

Recherches sur l'adaptation de la culture de *Pachyrhizus* DC. en zones semi-arides

D. Annerose¹ et O. Diouf²

¹ CIRAD, Département Culture - Immeubles 2477, avenue du Val de Montferrand BP 5-035 - 34032 Montpellier, FRANCE.

² Centre d'étude pour l'amélioration de l'adaptation à la sécheresse (CERAAS/CORAF) - Isra, BP 3320 Thiès-Escale, Thiès, SENEGAL.

ABSTRACT

The Regional Centre for Studies on the improvement of Plant Adaptation to Drought (CERAAS) has been conducting research on yam bean for several years. The general aim of this research is to contribute towards the exploitation development of the crop in African countries located in the semi-arid regions.

The first results concerning the description of agronomic and physiological responses of *Pachyrhizus* spp. cultivated under drought conditions confirm the potential of this crop in improving food and agricultural production in such regions. These results are of basic importance prior to the diffusion of the crop in Africa. However, the considerable diversity in the observed responses reveals that other factors affect the agronomic response of yam bean as well. The factors may or may not interact with water availability. Determination of these factors and characterisation of their effects on the development of *Pachyrhizus* spp. must be accomplished in order to improve and stabilise the production.

This communication presents the state of knowledge acquired by CERAAS on *Pachyrhizus* with respect to its adaptation in semi-arid zones.

The paths to be explored in order to comply with the set objectives are also proposed.

RESUME

Le Centre d'Etude Régional sur l'Amélioration de l'Adaptation à la Sécheresse (CERAAS) effectue depuis plusieurs années des recherches sur l'igname-haricot afin de contribuer au développement de son exploitation dans les pays des zones sèches africaines. Les premiers résultats obtenus sur la description de la réponse agronomique et physiologique

des réponses observées révèlent que **d'autres** facteurs, en interaction ou non avec le facteur **hydrique**, déterminent **la réponse agronomique de l'igname-haricot**. La détermination de ces facteurs et la caractérisation **de leurs** effets **sur** le développement de *Pachyrhizus* spp. **doivent** être envisagées afin d'améliorer **et de** stabiliser sa production. Cette communication présente **un** état des connaissances acquises **dans ce** domaine **par** le Ceraas **sur** *Pachyrhizus* spp. et **propose** les voies à explorer **pour** répondre à **cet** objectif.

RESUMEN

El Centro Regional de Estudios de Mejoramiento de la Adaptación de **Plantas a la Sequía (CERAAS)** ha efectuado investigaciones **en** jícama durante varios años. El objetivo **de** la presente investigación **l i r e** contribuir al desarrollo y promoción del cultivo en países africanos situados **en las** regiones semi-áridas.

Los primeros resultados **acerca de la** descripción de **las** respuestas agronómicas y fisiológicas de *Pachyrhizus* spp. **cultivada** bajo condiciones de sequía, confirma **la** potencialidad **de** este cultivo **en mejorar la** producción de alimentos **y** productos agrícolas **en** estas regiones. Estos resultados son **importantes** básicamente antes de difundir el cultivo en África. **Sin** embargo, **la** considerable **diversidad en** las respuestas observadas revela que **otros** factores determinan también **la** respuesta agronómica **de** la jícama. Los factores pueden o no interaccionar **con la** **disponibilidad de** agua. **L a** determinación de estos factores y la caracterización de sus efectos **en el** desarrollo de *Pachyrhizus* spp. debe ser **estudiada** minuciosamente **para** **mejorar y** estabilizar **la** producción.

En esta ponencia se presenta los **avances en el** conocimiento obtenidos **por** CERAAS sobre *Pachyrhizus* **con** respecto **a su** adaptación **a** zonas semi-áridas. Las vías que deben ser exploradas **para** alcanzar los objetivos presentados también se analizan aquí.

INTRODUCTION

Depuis quelques années le CERAAS associe à ses recherches sur l'adaptation à la sécheresse des principales espèces vivrières, **des travaux visant à** augmenter **la** biodiversité **dans la** zone sahélienne. Les recherches conduites sur *Pachyrhizus* **s'inscrivent dans cet** objectif orienté **vers une** amélioration **et une** stabilisation de **la** production **des espèces** vivrières.

Une première étude **en conditions** contrôlées **avait permis** de déterminer **les** réponses à

L'interaction sécheresse-ablation florale ont aussi été évaluées (Diouf *et al.*, 1997) mais toujours en conditions contrôlées.

Cette communication présente les résultats de terrain portant sur l'étude d'adaptabilité de la culture de *P. erosus* et les perspectives qu'ils ouvrent en matière de recherche et de développement de cette culture dans les zones sèches. Les résultats d'essais multilocaux et pluriannuels conduits au Sénégal sont analysés par une méthode statistique permettant de formuler des recommandations variétales en fonction de chaque environnement observé.

MATERIEL ET METHODES

Les essais ont été conduits de 1993 à 1995 dans différentes zones agroécologiques du Sénégal (Figure 1). Le dispositif mis en place dans chaque site est constitué de blocs complets randomisés avec quatre répétitions et 10 à 14 cultivars selon les sites en 1993 et cinq cultivars en 1994 et 1995. Dans chaque parcelle on effectue une ablation florale (Noda *et al.*, 1983) sur les liges centrales, et les lignes de bordure sont laissées intactes pour la production de semences. La récolte des lignes centrales est effectuée avant la fin de cycle de la culture c'est à dire quatre mois après semis.

L'analyse d'adaptabilité utilisée permet d'estimer les réponses des traitements à l'environnement. Celle consiste à comparer la réponse de chaque traitement à l'indice environnemental (IE) défini comme étant la moyenne générale de tous les traitements d'un site donné.

Le but de cette analyse est de définir des domaines de recommandation en fonction des caractéristiques environnementales et des critères d'évaluation. Cette étude analytique a un objectif de prédiction. Sa validation doit être faite grâce à des outils d'analyse de variance (ANOVA), de régression ou d'analyse de risque.

Cette analyse est effectué en deux étapes:

1. Une analyse combinée, en considérant le dispositif équilibré: trois sites (CDH, ENSA et Thiago) pendant trois années.
2. Une analyse d'adaptabilité, en considérant l'ensemble des sites (Bambey, CDH, ENSA, Thiago, Tambacounda, Djibélor et Nioro), ce qui correspond à un dispositif déséquilibré (Tableau I).

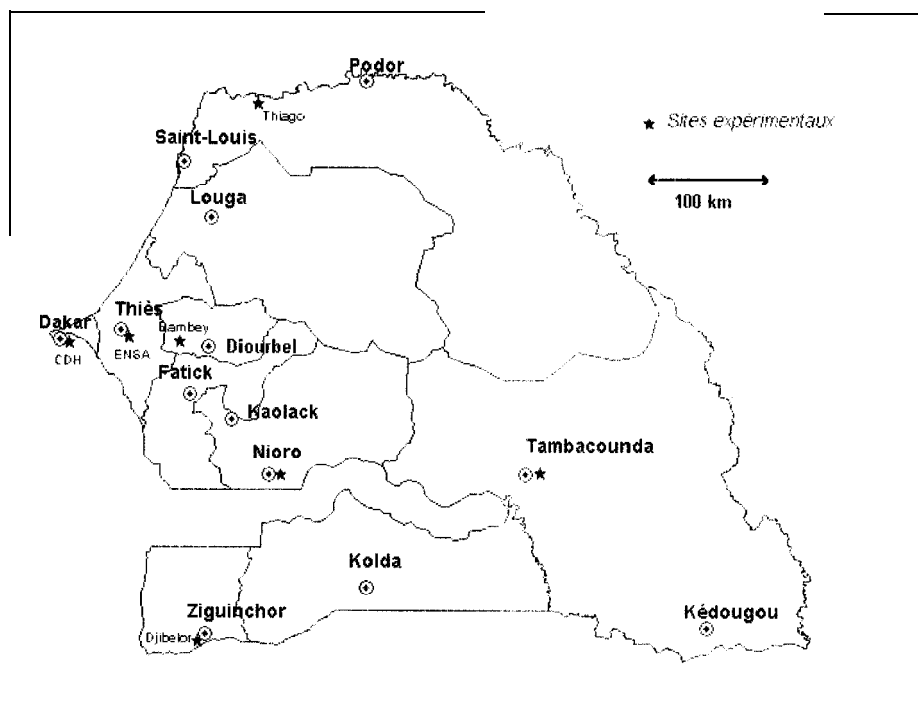


Figure 1. Répartition des sites expérimentaux à travers le Sénégal.

Tableau 1. Tableau de contingence, variétés comparées dans différents sites et différentes années.

	Bambey	CDH	ENSA	Thiago	Tambacounda	Djibellor	Nioro
93		1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 6 11 12 14 15	1 2 3 4 5 7 8 9 10 6	1 2 3 4 5 7 8 9 10 11 12 13 14			
94	12 3 4 5	12 3 4 5 12	12 3 4 6	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	
95	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5			1 2 3 4 5

☐ Expérimentations utilisées dans l'analyse d'adaptabilité

Variétés :

1 EC114
2 EC204
3 EC 117

4 EC 509
5 EC 033
6 EC 538

7 EC 550
8 EW 229
9 EC 503

10 EC 525
11 EC 041
12 EC 104

13 EC201
14 EC219
15 EC120

RESULTATS ET DISCUSSIONS

Regroupement d'essais: ANOVA combinée: Le test de Bartlett montre que les variances entre les sites et les années sont homogènes, ce qui justifie la réalisation d'une ANOVA combinée. L'ANOVA combinée (Tableau 2) montre qu'il n'existe pas d'effets simples significatifs pour le site, la variété ou l'année. Par contre on observe une interaction site x année hautement significative. On peut étudier cette interaction à l'aide d'une analyse d'adaptabilité en considérant un environnement comme étant une combinaison site x année.

L'étude du dispositif expérimental complet permet de considérer 14 environnements (Tableau 1)

Tableau 2. ANOVA, regroupement d'essais (sites du CDH, ENSA, et Thiago en 1993, 1994, et 1995).

Source de variation	Degrés de liberté	Valeur variable F	Niveau de significativité
Totale	44		
Effet site	2	4,00	ns
Effet année	2	0,53	ns
Effet variété	4	1,75	ns
Interaction site x année	4	34,43	***
Interaction site x variété	8	1,40	ns
Interaction année x variété	8	1,23	ns
Résiduelle	16		
Résiduelle pondérée	189		

(ns: non significatif; *: significatif au seuil 5%; **: significatif au seuil 1%; ***: significatif au seuil 0.1%)

Analyse d'adaptabilité: L'analyse d'adaptabilité (Figure 2) est une méthode de délimitation de domaines d'application d'une innovation par une représentation simplifiée des données, validée par une ANOVA. A chaque environnement est attribué un indice environnemental, calculé comme étant la moyenne des rendements de toutes les variétés. Cet indice rend compte des performances de l'environnement, indépendamment des variétés étudiées. Une régression du rendement sur l'indice environnemental permet d'étudier la réponse de chaque variété à un gradient de conditions du milieu. Des régressions linéaires ont été ici utilisées, et leur ajustement aux données est satisfaisant (Tableau 3).

La combinaison de ces régressions sur un même graphe (Figure 2) permet ensuite de définir des domaines dans chacun desquels une ou plusieurs variétés sont recommandées.

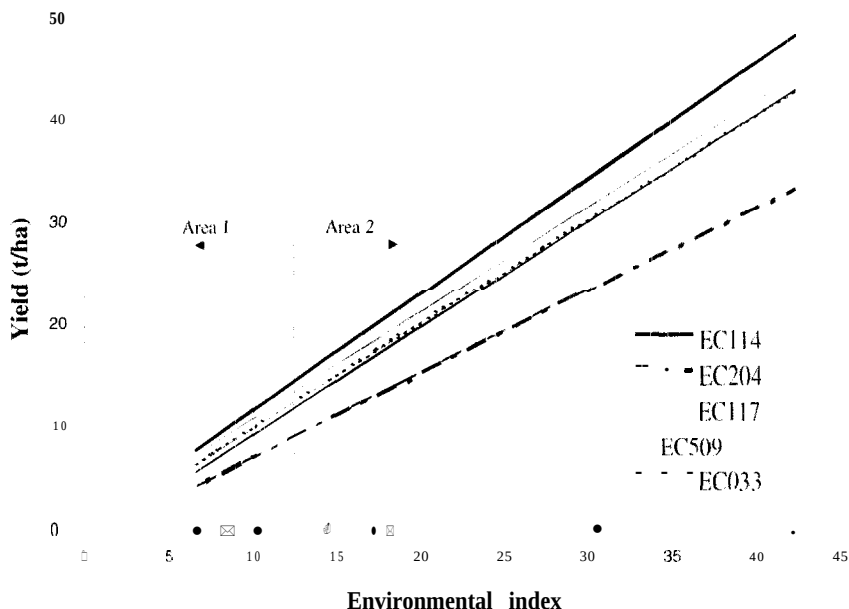


Figure 2. Analyse d'adaptabilité et définition de domaines.

Tableau 3 Validation de la définition de domaines par la représentation des données par des régressions linéaires.

Variété	Coefficient de détermination des droites de régression
EC114	0.90
EC204	0.94
EC117	0.88
EC509	0.96
EC033	0.93

Une ANOVA sur les 14 environnements (Tableau 4) montre une interaction dominante x variété significative, ce qui valide la détermination des domaines initialement faite. L'effet variété étant significatif, le test de comparaison multiple de Duncan permet de classer les moyennes sur l'ensemble des environnements en deux groupes (Tableau 5). Ce classement fait apparaître une infériorité de EC204 par rapport aux autres variétés étudiées. L'interaction

Tableau 4. ANOVA. 14 environnements regroupés en 2 domaines.

Source de variation	Degrés de liberté	Valeur variable F	Niveau de significativité
Totale	304		
Effet variété	4	6.49	***
Effet domaine	1	447.30	***
Interaction variété x domaine	4	3.33	**
Interaction domaine x env.	12	21.64	***
Interaction domaine x env. x rep	47	0.69	ns
Résiduelle	236		

(ns, non significatif; *: significatif au seuil 5%; **: significatif au seuil 1%; ***: significatif au seuil 0.1%)

Tableau 5. Classement des moyennes sur l'ensemble des 14 environnements (test de DUNCAN).

Variété	Moyenne ^(*)	
EC1 14	19.62	]A
EC1 17	16.88	
EC509	16.88	
EC033	16.83	
EC204 1	3.01	]B

^(*) Les moyennes du même groupe ne sont pas significativement différentes.

L'ANOVA conduite sur les 7 sites du domaine 1 (Tableau 6) met en évidence une interaction variété x environnement significative. La réponse des variétés n'est pas constante, elle varie en fonction des environnements. Le domaine 1 n'est pas homogène et ne peut donc être considéré comme un véritable domaine de recommandation.

Tableau 6. ANOVA, description de l'interaction domaine x variété pour le domaine 1.

Source de variation	Degrés de liberté	Valeur variable F	Niveau de significativité
Totale	154		
Effet variété	4	3.00	***
Effet environnement	6	22.25	***
Interaction variété x env.	24	4.95	***
Interaction rep x env.	24	1.63	*
Résiduelle	96		

(ns: non significatif; *: significatif au seuil 5%; **: significatif au seuil 1%; ***: significatif au seuil 0,1%)

Par contre l'ANOVA menée au niveau du domaine 2 (Tableau 7) montre que l'interaction variété x environnement est non significative. La réponse des variétés ne varie pas d'un environnement à l'autre. Une même recommandation est donc applicable dans tout le domaine. Les performances les moins bonnes sont donc obtenues avec EC204 et celles de EC114 sont meilleures que celles de EC033 et EC117 (Tableau 8).

Tableau 7. ANOVA, description de l'interaction domaine x variété pour le domaine 7

Source de variation	Degrés de liberté	Valeur variable F	Niveau de significativité
Totale	149		
Effet variété	4	5.34	***
Effet environnement	6	22.94	***
Interaction variété x env.	24	1.00	ns
Interaction rep x env.	23	0.62	ns
Résiduelle	92		

(ns: non significatif; *: significatif au seuil 5%; **: significatif au seuil 1%; *** significatif au seuil 0.1 %)

Tableau 8. Classement des moyennes pour le domaine 2 (test de Duncan)

Variété	Moyenne (*)	
EC 114	31.04	A
EC 033	25.62	1 B
EC 117	24.92	
EC 204	19.81	

Le tableau 9 résume les recommandations propres à chaque domaine. Il faut cependant noter que ces domaines sont établis suivant des critères agronomiques (rendement). Ces domaines n'auront de sens que lorsqu'ils seront associés à des domaines définis selon des critères économiques (rentabilité et risque économiques).

Interprétation de l'IEU Les cinq variétés présentent un comportement différent selon qu'on les place dans des environnements différents. Ces environnements ont pu être regroupés en deux domaines, au sein desquels une même recommandation a été définie. Afin d'extrapoler ces résultats à d'autres environnements sans devoir calculer l'indice environnemental, une corrélation entre ce dernier et des facteurs du milieu doit être établie.

Tableau 9. Recommandations propres à chaque domaine.

Domaine 1	Domaine 2
<i>Environnements 1 à 7</i>	<i>Environnements 8 à 14</i>
IE < 11,2	IE > 14,6
EC117	
EC114	EC114
EC033	EC509
EC509	

Les données dont nous disposons permettent d'étudier une corrélation entre la pluviométrie et l'indice environnemental (Figure 3). On observe ainsi qu'aucune relation remarquable n'apparaît entre ces deux facteurs. Il paraît de plus impossible de regrouper les environnements par site (Figure 3a) ou par année (Figure 3b).

Ces résultats révèlent que l'indice environnemental n'est donc pas uniquement lié à des conditions propres à un site (sol, climat, etc.) ou propres à une année (température, pluviométrie, etc.).

Appréciations sur la méthode d'analyse employée: L'analyse d'adaptabilité se révèle efficace si d'une part les conclusions sont validées par une ANOVA, et si d'autre part l'on dispose de paramètres pour caractériser les environnements étudiés. Cette méthode est souvent appliquée conjointement à un processus de vulgarisation d'une technologie, c'est à dire en comparant la culture du paysan à une ou deux innovations proposées par le chercheur. Les environnements sont les plus divers possibles, afin de permettre une extrapolation.

L'analyse d'adaptabilité a été ici employée hors de son champ d'application habituel.

l'orientation des recherches à venir, en mettant en évidence la réponse du matériel végétal à l'indice environnemental.

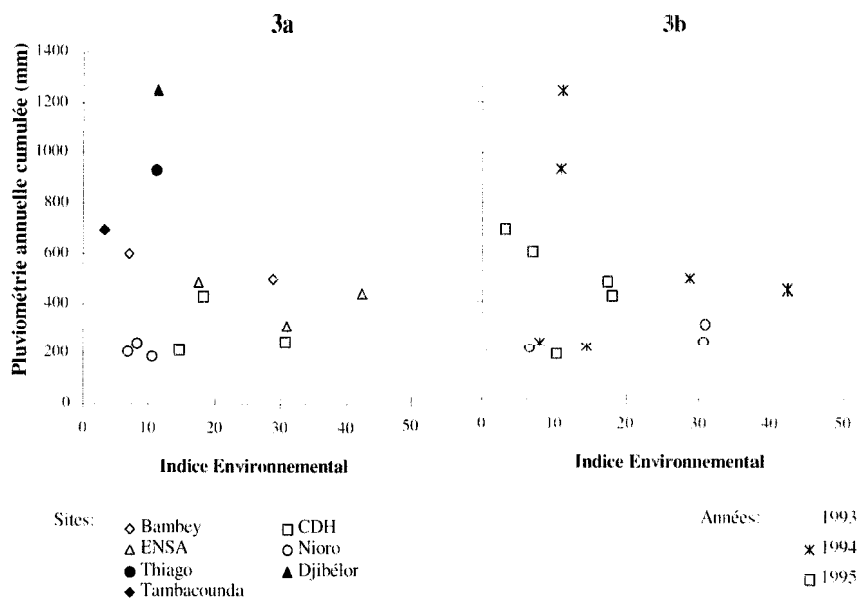


Figure 3. Une interprétation de l'indice environnemental, la pluviométrie annuelle cumulée.

CONCLUSION

Les performances des variétés sont liées à une interaction entre plusieurs facteurs environnementaux, qu'une étude approfondie des relations entre *Pachyrhizus erosus* et le milieu doit pouvoir mettre en évidence.

Enfin, on ne peut pas affirmer que certains génotypes étudiés sont plus adaptés à un milieu déterminé. Les différences de classement des variétés dans les deux domaines ne reflètent pas de spécificité d'une variété à un environnement. Le facteur qui limite le rendement est d'abord environnemental, et dans une deuxième mesure variétal.

Le second volet de l'étude de l'adaptation à la sécheresse de *P. erosus* doit donc d'une part conduire à déterminer des génotypes performants dans les environnements à potentiel faible, et d'autre part identifier les Facteurs qui limitent l'expression du potentiel des

REFERENCES

- Annerose, D.J.M. & Diouf, O. 1994a. Some aspects of response to drought in the genus *Pachyrhizus* Rich. ex DC. In: Sørensen, M. (ed.) Proceedings of the First International Symposium on Tuberous Legumes: Guadeloupe, F.W.I., 21-24 April 1992. Jordbrugsforlaget, København. Pp. 199-214.
- Diouf, O., Roy-Macautley, H. & Annerose, D.J.M. 1998. Tuber-pod competition and drought responses in yam bean (*Pachyrhizus* DC.) These proceedings, pp. 407-412.
- Noda, H. & Kerr, W.E. 1983. The effects of staking and inflorescence pruning on the root production of yam bean (*Pachyrhizus erosus* Urban). Trop. Grain Leg. Bull. 27: 35-37.

