivi de 10 mn dans une solution d'hypochlorite de sodium à 8% , ensuite elles sont rincées 5 fois à l'eau distillée stérile (Bajji *et al.*, 1998).

Le facteur de variation étudié est la concentration en NaCl. Ce sel a été retenu en raison de sa prédominance dans les sols salés de la zone d'étude (Halitim, 1988). Les concentrations en NaCl retenues suivent une croissance arithmétique dont l'incrément est de 5 g de NaCl/l. La gamme de concentrations étudiées englobe le seuil de sensibilité du genre *Atriplex* à ce sel et qui se situerait autour de 10 g de NaCl/l (Khan *et al.*, 2000). C'est ainsi que 11 concentrations salines sont étudiées (0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50 g/l).

Les graines sont mises à germer par lot de 100 graines pour chaque traitement, dans les boîtes de Pétri de 9 cm de diamètre, fermées hermétiquement et tapissées de papier filtre stérilisé, en raison de 25 graines/boîtes, soit 4 répétitions par traitement (Bajji *et al.*, 1998). Le papier filtre est humecté au départ, et ensuite toutes les 24 heures avec 5 ml d'eau déminéralisée stérile (Témoin) ou avec les différentes solutions de NaCl. Le test germinatif est conduit dans une chambre de culture dont la température et la photopériode sont contrôlées. La température est réglée à 25°C ± 1°C, sous un éclairage de 25 µE/s/m² assuré par une série de Néons fluorescents. La photopériode est de 16 heures de lumière, et 8 heures d'obscurité. L'humidité relative est de 70 % (Pourrat et Dutuit, 1993). Les graines germées sont dénombrées toutes les 24 heures. Comme critère de germination, l'apparition d'une radicule de 1mm environ a été utilisée (Bajji *et al.*, 1998). Le dispositif expérimental utilisé est le Bloc aléatoire complet à un seul facteur de variation avec 4 répétitions.

Au bout de 05 jours, les plantules ayant entre 10 et 15 mm de hauteur ont été repiquées à raison d'une plantule par tube sur les milieux de culture qui présentent des concentrations croissantes en chlorure de sodium

(Pourrat et Dutuit, 1993). Elles sont ensuite mises en culture pendant 30 jours dans les mêmes conditions que pour la germination (photo 1). Chaque tube à essai contient 20 ml du milieu de culture qui contient les macro-éléments et les micro-éléments de Murashige et Skoog (1962), les vitamines de Morel et Wetmore (1951), 0.1mM Fer- EDTA, 20g/l de saccharose (source de carbone) et 8 g/l d'Agar qui permet de solidifier le milieu. Le pH est ajusté à 5.8 avec KOH (Margara, 1982).

Chaque expérience correspond à un ensemble de 11 traitements, chaque milieu est testé sur 10 individus correspondant à 10 répétitions. Le dispositif expérimental utilisé est le Bloc aléatoire complet dont les traitements correspondent aux concentrations de NaCl. Les mesures ont lieu 30 jours après la mise en culture et portent sur 10 plants pour chaque traitement. Pour éliminer l'accumulation de sel en surface, les plantes ont été lavées à l'eau distillée. Le poids de la matière sèche est obtenu après séchage des échantillons pendant 48 heures à 60 °C. Le sodium est dosé par spectrophotométrie de flamme en émission sur le produit d'une attaque Nitro-perchlorique des tissus en présence de l'acide Sulfurique. L'Azote est dosé d'après la méthode de Kjeldahl.

Les résultats sont soumis à une analyse de la variance à un facteur de variation, avec le test de Newman et Keul au seuil de 5% pour identifier les groupes homogènes.

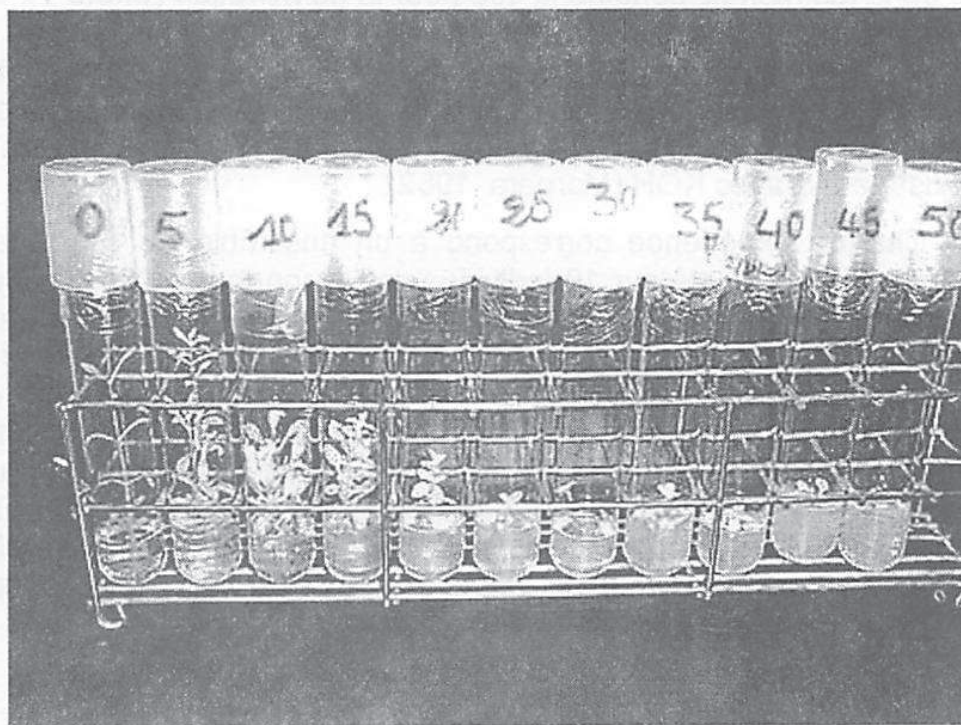


Photo 1. Croissance des vitro semis d'*Atriplex halimus* subsp. *chweinfurthii*, après 30 jours de culture sur le milieu de Murashige et Skoog (1962) [cliché NEDJIMI, 2002]

RESULTATS ET DISCUSSION

Le test germinatif

En absence de sel, le taux de germination est de 100 % (figure 1). Pour des concentrations de NaCl de 5 et 10g/l, les pourcentages de germination sont de 99 % et 94 %. Pour une concentration en NaCl supérieure ou égale à 20 g/l, il se produit une forte diminution du taux de germination qui s'annule pour des concentrations en NaCl de 35 g/l. Le test de Newman et Keuls au seuil de 5% montre que les traitements correspondant aux concentrations 0, 5 et 10 g/l NaCl font partie du groupe A, le taux de germination à 15 g/l NaCl est classé dans le groupe B, le groupe C correspond à une concentration de 20 g/l, et à partir du 25 g/l tous les traitements se classent dans le groupe D. Ces résultats signifient que le NaCl diminue d'une manière significative le taux de germination entre le 10 et le 15 g/l. C'est dans cet intervalle que se localise le seuil de sensibilité de cette espèce au NaCl.

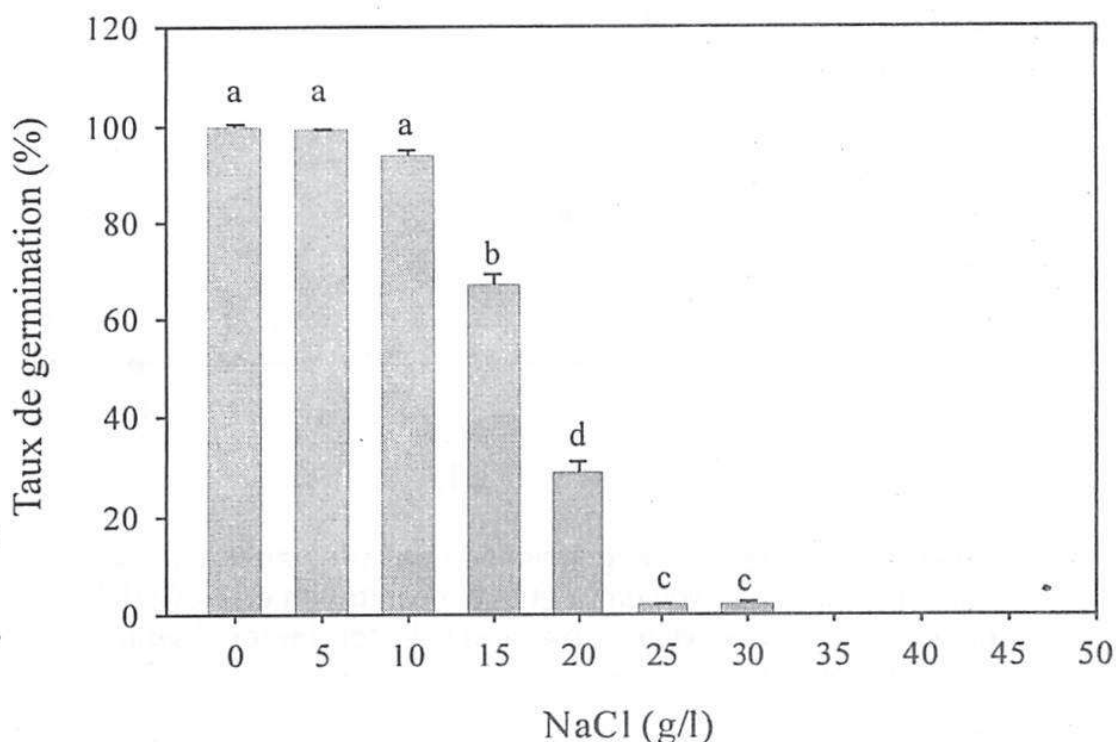


Figure 1. Effet des traitements de NaCl sur le taux de germination des graines d'*Atriplex halimus* subsp. *schweinfurthii*, Les barres verticales représentent la moyenne \pm S.E. (n=4, $P<0.05$).

La recherche de la meilleure fonction d'ajustement statistique de la relation entre le taux de germination (y) et la concentration en NaCl (x) aboutit à une équation de la forme polynomiale suivante (figure 2) :

$$y = 0.06 x^2 - 5.46 x + 119.30 \quad R^2 = 0.916, n = 11$$

Le coefficient de détermination montre que 91,63 % de la variance des taux de germination sont expliqués par le gradient de concentration en NaCl. La recherche du seuil critique admissible, ou seuil de toxicité, sera calculé pour une réduction du taux de germination de 25 % (Maas, 1990). Le résultat obtenu donne une concentration en NaCl de 12,96 g/l.

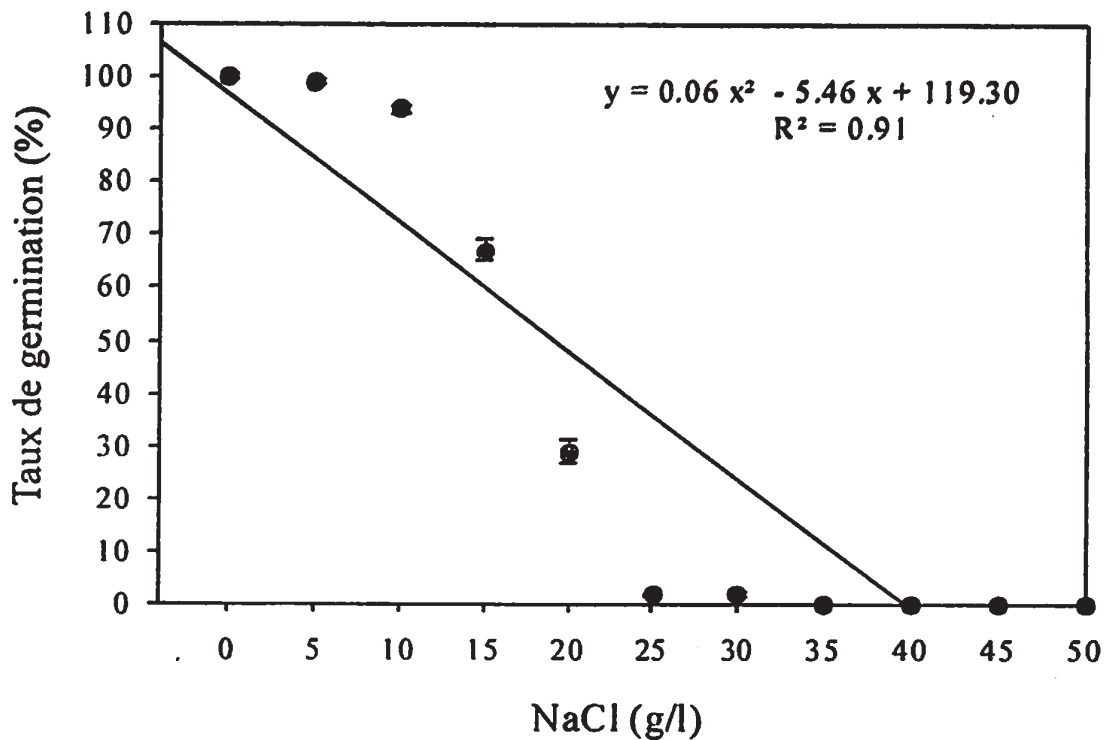


Figure 2. Relation entre le taux de germination des graines d'*Atriplex halimus* subsp. *schweinfurthii* et la concentration en NaCl (les points indiquent les valeurs mesurées, la courbe représente la fonction polynomiale du second degré).

La matière sèche

L'addition du NaCl se manifeste par une augmentation de la matière sèche de la partie aérienne à 5 g/l (figure 3). Cet effet stimulant disparaît à partir de 10 g/l NaCl, où l'on observe une diminution de la quantité de matière sèche produite. Selon le test de Newman et Keuls, le sel affecte négativement la production de la matière sèche d'une manière significative entre 5 et 10 g/l de NaCl.

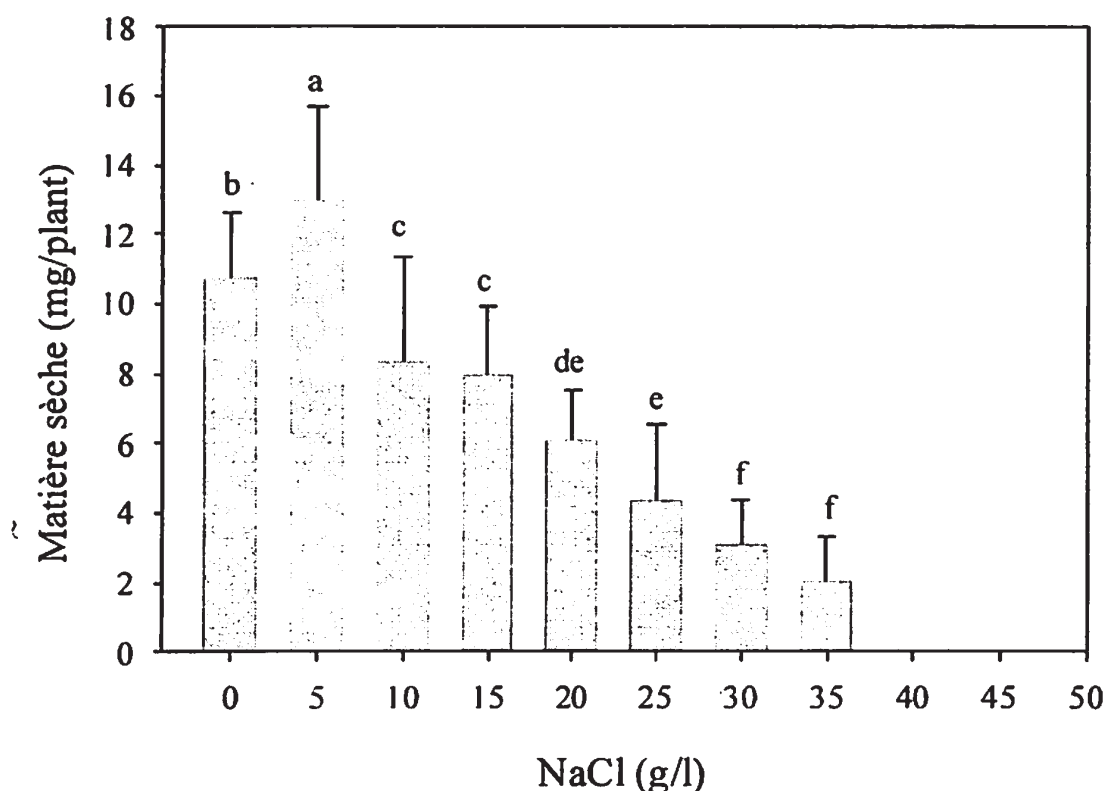


Figure 3. Effet des traitements de NaCl sur la matière sèche produite des jeunes plants d'*Atriplex halimus* subsp. *schweinfurthii*, mesurée après 30 jours de culture. Les barres verticales représentent la moyenne \pm S.E., n=10 ($P < 0.05$).

Pour situer de façon plus précise le seuil de sensibilité de la production de la matière sèche, le taux de sa réduction est calculé par rapport au témoin (y) et en fonction des concentrations croissantes du milieu de culture en NaCl (x). Le taux de réduction de la matière sèche au niveau

de la partie aérienne est illustré par la figure 4, qui présente une relation statistique de forme polynomiale :

$$y = -0.91 x^2 + 23.63 x - 43.08 \quad R^2 = 0.94, \quad n = 10.$$

Selon cette équation, le seuil critique admissible qui provoque une réduction de 25 % de la matière sèche correspond à une concentration de 7,49 g/l NaCl.

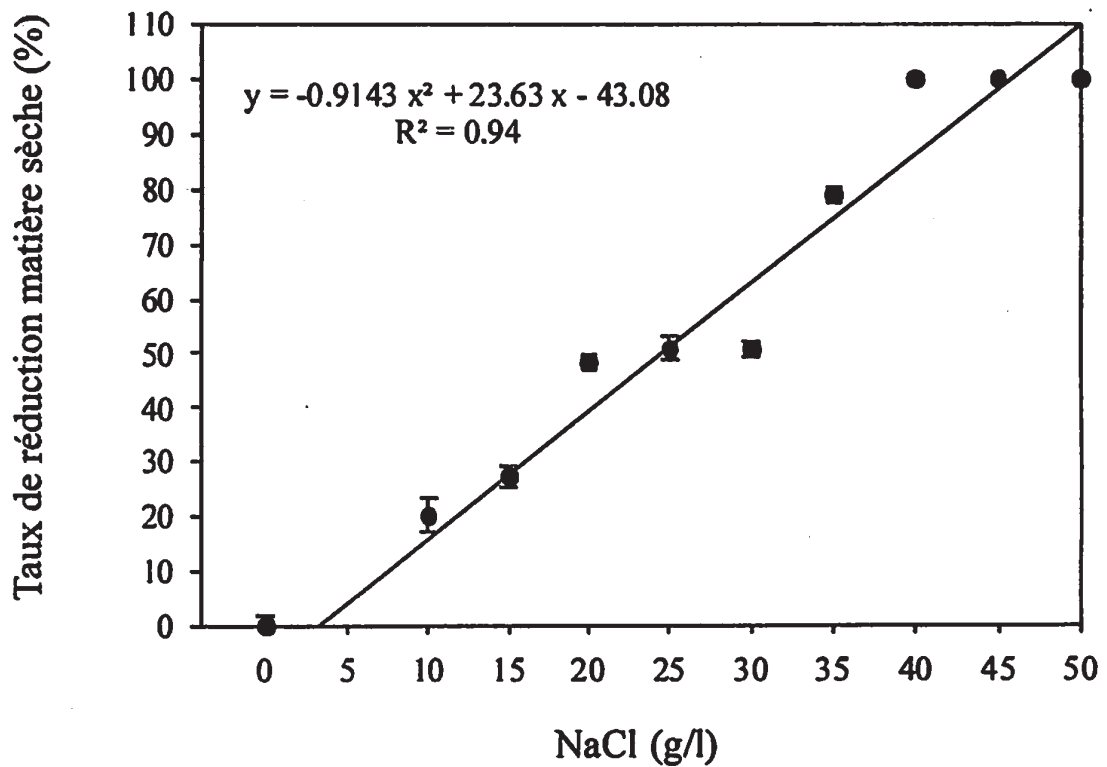


Figure 4. Evolution du taux de réduction de la matière sèche produite des jeunes plants d'*Atriplex halimus* subsp. *schweinfurthii*, par rapport au témoin et en fonction de la concentration saline du milieu (les points indiquent les valeurs expérimentales).

Le sodium

La figure 5 montre que la teneur en sodium des tissus de la partie aérienne augmente avec la concentration en NaCl du milieu de culture. Elle augmente très nettement à 5 g/l où sa teneur est multipliée par cinq par rapport au témoin (1,82 % contre 9,33 %), elle se poursuit jusqu'à 35 g/l où le sodium représente 17,26 % de la matière sèche de la partie aérienne.

Au niveau des racines, il se produit une augmentation progressive des teneurs en sodium au fur et à mesure que la concentration en NaCl du milieu de culture augmente. L'augmentation relative la plus forte (5,13 %) est obtenue par le traitement à 35 g/l de NaCl. Globalement, il s'avère que pour tous les traitements, les teneurs en Na⁺ enregistrées sont plus importantes au niveau de la partie aérienne que racinaire.

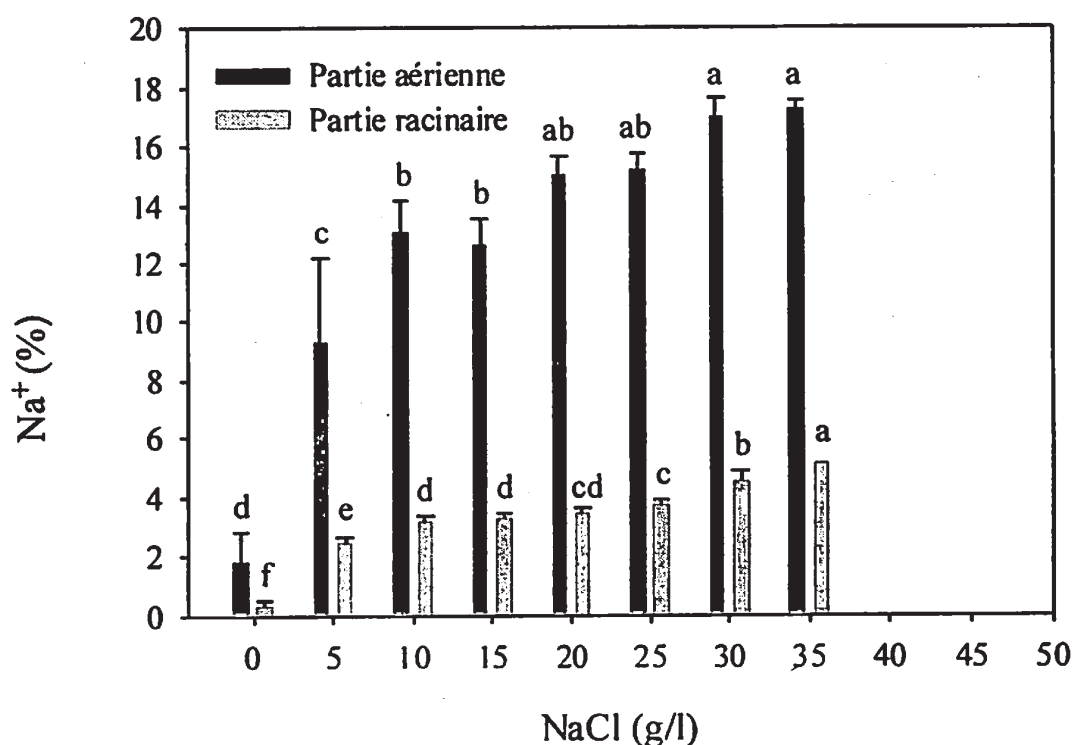


Figure 5. Effet des traitements de NaCl sur la teneur en sodium (Na⁺) des tissus de la partie aérienne et racinaire des jeunes plants d'*Atriplex halimus* subsp. *schweinfurthii*, mesurée après 30 jours de culture. Les barres verticales représentent la moyenne \pm S.E., $n=3$ ($P<0.05$).

L'azote

Afin de mettre en évidence l'importance de cet élément dans la détermination de la qualité fourragère de *Atriplex halimus*, nous avons déterminé la fraction azotée totale dans la partie aérienne, et également pour un aspect nutritionnel du végétal nous l'avons dosé au niveau racinaire. Les résultats sont illustrés par la figure 6.

Les teneurs enregistrées dans la partie aérienne diminuent progressivement lorsque la concentration du milieu de culture augmente. Dans les tissus racinaires, il se produit une diminution modérée et régulière de la teneur en azote lorsque la concentration en NaCl augmente.

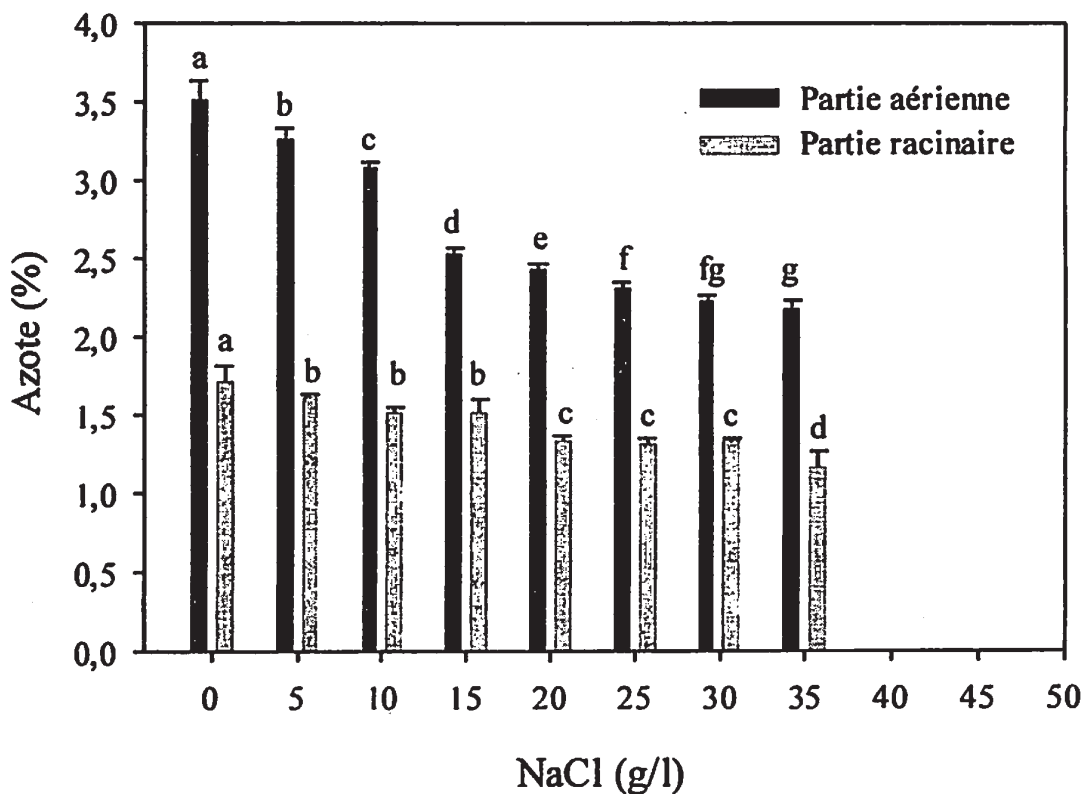


Figure 6. Effet des traitements de NaCl sur la teneur en azote des tissus de la partie aérienne et racinaire des jeunes plants d'*Atriplex halimus* subsp. *schweinfurthii*, mesurée après 30 jours de culture. Les barres verticales représentent la moyenne \pm S.E., n=3 ($P<0.05$).

DISCUSSION

Chez *Atriplex halimus*, la vitesse et le taux de germination ne sont affectés qu'à partir de 10 g/l NaCl, le taux de germination est à l'ordre de 94 %, ce taux atteint 75 % pour une concentration en NaCl de 12,96 g/l qui correspond à une pression osmotique de 0.782 MPa, soit un potentiel osmotique de 3,89. Ce niveau de potentiel engendré seulement par la pression osmotique correspond au point de flétrissement temporaire (généralement fixé à un pF de 3,70) de la majorité des espèces végétales cultivées. Ce seuil de tolérance chez *Atriplex halimus* est sensiblement plus faible que celui signalé par Thuault (1984) chez *Atriplex arenaria* et *Atriplex littoralis*. Ce seuil de sensibilité (12,96 g/l de NaCl) correspond à une conductivité électrique de 22,34 dS/m à 25°C, soit un niveau de salinité très élevé par rapport au seuil de tolérance de la majorité des espèces végétales cultivées (Maas, 1990). Une concentration de l'ordre de 5 g/l (0.161 MPa) semble stimuler la croissance du végétal (production de la matière sèche aérienne). Au delà de cette concentration, le chlorure de sodium exerce un effet dépressif sur la croissance du végétal. L'analyse des teneurs en sodium montre qu'il s'accumule préférentiellement dans la partie aérienne. Il s'agirait d'une restriction de l'entrée du sodium dans le secteur métabolique actif qui est considérée comme étant un mécanisme fonctionnel de tolérance aux sels solubles (Chen et al., 1998). Par ailleurs, bien que la teneur en matières azotées totales diminue lorsque la concentration saline augmente, la qualité fourragère de l'*Atriplex halimus* est peu affectée. En effet, pour tous les traitements salins étudiés, les valeurs de la matière azotée totale restent supérieures à celle du son d'orge (10,50 %) recherché en zone steppique.

CONCLUSION

La germination et la production de matière sèche sont relativement tolérantes au stress salin qui provoque une augmentation du taux du sodium. La valeur nutritionnelle, évaluée par la teneur en matière azotée totale de la matière sèche, est peu affectée par la salinité. Ce travail montre qu'*Atriplex halimus* subsp. *schweinfurthii*, qui est un arbuste autochtone à intérêt fourrager, tolère des concentrations salines élevées. Il peut donc être utilisé dans la protection des sols contre l'érosion, dans la valorisation des sols salés, et pour la production fourragère dans les milieux steppiques.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BAJJI M., KINET J.M., & LUTTS S., 1998.-** Salt stress effects on roots and leaves of *Atriplex halimus* L, and their corresponding callus cultures. *Plant Science* 137: 131-142.
- CHEN D.M., KEIPER F.J., & DE FILIPPIS F., 1998.-** Physiological changes accompanying the induction of salt tolerance in *Eucalyptus microcorys* shoots in tissue culture. *J. Plant Physiology* 152 : 555-563.
- DJEBAILI S., 1984.-** Steppe Algérienne Phytosociologie et écologie. OPU, Alger 177 p.
- EL-SHATNAWI M.J. & TURUK, M., 2002.-** Dry matter accumulation and chemical content of saltbush (*Atriplex halimus*) grown in Mediterranean desert shrublands. *New Zealand J. Agri. Res.* 45: 139–144.
- HALITIM A., 1988.-** Sols des régions arides d'Algérie. OPU, Alger 384 p.
- hcds., 2001.-** Problématique des zones steppiques Algériennes et perspectives de développement. Rap. Synth. 10 p.
- KHAN M.A., UNGAR I.A., & SHOWALTER A.M., 2000.-** Effects of salinity on growth, water relations and ions accumulation of the subtropical perennial halophyte, *Atriplex griffithii* var. *stockii*. *Annals Botany* 85: 225-232.
- LE HOUEROU H.N., 1995.-** Bioclimatologie et biogéographie des steppes arides du Nord de l'Afrique, Diversité biologique, développement durable et désertisation. *Options méditerranéennes.* 10 : 1-397.
- MAAS E.V., 1990.-** Crop salt tolerance. Engineering practice. *ASCE (New York)* 71: 262-304.
- MARGARA I., 1982.-** Bases de multiplications végétatives, les méristèmes et l'organogenèse. Ed. INRA, Paris 262 p.
- MOREL G., & WETMORE R.H., 1951.-** Fern callus tissue culture. *Amer. J. Botany* 38 : 141-143.
- MURASHIGE T., & SKOOG F., 1962.-** A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue culture. *Physiol. Plantarum* 15 : 473-497.

- NEDJIMI B. & DAUD Y., 2006.-** Effect of Na_2SO_4 on the growth, water relations, proline, total soluble sugars and ion content of *Atriplex halimus* subsp. *schweinfurthii* through in vitro culture. *Anales Biologia* 28 : 35–43.
- NEFZAOUI A., & CHERMITI A., 1991.-** Place et rôles des arbustes fourragers dans les parcours de zones arides et semi-arides de la Tunisie. *Options méditerranéennes* 16: 119-125.
- POURRAT Y., & DUTUIT P., 1993.-** Effects of the sodium and calcium concentrations on the in vitro growth of *Atriplex halimus* L. plantlets. *J. Plant nutrition* 16: 1417-1429.
- THUAULT R., 1984.-** Cultures d'organes et rhizogénèse de deux hlophytes *Atriplex arenaria* W. et *Atriplex littoralis* L. Thèse Doct. 3^{ème} cycle, Biol Végét, Univ. Caen. ; 194 p.

INTERACTION DU MANGANESE ET DU STRESS HYDRIQUE SUR LA FIXATION SYMBIOTIQUE DE L'AZOTE CHEZ LE POIS CHICHE (*Cicer arietinum*)

**OUNANE S.M.⁽¹⁾, OUNANE G.⁽¹⁾, GHALMI N.⁽¹⁾,
DJEBARA M.⁽²⁾, ALKAMA N.⁽³⁾, BEKKI A.⁽⁴⁾**

⁽¹⁾ Institut National Agronomique. Hassan Badi, El Harrach Alger,

⁽²⁾ Université Houari Boumediene, Alger

⁽³⁾ Université de Tizi Ouzou

⁽⁴⁾ Université d'Es-Senia, Oran

E-mail : ounane.1999@yahoo.com et s.ounane@ina.dz

Tel : 021521987 Fax : 021822729

R E S U M E

Les plants de pois chiche (variété ILC3279) sont cultivés sous serre dans des pots remplis de sable de rivière et inoculés avec la souche IC2018. Le stress hydrique est provoqué par arrêt de l'arrosage pendant 8 jours au stade floraison. Cette contrainte se traduit par une baisse importante de l'activité réductrice d'acétylène (ARA).

Des corrélations entre le stress hydrique, les uréides, le manganèse et l'ARA sont mise en évidence chez le pois chiche. Le stress hydrique provoque une accumulation des ureides dans les feuilles qui serait due à un ralentissement de l'activité amidohydrolase. Cette accumulation provoque leur retour dans les nodules (feedback) où leur concentration serait responsable de l'inhibition de l'activité nitrogénase. Le manganèse est le cofacteur de l'amidohydrolase, enzyme responsable de la dégradation des uréides.

Des apports croissants en cet élément stimulent l'activité de cette enzyme, accélèrent la dégradation des uréides dans les feuilles et par conséquent améliorent la fixation N₂ sous contrainte hydrique. Ils permettent aussi une augmentation de la masse du nodule individuel à partir de 4 mM qui s'accompagne d'un accroissement de l'ARA jusqu'à 8 mM de Mn.

Le but de cette étude est de montrer l'effet du manganèse sur la dégradation des uréides foliaires et son impact sur la fixation de l'azote (ARA) chez le pois chiche cultivé sous contrainte hydrique.

Mots clés : pois chiche, stress hydrique, uréides, manganèse, fixation azote.

ABSTRACT

Chick-pea plants (*Cicer arietinum* L.) cv. ILC3279 were cultivated under greenhouse conditions in pots filled with river sand and were inoculated with *Mesorhizobium ciceri* strain IC2018. Water stress was imposed by stopping watering during 8 days at the flowering stage. This water deficit resulted in a significant reduction of the acetylene reducing activity (ARA).

In the present work, correlations between water stress, ureides, manganese and ARA are highlighted. Water stress causes ureide accumulation in leaves which is the consequence of the inhibition of the amidohydrolase activity; this accumulation induces their return to the nodules. This feedback mechanism involving ureide level would be responsible for the inhibition of nitrogenase activity.

Manganese is the co-factor of the amidohydrolase, the enzyme responsible for ureide degradation. Mn Applications stimulate the activity of this enzyme, accelerate ureide degradation in leaves and consequently improve N₂ fixation under water deficit conditions. It allows also an increase in the individual nodule mass starting from 4 mM which is accompanied by an increase in acetylene-reducing activity up to 8 mM of Mn.

This study was conducted to evaluate the effect of manganese on leaf ureide degradation and its impact on nitrogen fixation of chick-pea cultivated under water deficiency.

ملخص

نباتات الحمص صنف ILC3279 تمت زراعتها داخل بيت بلاستيكي على مستوى بيت أصيصات ملأت برمال الواد و طعمت ببكتيريا الريزيبيوم صنف IC 2018. هاته النباتات عرضت لإجهاد مائي خلال فترة الإزهار لمدة 8 أيام. تأثير الإجهاد المائي تبين من خلال انخفاض مهم لنشاط تحويل الأستيلين. عدة ارتباطات لوحظت بين الإجهاد المائي، الإيرويدات، المنغيز، و نشاط تحويل الأستيلين عند نبات الحمص.

الإجهاد المائي سبب في تجميع الإيرويدات في الأوراق التي كانت سبب في تباطؤ نشاط الأنزيم المسؤول على تحليل النشاء. هذا التجميع سبب إرجاعها بالمقابل إلى العقد البكتيرية حيث أن تركيزها أدى إلى انخفاض عمل الأنزيم المسؤول على تثبيت الأزوت الجوي.

يعتبر المنغيز مضاعف محدد للأنزيم المسؤول على تحليل الإيرويدات. إن إضافة كميات متصاعدة من المنغيز يلعب دور كبير في تنشيط عمل هذا الأنزيم و بالتالي تحسين تثبيت الأزوت تحت ظروف الإجهاد المائي. كما تسمح بارتفاع كتلة العقدة البكتيرية بالتزامن مع ارتفاع نشاط تحويل الأستيلين و هذا بإضافة كمية محصورة بين 4 و 8 ميلي مول من المنغيز.

الهدف من هذا العمل هو دراسة تأثير دور المنغيز على تحليل الإيرويدات في الأوراق و بالتالي تأثيره على تثبيت الأزوت الجوي عند نبات الحمص المزروع تحت الإجهاد المائي.

الكلمات المفتاحية : نبات الحمص، الإجهاد المائي، الإيرويدات، المنغيز، تثبيت الأزوت.

1. INTRODUCTION

Chez les légumineuses, le stress hydrique se traduit généralement par une baisse de la fixation symbiotique de l'azote. Plusieurs hypothèses ont été avancées pour expliquer ce mécanisme, notamment celui qui met en cause le ralentissement de la dégradation des uréides dans les feuilles et leur retour au niveau des nodules (SERRAJ *et al.* 1999a).

Les uréides (allantoïne et allantoate) sont les produits de la fixation N_2 chez la plupart des légumineuses. Ils sont transportés des nodules vers les feuilles où ils sont dégradés naturellement grâce à l'amidohydrolase (Winkler *et al.*, 1987). Pendant une contrainte hydrique, le fonctionnement de cette enzyme est ralenti, provoquant ainsi une accumulation des uréides dans les feuilles (De SILVA *et al.*, 1996; SERRAJ et SINCLAIR, 1996; PURCELL *et al.*, 1998). Par feedback, ces uréides retournent aux nodules dans la sève du phloème et leur accumulation provoque l'inhibition de la nitrogénase (SERRAJ *et al.*, 1999a).

Le taux d'accumulation des uréides en réponse à un déficit hydrique est variable suivant les variétés ou les écotypes. Cette variabilité existe chez le soja, avec notamment le cultivar « Jackson » réputé tolérant à la sécheresse et qui accumule moins d'uréides que les cultivars sensibles (SERRAJ et SINCLAIR, 1996; PURCELL *et al.*, 1998). Par conséquent, la plus grande capacité de fixation N_2 chez « Jackson » pendant la sécheresse peut être associée à son aptitude à maintenir les uréides des feuilles, à une concentration moindre par rapport aux cultivars sensibles. Ce cultivar a été largement étudié pour comprendre les mécanismes impliqués lors d'un stress hydrique.

SERRAJ *et al.* (1999b) observent une baisse de l'ARA après une application de 10 mM d'allantoate aux racines de soja en culture hydroponique. Le cultivar de soja « Jackson » dont la fixation N_2 est tolérante à la sécheresse, accumule moins d'uréides dans les feuilles que le cultivar sensible KS4895 (PURCELL *et al.*, 1997 ; SERRAJ *et al.*, 1997).

D'une population initiale de 3000 lignées de soja soumise au test RAU (Relative Abondance Uréides) pour évaluer la fixation N_2 sous contrainte hydrique, huit ont été identifiées pour leur tolérance à la sécheresse grâce à la faible teneur en uréides de leurs feuilles (SINCLAIR *et al.*, 2000).

Ces géotypes sont actuellement étudiés comme model pour comprendre les mécanismes physiologiques de la régulation de la fixation N_2 . Il est connu cependant que la fixation N_2 est un processus complexe qui implique la formation du nodule, l'activité du nodule, le transport des produits entre les nodules et les feuilles et tous les processus biochimiques dans les feuilles. Il est donc possible qu'il y ait plusieurs mécanismes impliqués dans la régulation de la fixation N_2 de ces géotypes.

L'importance du manganèse dans le maintien de la fixation N_2 en réponse au déficit hydrique a été démontrée en serre (PURCELL *et al.*, 2000). Chez le cultivar de soja KS4895, la fixation N_2 sous stress hydrique modéré représente 30% par rapport au témoin sans apport de Mn et 111% avec apport de Mn au sol. Par contre chez « Jackson », le taux de fixation N_2 pendant un stress modéré n'est pas affecté par le Mn alors que chez KS4895, cet ion provoque une diminution de la concentration en uréides dans les feuilles, accompagnée d'une augmentation de la fixation N_2 (PURCELL *et al.*, 2000).

Des études supplémentaires sont nécessaires pour évaluer la réponse de l'amidohydrolase aux différentes sources de manganèse et pour déterminer l'emplacement du pool de manganèse et des uréides dans la plante et comment un apport supplémentaire de manganèse et la sécheresse affectent ce pool.

Le stress hydrique modifie aussi la teneur en manganèse des feuilles. Il provoque une augmentation au premier jour et une diminution au 14eme jour de stress de la concentration en manganèse des feuilles (PURCELL *et al.*, 2000). Cette diminution serait due en partie à la remobilisation du manganèse des vieilles feuilles aux plus jeunes (MARSCHNER, 1995).

En l'absence d'une teneur suffisante en manganèse dans les feuilles, l'activité amidohydrolase diminue, provoquant ainsi une accumulation des uréides dans les feuilles. Par feedback, ces uréides reviennent aux nodules dans la sève du phloème et leur accumulation provoque l'inhibition de la nitrogénase. La présence d'une concentration suffisante en manganèse dans les feuilles peut accélérer le catabolisme des uréides et prévenir ainsi une inhibition par feedback de la nitrogénase dans les nodules. A partir de ces données nous avons essayé de vérifier l'hypothèse que l'apport du manganèse pourrait atténuer l'action inhibitrice des uréides sur l'activité de la nitrogénase chez le pois chiche soumis à une contrainte hydrique.

2. MATERIEL ET METHODES

L'essai a été réalisé en serre dans des pots avec un substrat composé de sable de rivière. Les plantules de pois chiche (ILC3279) issues de la germination des graines au laboratoire sont repiquées en pots puis inoculées avec la souche IC2018 (ICRISAT). L'alimentation minérale des plantes est assurée par une solution nutritive contenant les éléments suivants : CaCl_2 (3.3 mM), MgSO_4 (2.05 mM), K_2SO_4 (1.25 mM), KH_2PO_4 (0.35 mM), H_3BO_3 (4 μM), ZnSO_4 (1.55 μM), CuSO_4 (1.55 μM), NaMoO_4 (0.12 μM) et FeEDTA (40 μM) (Kalia et Drevon, 1985).

Les uréides sont apportés sous forme d'allantoate (1,5,10,15 μM) et le manganèse sous forme de MnSO_4 (1,4,8,12 μM). Ils sont incorporés à des doses croissantes dans la solution nutritive juste avant emploi.

Le stress hydrique est provoqué par un arrêt de l'arrosage pendant 8 jours au stade floraison.

Dosage des uréides :

Les uréides sont extraits à partir de folioles de la dernière feuille entièrement formée avec 1 ml de NaOH 0.2 M dans un bain marie bouillant pendant 30 mn. L'extrait est ensuite centrifugé et le surnageant entreposé à 4°C. La méthode colorimétrique de Trijbel et Vogel (1966) est utilisée pour ce dosage. Les résultats sont exprimés en $\mu\text{M/g MS}$.

Mesure de l'activité réductrice d'acétylène (ARA) :

L'activité réductrice d'acétylène (ARA), mise au point par Balandreau et Dommergues (1971), est jusqu'à l'heure actuelle la méthode la plus utilisée pour mesurer la fixation N_2 . Des modifications ont été apportées pour faire des mesures dans des pots. Un couvercle en bois fendu sur un rayon et de même diamètre que le pot permet d'isoler le système racinaire de la partie aérienne. L'application de mastic assure l'étanchéité du dispositif. Un trou dans le couvercle, fermé avec un bouchon en caoutchouc, permet d'introduire et de retirer les gaz à l'aide d'une seringue. Les échantillons d'éthylène sont conservés dans des venojects puis dosés en chromatographie phase gaz (Colonne porapak T de 1,5 m de long, four à ionisation de flamme à 80°C, gaz vecteur N_2 à 30ml/mn). Les résultats sont exprimés en $\mu\text{moles de C}_2\text{H}_4 / \text{heure plante}$

Dispositif expérimental :

Le dispositif expérimental est une randomisation totale avec un plant par pot et 5 plants par répétition. Les données sont traitées par l'analyse de variance.

3. RESULTATS

1. EFFET DU STRESS HYDRIQUE SUR L'ACCUMULATION DES UREIDES DANS LES FEUILLES

La figure 1 montre une accumulation très importante en uréides dans les feuilles de plantes soumises à une contrainte hydrique sévère, alors que les plantes témoins bien arrosées maintiennent une concentration nettement plus faible et sensiblement stable pendant la même période de stress. Cette accumulation se stabilise à partir du 6^{ème} jour de stress et serait due à une baisse de l'activité amidohydrolase responsable de la dégradation des uréides en NH_3 (WINKLER *et al.*, 1987). L'effet du stress hydrique sur l'activité de cette enzyme est encore mal expliqué. Il a été observé chez le soja par plusieurs auteurs qui ont trouvé une corrélation positive entre le stress hydrique et le taux d'accumulation des uréides dans les feuilles (SERRAJ *et al.*, 1999b; SINCLAIR *et al.*, 2000 ; SINCLAIR *et al.*, 2003).

2. EFFET DE L'ACCUMULATION DES UREIDES DANS LES FEUILLES SUR L'ACTIVITE REDUCTRICE D'ACETYLENE

La figure 2 met en évidence une relation entre la fixation N_2 et le taux d'accumulation des uréides dans les feuilles. L'augmentation de la concentration en uréides dans la solution nutritive se traduit par une forte accumulation de ce dernier dans les feuilles et une diminution brutale de l'ARA à partir de 5 mM. Cette accumulation va être ensuite remobilisée par le transport phloémique vers les différentes parties de la plante et notamment les racines, siège de l'activité nitrogénase (SERRAJ *et al.* 2001). SERRAJ *et al.* (1999b) ont observé une baisse semblable de l'ARA après une application de 10 mM d'allantoate aux racines de soja cultivé en hydroponie.

Néanmoins, le cultivar « Jackson » dont la fixation N_2 est tolérante à la sécheresse (SERRAJ *et al.*, 1997; PURCELL *et al.*, 1997), accumule moins d'uréides dans les feuilles que le cultivar sensible KS4895 (PURCELL *et al.*, 2000) ; de ce fait il est possible de trouver au sein de la diversité d'une espèce, des populations capables de dégrader efficacement les ureides afin d'empêcher leur accumulation dans les feuilles.

3. EFFET DU MANGANESE SUR LE TAUX D'ACCUMULATION DES UREIDES DANS LES FEUILLES

Le manganèse est un cofacteur de l'amidohydrolase qui catalyse la dégradation des uréides. Un apport supplémentaire de Mn permet une stimulation de l'activité de cette enzyme et par conséquent une accélération de la dégradation des uréides. La figure 3 montre l'action du Mn sur le contenu en uréides des feuilles qui s'observe nettement à partir de 4mM de Mn avec une forte baisse de la concentration en uréides des feuilles. Les mêmes observations ont été faites chez le soja par PURCELL *et al.* (2000) qui ont obtenu une baisse en uréides mais avec des concentrations plus faibles de Mn.

Il existe cependant, deux voies de dégradation des uréides, la voie amidohydrolase qui nécessite la présence du Mn et la voie amidinohydrolase qui peut fonctionner sans Mn.

Les génotypes de soja qui n'exigent pas le Mn pour la dégradation des uréides sont généralement tolérants à la sécheresse (VADEZ et SINCLAIR, 2001). De ce fait, il est possible de sélectionner des génotypes sur la base de leur capacité à dégrader les uréides par la voie amidinohydrolase et qui sont susceptibles de présenter une meilleure tolérance de la fixation N_2 au stress hydrique.

4. EFFET DU MANGANESE SUR LA MASSE DU NODULE ET L'ARA.

Le manganèse intervient indirectement sur la masse individuelle d'un nodule et l'ARA en agissant sur le taux d'accumulation des uréides. La figure 4 illustre bien une augmentation de la masse d'un nodule et de l'ARA en fonction des concentrations croissantes de Mn de la solution nutritive. Les concentrations supérieures à 8 μ M ne semblent pas influencer sur l'ARA qui garde la même valeur jusqu'à 12 μ M de Mn. Ce résultat montre bien l'intérêt d'un

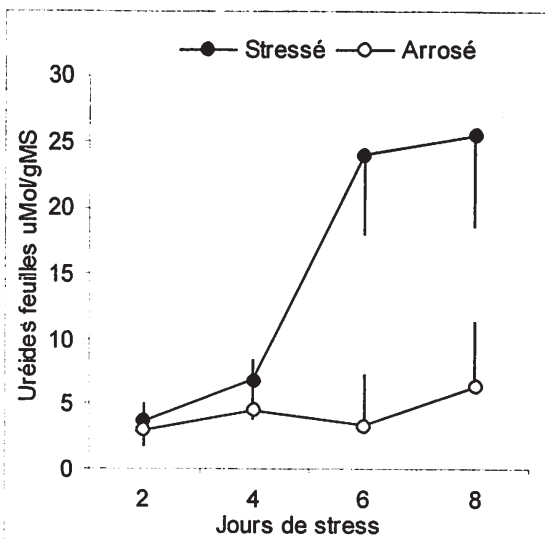


Figure 1 : Effet du stress hydrique sur le contenu en uréides des feuilles au stade floraison.
Les barres verticales représentent l'intervalle de confiance ($p < 0,05$)

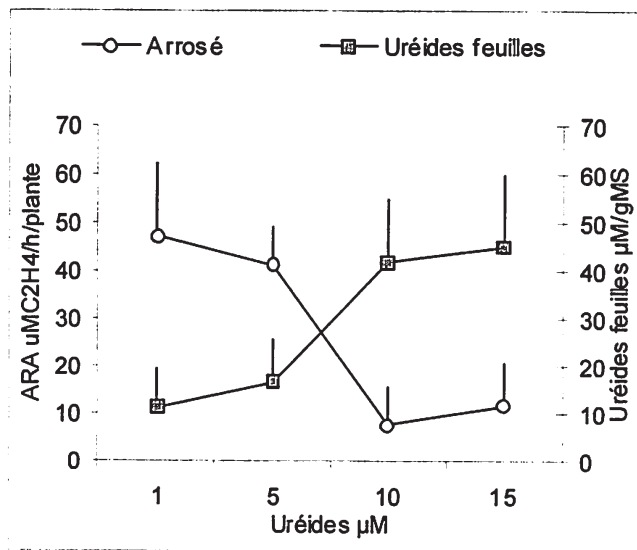


Figure 2 : Effet des uréides exogènes sur l'ARA et l'accumulation des uréides dans les feuilles au stade floraison
Les barres verticales représentent l'intervalle de confiance ($p < 0,05$)

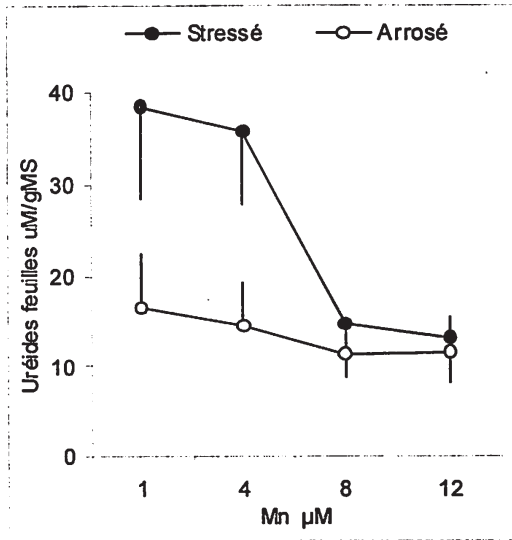


Figure 3 : Effet du Mn sur le contenu en uréides des feuilles au stade floraison chez des plantes stressées pendant 8 jours

Les barres verticales représentent l'intervalle de confiance ($p < 0,05$)

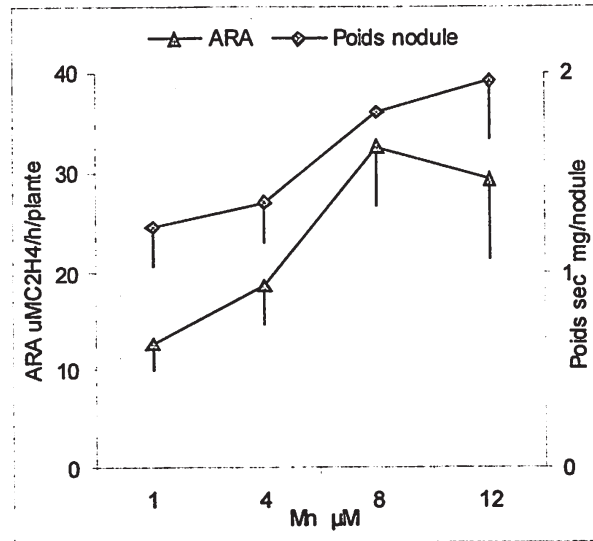


Figure 4 : Effet du Mn sur le poids sec d'un nodule et sur l'ARA au stade floraison chez des plantes stressées pendant 8 jours.

Les barres verticales représentent l'intervalle de confiance ($p < 0,05$)

apport supplémentaire de Mn pour améliorer la fixation N_2 sous contrainte hydrique (VADEZ *et al.*, 2006).

L'importance du manganèse dans le maintien de la fixation N_2 en réponse au déficit hydrique a été démontrée aussi chez plusieurs cultivars de soja cultivés en serre (Purcell *et al.*, 2000).

Les applications foliaires sous forme de Mn-EDTA seraient encore plus efficaces pour augmenter la concentration de manganèse, diminuer le contenu en uréides dans les feuilles et améliorer la fixation N_2 (Sinclair *et al.*, 2003).

3. DISCUSSION

Les résultats obtenus dans cette étude confirment la complexité des modifications qui se déclenchent en réponse au déficit hydrique chez le pois chiche (VADEZ *et al.*, 2007). Ils mettent en évidence des relations de cause à effet entre le stress hydrique, le Mn, les uréides et l'ARA. Une dégradation plus importante des uréides, pendant un stress hydrique, se traduit par une diminution de leur concentration dans les feuilles et une interruption des signaux chimiques inhibiteurs entre les feuilles et les nodules qui favorise le maintien de la fixation N_2 (SERRAJ *et al.*, 1999a).

Chez le pois chiche, l'accumulation des uréides dans les feuilles, suite au stress hydrique, se traduit par leur retour dans les nodules (Fig.2). Ce feedback entraîne une forte concentration des uréides qui provoque l'inhibition de l'activité nitrogénase dans les nodules. Cette hypothèse a été appuyée par plusieurs auteurs depuis les travaux de WINKLER *et al.* en 1987 (RICE *et al.*, 1990 ; LUKASZEWSKI *et al.*, 1992 ; GRAHAM *et al.*, 1995 ; De SILVA *et al.*, 1996 ; PURCELL *et al.*, 2000 ; SINCLAIR *et al.*, 2003).

L'inhibition de l'activité nitrogénase par l'application d'uréides exogènes, constitue une preuve supplémentaire en faveur de l'hypothèse d'une régulation « feedback ». Le mécanisme physiologique responsable de l'accumulation des uréides est supposé résulter d'une diminution du catabolisme foliaire des uréides, mais la nature exacte de la molécule chimique impliquée dans le signal reste encore inconnue. SERRAJ *et al.* (2001) ont montré que l'asparagine (Asn) pourrait induire une inhibition de la dégradation des uréides dans les feuilles et par conséquent, leur accumulation dans les différents tissus de la plante. Ces

· résultats soutiennent l'hypothèse de l'intervention de Asn comme signal de régulation du métabolisme des uréides et de la fixation symbiotique de N₂ sous déficit hydrique.

Le manganèse (Mn) est le cofacteur de l'amidohydrolase et joue un rôle important dans la dégradation des uréides par cette enzyme (IZAGUIRRE-MAYORAL et SINCLAIR, 2005). Des apports croissants en cet élément stimulent la dégradation des uréides et améliorent la fixation N₂ sous contrainte hydrique (fig.4). Des résultats analogues ont été obtenus chez le soja par des apports racinaires ou des pulvérisations foliaires de Mn (SERRAJ *et al.*, 1997). Par contre, VADEZ et SINCLAIR (2001) n'ont pas pu observer d'effet, après pulvérisation foliaire avec le Mn, sur l'accumulation des uréides dans les feuilles. Ils l'ont attribué à la présence de fortes concentrations initiales en uréides qui auraient masqué l'action du Mn. Les applications foliaires avec Mn-EDTA peuvent être plus efficaces qu'avec le MnSO₄ à partir du milieu de culture, pour augmenter l'accumulation du manganèse dans les feuilles (VADEZ et SINCLAIR, 2001).

Il existe cependant des contradictions quant à la réponse de l'amidohydrolase aux apports supplémentaires de Mn. Ces contradictions sont renforcées par l'existence de deux voies du catabolisme des uréides : la voie amidohydrolase qui nécessite la présence du Mn et la voie amidinohydrolase qui peut fonctionner sans MN. VADEZ et SINCLAIR (2001) ont pu montrer que les génotypes de soja qui dégradent les uréides par la voie amidinohydrolase sont généralement plus tolérants au stress hydrique.

Chez le pois chiche, l'application du manganèse a permis une augmentation de la masse du nodule individuel à partir d'une concentration de 4 mM (fig.4). Cette augmentation s'accompagne d'un accroissement de l'ARA jusqu'à 8 mM de MN. PURCELL *et al.* (1997) ont pu observer chez le cultivar Jackson une augmentation de la taille du nodule après application de 10 mM de Mn. La cause serait une faible concentration en uréides, ou un composé apparenté, transportés aux nodules dans le phloème. La diminution de la concentration en uréides dans la sève du phloème délivrée aux nodules, protège l'activité de la nitrogénase, assure la respiration des bactéroïdes et augmente le flux de l'eau et des photosynthétats ; ce qui se traduit par une augmentation de la taille des nodules et de la fixation symbiotique de l'azote (SINCLAIR *et al.*, 2003).

4. CONCLUSION

Le catabolisme des uréides dans les feuilles joue un rôle important dans la sensibilité de la fixation N_2 au stress hydrique. La voie amidinohydrolase de l'allantoate semble avantageuse et peut conférer au pois chiche une tolérance à la sécheresse, surtout dans les sols où la disponibilité du Mn est limitée. Par contre les plantes qui utilisent la voie amidohydrolase ont besoin d'un apport supplémentaire de Mn pour accélérer la dégradation des uréides et préserver une activité normale de la fixation N_2 .

Une autre approche de sélection serait d'évaluer les génotypes de pois chiche identifiés comme tolérants au manque de manganèse et de rechercher ceux qui arrivent à maintenir de basses concentrations en uréides et dont la fixation N_2 est tolérante à la sécheresse sous conditions limitantes en manganèse.

Par conséquent, des apports supplémentaires de Mn (dans le sol ou par pulvérisation foliaire) de même que la sélection de cultivars qui accumulent moins d'uréides dans les feuilles, seraient deux approches fiables pour améliorer la fixation N_2 sous contrainte hydrique.

Le dosage des uréides a été utilisé comme test (RAU : Relative Abondance Uréides) pour sélectionner les génotypes de soja tolérants à la sécheresse. C'est une technique rapide qui permet le screening d'un grand nombre d'écotypes (PURCELL *et al.*, 2000) et qui pourrait être adaptée et appliquée dans les programmes de sélection du pois chiche (BHATNAGAR-MATHUR *et al.*, 2008)

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BALANDREAU J, DOMMERGES Y, 1971.- Mesure in situ de l'activité nitrogénase. C.R. Acad. Sci. Paris, 273, 2020-2023.
- BHATNAGAR-MATHUR P. VADEZ V., SHARMA K.K., 2008. Transgenic approaches for abiotic stress tolerance in plants: retrospect and prospects. Plant Cell Reports. 27, 3, 411-424.
- DE SILVA M., PURCELL L.C., KING C.A., 1996.- Soybean petiole ureide response to water deficits and decreased transpiration. Crop Sci., 6, 36, 611-616.
- GRAHAM M.J., NICKELL C.D., HOEFT R.G., 1995.- Inheritance of tolerance to manganese deficiency in soybean. Crop Science, 35, 1007-1010.
- ZAGUIRRE-MAYORAL, M. L., SINCLAIR, T. R., 2005.- Soybean Genotypic Difference in Growth, Nutrient Accumulation and Ultrastructure in Response to Manganese and Iron Supply in Solution Culture. Annals of Botany. 96(1):149-158.
- KALIA V.C., DREVON J.J., 1985.- Variation in nitrogenase activity (C_2H_2 reduction) during the *in situ* incubation of root nodules of *Glycine max* (L.) Merr. Compte rendu hebdomadaire des séances de l'académie des sciences, Séries III 301, 591–596.
- LUKASZEWSKI K.M., BLEVINS D.G., RANDALL D.D., 1992.- Asparagine and boric acid cause allantoate accumulation in soybean leaves by inhibiting manganese-dependent allantoate amidohydrolase. Plant Physiol., 99, 1670-1676.
- MARSCHNER H., 1995.- Mineral nutrition of higher plants, second edition. New York: Academic Press.
- PURCELL L.C., DE SILVA M., KING C.A., KIM W.H., 1997.- Biomass accumulation and allocation in soybean associated with genotypic differences in tolerance of nitrogen fixation to water deficits. Plant Soil, 196, 101-113.

- PURCELL L.C., SERRAJ R., DE SILVA M., SINCLAIR T.R., BONA S., 1998.-** Ureide concentration in field-grown soybean in response to drought and the relationship to nitrogen fixation. *J. Plant Nutr.*, 21, 949-966.
- PURCELL L.C., KING C.A., ROSALIND A. B., 2000.-** Soybean Cultivar Differences in Ureides and the Relationship to Drought Tolerant Nitrogen Fixation and Manganese Nutrition. *Crop Science*, 40, 1062-1070.
- RICE C.F., LUKASZEWSKI K.M., WALKER S., BLEVINS D.G., WINKLER R.G., RANDALL D.D., 1990.-** Changes in ureide synthesis, transport and assimilation following ammonium nitrate fertilization of nodulated soybeans. *J. Plant Nutr.*, 13, 1539-1553.
- SERRAJ R., SINCLAIR T.R., 1996.-** Nitrogen fixation insensitivity to drought in soybean cultivar "Jackson". *Crop Science*, 36, 961-968.
- SERRAJ R, BONA S, PURCELL LC, SINCLAIR T R, 1997.-** Nitrogen fixation response to water-deficits in field-grown Jackson soybean. *Field Crops Res.*, 52, 109-116.
- SERRAJ R., SINCLAIR T.R., PURCELL L.C., 1999A.-** Symbiotic N₂ fixation response to drought. *J. Exp. Bot.*, 50, 143-155 .
- SERRAJ R., VADEZ V., DENISON R.F., SINCLAIR T.R., 1999B.-** Involvement of ureides in nitrogen fixation inhibition in soybean. *Plant Physiol.* ,119, 289-296.
- SINCLAIR T.R., PURCELL L.C., VADEZ , SERRAJ R., KING C.A., NELSON R.V., 2000.-** Identification of Soybean Genotypes with N₂ Fixation Tolerance to Water Deficits. *Crop Science*, 40, 1803-1809.
- SERRAJ R., VADEZ V.; THOMAS R., SINCLAIR T.R., 2001.-** Feedback regulation of symbiotic N₂ fixation under drought stress. *Agronomie* , 21, 621–626 621
- SINCLAIR T. R , VADEZ V. CHENU K., 2003.-** Ureide accumulation in Response to Mn Nutrition by Eight Soybean Genotypes with N₂ Fixation Tolerance to Soil Drying. *Crop Science*, 43, 592-597.
- TRIJBELS F, VOGEL GD, 1966.-** Degradation of allantoin by *Pseudomonas acidovorans*. *Biochimica , Biophysica Acta*, 113, 292–301.
- VADEZ V., SINCLAIR T. R., 2001.-** Leaf ureide degradation and N₂ fixation tolerance to water deficit in soybean. *J. Exp. Bot.* ,1,52 (354), 153 - 159.

- VADEZ V., SINCLAIR T. R., SERRAJ R., PURCELL L.C., 2006.-**
Manganese application alleviates the water deficit-induced decline of N₂ fixation. Plant, Cell & Environment, 23, 5, 497-505.
- VADEZ V. RAO S. SHARMA K.K., BHATNAGAR-MATHUR, DEVI J.M. 2007.-**
DREB1A allows for more water uptake in groundnut by a large modification in the root/shoot ratio under water deficit. International Arachis Newsletter, 27, 27-31.
- WINKLER R.D., BLEVINS D.G., POLACCO J.C., RANDALL D.D., 1987.-**
Ureide catabolism in soybeans. II. Pathway of catabolism in intact leaf tissue. Plant Physiol., 83, 585-591.

SOMMAIRE

- AMARA M., BOUDHAR L., ADLI N. et FEDDAL M.A.-**
Effet de l'action des pièces travaillantes d'une chaîne classique de préparation du sol sur l'évolution de la Résistance pénétrométrique.....01
- GHOZLANE F., BOUSBIA A., BENYOUCEF M.T. et TRIKI S.-**
Rapport concentré/fourrage : Effet sur la production des vaches laitières dans la wilaya de Constantine.....17
- HÄNIFI-MEKLICHE L., BOUKECHA D. et MEKLICHE A.-**
Effet du stress hydrique sur quelques prédictors des valeurs f1 et de l'hétérosis chez le blé dur (*Triticum durum* Desf.).....29
- HARTANI T.** - Gestion et perception de la salinité dans la plaine de Ouarizane périmètre irrigué du bas Cheliff (Algérie).....49
- KACI F. et LAABASSI K.-** Étude des pertes en grains au tablier de coupe de la moissonneuse batteuse de fabrication algérienne.....67
- LEBBIDA F., DJOUADI S., NOUREDDINE N. E., ZIZI M., AMRANI S et AÏD F.-** Statut symbiotique de *Acacia saligna* (Labill.) Wendl. au niveau de quelques pépinières du Nord et du Sud de l'Algérie.....79
- MAMECHE-DOUMANDJI A., TERKMANI H. ET BOUSBIA N.-** Caractérisation de *Bifidobacterium infantis* dans le lait adapté 1er âge (Celia1®) et dans le lait maternel.....101
- NEDJIMI B. et Y. DAOUD Y.** - influence du NaCl sur le comportement d'une espèce halophyte (*Atriplex halimus* subsp. *schweinfurthii*)121
- OUNANE S.M., OUNANE G., GHALMI N., DJEBARA M., ALKAMA N. et BEKKI A.** - Interaction du manganèse et du stress hydrique sur la fixation symbiotique de l'azote chez le pois chiche (*Cicer arietinum*)137