

TROPICULTURA

2011 Vol. 29 N°2

Trimestriel (avril- mai- juin)

Driemaandelijks (april- mei- juni)

Se publica po año (abril- mayor- junio)



Le lait des dromadaires est une source importante de nourriture pour les éleveurs turkanas au Kenya. Dans cette région aride, ces animaux peuvent rester plusieurs jours sans boire. © Roger Job, 2009 (Vétérinaires Sans Frontières Belgium).

Editeur responsable/Verantwoordelijke uitgever: J. Vercruyse
11, Rue d'Egmontstraat
1000 Bruxelles/Brussel

Avec les soutiens

de la Direction Générale de la Coopération au Développement (DGD) www.dg-d.be,
du Service public Fédéral Affaires étrangères, Commerce extérieur et Coopération au Développement, www.diplomatie.belgium.be
de l'Académie Royale des Sciences d'Outre-mer ARSOM, www.kaowarsom.be,
du Conseil interuniversitaire de la Communauté française de Belgique CIUF, www.ciuf.be,
du Vlaamse Interuniversitaire Raad VLIR, www.vlir.be, et de la Région Bruxelles Capitale

Met de steun van

De Directie-Generaal Ontwikkelingssamenwerking (DGD), www.dg-d.be, de Federale Overheidsdienst Buitenlandse Zaken,
Buitenlandse Handel en Ontwikkelingssamenwerking, www.diplomatie.belgium.be,
de Koninklijke Academie voor Overzeese Wetenschappen www.kaowarsom.be, de "Conseil interuniversitaire de la Communauté française
de Belgique (CIUF)", www.ciuf.be,
de Vlaamse Interuniversitaire Raad (VLIR), www.vlir.be, en van het Brusselse Gewest

BUREAU DE DEPOT- AFGIFTEKANTOOR
BRUXELLES X/ BRUSSEL X



Avec le soutien de
LA COOPÉRATION
BELGE AU DÉVELOPPEMENT.**.be**

Met de steun van
DE BELGISCHE
ONTWIKKELINGSSAMENWERKING.**.be**

SOMMAIRE / INHOUD / SUMARIO

ARTICLES ORIGINAUX /OORSPRONKELIJKE ARTIKELS/ARTICULOS ORIGINALES

Access to Arable Land by Rural Women in Cameroon L'accès des terres agricoles arables par les femmes rurales au Cameroun Toegang tot landbouwgrond voor landelijke vrouwen in Kameroen El acceso de las tierras agrícolas arables por las mujeres rurales en Camerún Dorothy Engwali Fon	65
Réponse de l'olivier à la technique de dessèchement partiel des racines durant trois années consécutives d'essai Respons van olijfbomen op de techniek van gedeeltelijke uitdroging van de wortels gedurende drie opeenvolgende proefjaren La respuesta del olivo a la técnica de la desecación parcial de las raíces durante tres años consecutivos de prueba Soumaya Dbara, M. Ben Mimoun & R. Hellali	70
Caractéristiques de la croissance et de la production en fruits chez trois variétés de piment (<i>Capsicum annuum L.</i>) sous stress salin Eigenschappen van de groei en de vruchtproductie van drie variëteiten van peper (<i>Capsicum annuum L.</i>) onder zoutstress Características del crecimiento y de la producción en frutas en tres variedades de pimiento (<i>Capsicum annuum L.</i>) bajo estrés salino Samira Ibn Maaouia-Houimli, M. Denden, Bouthaina Dridi-Mouhandes & Samia Ben Mansour-Gueddes	75
Biochemical Screening for Osmotic Adjustment of Wheat Genotypes under Drought Stress Criblage biochimique de l'ajustement osmotique chez quelques génotypes de blé soumis à la sécheresse Biochemische screening voor osmotische afstelling van sommige tarwe genotypen onder droogtestress Cribado bioquímico del ajuste osmótico en algunos genotipos de trigo sometido a la sequía. Chorfi A. & K. Taïbi	82
Germination et croissance initiale de <i>Neocarya macrophylla</i> (Sabine) Prance, une espèce oléagineuse du Niger Ontkiemen en initiële groei van <i>Neocarya macrophylla</i> (Sabine) Prance, een oliehoudende species uit Niger Germinación y crecimiento inicial del <i>Neocarya macrophylla</i> (Sabine) Prance, una especia oleaginoso del Níger I. Dan Guimbo, K.J.M. Ambouta, A. Mahamane & M. Larwanou	88
Inhibition de la croissance et du rendement du maïs (<i>Zea mays L.</i>) en sols très acides au Cameroun, et identification de critères précoce de tolérance à la toxicité aluminique Inhibitie van de groei en van de opbrengst van maïs (<i>Zea mays L.</i>) op sterk zure gronden in Kameroen, en identificatie van criteria voor vroege selectie van tolerantie voor aluminium toxiciteit Inhibición del crecimiento y del rendimiento del trigo (<i>Zea mays L.</i>) en suelos muy ácidos en Camerún, y la identificación de criterios tempranos de la tolerancia a la toxicidad aluminica Delphine Mapiemfu-Lamaré, C. Thé, E. Tsoata, S. Zonkeng & Yvette Clarisse Mfopou Mewouo	94
Sédentarisation des populations des mouches Diopsides dans les agro-systèmes rizicoles au Bénin Sedentarisatie van Diopsides vliegenpopulaties in de rijstteelt agro-systemen in Benin Sedentarización de las poblaciones de las moscas diópsidas en los agrosistemas de cultivo del arroz en Benín A.Togola, E. Nwilene, B. Koné & D. Chougourou	101
Analysis of the Editorial Process of the Multidisciplinary Rural Development Journal Tropicultura Examen du processus éditorial de la revue multidisciplinaire de développement rural Tropicultura Analyse van het redactionele proces van het multidisciplinaire plattelandontwikkelingstijdschrift Tropicultura Examen del proceso editorial de la revista multidisciplinaria del desarrollo rural Tropicultura E. Thys, G. Harelimana & G. Mergeai	107
Utilisation du guano comme substitut du Di-Ammonium Phosphate (DAP) dans la fertilisation du soja et de la tomate en République Démocratique du Congo Gebruik van guano als substituut voor Di-Ammonium-fosfaat (DAP) meststof voor sojabonen en tomaten in de Democratische Republiek van Congo Uso del guano como sustitución del Fosfato diamónico (DAP) en la fertilización del soja y del tomate en la República Democrática del Congo B.F. Nzuki, E.K. Kinkwono & B.G. Sekle	114
Morphometric Traits of Muscovy Ducks from Two Agro Ecological Zones of Nigeria Analyse multifactorielle des caractères morphologiques chez le canard de deux zones agroécologiques du Nigeria Morfometrische kenmerken van muskuseenden uit twee agro-ecologische zones van Nigeria Análisis multifactorial de las características morfológicas en el pato de dos zonas agroecológicas de Nigeria A. Yakubu, F.G. Kaankuka & S.B. Ugbo	121
LES ACTIONS DE LA DGD/DE ACTIVITEITEN VAN DE DGD/LAS ACTIVIDADES DE LA DGD	125

The opinions expressed, and the form adapted are the sole responsibility of the author(s) concerned

Les opinions émises et la forme utilisée sont sous la seule responsabilité des auteurs

De geformuleerde stellingen en de gebruikte vorm zijn op verantwoordelijkheid van de betrokken auteur(s)

Las opiniones emitidas y la forma utilizada conciernen únicamente la responsabilidad de los autores

ARTICLES ORIGINAUX

ORIGINAL ARTICLES

OORSPRONKELIJKE ARTIKELS

ARTICULOS ORIGINALES

Access to Arable Land by Rural Women in CameroonDorothy Engwali Fon^{1*}

Keywords: Arable land- Rural women- Small-scale- Access- Control and agricultural production- Cameroon

Summary

This study examines rural women access to and control of agricultural production resources in arable small-scale sustainable agricultural production in a developing country setting. Specifically, the study addresses the women's level of accessibility and control of arable land in agricultural production in the North West Region of Cameroon. The objectives of the study were: (a) to determine the extent to which rural women in the study area gain access to and control small-scale arable land; and (b) to assess the degree of association between access to small-scale arable land by rural women and their level of control of the arable land. The study relied on a one-shot case study design. The method of data collection consisted surveying a randomly selected sample of 1,120 rural women involved in small-scale agricultural production in the study area. The data obtained from the survey were analyzed using the following statistical procedures: (1) frequency distribution, (2) correlation analysis, and (3) one way analysis of variance (ANOVA). The results revealed that rural women farmers do have access to arable land through their families, but do not control arable land, and there is no association between access to and control of arable land. The study recommends that developing countries involved in arable small-scale agricultural production, should consider adopting agricultural policies that include rural women in decision-making, implementation, and evaluation of agricultural production inputs and outcomes.

Résumé**L'accès des terres agricoles arables par les femmes rurales au Cameroun**

Cette étude examine l'accès et le contrôle des ressources de production agricole dans les petites exploitations arables et durables par les femmes rurales dans un cas de pays en développement. L'étude met l'accent sur les niveaux d'accessibilité et de contrôle des terres agricoles arables par les femmes de la Région du Nord-Ouest au Cameroun. Les objectifs de cette étude sont: (a) déterminer le niveau auquel les femmes rurales dans la zone d'étude obtiennent l'accès et le contrôle des terres arables dans les petites exploitations agricoles; (b) déterminer le degré d'association entre l'accès à des terres arables des petites exploitations agricoles et le niveau de contrôle de ces terres arables par les femmes rurales. L'étude a été conduite avec une seule descente sur le terrain. Les données ont été collectées à travers une enquête effectuée sur un échantillon de 1.120 femmes rurales tirées au hasard et engagées dans les petites exploitations agricoles dans la zone d'étude. Les données obtenues de l'enquête ont été analysées en utilisant les méthodes suivantes: (1) la distribution des fréquences, (2) l'analyse de corrélation, et (3) l'analyse de variance à un facteur. Les résultats ont montré que les femmes rurales ont accès à des terres arables à travers leurs familles, mais ne contrôlent pas ces terres. Il n'existe pas de corrélation entre l'accès et le contrôle des terres arables. Cette étude recommande que les pays en voie de développement impliqués dans la production agricole à petite échelle doivent adopter des politiques agricoles qui intégreraient les femmes rurales dans la prise de décision, la réalisation, et l'évaluation des intrants et produit des productions agricoles.

1. Introduction

In Cameroon like in most African countries, women constitute about 52% of the population and their contribution to the country's agricultural and economic development is unavoidable (6, 7, 10). Because farming was initially presented as a male occupation for some speculations such as cash crops, many societies could not easily understand and accept that women could also own and manage large parcels of cash crop

lands or create their own plantations. Most societies attributed only the food crop management roles to women while devoting the speculation in cash crop production to men. This could be because, before 1990s cash crops were sold at high prices yielding high incomes to men who controlled them. However, with the recent decline in the price trends of cash crops, the fight for food security and the evolution of

¹ University of Dschang, Cameroon.

*Address for correspondence: Dr. Dorothy Engwali Fon, P.O. Box 222, Dschang, Cameroon.

Tel: (237) 75113878. E-mail: dengwali@yahoo.fr

Received on 22.06.10 and accepted for publication on 20.12.10.

the international food policies, women now do a large proportion of the agricultural work on food crop farms. The undisputable place of women in the agricultural production system is further reinforced by the rapid social and economic changes which have affected the traditional pattern of gender roles. For instance, the devastation caused by the HIV/AIDS, the fall in world prices of cash crops, the increasing male rural exodus which has significantly reduced their labour force, and the rise in women literacy rate are some major factors which have stimulated further debates on the share of roles in agricultural production between men and women (8, 9). In Cameroon for instance, there is increasing awareness of women's role in increasing and sustaining food production, and in spite of their increased role in food production, little has been done to eliminate the constraints they experience as food producers and providers. These constraints include the access and control of arable land and are due to traditions and customs and the inexistence of appropriate legislations to protect women. Policy makers have paid little attention to women and the roles they play in rural society, despite their predominance in agricultural production (4). By discounting their contributions, many agricultural development policies and programs designed to alleviate impoverishment actually are making the problem even worse. Although most women are willing to create their own plantations, they are frustrated because they do not have equal rights as men to land access and control. In this study access to land denotes either the right or opportunity for someone to loan and use a piece of farmland for diverse agricultural purposes, and return it later to the owner, either after harvest or at the conclusion of contractual obligations. On the other hand land control connotes the management of a piece of farmland in respect to diverse decisions on its use, such as the type of crop to plant or the mixed cropping system to be used on it. It is therefore evident that the current state of the rural women's access to and control of arable land in Cameroon in particular, is one of the constraints in efficient food production. Sustained food sufficiency could therefore be obtained in Cameroon through the allocation of better land ownership status to rural women, the recognition of their involvement in the agricultural production process, and the reflection of the value of their role in policy formulation. It is therefore important to resolve this problem of women's access to and control of arable land (4). This would enhance women's status in agriculture and rural society, and significantly reduce population and food production problems, and thereby help in boosting economic growth and development (1). This is particularly important as the growing scarcity of resources within subsistence economies increases women's burden and erodes their agricultural productivity. Unfortunately, little is being done to reverse this trend (1). This study was therefore aimed mainly at determining the extent of rural women's access and control of arable small-

scale land. The study hypothesis was that: "There is no association between access to arable small scale land and control of arable small scale land".

2. Methodology

2.1. Study population, unit of analysis and sampling technique

The study population composed of rural women involved in arable agriculture in the North West Region of Cameroon. A multistage stratified random sampling was used for the study. A total sample size of 1,120 respondents was identified with 1,118 completely filled and returned questionnaires representing 99.82%. The unit of analysis was the individual rural woman of the North West Region who participated in this study.

2.2. Data collection and analysis

Data for the study were obtained from primary sources. The primary data were collected using a set of structured and pre-tested questionnaires, which were administered to the rural women farmers of the study area. Combinations of both open and close-ended questions were used. The technique of data collection was reactive. In administering the questionnaire, the researcher was assisted by well-trained indigenous females from the study area to avoid the problem of language barrier and unforeseeable cultural norms of a male trainee being close to the females. The enumerators were females from the study area because the rural women of the North West Region of Cameroon are more fluent in their dialects. This was to ensure that the women would feel more comfortable answering the questions sincerely to someone who is their gender. This study used the following statistical techniques and procedures: (i) frequency distribution, (ii) correlation analysis, and (iii) one way analysis of variance (ANOVA).

3. Results

3.1. Rural women farmers' access to arable small scale land

Table 1 displays the frequency distribution of rural women farmers according to their source of land. The sources of land are family, renting, as a gift, soliciting and communal land. The table indicates that a large majority (68-74%) of the respondent rural women were of the opinion that their access to arable small-scale land was mostly from family and from soliciting, while a majority (53%) of the surveyed rural women were of the opinion that their primary source of land for arable small-scale agriculture was as a gift. Only a few of the surveyed rural women were of the opinion that they accessed arable small-scale land from renting (38.5%) and communal (22%) land.

Table 2 presents the result of the analysis of variance for the extent of rural women's access to arable small-scale land. It also displays the Bonferroni multiple comparison test of rural women's extent of access

Table 1
Sources of Rural Women's Access to Arable Small-scale Land

	Not a Source of Land Access		Source of Land Access		
	Frequency	%	Frequency	%	N
Family	288	25.80	830	74.20	1118
Renting	688	61.50	430	38.50	1118
Gift	530	47.50	587	52.50	1117
Soliciting	362	32.30	756	67.70	1118
Communal	871	78.00	245	22.00	1116

Where N= Number of respondents.

to arable small-scale land from various sources (that is, family, renting, gift, soliciting, and communal). The mean score for the extent of access from family was found to be the highest (3.47). This was followed by soliciting with a mean score of 3.25; gift with a mean score of 2.76; renting with a mean score of 2.42; and communal with a mean score of 1.98. The difference between the Bonferroni multiple comparison test showed that the score of the mean difference between the various sources of access to arable small-scale land was found to be statistically significant at the 0.05 alpha levels. Hence, it can be concluded that sources of arable small-scale land access emanate from family, soliciting and gift giving, but that the rural women surveyed accessed arable small-scale land mostly from family.

3.2. Rural Women's Control of Arable Small-scale Land

In order to assess the extent to which rural women have control over arable small-scale land, a frequency analysis was performed from all the 1,118 rural women who completely filled and returned the questionnaires. The results of the analysis showed that a percentage of 2.9%, 21.7%, and 51.1% of the respondents have no control at all, have no control, and were undecided, respectively. By adding those three percentages, this shows in total that, a majority (75.7%) of the rural women believe that they do not control arable small-scale land. Hence, it can be concluded that rural women in the study area do not have control over arable small-scale land. However, the survey showed that only 8.9% have control and 15.4% definitely have control over arable small-scale land.

3.3. Association between Rural Women's Access to Arable Small-scale Land and Control of Arable Small-scale Land

Access to arable small-scale land and control of arable small-scale land, especially for rural women farmers, is central to poverty reduction in rural areas. This is because where access to arable small-scale land and control of arable small-scale land are limited, the result

Table 2
One Way Analysis of Variance on the Extent of Access to Arable Small-scale Land from Various Sources

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error
Family	1118	3.47	1.408	.042
Renting	1118	2.42	1.405	.042
Gift	1117	2.76	1.149	.034
Soliciting	1118	3.25	1.264	.038
Communal	1116	1.98	1.132	.034
Total	5587	2.78	1.387	.019

Bonferroni Multiple Comparisons Test for the Extent of Rural Women's Access to Arable Small-scale Land

(I) Source of Land Access	(J) Source of Land Access	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.
Family	Renting	1.047(*)	.054	.000
	Gift	.702(*)	.054	.000
	Soliciting	.220(*)	.054	.000
	Communal	1.491(*)	.054	.000
Renting	Family	-1.047(*)	.054	.000
	Gift	-.344(*)	.054	.000
	Soliciting	-.826(*)	.054	.000
	Communal	.445(*)	.054	.000
Gift	Family	-.702(*)	.054	.000
	Renting	.344(*)	.054	.000
	Soliciting	-.482(*)	.054	.000
	Communal	.789(*)	.054	.000
Soliciting	Family	-.220(*)	.054	.000
	Renting	.826(*)	.054	.000
	Gift	.482(*)	.054	.000
	Communal	1.271(*)	.054	.000
Communal	Family	-1.491(*)	.054	.000
	Renting	-.445(*)	.054	.000
	Gift	-.789(*)	.054	.000
	Soliciting	-1.271(*)	.054	.000

* The mean difference is significant at the .05 level.

Mean: Average of rural women's score on arable small-scale land access from the various sources.

I-J: Difference between the scores of sources of land access

is translated to reduced food productivity, consequent lowered returns, and a decline in the overall welfare of the farm families.

The test of the hypothesis regarding the association between rural women's access to arable small-scale land and control of arable small-scale land was performed. The results in table 3 show the correlation analysis of the association between rural women's access to arable small-scale land and control of arable small-scale land. This table indicates that the mean score of access to arable small-scale land is 42.75 with a corresponding standard deviation of 5.364, while the mean score for the rural women's control of arable small-scale sustainable land is 6.56 with the corresponding standard deviation of 1.872. This means that a good proportion of rural women were of the opinion that they had access to arable small-scale land but very few of them were of the opinion that they had control over arable small-scale land. The corresponding correlation between the two variables shows a Pearson correlation of 0.040 and a corresponding p-value of 0.181 (two tailed test at 0.01 significance level), suggesting a statistically weak correlation between the two variables. Hence, the null

hypothesis is rejected allowing us to conclude that there is no association between access to arable small-scale land and control of the arable small-scale land by rural women farmers in the North West Region of Cameroon.

4. Discussion

Land is a critical resource for rural women for food production and income. It is also a key social and economic asset, crucial for cultural identity, political power and participation in policy decision making. The results of access to arable small-scale land and control of arable small-scale land indicate that the prevailing pattern of land accessibility could be due to socio-cultural or land tenure practices in the study area. It was recognized from the World Bank policy research report that in many Sub-Saharan Africa countries, married women obtain land rights chiefly through their husbands as long as the marriage endures (10). It would appear the unmarried women are able to access arable small scale land through gifts renting or the community. This study has revealed that rural women farmers in the study area, generally, neither have access to arable small-scale land nor control of arable small-scale land. This finding is consistent with Allison Goebel and Jeanne Koopman's conclusions that divorced women nearly always lose access to their ex-husband's land (5, 10). This may be a reflection of the paternalistic nature of the culture of the study area and most developing countries where women have minimal roles in economic decision making. Among the sampled women who were of the opinion for maintaining the right of control over the arable small-scale land, they claimed that the main factor supporting their decision making role in the control of the land is because they acquired the land themselves through soliciting or as a gift.

Table 3
The Association between Rural Women's Access to Arable Small-scale Sustainable Land and Control of Arable Small-scale Land

Descriptive Statistics			
	Mean	Std. Deviation	N
Average scores for the access to farm – index	42.75	5.364	1118
Average scores to control of farmland – index	6.56	1.872	1118
Correlations			
		Average scores for the access to farm – index	Average scores to control of farmland – index
Pearson Correlation		1	.040
Sig. (2-tailed)		.	.181
Sum of Squares and Cross-products		32137.364	449.460
Covariance		28.771	.402
N		1118	1118
Pearson Correlation		.040	1
Sig. (2-tailed)		.181	.
Sum of Squares and Cross-products		449.460	3913.485
Covariance		.402	3.504
N		1118	1118

Mean: Average of rural women's score on arable small-scale land access and rural women's score on the control of arable small-scale land on the Arable Small-scale Farming survey instrument.

This assertion is supported by Cheryl Doss's research results which show that rural women farmers would lose their rights to arable small-scale land upon divorce (2). However, there is a probability that widows may lose a major portion of their deceased husband's land to the brothers-in-law or other relatives. The result of this study on the control of arable small-scale land is also consistent with the findings of Jacques du Guery and Daphne Topouzis who also reported that rural African women usually lose control of arable small-scale land following the death of their spouses. According to Guery and Topouzis, widowed women have virtually no tenure inheritance rights with which to ensure food security for themselves or their children. It is only through their male children or male relatives from their husband's lineage that women have land tenure rights (3, 10).

In this study, the results revealed that there was no statistically significant positive association between access to arable small-scale land and control of arable small-scale land by rural women farmers in the study area. This therefore indicates that access to arable small-scale land by rural women does not result or lead to rural women farmers gaining control of arable small-scale land in any way.

5. Conclusion and policy recommendation

The following conclusions can be made from this study: sources of access to arable small-scale agricultural land include the family, soliciting and as a gift, with as much as 74.2% of the rural women surveyed acquiring arable land from family sources. A majority (75.7%) of rural women in the study area do not control arable small-scale land. There is no association between access to and control of arable small-scale land. There are many areas of the economy in which rural women play vital but officially ignored roles, thus very little data is available to inform policymakers. Collecting gender disaggregated information is a first step toward developing gender responsive policies and programs. The agricultural crop production sector remains the major source of food for most Sub-Saharan African countries. The

bulk of agricultural production processes are carried out by women, but they have the least access and control and/or use of production resources. Access to and control of agricultural production resources and services is essential for poverty reduction among rural poor, especially women. Yet, there is need for policy makers to address the problem of land access and control by men and women on an equitable basis for greater participation in development of both sexes. Agricultural policies, particularly in most developing countries are not always fully attuned to ensure the availability, affordability and appropriateness of agricultural resources. Access to agricultural production resources cannot be addressed in isolation from the rest of the agricultural system. Solutions must begin with an understanding of local agricultural conditions involving the participation of farmers in farm decision-making, policy formulation and implementation. This is critical because of their local knowledge and proximity to the challenges of agricultural production. Local farmers live more closely to the reality of their environment. Most rural African men have no legal obligations to support a wife/wives and children, even while the marriage lasts, and they are free to terminate the marriage at will. Rural women are still subordinated to the men and, thus, are marginalized in their ability to access, and control, agricultural production resources. A professional consultation should begin between policy makers and bureaucrats on the issue of rural women's access to and control of agricultural production resources. A policy enactment, as a consequence of consultation, implies that all parties concerned should be trained on the importance of access and control of agricultural food production resources by rural women and on the facilitative measures to ease the process of acquisition and or control of these resources.

Acknowledgements

The author is grateful to the Mississippi Consortium for International Development (MICD) for providing the financial assistance for this research.

Literature

1. Anunobi F.O., 2003, The role of women in economic and political development in contemporary Africa. *The Negro Educational Review*, **54**, 3, 61-77.
2. Doss C.R., 1999, Twenty-five years of research on women farmers in Africa: lessons and implications for agricultural research institutions with an annotated bibliography CIMMYT Economics Program Paper No. 99-02. Mexico D.F.: CIMMYT.
3. Du Guery J. & Daphne T., 2006, Gender, land and fertility- Women's access to land & Security of tenure. A food and agriculture organization.
4. Ferguson P. & Sallia J., 1992, Rural women and economic development in modern Africa. London: Pluto Press.
5. Goebel A., 2005, Gender and land reform: the Zimbabwe experience. Montreal & Kingston: London McGill-Queen University Press.
6. Goheen M., 1988, Land and the household economy: women farmers of the grassfields today. In: Agriculture, women and land: the African experience, ed. Jean Davison, 90-105 Boulder, Colorado: Westview Press.
7. Kurwijila R.V., 2005, Small-Scale farmers' role and challenges in developing Africa's agriculture Sector. In: Small-scale farmers in liberalized trade environment. Proceedings of the seminar on October 2004 in Haikko, Finland, eds. T. Huvio, J Kola and T. Lundström, 74-90. Publication N° 38, Helsinki: Agricultural Policy.
8. Nabulo G., Nasinyama G. & Oryem-Origa H., 2004, The role of women in urban food production and food security in Kampala City, Uganda. A paper presented at the Gender mainstreaming in urban food production and food security. Women Feeding Cities workshop. Accra, Ghana, 20-23 September.
9. Palmer I., 1985, The impact of male out migration on women in farming. West Hartford: Kumarian Press.
10. World Bank, 2000, Gender and Development through Gender Equality in Rights, Resources and Voice. A World Bank Policy Research Report.

Réponse de l'olivier à la technique de dessèchement partiel des racines durant trois années consécutives d'essai

Soumaya Dbara¹, M. Ben Mimoun² & R. Hellali²

Keywords: Olive tree- Deficit irrigation- Yield- Vegetation- Tunisia

Résumé

L'eau est un facteur limitant pour le développement de l'agriculture. Pour cette raison, l'amélioration de son efficience est nécessaire par la recherche des stratégies de l'irrigation déficitaire. C'est dans ce cadre que la réponse de l'olivier à ces stratégies a été évaluée par l'étude de leurs effets sur la production et la végétation. L'essai a eu lieu en plein champ sur des arbres en production de la variété «Chetoui», par l'introduction d'une nouvelle technique d'irrigation qui consiste en un dessèchement partiel des racines appelée aussi PRD (Partial Root Drying). L'expérimentation a duré trois années consécutives par l'application de cinq traitements à savoir: le pluvial (sans aucune irrigation), 100%PRD et 50%PRD (irrigation avec respectivement 100% et 50% de la dose sur un seul côté de l'arbre avec une alternance de 10 jours), 100%ETc et 50%ETc (irrigation avec respectivement 100% et 50% de la dose sur les deux côtés de l'arbre). Les résultats ont montré que le rendement moyen par arbre a été légèrement affecté et que les différences ne sont pas significatives, surtout la dernière année de l'essai, à l'exception du pluvial. La détermination de l'indice de maturité a montré qu'il a augmenté par le déficit hydrique. Par contre, le taux d'huile n'a pas été influencé. Aussi, les résultats ont montré que les traitements déficitaires, indépendamment du mode d'apport, ont réduit la croissance végétative.

Introduction

L'olivier est réputé pour sa grande rusticité, lui permettant de se développer et de fructifier sous des conditions de climat subaride et sur des sols parfois très pauvres. Il supporte parfaitement la sécheresse, mais ses productions seront faibles et souvent aléatoires (9). Il est traditionnellement cultivé dans le bassin méditerranéen et il représente l'une des principales cultures en Tunisie. En revanche cette dernière compte parmi les pays les moins dotés en ressources hydriques et les perspectives de pénurie de l'eau sont devenues évidentes. Cette situation pourrait s'aggraver davantage à long terme avec les risques de l'accroissement de l'aridité. Par ailleurs, il a été démontré dans certains travaux que la production répond positivement à des apports

Summary

Olive Tree Response to Partial Root Drying during Three Consecutive Years

Water scarcity appears as one of the main factors limiting agricultural development. For this reason it is necessarily to reduce water use for irrigation and thereby increasing crop water use efficiency. This experiment have lead to development of different irrigation practice (partial root drying and regulated deficit irrigation) which aims to study these effects on water use efficiency in olive trees under semi arid climate of Tunisia. The experiment was done during three consecutive years in a drip irrigated orchard of "Chetoui" the most important cultivar of north of Tunisia. Five irrigation treatments were applied: Rain fed (without irrigation), 100%PRD and 50%PRD (Respectively 100% and 50% of dose on one side alternating the wetted and dried sides of the root system every ten days) and 100%ETc and 50%ETc (respectively 100% and 50% of dose on both sides). Results showed that irrigation slightly affected yield and differences between treatments were no significant especially in the last year of the experiment except the rainfed. Ripening index measurement given that it increased with the increase of water deficit but the oil yield was unaffected. Also, results showed that vegetative growth was reduced by water deficit.

supplémentaires d'eau (7). Pour cette raison, l'aménagement hydraulique ainsi que les techniques d'irrigation sont devenus des outils nécessaires pour faire face à ce problème. L'irrigation déficitaire est parmi les remèdes adoptés. Elle est basée sur l'amélioration de la croissance, tout en réduisant les pertes d'évapotranspiration (4, 6). Cette dernière a été appliquée sur différentes espèces et sous différents climats. Malgré ses bénéfices, l'irrigation déficitaire nécessite la bonne connaissance des stades tolérants au stress hydrique et elle est difficile à appliquer par les agriculteurs. Récemment, une nouvelle technique a été développée, appelée «Dessèchement partiel des racines» (Partial Root Drying). Elle consiste à alterner l'irrigation des deux côtés de l'arbre. Le

¹Centre Régional des Recherches Agricoles de Sidi Bouzid, BP 357, Sidi Bouzid, 9100 Tunisie.

²Laboratoire d'arboriculture fruitière, Institut National Agronomique de Tunisie, Avenue Charles Nicolle, 1002 Tunis, Tunisie.

*Correspondance: Soumaya Dbara, Centre Régional des Recherches Agricoles de Sidi Bouzid, BP 357, Sidi Bouzid, 9100 Tunisie.

Téléphone: 0021676621950 Fax: 0021676621950 e-mail: soumayadbara@yahoo.fr

Reçu le 17.08.10 et accepté pour publication le 18.01.11.

développement de cette technique a été basé sur l'hypothèse de la synthèse et du transport des signaux chimiques de la partie desséchée du système racinaire pour induire la fermeture des stomates, sans changement important de la turgescence foliaire (8, 14). En fait, certains auteurs (6) ont étudié les stratégies de l'irrigation déficitaire (irrigation déficitaire raisonnée et dessèchement partiel des racines) et leur potentiel en horticulture. En effet, ils ont affirmé que la vigne et les arbres fruitiers sont les plus adaptés à cette stratégie sachant que les réponses étaient variables et fonction de l'espèce, de la variété et des conditions climatiques. C'est dans ce cadre que s'inscrit cette étude, dont l'objectif consiste à étudier la réponse de l'olivier au dessèchement partiel des racines comparativement aux techniques de l'irrigation conventionnelle et déficitaire.

Matériel et méthodes

1. Site expérimental et matériel végétal

L'essai a été entrepris au nord de la Tunisie dans la région de 'Mornag' (Latitude 32°7', Longitude 10°14'), au sein d'une olivette en production avec une densité de 8 x 8 mètres. Le sol est argileux limoneux. Le climat est semi-aride, caractérisé par une pluviométrie annuelle moyenne aux alentours de 450 mm avec des étés secs. La variété à huile choisie est 'Chetoui'. Elle est caractérisée par une forte alternance (irrégularité inter annuelle des récoltes dont l'année 'On' désigne l'année de la bonne production et 'Off' de la production faible).

2. Traitements hydriques appliqués

Au début de l'été, cinq traitements hydriques ont été appliqués selon un dispositif expérimental en blocs avec neuf répétitions. Le calcul des besoins en eau des oliviers a été effectué en se basant sur l'évapotranspiration culturelle (ETc), estimée à partir de l'évapotranspiration potentielle (ETp), calculée à partir de la classe A et du coefficient culturel selon la

méthode de Penman Monteih proposée par la FAO (1). Les besoins en eau ont été quantifiés par 250 mm durant la période allant de mars à septembre. Les traitements appliqués sont:

- Pluvial: sans irrigation
- 100%PRD et 50%PRD: irrigations avec respectivement 100% et 50% des besoins en eau sur un seul côté de l'arbre avec une alternance de 10 jours.
- 100%ETc et 50%ETc: irrigations avec respectivement 100% et 50% des besoins en eau sur les deux côtés de l'arbre.

3. Paramètres suivis

Le suivi a porté sur la détermination du taux de chute des fruits au mois de juin de chaque année [Tc (%)] ainsi que sur la production en kilogrammes par olivier [Rdt (kg/arbre)].

A la récolte, trois échantillons de 100 olives par arbre ont été récoltés, dont la détermination de l'indice de maturité (IM) (10) et le taux d'huile [TH (%)] ont été effectués.

Concernant la végétation, la mesure de la longueur moyenne des pousses en centimètres [L (cm)] a été aussi effectuée après la récolte. Sachant que la moyenne est calculée sur une vingtaine de pousses par arbre, réparties sur les quatre directions.

4. Analyses statistiques

L'analyse de la variance (ANOVA) a été effectuée par le logiciel SPSS (10.0).

Résultats

1. Le taux de chute par arbre (%)

La détermination du taux de chute des jeunes olives au mois de juin a montré des différences significatives, tant entre les traitements qu'entre les années (Figure 1). En effet, les résultats ont montré que, pour les deux années de production 'ON' (Année 1 et Année 3)

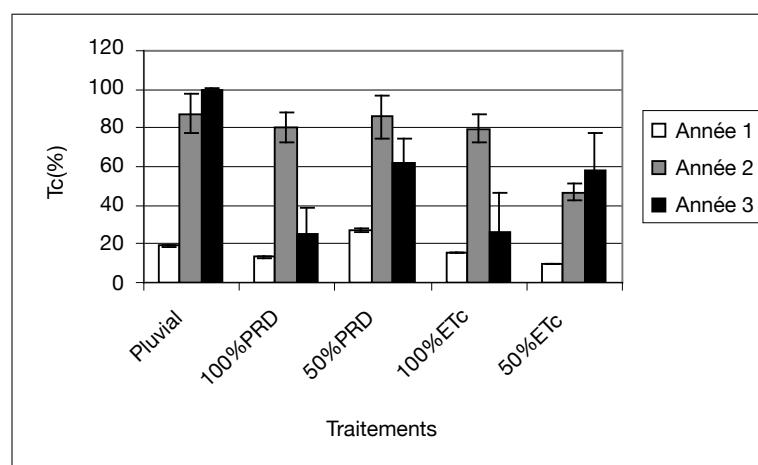


Figure 1: Le taux de chute des olives au mois du juin pour les trois années d'études et pour les cinq traitements (Pluvial, 100%PRD, 50%PRD, 100%ETc et 50%ETc).

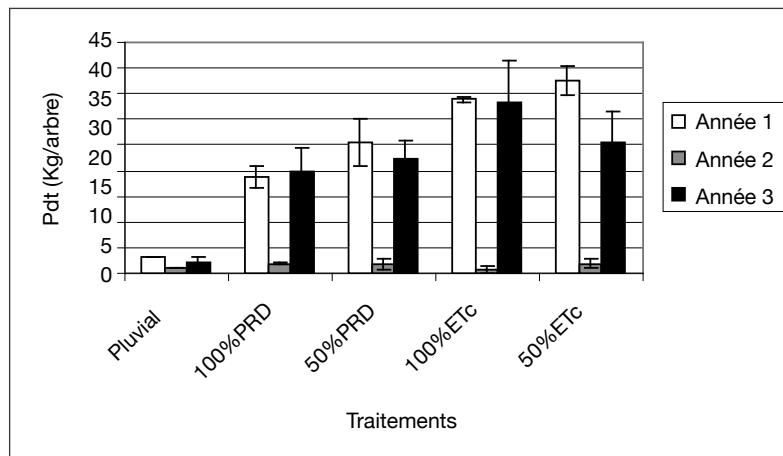


Figure 2: Le rendement moyen par olivier à la récolte pour les trois années d'études et pour les cinq traitements (Pluvial, 100%PRD, 50%PRD, 100%ETc et 50%ETc).

le pourcentage de chute le plus important est toujours obtenu au niveau des traitements les plus stressés (pluvial, 50%PRD et 50%ETc uniquement pour la troisième année). Par contre, les irrigations avec une dose de 100%, quel que soit le mode d'apport, c'est-à-dire sur les deux côtés ou sur un seul, le réduisait. Concernant la deuxième année 'OFF' il était très élevé pour tous les traitements à l'exception d'une légère diminution notée au niveau du traitement 50%ETc. L'étude de ce paramètre a montré qu'il est plus affecté par la dose que par le mode d'apport, puisque les irrigations avec 100%PRD et 100%ETc le réduisaient plus qu'avec 50%PRD et 50%ETc. Ceci affectera la production par arbre surtout que le calibre et le poids moyen ne seront pas affectés par le régime hydrique.

2. Le rendement moyen par arbre (kg/arbre)

A la récolte, la détermination du rendement moyen par arbre pour chaque traitement a révélé des différences significatives (Figure 2). Les traitements hydriques ont nettement affecté le rendement spécialement à la première et la troisième année (Années ON). Pour la deuxième année (Année OFF) tous les traitements ont donné une production faible.

Pour la première année de l'essai, il a été noté que les rendements les plus importants ont été obtenus au niveau des traitements 100%ETc et 50%ETc tandis

que les traitements PRD ont donné une production moyenne. Les plus faibles ont été observés au niveau du traitement pluvial. Pour la deuxième année, aucune différence significative entre les traitements n'a été notée. En dernière année de l'essai, les résultats ont montré une diminution de rendement seulement au niveau du traitement pluvial. Par contre, le rendement le plus important a été observé au niveau du traitement 100%ETc sachant que les traitements déficitaires ont donné les rendements intermédiaires sans aucune différence significative entre eux (50%PRD, 100%PRD et 50%ETc).

3. L'indice de maturité

Les résultats ont montré que ce paramètre est nettement affecté par les traitements hydriques (Tableau 1). A la première (Année ON) on a noté que l'indice de maturité était élevé aux traitements pluvial et déficitaires (50%ETc et 100 et 50%PRD) tandis que l'irrigation avec 100%ETc a diminué ce paramètre. En fait, la valeur de RI était inférieure à 3 pour 100%ETc, supérieure à 5 pour pluvial et entre 4 et 5 pour tous autres traitements. En dernière année, elle était égale à 3 pour 100%ETc, sans aucune différence significative avec 50%ETc, et entre 3 et 4 pour les autres traitements. A la deuxième (Année OFF), aucune différence significative n'a été notée entre les traitements.

Tableau 1

L'indice de maturité et le taux d'huile des olives à la récolte pour les trois années d'études et pour les cinq traitements (Pluvial, 100%PRD, 50%PRD, 100%ETc et 50%ETc). Chaque lettre désigne le même groupe homogène au seuil de 5%

	Année 1		Année 2		Année 3	
	IM	TH (%)	IM	TH (%)	IM	TH (%)
Pluvial	5,26a	16	2,6b	19	3,76a	19,66
100%PRD	4,33a	16	3,48b	19	3,66a	19,67
50%PRD	4,74a	15	3,42b	16	4,05a	16,08
100%ETc	2,83b	16	3,18b	16	2,95b	17,05
50%ETc	4,68a	16	4,08b	16	3,64ab	18,87

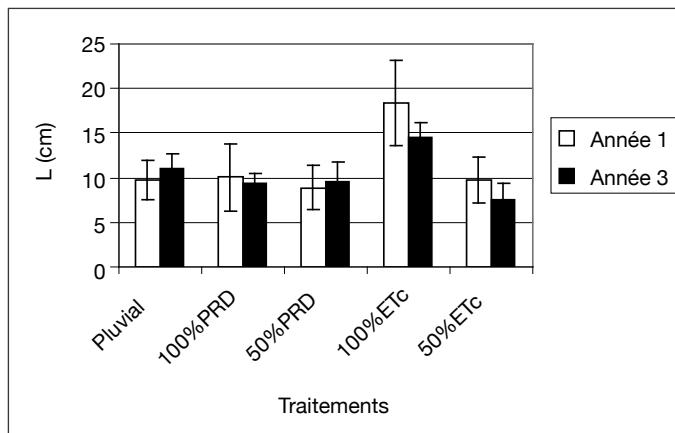


Figure 3: La longueur moyenne des pousses végétatives après la récolte pour les deux années de production et pour les cinq traitements (Pluvial, 100%PRD, 50%PRD, 100%ETc et 50%ETc).

4. Le taux d'huile (%)

Pour la première et la troisième année de l'essai (Années de production), les analyses statistiques n'ont pas montré de différences significatives comparativement au témoin (100%ETc). Alors que, pour la deuxième année (OFF) les traitements: pluvial et 100%PRD ont augmenté le rendement en huile par rapport aux autres traitements.

5. La longueur moyenne des pousses végétatives

Les résultats ont montré des différences significatives entre les traitements déficitaires et le témoin (100%ETc) (Figure 3). En effet, ce dernier a présenté une croissance végétative plus importante pour les deux années de production. La comparaison des traitements 100%PRD, 50%PRD et 50%ETc n'a pas montré de différences significatives pour les deux années (ON).

Discussion

Nos résultats ont présenté un faible rendement au niveau des traitements déficitaires par dessèchement partiel des racines (100%PRD et 50%PRD) la première année par rapport au témoin (100%ETc). Aussi, ce dernier a amélioré la production par rapport au pluvial. Ceci confirme ceux trouvés par d'autres, qui ont affirmé que les irrigations avec 50%PRD ont nettement réduit le rendement de l'olivier (2, 17). Certains ont essayé uniquement 50%PRD, mais à des fréquences d'alternance variable, et un témoin (100%ETc) (17). De même, ils ont attribué cette diminution à la réduction du nombre des fruits par arbre, ce qui est bien illustré par nos calculs du taux de chute (17). Nos résultats ont aussi montré que le traitement pluvial a donné la production la plus faible, notamment à la première et à la troisième années (ON). A la deuxième année (OFF) les différences entre les traitements étaient non significatives. Dans d'autres travaux, il a été affirmé que le traitement pluvial des oliviers donne un nombre

très faible d'olives (11). Cette constatation confirme ce que nous avons trouvé au niveau du taux de chute dont les calculs ont montré qu'il est le plus élevé pour le traitement pluvial.

La comparaison du traitement 50%ETc par rapport au témoin n'a pas montré de différence significative. Ceci concorde avec les constatations antérieures qui ont signalé que les restrictions hydriques de 33%ETc ont légèrement réduit le rendement, mais avec une amélioration de certaines caractéristiques des fruits (12). Par contre, à la troisième année, les irrigations déficitaires n'ont pas affecté le rendement. Cette dernière observation confirme celles trouvées chez la vigne, dont il a été démontré que les irrigations par dessèchement partiel des racines sont très adaptées puisque aucune différence significative n'a été notée par rapport au témoin (5, 15). D'autre part, et vu que la variété «Chetoui» est très alternante (16), le rendement de la deuxième année a été très faible. Aucune différence significative entre les traitements n'a été remarquée.

Pour l'indice de maturité, nos résultats confirment les travaux antérieurs qui ont affirmé qu'il est amélioré par les irrigations déficitaires (2, 10). Concernant le taux d'huile, les résultats n'ont pas montré de différence significative ce qui confirme ceux d'autres travaux où il a été signalé que les traitements PRD et le témoin ont donné des taux d'huile très proches (17). De même, d'autres auteurs ont trouvé que les restrictions hydriques n'ont pas amélioré ce paramètre (12). Par contre, il a été remarqué que ce paramètre est amélioré au niveau du traitement le plus stressant c'est-à-dire l'irrigation 50%PRD avec une alternance de quatre semaines (2). Il a été aussi, antérieurement démontré que la teneur en huile est inversement proportionnelle à la dose d'irrigation (10).

Le comportement végétatif des oliviers a été aussi évalué. En effet, il a été noté que les traitements déficitaires, ainsi que le pluvial, ont limité la longueur

moyenne des pousses. Ce résultat confirme plusieurs autres qui ont signalé que les traitements PRD (3, 17) ainsi que les restrictions hydriques (13) permettent un meilleur contrôle de la croissance végétative de l'olivier et de la vigne (5, 14, 15).

La limitation la plus importante a été obtenue au niveau du témoin (100%ETc) suivi de 100%PRD et enfin de 50%PRD. La même réponse a été aussi observée sur le nombre de feuilles par pousse (3).

Généralement, la réduction de la croissance végétative accompagnée d'une légère diminution du rendement au niveau des traitements déficitaires (notamment avec 50% des besoins en eau) montre une meilleure efficience d'utilisation de l'eau (17).

Conclusion

En conclusion, l'irrigation avec 100%ETc a augmenté la production mais les traitements PRD, avec 50% des besoins, ainsi que ceux de l'irrigation déficitaire, sont apparus plus efficaces puisqu'ils ont limité la croissance végétative avec une légère réduction du rendement et sans aucun effet sur le taux d'huile. L'application de la technique de dessèchement partiel des racines est encore limitée aux essais expérimentaux et l'étude de son effet sur la qualité de l'huile d'olive ainsi qu'à long terme est nécessaire.

Références bibliographiques

1. Allen R.G., Pereira L.S., Raes D. & Smith M., 2000, Crop evapotranspiration. FAO: Irrigation and drainage paper, 56, 326 p.
2. Aganchich B., El Antari A., Wahbi S., Tahi H., Wakrim R. & Serraj R., 2008, Fruit and oil quality of mature olive trees under partial rootzone drying in field conditions. *Grasaa y Aceites*, 59, 225-233.
3. Aganchich B., Wahbi S., Loreto F. & Centritto M., 2009, Partial root zone drying: regulation of photosynthetic limitations and antioxidant enzymatic activities in young olive (*Olea europaea* L.) saplings. *Tree Physiol.* 29, 685-696.
4. Centritto M., Loreto F., Massacci A., Pietrini F., Villaniand M.C. & Zacchini M., 2000, Improved growth and water use efficiency of cherry saplings under reduced light intensity. *Ecol. Res.* 15, 385-392.
5. Chaves M.M., Santos T.P., Souza C.R., Ortuno M.F., Rodrigues M.L., Lopez C.M., Maroco J.P. & Periera J.S., 2007, Deficit irrigation in grapevine improves water use efficiency while controlling vigour and production quality. *Ann of applied biology*. 150, 237-252.
6. Costa J.M., Ortú M.F. & Chaves M.M., 2007, Deficit irrigation as a strategy to save water: physiology and potential application to horticulture. *J. Integ. Pl. Bio.* 49, 1421-1434.
7. Fernandez J.E. & Morino F., 1999, Water use by the olive tree. *J. Crop. Prod.* 2, 101-162.
8. Kang S. & Zhang J., 2004, Controlled alternate partial root zone irrigation: its physiological consequences and impact on water use efficiency. *J. Exp. Bot.* 55, 2437-2446.
9. Loussert R. & Brousse G., 1978, L'olivier. Paris: Maisonneuve & Larose. 380 p.
10. Motilva M.J., Tovar M.J., Romero M.P., Alegre S. & Girona J., 2000, Influence of regulated deficit irrigation strategies applied to olive trees (*Arbequina* cultivar) on oil yield and oil composition during the fruit ripening period. *J. Sc. Food. Agric.* 80, 2037-2043.
11. Moriana A., Villalobos F.J. & Fereres E., 2002, Stomatal and photosynthetic responses of olive (*Olea europaea* L.) leaves to water deficits. *Plant, Cell. Envir.* 25, 395-405.
12. Patumi M., D'Andria R., Marsilio V., Fontanazza G., Morelli G. & Lanza B., 2002, Olive and olive oil quality after intensive monocone olive growing (*Olea europaea* L., cv. Kalamata) in different irrigation regimes. *F. Chem.* 77, 27-34.
13. Solé Riera M.A., 1990, The influence of auxiliary drip irrigation with low quantities of water in olive trees in Las Garrigas. *Acta Hort.* 286, 307-310.
14. Stoll M., Loveys B. & Dry P., 2000, Hormonal changes induced by partial rootzone drying of irrigated grapevines. *J. Exp. Bot.* 51, 1627-1634.
15. Santos T.P., Lopez C.M., Rodrigues M.L., Souza C.R., Maroco J.P. & Periera J.S., 2003, Partial rootzone drying: effects on growth and fruit quality of field grown grapevines. *Funct. Plant Biol.* 30, 663-671.
16. Trigui A. & Msalem M., 2002, Oliviers de Tunisie: catalogue des variétés autochtones et types locaux. IRESA, IO, Tunisie, 200 p.
17. Wahbi S., Wakrim R., Aganchich B., Tahi H. & Serraj R., 2005, Effects of partial rootzone drying (PRD) on adult olive tree (*Olea europaea*) in field conditions under arid climate I. Physiological and agronomic responses. *Agric. Ecosys. Envir.* 106, 289-301.

Soumaya Dbara, Tunisienne, Mastère et thèse de doctorat en cours, Attachée de recherches agricoles, Centre Régional des Recherches Agricoles de Sidi Bouzid, BP: 357, Sidi Bouzid 9100, Tunisie.

M. Ben Mimoun, Tunisien, Doctorat, Maître de conférences, Institut National Agronomique de Tunisie.

R. Hellali, Tunisien, Doctorat, Professeur de l'enseignement supérieur agricole, Institut National Agronomique de Tunisie.

Caractéristiques de la croissance et de la production en fruits chez trois variétés de piment (*Capsicum annuum L.*) sous stress salin

Samira Ibn Maaouia-Houimli^{1*}, M. Denden¹, Bouthaina Dridi-Mouhandes² & Samia Ben Mansour-Gueddes²

Keywords: Pepper- Salt Stress- Vegetative growth- Fruit yield- Tunisia

Résumé

Le présent travail a porté sur l'évaluation de la tolérance au stress salin de trois variétés de piment qui diffèrent par leur précocité: PM797, variété précoce; Beldi, mi-précoce et Baklouti, variété tardive. Les essais ont été réalisés en pots de végétation sous serre vitrée. Les résultats ont montré que le stress salin réduit les paramètres de croissance et de production. Cependant, une différence variétale à la réponse au stress salin a été enregistrée entre les variétés étudiées. En effet, les variétés Beldi et Baklouti se caractérisent par leur vigueur en absence comme en présence de sel. Par contre, la variété précoce PM797, se caractérise par la stabilité des paramètres de production. Ceci a permis de mettre en évidence l'utilité des caractères précoces dans la tolérance à la salinité.

Summary

Characteristics of the Growth and Fruits Production of Three Pepper Varieties (*Capsicum annuum L.*) under Saline Stress

This work aims to evaluate the salt tolerance of three pepper varieties differing by their precocity: PM797 early variety, Beldi semi-early and Baklouti late variety. The trials were carried out in pots under glazed greenhouse. The results showed that salinity reduced the growth and production. However, a varietal difference response to salt stress was observed between the studied varieties. Indeed, the varieties Beldi and Baklouti are characterized by their vigour in absence as in the presence of salt. On the other hand, early variety PM797 is characterized by the stability of production. This is highlighting the utility of early characters in salinity tolerance.

Introduction

La culture de piment (*Capsicum annuum L.*), a connu une grande extension en Tunisie. En effet, elle occupe le 4^e rang des superficies emblavées par la culture maraîchère. Cette progression concerne aussi bien le piment sous serre que celui de plein champ. Malgré la possibilité de cultiver cette espèce dans la plupart des régions du pays, les rendements de piment en Tunisie n'atteignent pas encore les valeurs enregistrées dans d'autres pays méditerranéens comme le Maroc, la Grèce, l'Italie et l'Espagne (3). Ces faibles rendements sont dus à de nombreuses contraintes qui affectent aussi bien le rendement que la qualité des fruits. Ces contraintes sont liées à des différences dans l'environnement de la plante, notamment la température et la salinité.

Le piment est une plante glycophyte. Donc la salinité peut être l'un des facteurs majeurs qui agissent sur le rendement dans les zones irriguées, notamment les régions arides et semi-arides, qui sont caractérisées par une forte évaporation d'eau à partir du sol et d'une pluviométrie irrégulière et insuffisante (13). La culture du piment nécessite des apports d'eau relativement importants, alors que les eaux d'irrigation utilisées, en Tunisie, sont souvent chargées en sels. En effet, l'eau

provenant des barrages présente une charge en sel de 2 à 3 g.l⁻¹, et celle des puits titre de 4 jusqu'à 7 g.l⁻¹ (7), suite à une surexploitation ou à une intrusion des eaux saumâtres ou de l'eau de mer. De plus, la fertilisation et l'irrigation sous serre conduisent à augmenter la concentration des sels dans le sol.

Les données concernant les effets du stress salin sur la croissance du piment sont rares. Il est considéré comme sensible (5) ou modérément sensible (14) à la salinité. Lorsque la conductivité électrique (CE) est de 1,5 dS/m, le rendement baisse de 14% et peut atteindre 50% de réduction à une CE de l'ordre de 5,8 dS/m (11). L'impact de la salinité est plus grave sur le rendement export, suite à la réduction du calibre et du poids frais du fruit (4, 14). En effet, la salinité réduit la croissance et la productivité de la culture en raison de la diminution de potentiel osmotique dans le sol et de l'augmentation de la concentration de ions Na⁺ et Cl⁻, qui atteint alors un niveau toxique pour la plante (4). Le chlorure de sodium est susceptible de perturber la nutrition minérale des plantes en interférant avec le prélèvement de certains éléments essentiels (potassium, calcium), soit par substitution, soit par compétition au niveau des sites d'absorption

¹Laboratoire d'Agronomie, 4042, Chott-Mariem, Sousse, Tunisie.

²Laboratoire des Cultures maraîchères et légumières, 4042, Chott Mariem, Sousse, Tunisie.

*Auteur correspondant: Samira Ibn Maaouia-Houimli, Institut Supérieur Agronomique de Chott-Mariem, 4042 Chott-Mariem, Sousse, Tunisie.

Tel : 216 73 348544 E-mail: h.samira@laposte.net

Reçu le 08.11.10 et accepté pour publication le 04.02.11.

membranaire (19). Le déséquilibre de la balance ionique induit par le sel affecte directement et/ou indirectement plusieurs processus physiologiques et métaboliques se traduisant à l'échelle de la plante par l'inhibition de la croissance (12).

L'objectif de notre travail est d'étudier, chez de trois variétés de piment qui diffèrent par leur précocité, l'effet de la salinité sur la croissance végétative et le rendement en fruits.

Matériel et méthodes

Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé est constitué de trois variétés de piment présentant des fruits de tailles différentes appartenant à la forme cultivée *Capsicum annuum L.*:

- PM797, variété d'origine française, très précoce. Fruit de petite taille et piquant.
- Beldi, variété locale, mi-précoce. Fruit à goût légèrement piquant.
- Baklouti, variété locale, tardive. Fruit à goût très piquant.

Conduite de la culture

L'expérimentation est réalisée dans la serre vitrée de l'Institut Supérieur Agronomique de Chott Mariem. Les graines de trois variétés de piment Baklouti, Beldi et PM 797 sont mises à germer sous serre dans des alvéoles remplies de tourbe, jusqu'au stade cinq à six feuilles. Les plantules sont ensuite repiquées individuellement dans des pots en plastique de 25 cm de diamètre et de 23 cm de profondeur, contenant chacun un mélange de perlite et de tourbe (v/v) à fond tapissé d'une couche de graviers pour assurer le drainage. Les plantules sont irriguées avec une solution nutritive de Hoagland. Lorsque les plantules ont atteint les dimensions requises (8 feuilles), elles sont soumises au stress salin par l'addition de différentes doses de chlorure de sodium à l'eau d'arrosage (0, 2, 4 et 6 g. l⁻¹ NaCl). Ces concentrations se rapprochent des taux de salinité des eaux d'irrigation en Tunisie. Durant toute la période de l'essai (du stade plantation jusqu'à la fin de la culture), le substrat de culture est maintenu à la capacité au champ par des irrigations fréquentes afin d'éviter que l'eau ne soit un facteur limitant. La culture est conduite sous les conditions suivantes: la température de l'air a été 28-30 °C pendant le jour (14 h) et 20-22 °C pendant la nuit. L'humidité relative minimale de l'air a été de 60% pendant le jour et 80% pendant la nuit.

La récolte des fruits est réalisée à différentes dates selon la variété. Chez PM797, elle est entre 50-140 jours d'application de stress (JAS), chez Beldi, entre 67-140 (JAS) et chez Baklouti, entre 91-140 (JAS).

Protocole expérimental

L'essai est conduit selon un dispositif expérimental

en blocs complètement aléatoires (BAC), comportant 4 blocs (répétitions). Pour chaque répétition, on a 3 plantes. Le nombre total des plantes est de 144.

Les paramètres mesurés

Les paramètres de croissance

Après 150 jours de culture, les mesures ont intéressé la hauteur de la plante, la surface foliaire totale partagée en surface verte et sénesciente, et les biomasses sèches des parties aériennes et racinaires (déterminées après passage à l'étuve à 70 °C).

Les paramètres de production

La production a été caractérisée par le nombre, le rendement, la longueur, le calibre et les poids frais et sec des fruits.

Analyses statistiques

Toutes les données ont été statistiquement analysées à l'aide du logiciel SPSS for Windows, version 11.0. Nous avons effectué l'analyse de la variance Anova (Analysis of variance) et, à chaque fois qu'il existe des différences significatives, les moyennes ont été séparées par le test de Duncan (au seuil de 5%).

Résultats

Croissance en hauteur des plantes

Les plantes de piment répondent aux différentes concentrations de NaCl par une réduction de la hauteur de la partie aérienne d'autant plus importante que la concentration en sel est élevée (Tableau 1). Le déficit de croissance est variable selon la variété. Malgré la taille importante des plantes témoins, Beldi semble plus sensible au chlorure de sodium que Baklouti, en effet les taux de réduction par rapport au témoin sont de 10,2; 24,6 et 30,9% aux doses de NaCl 2, 4 et 6 g.l⁻¹ respectivement. La variété Baklouti se maintient la plus tolérante avec des pourcentages de réduction de 4,7; 12,6 et 17,7% par rapport au témoin. Les plantes de la variété PM797 sont caractérisées par des hauteurs faibles. La présence de NaCl dans la zone racinaire inhibe la croissance en longueur des plantes de cette variété à des taux presque similaires aux plantes Beldi. Les pourcentages de réductions de PM797 sont de 11,7; 18,8 et 31,7% par rapport au témoin.

La réduction de la hauteur des plantes en conditions de salinité pourrait s'expliquer par l'inhibition de l'elongation de l'axe principal ou la diminution de la longueur des ramifications (Tableau 1). Chez les deux variétés locales Beldi et Baklouti, la réduction de taille des plantes est dépendante uniquement de la longueur des ramifications. Le stress salin n'a aucun effet sur la longueur de la tige. Chez PM797, la longueur de l'axe principal ainsi que la longueur des ramifications sont affectées.

Tableau 1

Effets des traitements de chlorure de sodium sur la hauteur, la longueur de la tige et la longueur des ramifications des plantes de trois variétés de piment, cultivées sous conditions de salinité

Variétés /NaCl (g.l ⁻¹)	Hauteur (cm)	Longueur de la tige (cm)	Longueur des ramifications (cm)
PM797			
0	32.1 a	10.9 a	21.3 a
2	28.4 b	11.1 a	17.3 b
4	26.1 c	10.3 ab	15.8 b
6	21.9 d	9.4 b	12.6 c
Beldi			
0	44.0 a	20.8 a	23.3 a
2	39.5 b	20.9 a	18.6 b
4	33.2 c	19.8 a	13.4 c
6	30.4 c	18.9 a	11.5 c
Baklouti			
0	39.1 a	19.3 a	19.9 a
2	37.3 b	19.6 a	17.7 b
4	34.2 c	19.0 a	15.2 c
6	32.7 c	19.1 a	13.6 d

Selon le test Duncan, les valeurs de la même colonne suivies des lettres distinctes sont significativement différentes au seuil 5%.

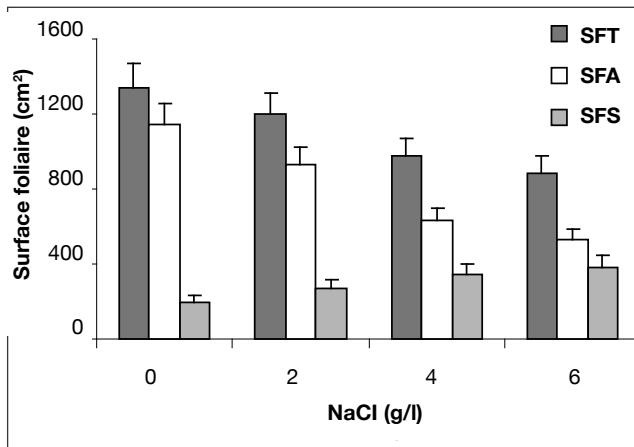


Figure 1: Effet des traitements de chlorure de sodium sur la surface foliaire; SFT: la surface foliaire totale; SFA: la surface foliaire active; SFS: la surface foliaire sénescante.

Surface foliaire par plante

La salinité a eu un effet très marqué sur la surface foliaire de la plante chez les trois variétés étudiées.

En effet, le stress salin a augmenté la surface foliaire sénescante et a diminué celle active (Figure 1). Cette dernière a accusé une réduction de l'ordre de 52% en passant du témoin à 6 g.l⁻¹ NaCl. Au niveau de cette concentration, la plus forte réduction de la surface foliaire s'est produite chez Beldi (59%), suivie par Baklouti (56%) alors que la réduction a été seulement de 41% chez 'PM797'. Chez cette dernière, la réduction coïncide avec une surface foliaire déjà petite chez les plantes témoins.

Production de biomasse

La production moyenne de biomasse sèche aérienne par plante de l'ensemble des variétés (Figure 2) est passée de 11,6 g pour le traitement témoin à 6,7 g en présence de 6 g.l⁻¹ NaCl, induisant ainsi une diminution significative de l'ordre de 42,2%. Toutes concentrations confondues, la biomasse sèche la plus élevée a été obtenue chez la variété Beldi, et la plus faible a été enregistrée chez la variété PM797.

La biomasse sèche racinaire des trois variétés testées a été significativement réduite par la salinité (Figure 2). Ces réductions ont été d'autant plus importantes que la concentration en sel était élevée. Ainsi, la présence de 6 g.l⁻¹ de NaCl dans l'eau d'irrigation a engendré une réduction moyenne de biomasse par plante de l'ordre de 23% par rapport au témoin. Les variétés PM797 et Baklouti se sont montrées plus sensibles au sel en accusant des réductions respectives de 21,8 et 27,2% par rapport au témoin. La variété Beldi s'avère moins sensible au traitement de longue durée par le sel, puisque le taux de réduction est de 17,7%.

Nombre de fruits et rendement

En conditions témoins (sans NaCl), le nombre de fruits par plante a varié de 13,8 chez la variété PM797 à 4,3 chez la variété Baklouti (Tableau 2). L'accroissement de concentration du sel dans l'eau d'irrigation a pour effet de réduire significativement le nombre de fruits chez les deux variétés locales. Chez PM797, aucune différence significative n'est détectée entre les différentes concentrations de NaCl.

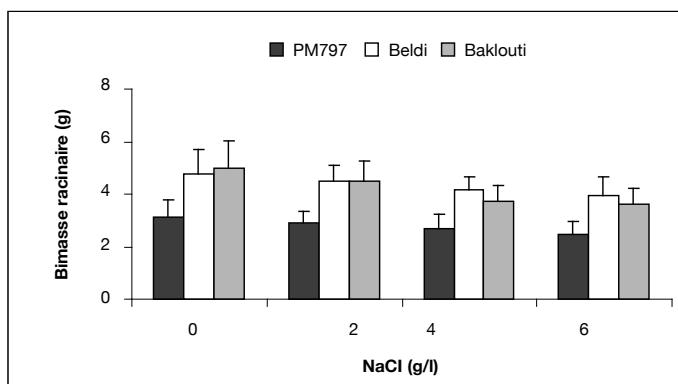
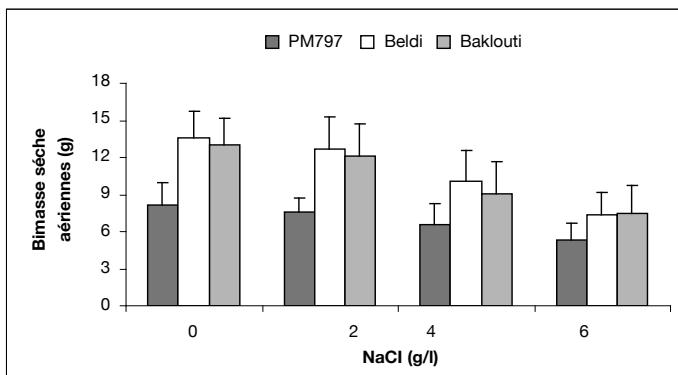


Figure 2: Effets du chlorure de sodium sur la biomasse sèche aérienne et racinaire par plante de trois variétés du piment.

Tableau 2
Effet des traitements de chlorure de sodium sur le nombre de fruits et le rendement (g) par plante de PM797, Beldi et Baklouti

Variétés / NaCl (g.l ⁻¹)	Nombre de fruits	Rendement (g)
PM797		
0	13.8 a	125.16 a
2	12.9 a	112.79 ab
4	12.0 ab	88.26 b
6	11.5 ab	76.33 b
Beldi		
0	11.0 a	186.7 a
2	11.1 a	151.2 b
4	7.5 b	98.6 c
6	6.8 b	71.4 c
Baklouti		
0	4.0 a	43.9 a
2	2.8 b	30.8 b
4	1.4 c	19.5 c
6	1.2 c	16.9 d

Selon le test Duncan, les valeurs de la même colonne suivies des lettres distinctes sont significativement différentes au seuil 5%.

Les rendements de trois variétés testées ont été significativement réduits par la salinité. Ces réductions ont été d'autant plus importantes que la concentration en sel était élevée (Tableau 2). Ainsi, la présence de 6 g.l⁻¹ de NaCl dans l'eau d'irrigation a engendré une réduction du rendement par plante chez PM797 de l'ordre de 39% par rapport au témoin. Les variétés Baklouti et Beldi se sont montrées plus sensibles au sel en accusant des réductions respectives de 61 et 62% par rapport au témoin non salé.

Caractères pomologiques du fruit

Au vu des résultats présentés dans le tableau 2, et tenant compte du nombre de fruits, seulement les deux variétés Beldi et PM797 ont été retenues pour étudier les caractéristiques des fruits. Le poids moyen du fruit, le poids sec, la longueur et le calibre du fruit sont présentés dans le tableau 3. Les résultats montrent que le poids moyen frais, la longueur et le diamètre des fruits ont diminué avec la salinité chez les deux variétés. Alors que le poids sec n'a diminué qu'à des concentrations élevées du NaCl.

Discussion

L'augmentation de la teneur en NaCl dans l'eau d'irrigation provoque la réduction de la hauteur de la plante, de la surface foliaire et des biomasses des variétés étudiées. Cet effet, fréquent chez les glycophytes, a précédemment été observé chez d'autres génotypes (4, 16). La diminution de la croissance de l'appareil végétatif observée chez les plantes de piment peut être expliquée par le fait que le NaCl agit par augmentation de la pression osmotique du milieu, ce qui empêche l'absorption de l'eau par le système racinaire. Ceci entraîne, par conséquent, une réduction de la croissance qui est le résultat, au niveau cellulaire, d'une baisse du nombre de divisions cellulaires (1). La réduction de la croissance peut résulter de l'augmentation de la concentration en acide abscissique dans la partie aérienne ou d'une réduction des concentrations en cytokinine (9). En plus du contrôle de la croissance par les signaux hormonaux, la réduction de croissance résulte de la dépense de ressources dans les stratégies d'adaptation (2). Ces stratégies, mises en œuvre pour maintenir l'homéostasie en condition de stress, sont consommatrices d'énergie et de ressources qu'elles détournent aux dépens de la croissance.

Selon nos résultats, le stress salin entraîne un retard dans la croissance végétale. Il se traduit par une réduction de la hauteur de la plante et une diminution de la surface foliaire accompagnée des symptômes de stress tels que la chlorose et la nécrose foliaires, allant jusqu'à la mort des feuilles. Ce même comportement a été observé par Chartzoulakis et Klapaki, (4), comportement qui était expliqué par

Tableau 3
Effets des traitements de chlorure de sodium sur le poids frais, sec, longueur et diamètre de fruit

Variétés /NaCl (g.l ⁻¹)	Poids frais (g)	Poids sec (g)	Longueur (cm)	Diamètre (cm)
PM797				
0	7.8 a	1.1 a	5.7 a	1.9 a
2	7.6 a	1.1 a	4.9 b	1.8 ab
4	5.9 b	0.9 a	3.7 c	1.6 bc
6	5.8 b	0.7 b	3.1 c	1.5 c
Beldi				
0	13.5 a	1.6 a	11.1 a	2.0 a
2	11.6 b	1.6 a	10.6 a	2.0 a
4	8.8 c	1.5 ab	7.8 b	1.8 ab
6	8.2 c	1.3 b	6.4 c	1.8 b

Selon le test Duncan, les valeurs de la même colonne suivies des lettres distinctes sont significativement différentes au seuil 5%.

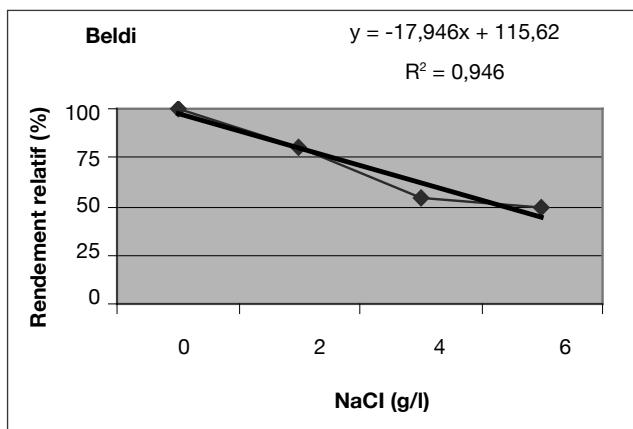
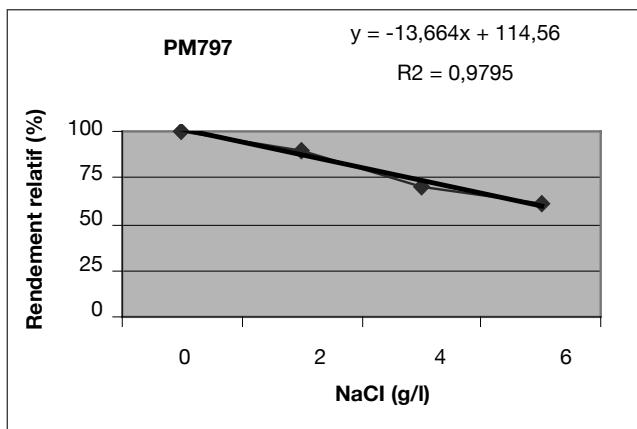
une nocivité spécifique des ions Cl⁻ accumulés à des niveaux excédant la capacité de compartimentage. Ces symptômes de toxicité ont réduit la surface active pour la photosynthèse et provoqué une réduction marquée de la croissance. Selon Munns (12) la croissance végétative, et particulièrement l'expansion des feuilles, sont sévèrement inhibées par le stress salin, les nouvelles feuilles se développent lentement et la sénescence des anciennes s'accélère.

On remarque aussi que la salinité a réduit davantage la croissance des parties aériennes du piment comparativement à celle des racines, ceci s'accordant bien avec les résultats des travaux de Van der Beek et Ltifi (16). Selon Zhu (18), la réduction de croissance des parties aériennes est une capacité adaptative nécessaire à la survie des plantes exposées à un stress abiotique. En effet, le retard de développement permet à la plante d'accumuler de l'énergie et des ressources pour combattre le stress avant que le déséquilibre entre l'intérieur et l'extérieur de l'organisme n'augmente jusqu'à un seuil où les dommages sont irréversibles.

L'effet de la salinité sur les paramètres de production montre des variations génotypiques; la variété la plus précoce PM797 se maintient la plus tolérante par la stabilité de son rendement aux différents niveaux de salinité. Par opposition, chez la variété tardive Baklouti, le rendement est presque nul. Il est également important de souligner que la variété Beldi, la plus productive en conditions d'alimentation hydrique normale, sans NaCl, est la plus sensible à la salinité et ce, quel que soit le niveau de sel appliqué. La variété PM797, bien qu'elle ait produit des rendements plus faibles que Beldi, a été la moins sensible à la salinité. Ces résultats montrent l'utilité de caractère précoce dans la tolérance à la salinité. En effet, une croissance rapide confère aux plantes une bonne aptitude à diluer les ions toxiques Na⁺ et Cl⁻ et à protéger les tissus contre une accumulation

de ces ions à des niveaux toxiques (17). A l'inverse, un développement tardif favorise l'accumulation d'ions toxiques pouvant entraîner la mort des plantes avant la fin de leur cycle de développement (12). Dans cette étude, la variété tardive Baklouti se montre plus vigoureuse que la variété précoce PM797, cependant son rendement est trop faible. Ces résultats sont en conformité avec ceux de Munns (12), qui a constaté que, chez les cultivars tolérants, lorsque ceux-ci sont tardifs, l'accumulation progressive du sel dans la plante, affecte la formation et la viabilité des organes reproducteurs, réduisant ainsi la production en fruit. Les relations de régression du rendement relatif en fonction du traitement salin montrent bien l'intérêt du caractère précocité dans le criblage des variétés tolérantes à la salinité (Figure 3).

D'après le tableau 3, la salinité réduit significativement le rendement, dès la plus faible concentration en NaCl (2 g.l⁻¹), alors que son effet négatif sur le nombre de fruits se manifeste à des concentrations plus élevées. Ceux ci rejoignent les résultats de Cuartero et Fernandez-Munns (6), qui ont signalé que la réduction du rendement observé chez la tomate est aussi due à une diminution du poids frais unitaire des fruits et non du nombre de fruits par plante. La réduction du poids frais est plus sévère que celle du poids sec, ceci est attribué à la difficulté de l'absorption de l'eau par la plante. Par conséquent, les effets néfastes de salinité sur le rendement doivent être attribués à une restriction d'accumulation de l'eau dans le fruit. Comme il a été suggéré par Johnson et al. (10), sous les conditions de stress salin, le flux d'eau dans le fruit est restreint par un faible potentiel hydrique de la plante. La réduction de poids frais du fruit semble être liée à la diminution de son taux de croissance pendant la phase d'expansion cellulaire, généré par faible prélèvement de l'eau (15), suite à l'augmentation du potentiel osmotique dans le milieu racinaire (10) et à la réduction de développement du xylème du fruit (8).



Conclusion

Les résultats de cette expérimentation ont permis de rendre compte des différences génotypiques. En effet, les variétés Beldi et Baklouti se caractérisent par leur vigueur en absence comme en présence de sel. Cependant, la variété précoce PM797, se caractérise par la stabilité des paramètres de production, surtout le nombre de fruits, dans les conditions de stress salin imposées. Chez cette variété, la floraison et la fructification sont très précoce. Elle peut dès lors éviter le stress salin et limiter les mouvements ioniques de Na^+ vers les feuilles.

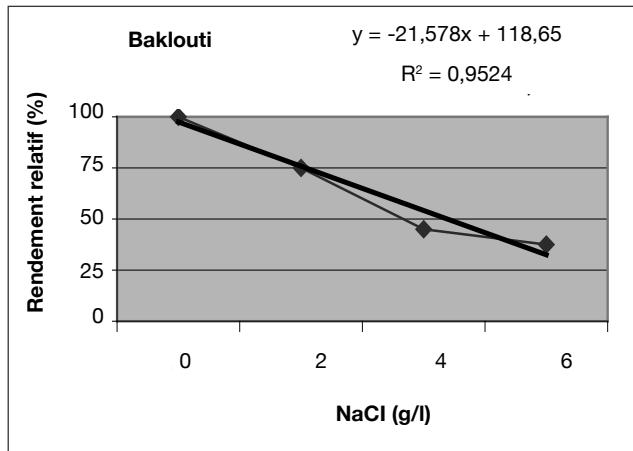


Figure 3: Relation entre le rendement relatif (% du témoin) et le traitement salin de trois variétés de piment.

Références bibliographiques

- Benamar B., Daguin F. & Kaid-Harche M., 2009, Effet du stress salin sur la germination et la croissance *in vitro* du pistachier (*Pistacia vera L.*). Comptes Rendus Biologies, 332, 752-758.
- Binzel M.L., P.M. Hasegawa, A.K. Handa & Bressan R.A., 1985, Adaptation of tobacco cells to NaCl. Plant Physiology, 79, 118-125.
- Boughalleb N. & El Mahjoub M., 2005, Effet de la solarisation sur *Phytophthora nicotianae* Breda de Haan var. *parasitica* (Dastur) G.M. Waterhouse responsable d'un syndrome associant nécroses racinaires et flétrissement sur piment (*Capsicum annuum L.*) en Tunisie. Tropicultura, 23, 3, 169-176.
- Chartzoulakis K. & Klapaki G., 2000, Response of two greenhouse pepper hybrids to NaCl salinity during different growth stages. Scientia Horticulturae, 86, 247-260.
- Cornillon P. & Palloix A., 1997, Influence of sodium chloride on the growth and mineral nutrition of pepper cultivars. Journal of Plant Nutrition, 20, 1085-1094.
- Cuartero J. & Fernández-Muñoz R., 1999, Tomato and salinity. Scientia Horticulturae, 78, 83-125.
- Hachicha M. & Braudeau E., 1998, Irrigation et salinisation en Tunisie, sols de Tunisie, 18, 3-11.
- Ho L.C., Grange R.I. & Picken A.J., 1987, An analysis of the accumulation of water and dry-matter in tomato fruit. Plant Cell Environment, 10, 157-162.
- Itai C., 1999, Role of phytohormones in plant responses to stresses. In: Lerner H.R. (ed). Plant response to environmental stresses, from phytohormones to genome reorganization. Marcel Dekker Inc., Basel, NY, USA, pp. 287-301.
- Johnson R.D., Dixon M.A. & Lee D.R., 1992, Water relations of the tomato during fruit-growth. Plant Cell Environment, 15, 947-953.
- Maas E.V. & Hoffman G.J., 1977, Crop salt tolerance-current assessment. Journal of Irrigation and Drainage Division, ASCE 103 (IR2), 115-134.
- Munns R., 2002, Comparative physiology of salt and water stress. Plant Cell Environment, 25, 239-250.
- Munns R., James R.A. & Lauchli A., 2006, Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. Journal of Experimental Botany, 57, 1025-1043.
- Navarro J.M., Garrido C., Flores P. & Martinez V., 2010, The effect of salinity on yield and fruit quality of pepper grown in perlite. Spanish Journal of Agricultural Research, 8, 142-150.
- Rubio J.S., Garcia-Sanchez F., Rubio F. & Martinez V., 2009, Yield, blossom-end rot incidence, and fruit quality in pepper plants under moderate salinity are affected by K^+ and Ca^{2+} fertilization. Scientia Horticulturae, 119, 79-87.
- Van der Beek J.G. & Ltifi A., 1991, Evidence for salt tolerance in pepper varieties (*Capsicum annuum L.*) in Tunisia. Euphytica, 57, 51-56.
- Zaman-Allah M., Sifi B., L'Taief B. & El Aouni M.H., 2009, Paramètres agronomiques liés à la tolérance au sel chez le haricot (*Phaseolus vulgaris L.*). Biotechnology, Agronomy, Society and Environment, 13, 113-119.
- Zhu J.K., 2001, Plant salt tolerance. Trends in Plant Science, 6, 66-71.
- Zid E. & Grignon C., 1991, Les tests de sélection précoce pour la résistance des plantes aux stress. Cas des stress salin et hydrique. L'amélioration des plantes pour l'adaptation aux milieux arides, AUPELF-UREF. Jon Libbey Eurotext, Paris, 91-108.

Samira Ibn Maaouia-Houimli, Tunisienne, Doctorante à l'Institut National Agronomique de Tunis, Tunisie.

M. Denden, Tunisien, Titulaire d'un Doctorat en Sciences Agronomiques de la Faculté des Sciences Agronomiques et Biologiques appliquées de Gand, Belgique. Maître de conférences à l'Institut Supérieur Agronomique de Chott Mariem, Tunisie.

Bouthaina Dridi-Mouhandes, Tunisienne, Titulaire d'un Doctorat en Sciences Agronomiques de la Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques et Biologiques appliquées de Gand. Maître assistant à l'Institut Supérieur Agronomique de Chott Mariem, Tunisie.

Samia Ben Mansour-Gueddes, Tunisienne, Doctorante à l'Institut Supérieur Agronomique de Chott-Mariem, Tunisie.

AVIS DE CHANGEMENT D'ADRESSE

ADRESVERANDERING

CHANGING OF ADDRESS

CAMBIO DE DIRECCION

Tropicultura vous intéresse! Dès lors signalez-nous, à temps votre changement d'adresse faute de quoi votre numéro nous reviendra avec la mention "N'habite plus à l'adresse indiquée" et votre nom sera rayé de la liste.

You are insterested in Tropicultura! Make sure to inform us any change of your address in advance. Otherwise your issue will be sent back to us with the postal remarks "Adresse not traceable on this address" and then you risk that your name is struck-off from our mailing list.

U bent in Tropicultura geïnteresseerd! Stuur ons dan uw adresverandering tijdig door, anders riskeert U dat uw nummer ons teruggezonden wordt met de vermelding "Woont niet meer op dit adres" en uw naam wordt dan automatisch van de adressenlijst geschrapt.

Si Tropicultura se interesa, comuniquenos a tiempo cualquier cambio de dirección. De lo contrario la publicación que Ud. recibe nos será devuelta con la mención "No reside en la dirección indicada" y su nombre será suprimido de la lista de abonados.

Biochemical Screening for Osmotic Adjustment of Wheat Genotypes under Drought Stress

A. Chorfi¹ & K. Taïbi^{1,2*}

Keywords: Membrane stability- Proline- Soluble sugars- Osmotic adjustment- Wheat- Drought- Algeria

Summary

The aim of this work is to study the effect of water scarcity on some physiological and biochemical markers of durum wheat genotypes. Two genotypes differing in their origin were tested. Measurements of drought effects were carried out after ten days of exposure to gradual levels, and allowed us to examine if there exists a differential response of synthesis, accumulation and transport between leaves and roots regarding total proteins, proline and soluble sugars, with respect of membrane stability and water content, to reveal any patterns of discrimination between genotypes. It seems that the two genotypes develop the same strategies under drought conditions with a significant difference in the rate of osmoticums synthesis and accumulation. This difference concerns mainly proline accumulation which appears to be strongly correlated with genotypic variability. Indeed, there is a large accumulation of proline in the local genotype Oued Zenati compared to the genotype Acsad 289 although both genotypes showed an ability to synthesize them leading to adapt drought conditions. The parameters studied in the present investigation could be very useful for screening of wheat genotypes resistant to drought. Considering our results, the exploitation of local genotype Oued Zenati could constitute a basis of selection for agriculture in arid and semiarid regions.

Résumé

Criblage biochimique de l'ajustement osmotique chez quelques génotypes de blé soumis à la sécheresse

Le but de ce travail est d'étudier l'effet du déficit hydrique sur certains marqueurs biochimiques et physiologiques des génotypes de blé dur. Deux génotypes différant dans leur origine ont été testés. Les mesures des effets du déficit hydrique ont été effectuées après dix jours d'exposition à des niveaux progressifs, et nous ont permis d'examiner l'éventuelle existence d'une réponse différente de la synthèse, de l'accumulation et du transport entre les feuilles et les racines en ce qui concerne les protéines totales, la proline et les sucres solubles en relation avec la stabilité membranaire et à la teneur en eau, afin de trouver des facteurs de discrimination entre les deux génotypes. Il semble que les deux génotypes utilisent les mêmes stratégies en conditions de sécheresse avec une différence significative dans le taux de synthèse et d'accumulation des différents osmolytes. Cette différence concerne essentiellement la proline qui semble être fortement corrélée avec la variabilité génotypique. En effet, on constate une forte accumulation de proline chez le génotype local Oued Zenati comparativement à l'Acsad 289 bien que les deux génotypes ont montré une capacité de synthèse leur permettant de s'adapter à la sécheresse. Les paramètres étudiés dans le présent travail peuvent s'avérer très utiles pour le criblage des génotypes de blé résistants à la sécheresse. Au vu des résultats obtenus, l'exploitation du génotype local Oued Zenati pourrait constituer une base de sélection pour l'agriculture en zones arides et semi-arides.

Introduction

The scarcity of rainfall and the high evaporative demand of the atmosphere in the arid and semi-arid regions of the world induce frequent drought leading also to osmotic stress. Where available water is considered the most limiting factor for crop production, wheat represents the principal food crop for human consumption but increased resistance to drought appears critical to keep yields at a sufficient level (27). The screening of such cultivars, based on their productivity, is a long and tedious task that

would undoubtedly be improved if traits that could be reliably related to water deficit were well known (3). Osmotic adjustment is considered to be an important component of drought tolerance mechanisms in plants (15). Compatible solutes of low molecular weight which include amino acids, betaine and soluble sugars are accumulated in plants under drought (11). In addition to these organic substances, some inorganic solutes are also a significant fraction of the osmotically active solutes present in plant cells (14).

¹Faculty of sciences, Department of biology, Hadj Lakhdar University of Batna, Algeria.

²Faculty of sciences, Department of biology, Laboratory of Plant physiology, Es-senia University of Oran, PO.Box 1524, El Mnaouar, 31000, Oran, Algeria.

*Corresponding author

Received on 29.07.10 and accepted for publication on 16.02.11.

Significant differences have been reported between species, cultivars or landraces in terms of osmotic adjustment capacity and with respect to the nature of the major solutes contributing to osmotic potential (25). In wheat, osmotic adjustment was suggested to be an important factor explaining differences in yield or yield stability (28).

Proline and soluble sugars frequently have been shown to increase under water stress and are potentially important contributors to osmotic adjustment. Among studies devoted to osmotic adjustment in wheat, durum wheat (*Triticum durum* Desf.) has been less investigated than bread wheat (*Triticum aestivum* L.) (18).

Genetic improvement of crops for drought resistance requires a research for possible physiological and biochemical components of drought resistance and the exploration of their genetic variation (10). One approach is to establish a single drought resistance character, which will benefit growth and yield under water limited conditions, and then to incorporate it into the existing breeding program (10). Consequently, there have been many suggestions that improvement in plant growth and yield could be achieved by identifying physiological characteristics or traits which could be included in a set of selection criteria by plant breeders (1). Several strategies have been devised to overcome the problem of drought stress; drought screening tests have been identified for use in breeding programs. The study of genotype-environment interaction has also been an important technique for selecting a resistance genotype against certain stress. Genotype-environment interaction is an important concern to all plant breeders in developing improved varieties. It is preferable when comparing the physiology and biochemistry of genotypes against drought tolerance that the genetic backgrounds be similar so as to eliminate differences that are unrelated to drought tolerance (16).

Varietal differences in drought have been reported in wheat (13), which can be exploited further by breeding programs to develop new varieties. The aim of this work was to study the effect of drought stress on some physiological and biochemical characteristics of durum wheat to examine the potential for osmotic adjustment and survival of wheat genotypes under different levels of water deficit. In this work, we have used two genotypes of wheat differing in their origin. Measurements of the effects of drought were carried out after ten days of exposure, and allowed us (a) to examine if there exists a differential accumulation and transport between leaves and roots of total soluble proteins, proline and soluble sugars with respect of water status and membrane stability to reveal any patterns of discrimination between wheat genotypes, (c) to evaluate the elemental distribution in roots and leaves of these genotypes and (d) to investigate whether drought stress could induce differential proline and carbohydrate accumulation.

Material and methods

The experiment was conducted under greenhouse controlled conditions. Diurnal and nocturnal temperatures were 24-27 °C and 16-19 °C respectively with 14 hours/day photoperiod. The relative humidity was about to 70%. Two genotypes of wheat (*Triticum durum* Desf.), the local Algerian genotype Oued Zenati (O.Z) and the introduced genotype Acsad 289 (Acs) from the Arabian Centre for Studies of Arid Zones and Drylands (ACSAD, Syria), were tested in this study under gradual drought levels. Wheat seeds were surface sterilized by dipping the seeds in 1% mercuric chloride solution for 2 min and rinsed thoroughly with sterilized distilled water. Seeds were pre-germinated in Petri dishes. After the emergence of the first leaf, the seedlings were grown in PVC cylinders of 50 cm height and 10 cm diameter filled with a mixture of sand, soil and organic dry matter (8:1:1). Seedlings were irrigated by sufficient water each two days with an equivalent of 80% of the field capacity. After complete four full expanded leaves, different water treatments were applied for ten days. Plant controls were conducted fully irrigated at 100% of field capacity (F.C). For the other deficient treatments, plants received 75%, 50%, 25% and 0% of their field capacity, respectively.

The levels of water content were maintained constant for each treatment. Evaporation was minimized by covering the containers with polystyrene. Pots were weighed every day and the water lost through evaporation and transpiration was replaced by adding water or nutrient solution equivalent to the loss by these factors. Reference pots were used to determine incremental water required for treatments by weighing both control and experimental pots. Such increments were observed as plants grew in size.

Leaf relative water content was estimated according to the method of Weatherley (30). Membrane stability was determined as per the method of Premchandra *et al.* (23) modified by Sairam (26). Protein content was measured as described by Lowry *et al.* (17), with minor modifications, to minimize the absorbance of interfering substances. Proline content was determined according the method described by Bates *et al.* (4). Total soluble sugars content was measured following the method described by Yemm and Willis (31).

The variance of homogeneity of the data was assessed and conformed to the model which would permit analysis of variance (ANOVA) on the data set. Results were analyzed using the General Linear Model (GLM) procedure implemented in the statistical software SPSS 16.0 (SPSS Inc, Chicago, USA) by ANOVA analysis. Treatment means were separated by different letters significantly different following Student-Newman-Keuls mean separation test. The term significant indicates differences for which $P < 0.05$ under the confidence level $\alpha = 95\%$. Collected data were used also for calculation of correlation coefficient among examined traits.

Results and discussion

Statistical analysis showed significant differences between the two genotypes tested, applied water deficit levels and interactions Genotype x treatment for all examined variables ($P < 0.05$). To better understand the factor that contributes mainly in the total variation of measured variables, the sum of squares percentage for each variable relative to the total variation was calculated. Relative water content is a good indicator of water and physiological status under drought stress in wheat (22).

Comparing genotypes revealed that changes in leaf water status were different depending on the genotype ($P < 0.01^{**}$). Changes in RWC induced by water restriction were higher in O.Z ($r^2 = 0.98^{**}$) than in Acs ($r^2 = 0.92^{**}$). Sum of squares percentage analysis showed that 90% of the total variability is due to drought constraint. Under irrigated conditions, O.Z maintained the highest relative water content. The RWC decreased significantly with increasing drought levels in both genotypes and the reduction was higher in O.Z than Acs, particularly, at the unwatered treatment (Table 1). The higher RWC in O.Z would be a difference in the amount of bound water in relation to cell wall composition which was demonstrated to be a heritable trait in durum wheat whose expression could be influenced in water stress conditions (24).

Under environmental stresses plant membranes are subject to changes often associated with the increases in permeability and loss of integrity (5). Water status of both genotypes was closely dependent to membrane stability indices ($r^2 = 0.91^{**}$). Genotype O.Z presents almost high membrane stability and the decrease was more pronounced in genotype Acs mostly under treatments watered below 50% F.C. Recorded reduction in membrane stability under drought conditions have been also reported in other genotypes of wheat (7).

Dhanda *et al.* (10) opined that because of genetic advances great benefit from selection can be expected

for the membrane stability of leaf segments in wheat. Compatible solutes have a key role in drought tolerance, they can protect plants from stress through different mechanisms including cellular osmotic adjustment, detoxification of reactive oxygen species, protection of membrane integrity, and stabilization of proteins-enzymes (2). Concentration of total proteins content was increased significantly in leaves stressed plants similarly in both genotypes ($r^2 = 0.89^{**}$), proteins accumulation reached fourfold the control equally under treatments watered at 50% and 25% F.C. The highest accumulation was recorded by the unwatered genotype O.Z. Increased rate of total proteins content in roots was slightly and almost linear for the genotype Acs by a difference around 30% between each treatment ($r^2 = 0.9^{**}$). Instead, the genotype O.Z accumulated higher proteins level under treatments watered at 50% and 25% F.C to reach a maximum accumulation under the unwatered treatment ($r^2 = 0.98^{**}$) (Table 2). The maximum difference of accumulation between the two genotypes roots was recorded under the unwatered treatment ($245 \mu\text{g} \cdot \text{mg}^{-1} \text{ DM}$). In order to elucidate origin of protein content variability, sum of squares percentage indicated that 98% of the whole variability was due to drought in root while in leaves, drought contributed by 60% as the genotypic difference provided 17%.

Proteins ratio leaves/roots was decreased significantly under water stress ($P < 0.01^{**}$) expressing either low leaves accumulation or high root accumulation or there is directed translocation from leaves to roots. The amino acids are known to occur widely in higher plants and normally accumulate in large quantities in response to environmental stresses including drought stress (6). Osmotic adjustment in wheat seems governed by a gene conditioning primarily differences in potassium accumulation, with amino acid accumulation as a secondary dependent response (8).

Table 1
Water status and membrane stability of O.Z and Acs genotypes subjected to different water treatments during ten days

Genotypes and treatments (% F.C)		Relative water content (%)	Membrane stability index (%)
Oued Zenati	100	96,69 ± 0,46a	94,90 ± 0,26a
	75	95,01 ± 0,16b	94,50 ± 0,30a
	50	93,45 ± 0,14c	92,53 ± 0,49b
	25	92,28 ± 0,31d	90,77 ± 0,25c
	0	89,39 ± 0,76e	88,10 ± 0,46d
Acsad 289	100	95,13 ± 0,33a	93,77 ± 0,47a
	75	93,98 ± 0,29b	93,10 ± 0,20a
	50	94,14 ± 0,27b	91,13 ± 0,31b
	25	90,64 ± 0,69c	87,87 ± 0,35c
	0	90,33 ± 0,15c	85,27 ± 0,85d

Data are the mean ± SE (n= 5). Different letters a column indicate significant difference ($P < 0.05$, Student-Newman-Keuls test).

Table 2
Solutes contents in leaves and roots of O.Z and Acs genotypes subjected to different water treatments during ten days

Genotypes and treatments (% FC)	Total proteins			Proline			Soluble sugars			
	Leaves ($\mu\text{g}.\text{mg}^{-1}$ DM)	Roots ($\mu\text{g}.\text{mg}^{-1}$ DM)	Leaves/ Roots	Leaves ($\mu\text{g}.\text{mg}^{-1}$ DM)	Roots ($\mu\text{g}.\text{mg}^{-1}$ DM)	Leaves/ Roots	Leaves ($\mu\text{g}.\text{mg}^{-1}$ DM)	Roots ($\mu\text{g}.\text{mg}^{-1}$ DM)	Leaves/ Roots	
Oued Zenati	100	6,31±0,66a	16,04±0,51a	0,39a	8,93±0,13a	13,00±1,00a	0,69a	18,69±0,76a	25,14±0,94a	0,74a
	75	12,34±0,56b	55,05±0,82b	0,22b	13,15±0,59b	97,81±52,75b	0,13b	26,30±0,25b	71,88±1,24b	0,37b
	50	22,64±0,63c	132,27±1,61c	0,17c	29,80±0,96c	111,41±0,95b	0,27c	33,57±0,73c	103,16±0,64c	0,33c
	25	22,80±0,47c	127,76±1,17d	0,18c	33,35±0,70d	118,58±0,41b	0,28c	35,27±0,67c	155,78±0,80d	0,23d
	0	65,63±1,28d	352,49±1,25e	0,19c	159,36±0,67e	125,44±1,02b	1,27d	42,11±0,89d	168,12±1,75e	0,25d
Acsad 289	100	7,85±0,75a	10,26±1,45a	0,77a	4,23±0,33a	7,68±0,61a	0,55a	11,68±0,87a	15,85±0,81a	0,74a
	75	11,44±0,30b	38,67±1,89b	0,30b	6,08±0,39b	13,02±0,62b	0,47b	22,75±1,34b	46,85±1,27b	0,49b
	50	22,23±0,63c	58,39±1,27c	0,38c	8,24±0,80c	16,25±0,73c	0,51c	29,06±0,44c	62,32±1,87c	0,47b
	25	25,30±0,43d	71,03±1,80d	0,36c	10,00±0,39d	51,40±1,61d	0,19d	31,57±0,75d	92,55±1,19d	0,34c
	0	57,73±1,05e	106,93±4,67e	0,54d	14,34±0,57e	61,42±1,40e	0,23e	35,81±1,48e	165,39±3,70e	0,22d

Data are the mean ± SE ($n=5$). Different letters a column indicate significant difference ($P < 0.05$, Student-Newman-Keuls test).

Proline was one of the minor free amino acids in control plants, but increased proportionally in response to water deficit both in leaves ($r^2 = 0.55^{**}$) and roots ($r^2 = 0.58^{**}$). A higher proportion of proline in total amino acid content of stressed wheat plants ($r^2 = 0.8^{**}$) was also recorded by Mattioni *et al.* (18). Drought caused an increase in proline accumulation in both genotypes organs ($r^2 = 0.55^{**}$) (Table 2). Genotype O.Z showed more proline content than genotype Acs under all drought treatments. Proline accumulated almost equally in leaves of the genotype Acs under all drought treatments, although in genotype O.Z, proline accumulation rises 30% in leaves likewise under both 50% and 25% F.C treatments then accumulation rises at 150% under the unwatered treatment. In durum wheat, de novo synthesis seems to be the main mechanism of proline accumulation under drought conditions, while the other amino acids made very small or no contribution to osmotic adjustment as reported by Kameli and Lösel (15).

Following drought stress, the proline concentration was much higher in the roots of the genotype O.Z whilst concentration increased slightly in the roots of the genotype Acs. Proline content increased five-fold in the roots of the genotype O.Z under treatment of 75% F.C comparing with control plants to reach higher value under the unwatered treatment. Proline content increased significantly in genotype Acs when soil humidity decrease below 50% F.C to reach its maximum under dry conditions. Maximum differences between two genotypes tested were observed under the treatment watered by 50% F.C for roots (95 $\mu\text{g}.\text{mg}^{-1}$ DM) and under the unwatered treatment for leaves (145 $\mu\text{g}.\text{mg}^{-1}$ DM). Proline ratio leaves/roots decreased linearly in the genotype Acs. This ratio fall sharply in the genotype O.Z under the first deficient treatment to rises again slightly but not significantly thereafter until reaching an extremely high value under the unwatered treatment.

The effect of water deficit is most notable (44%) compared to genotypic variability (20%) in the expression of proline accumulation in leaves, the genotypic difference contributed over than 43% for the expression of this trait in roots. Proline accumulation in plants under drought is a result of the reciprocal regulation of two pathways: increased expression of proline synthetic enzymes and repressed activity of proline degradation. This leads to a “proline cycle”, the homeostasis of which depends on the physiological state of tissue (19). Evidence for the transport of proline to the root tip, where it accumulates during stress, has been reported (29). The increase of proline accumulation in our experimental drought conditions was consistent with the previous results reported. The data indicate that plants may have evolved a mechanism to coordinate synthesis, catabolism and transport activities for proline accumulation.

The mechanisms of proline action are not fully

understood, but it has been suggested that in addition to its role as an osmolyte during osmotic regulation, an osmo-protectant role was also recorded. Proline contributes to stabilizing sub-cellular structures such as membranes and proteins ($r^2 = -0.68^{**}$ in roots, $r^2 = -0.8^{**}$ in leaves), scavenging free radicals, and buffering cellular redox potential under stress conditions (2). Proline accumulation under drought stress has been correlated with stress tolerance, and its concentration has been shown to be higher in stress-tolerant plants (20). However, other researchers suggested that the accumulation of proline was a symptom of stress injury rather than an indication of stress tolerance in plants (9).

Carbohydrates are a major category of compatible solutes that include hexoses (mostly fructose and glucose), disaccharides (sucrose and trehalose), sugar alcohols (inositol and mannitol), and complex sugars (raffinose and stachyose), all of which accumulate during stress. Usually the magnitude of proline accumulation is relatively dependant toward carbohydrates contents (12). There was an increase in total soluble sugars content in both genotypes under drought stress treatments (Table 2).

Larher *et al.* (12) mentioned that soluble sugars have a positive effect on proline accumulation. Total soluble sugars content was much higher in O.Z genotype than in Acs genotype under all drought treatments. Increased concentrations of carbohydrates content in response to drought stress have been also reported by Kameli and Lösel (15). Soluble sugars content have been shown to increase in wheat leaves ($r^2 = 0.92^{**}$) and roots ($r^2 = 0.94^{**}$) under water scarcity noted that the increase was more pronounced in roots than in leaves, similar results to Kameli and Lösel (15). These authors suggest that soluble sugars are the main organic solutes contributing to osmotic adjustment in wheat species, especially in leaves as a sink, and an accumulation of sugars at high level may result from a reduction in the utilization of assimilates induced by water deficit in relation to an inhibition of sucrose synthase or invertase activities in one hand, and deterioration of translocation from sources to sink from the other hand (3). The magnitude of difference in total soluble sugars content in O.Z genotype over Acs genotype elevate in roots with increase in drought levels but both genotypes reach the same value under the unwatered treatment (166 $\mu\text{g} \cdot \text{mg}^{-1}$ DM).

Differences in soluble sugars accumulation in both

organs are due mainly to water scarcity (90%). Soluble sugars content ratio leaves/roots was decreased almost linearly in both genotypes expressing either low rate of synthesis in leaves or high rate degradation and/or accumulation in roots. Otherwise, there was a directed active translocation of soluble sugars from leaves to roots. Osmotic adjustment is usually defined as a decrease in cell sap osmotic potential resulting from the net increase in intracellular solutes rather than from the loss of cell water. This osmotic adjustment allowed the maintenance of turgor pressure for cell elongation and several metabolic functions, although the complex relationships between turgor maintenance, growth and osmotic adjustment have been debated by some authors on the basis of stress-induced modifications of cell wall properties (21). These results suggest that osmotic adjustment represent an important part of the drought resistance mechanisms developed by durum wheat which could be exploited in breeding programs for improved drought tolerance (3).

Conclusion

Wheat crop responds to water deficit in the form of changes in various physiological and biochemical processes. The physiological changes observed could be consequences of deleterious effects of drought on important metabolic processes as well as responses of various defense mechanisms adapted by the plant under drought conditions.

It seems to be a quantitative more than qualitative difference between these genotypes. The two genotypes develop the same strategies under drought conditions with a significant difference in the rate of osmoticums synthesis and accumulation. This difference concerns mainly proline accumulation which appears to be strongly correlated with genotypic variability. Indeed, there is a large accumulation of proline in the local genotype Oued Zenati compared to the genotype Acsad 289 although both genotypes showed an ability to synthesize them leading to adapt drought conditions.

The parameters studied in the present investigation could be very useful for screening of wheat genotypes resistant to drought. Considering our results, the exploitation of local genotype Oued Zenati could constitute a basis of selection for agriculture in arid and semiarid regions.

Literature

1. Alves A.A.C. & Setter T.L., 2000, Response of cassava to water deficit: leaf area growth and abscisic acid. *Crop Science*, 40, 131-137.
2. Ashraf M. & Foolad M.R., 2007, Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. *Environ Exp Bot*. 59, 206-216.
3. Bajji M., Lutts S. & Kinet J.M., 2001, Water deficit effects on solute contribution to osmotic adjustment as a function of leaf ageing in three durum wheat cultivars performing differently in arid conditions. *Plant Science*, 160, 669-681.
4. Bates L.S., Waldren R.P. & Teare I.D., 1973, Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant and Soil*, 39, 205-207.
5. Blokhina O., Virolainen E. & Fagerstedt K.V., 2003, Antioxidants, oxidative damage and oxygen deprivation stress. *Ann. Bot.* 91, 179-194.
6. Braam J., Sistrunk M.L., Polisensky D.H., Xu W., Purugganan M.M., Antosiewicz D.M. Campbell P. & Johnson K.A., 1997, Plant responses to environmental stress: regulation and functions of the *Arabidopsis* TCH genes. *Planta*, 203, S35-S41.
7. Chandrasekar V., Sairam R.K. & Srivastava G.C., 2000, Physiological and biochemical responses of hexaploid and tetraploid wheat to drought

- stress. J. Agr. Crop. Sci. 185, 219-227.
8. Dai L.J. & Li Z.Q., 2004, Comparative and functional genomics of wheat, Acta Bot., Boreal-Orient Sin., **24**, 5, 949-953.
 9. de Lacerda C.F., Cambraia J., Oliva M.A., Ruiz H.A. & Prisco J.T., 2003, Solute accumulation and distribution during shoot and leaf development in two sorghum genotypes under salt stress. Environ. Exp. Bot. 49, 107-120.
 10. Dhandha S.S., Sethi G.S. & Behl R.K., 2004, Indices of drought tolerance in wheat genotypes at early stages of plant growth. J. Agron. Crop Sci. 190, 6-12.
 11. Dijksterhuis J. & De Vries R.P., 2006, Compatible solutes and fungal development. Biochem. J. 399, e3-e5
 12. Hare P.D. & Cress W.A., 1997, Metabolic implications of stress-induced proline accumulation in plants. Plant Growth Regul. 21, 79-102.
 13. Holmberg N. & Bulow L., 1998, Improving stress tolerance in plants by gene transfer. Trends in Plant Science, 3, 1360-1385.
 14. Iannucci A., Mario R., Lucia A. & Pasquale M., 2002, Water deficit effects on osmotic adjustment and solute accumulation in leaves of annual clovers. European Journal of Agronomy, 2, 111-122.
 15. Kameli A. & Losel D.M., 1995, Contribution of carbohydrates and solutes to osmotic adjustment in wheat leaves under water stress. J. Plant Physiol. 145, 363-366.
 16. Letta T., 2007, Genotype-environment interactions and correlation among some stability parameters of yield in durum wheat genotypes grown in South East Ethiopia. African Crop Science Conference Proceedings, 8, 693-698.
 17. Lowry O.H., Rosenbrough N.J., Farr A.L. & Randall R.J., 1951, Protein measurement with the Folin Phenol Reagent, J. Biol. Chem. 193, 265-275.
 18. Mattioni C., Lacerenza N.G., Troccoli A., De Leonardi A.M. & Di Fonzo N., 1997, Water and salt stress-induced alterations in proline metabolism of *Triticum durum* seedlings. Physiol. Plant. 101, 787-792.
 19. Mohammadkhani N. & Heidari R., 2008, Effects of drought stress on soluble proteins in two maize varieties. Turk. J. Bot. 32, 23-30.
 20. Nayyar H. & Walia D.P., 2003, Water stress induced proline accumulation in contrasting wheat genotypes as affected by calcium and abscisic acid. Biol. Plant, 46, 275-279.
 21. Neumann P.M., 1995, The role of cell wall adjustment in plant resistance to water deficits. Crop. Sci. 35, 1258-1266.
 22. Praba M.L., Cairns J.E., Babu R.C. & Lafitte H.R., 2009, Identification of physiological traits underlying cultivar differences in drought tolerance in wheat. J. Agr. Crop. Sci. 195, 30-46.
 23. Premchandra G.S., Sameoka H. & Ogata S., 1990, Cell osmotic membrane-stability, an indication of drought tolerance, as affected by applied nitrogen in soil. J. Agric. Res. 115, 63-66.
 24. Rascio A., Russo M., Platani C., Ronga G. & Di Fonzo N., 1999, Mutants of durum wheat with alterations in tissue affinity for strongly bound water. Plant Sci. 144, 29-34.
 25. Rhodes D. & Samaras Y., 1994, Genetic control of osmoregulation in plants, in: K. Strange, Cellular and molecular physiology of cell volume regulation, CRC Press, B. Raton, FL. 339-353.
 26. Sairam R.K., 1994, Effect of moisture stress on physiological activities of two contrasting wheat genotypes. Indian Journal of Experimental Biology, 32, 594-597.
 27. Shahid U., 2006, Alleviating adverse effects of water stress on yield of sorghum, mustard and groundnut by potassium application. Pak. J. Bot. 38, 5, 1373-1380.
 28. Teulat B., Rekika D., Nachit M.M. & Monneveux P., 1997, Comparative osmotic adjustments in barley and tetraploid wheats. Plant. Breed. 116, 519-523.
 29. Verslues P.E. & Sharp R.E., 1999, Proline accumulation in maize (*Zea mays* L.) primary roots at low water potentials. Plant Physiol. 119, 1349-1360.
 30. Weatherly P.E., 1950, Studies in the water relations of the cotton plant. I. The field measurement of water deficits in leaves. New Phytol. 49, 81-87.
 31. Yemm E.W. & Willis A.J., 1954, The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone. Biochemical Journal, 57, 508-513.

A. Chorfi, Algerian, Doctorate Es-science, Professor and researcher - University of Batna, Faculty of sciences, Department of biology, Hadj Lakhdar University of Batna. Algeria. E-mail: malek.chorfi@yahoo.fr

K. Taïbi, Algerian, Doctorate on plant physiology, Teacher and researcher - University of Batna. Faculty of sciences, Department of biology, Hadj Lakhdar University of Batna. Algeria. - Faculty of sciences, Department of biology, Laboratory of Plant physiology, Es-senia University of Oran. Po.Box 1524, El Mnaouar, 31000, Oran, Algeria. E-mail: khaledtaibi@hotmail.com

Germination et croissance initiale de *Neocarya macrophylla* (Sabine) Prance, une espèce oléagineuse du Niger

I. Dan Guimbo^{1*}, K.J.M. Ambouta¹, A. Mahamane² & M. Larwanou³

Keywords: *Neocarya macrophylla*- Germination- Longevity- Niger

Résumé

L'étude conduite parallèlement en milieu naturel, en pépinière et au laboratoire, vise à mieux connaître la germination et les caractéristiques d'évolution des plantules de *Neocarya macrophylla*, une espèce oléagineuse du Niger. Les traitements appliqués aux semences ont un temps d'attente plus court que les semences non traitées. Le témoin présente une germination étalée dans le temps (30 jours) par contre le décorticage des noix a influencé la germination groupée des graines (16 jours). Les noix non traitées présentent le meilleur taux de germination (89,53%). Le trempage des noix durant 72 h et 120 h est fatal pour la germination. La durée de conservation a des effets significatifs sur le taux de germination des noix et des amandes. L'observation de la germination révèle une germination cryptogée des semences. Le faible taux de germination des noix sans apport d'eau montre que l'eau est un facteur limitant à la propagation de cette essence forestière. Les plantules sont peu sensibles aux fontes de semis et assez tolérantes à la transplantation avec un taux de survie de 79%.

Introduction

Le Niger, pays sahélien à économie agropastorale, possède un système de production basé sur les parcs agroforestiers. Ces parcs agroforestiers renferment une ou plusieurs espèces telles que *Vitellaria paradoxa*, *Parkia biglobosa*, *Neocarya macrophylla*, *Faidherbia albida*, *Prosopis africana*, etc. (9).

Dans le sud-ouest du Niger, *N. macrophylla* ou pommier de Cayor est une espèce oléagineuse qui forme avec les cultures annuelles, un type physionomique de parc agroforestier (5). Ce ligneux, autrefois connu sous le nom de *Parinari macrophylla*, appartient à la famille des Chrysobalanacées, mais était auparavant classé dans la famille des Rosacées (2). L'usage alimentaire le plus répandu du pommier de Cayor est la consommation crue de la pulpe sucrée et aromatique de ses fruits frais, appelés localement «Gamsa» (3). Les graines ou amandes sont soit consommées crues, soit pilées et utilisées dans la sauce comme condiments, soit utilisées pour l'extraction traditionnelle d'huile. Outre l'usage alimentaire, son bois est utilisé comme bois de chauffe et bois de service résistant pour la

Summary

Germination and Initial Growth of *Neocarya macrophylla* (Sabine) Prance, a Oleaginous Species of Niger

The study conducted in parallel in the real environment, nursery and laboratory to better understand the characteristics of germination and seedling development *Neocarya macrophylla*, a species of oleaginous Niger. The treatments applied to seed have a waiting time shorter than the untreated seeds. The control has a staggered germination (30 days) and shelling of nuts influenced seed germination bundled (16 days). Unprocessed nuts are the best germination rate (89.53%). Soaking nuts during 72 h and 120 h is fatal for germination. The shelf life has significant effects on the germination of walnuts and almonds. The observation shows a germinating seed cryptogeoal. The low germination rates nuts without water shows that water is a limiting factor to the spread of this tree species. The seedlings are very sensitive to damping-off and tolerant enough to transplantation with a survival rate of 79%.

fabrication des outils ménagers (pilons, mortiers, etc.) et la construction et/ou la réfection des habitations. Cependant, sa faible rusticité vis-à-vis des facteurs anthropiques et climatiques et le taux de régénération assez faible dans plusieurs zones du Niger, justifie une étude approfondie sur les conditions de réussite de germination de ses semences. La réussite de la germination constitue la condition fondamentale d'installation d'une bonne culture (10). Or, les graines de la plupart des espèces spontanées des régions sahéliennes ont des téguments réputés "durs", et certaines semences présentent une inhibition tégumentaire ou une courte longévité qui constituent un véritable obstacle à leur germination dans la nature (4). La présente étude vise à mieux connaître la germination et les caractéristiques d'évolution des plantules de *N. macrophylla* dans le but d'assurer sa pérennisation. En effet, la connaissance à la fois sur les possibilités d'amélioration des performances germinatives des semences par l'application de traitements pré-germinatifs et sur les premières

*Faculté d'Agronomie, Université Abdou Moumouni, B.P. 10960, Niamey, Niger. E-mail: danguimbo@yahoo.fr Tel: (+227)96461038/94740355

²Université Abdou Moumouni, Faculté des Sciences, B.P: 10662, Niamey, Niger.

³African Forest Forum (AFF), C/o World Agroforestry Center (ICRAF), United Nations Avenue, P.O. Box 30677, 00100 Nairobi, Kenya.

Reçu le 10.01.11 et accepté pour publication le 16.02.11.

phases de croissance d'autre part, peuvent apporter une importante contribution à la conservation et à la valorisation de cette espèce à usages multiples.

Matériel et méthodes

Sites d'étude

L'essai a été réalisé parallèlement en milieu naturel (Parc à *N. macrophylla*), en pépinière et au laboratoire du Département de Productions végétales de la Faculté d'Agronomie (FA) de l'Université Abdou Moumouni de Niamey (13°30'02" N et 2°05'25" E). Le climat des sites est de type sahélo-soudanien, caractérisé par une longue saison sèche de 8 mois (octobre à mai) et une saison pluvieuse de 4 mois (juin à octobre). La pluviométrie est très variable dans le temps et l'espace avec des moyennes de 600 mm au nord et 800 mm au sud.

Provenance et conservation des semences

Les semences utilisées proviennent de la population naturelle de *N. macrophylla* localisée dans le territoire de Kouringuel. Les fruits (Photo 1A) sont récoltés à maturité en début mars. Les noix saines triées, ont été divisées en 2 lots: l'un destiné aux essais de germination en fonction des prétraitements des semences et l'autre conservé dans une armoire aérée construite en planche est destiné à la détermination de la durée de vie des semences. Les armoires contenant du sable sont placées sous l'ombre d'un arbre afin de se rapprocher aux conditions naturelles. Dans chaque lot, une partie de noix est prélevée pour extraire des graines ou amandes (Photo 1D).

Test de germination

Le test de germination porte sur des noix (endocarpe + graines) et des graines (amandes). Les noix présentent

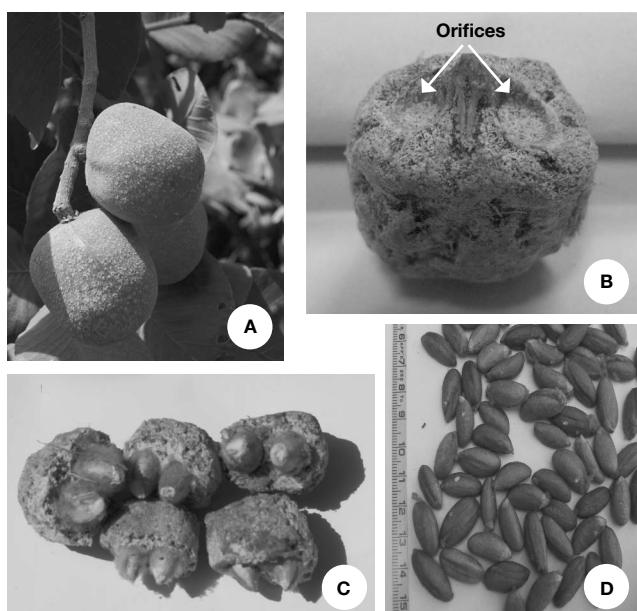


Photo 1: Fruits (A), noix avec ses 2 orifices (B), présence de 2 amandes dans les noix (C), amandes (D)

2 orifices (Photo 1B) contenant chacune une graine. Six prétraitements différents et applicables par les paysans ont été testés. Pour chaque traitement ainsi que pour le témoin, 5 lots de 50 semences ont été utilisées. Les divers prétraitements testés sont: noix entières sont mises en germination sans traitement préalable (Témoin), décorticage des noix dont les graines sont mises en germination sans application de traitement (Traitement 1), ébouillantage des noix: trempage des noix dans de l'eau à 100 °C et laissé refroidir (Traitement 2); trempage des noix dans de l'eau durant 24 h (Traitement 3), 48 h (Traitement 4), 72 h (Traitement 5); 120 h (Traitement 6).

Longévité des semences

Les essais de germination périodiques ont été réalisés pour tester la viabilité et la capacité de germination des semences en fonction de la durée après récolte. Les semences ont été testées immédiatement après la récolte puis tous les 3 mois jusqu'à un an. Pour chaque période de test, 5 lots de 50 noix et 50 amandes ont été prélevées du stock et placées dans des boîtes de Petri.

Développement des plantules

Le semis a été effectué dans 24 pots de 1 m de hauteur et 0,6 m de diamètre, confectionnés en plastiques. Chaque pot contient 1/4 du fumier et 3/4 du sable d'une épaisseur de 30 cm de sa partie supérieure; la partie inférieure restante étant remplie du sable. Tous les pots sont semés en raison de 12 noix sans traitement et exposés directement à la lumière du soleil. Après émergence, 5 plantules ont été conservées dans chaque pot. Les observations et les mesures mensuelles réalisées ont porté sur 10 plantules.

Influence des coques sur le taux de levée

Les noix et les amandes germées issues du test de germination sont mises dans des pots polyéthylène afin d'évaluer le taux de levée des plants. Soixante noix et 60 amandes germées ont été mises en pots rangés en 3 blocs de 20 pots. La levée correspond à l'émergence de la plantule.

Adaptabilité des plantules en essai de transplantation

Les plantules les plus vigoureuses d'un an d'âge sont transplantées en milieu naturel. L'essai a été mis en place en début de la saison de pluies de l'année 2010 (juin 2010) et les observations ont consisté à évaluer le taux de survie et la reprise phénologique durant 6 mois de plantation. Quarante-cinq plantules ont été plantées dans 3 blocs de 15 plantules. Les plantules ont bénéficié d'un apport d'eau dès qu'apparaît une période de sécheresse.

Influence de l'humidité sur la levée des plantules en milieu naturel

Un dispositif en blocs aléatoires complets avec 3

Tableau 1
Délai, durée et taux de germination pour chaque traitement des semences

Traitements	Délai de germination (jours)	Durée de germination (jours)	Taux de germination (%)
Noix sans traitement	12,20 ± 1,20 ^b	30,00 ± 1,84 ^c	89,53 ± 1,61 ^a
Noix décortiquée (graines)	04,00 ± 0,32 ^a	16,00 ± 1,00 ^a	58,40 ± 2,93 ^b
Trempage: 24 h	06,00 ± 0,32 ^a	28,00 ± 0,71 ^{bc}	60,00 ± ,03 ^b
Trempage: 48 h	06,00 ± 0,00 ^a	27,20 ± 1,32 ^{bc}	56,60 ± 1,03 ^b
Trempage: 72 h	06,00 ± 032 ^a	28,00 ± 1,30 ^{bc}	33,80 ± 1,16 ^c
Trempage: 120 h	06,00 ± 0,00 ^a	23,00 ± 1,00 ^b	20,00 ± 1,84 ^d
Ebouillantage	- ^c	- ^d	0 ^e

traitements par bloc (20 poquets) a été mis en place en saison de pluies. Trois répétitions par traitement ont été effectuées: traitement 1: sans arrosage, traitement 2: 1 fois sur 2 jours, traitement 3: arrosé 1 fois par semaine. L'essai s'est déroulé du 1^{er} juillet 2009 au 31 septembre 2009.

Analyses des données

Les pourcentages, les valeurs moyennes et les erreurs standards des paramètres étudiés ont été calculés. La différence des valeurs notées est évaluée par une analyse de la variance (ANOVA) et par le test de Tukey pour le classement des moyennes. Ce dernier à l'avantage d'analyser les échantillons de taille différente.

Résultats

Influence des traitements appliqués sur la germination

Les traitements appliqués ont permis aux semences d'avoir un temps d'attente plus court par rapport aux semences non traitées (Tableau 1). Pour ces dernières, il faut attendre 12 jours pour observer la sortie de la radicule tandis que pour les amandes et les noix trempées, le délai de germination est respectivement de 4 et 6 jours.

Les semences non traitées ont la durée moyenne de germination (30 jours) la plus longue (germination étalement dans le temps) par contre le décorticage des noix a influencé la germination groupée des graines (16 jours).

Les noix non traitées présentent le meilleur taux de germination (89,53%). Le trempage des noix durant 72 h et 120 h est fatal pour la germination avec respectivement 33,80% et 20%. Les noix trempées durant 24 h et 48 h ne présentent pas un taux de germination significativement différent. Aucune germination n'a été observée au niveau des noix ébouillantées.

Variabilité des semences en fonction de la durée de conservation

A la récolte, le taux de germination des noix est assez faible (42,80%) et comparable à celui des noix à 12 mois de conservation (41%). Le taux de germination le plus important est enregistré à 3 mois (92,80%) et à 6 mois (88,40%) après récolte (Figure 1).

Le taux de germination des graines à la récolte est également assez faible et ne présente pas de différence significative avec le taux de graines à 6 mois de conservation (32,80%). Le taux de germination est plus important à 3 mois après récolte (63,33%) tandis

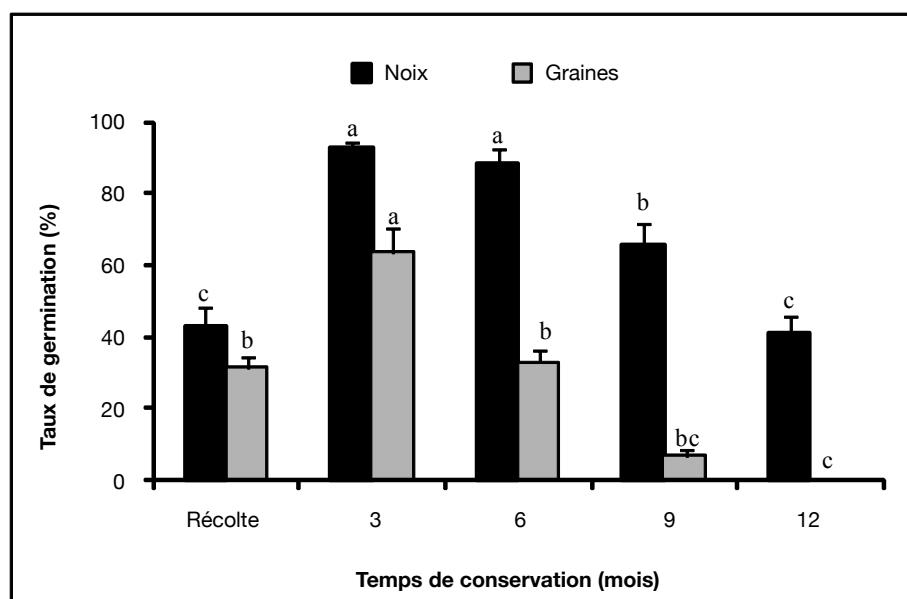


Figure 1: Taux de germination des semences en fonction de la durée de conservation.

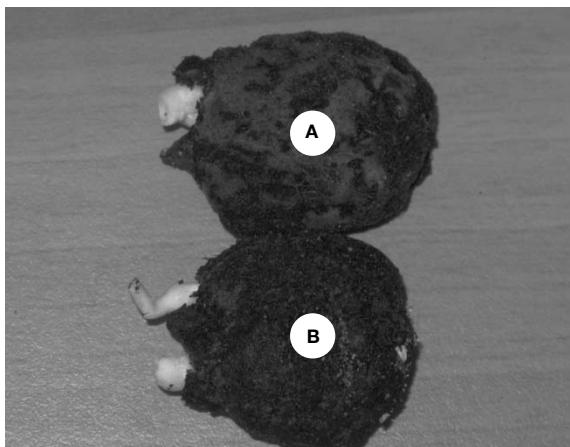


Photo 2: Germination des noix de *N. macrophylla*
(A: 1 graine germée; B: 2 graines germées).



Photo 3: Deux plantules issues d'une seule noix.

qu'à 9 mois, le taux est très faible (6,60%); déjà à 1 an de conservation, aucune graine n'est viable (Figure 1).

La figure 2 présente, l'influence de la durée de conservation sur la double germination des noix (apparition des radicules dans les 2 orifices de la noix).

A la récolte, à 9 mois et à 12 mois de conservation, le taux de germination des noix ayant une graine germée est supérieur à celles ayant 2 graines germées (Photos 2, 3). Mais à 3 mois et à 6 mois après récolte, les noix avec 2 graines germées sont plus nombreuses que celles ayant une graine germée.

Evolution de la levée des plantules

Le temps qui sépare le semis de la première levée des plantules est de 33 jours et l'échelonnement de la levée est de 27 jours.

Les amandes ont un taux de levée très faible (2%). Les noix présentent par contre un bon taux de levée (86,67%). Ce faible taux de levée observé au niveau des graines est lié à leur pourriture. Les plantules semblent peu sensibles aux fontes de semis. Seulement 4% des plantules sont mortes suite probablement à des attaques fongiques.

Dynamique de croissance des plantules en pépinière

L'élargissement mensuelle de la tige est en moyenne 3 cm jusqu'au 4^e mois après l'émergence des plantules (Figure 3). Ensuite, on observe un ralentissement de la croissance, soit un cm par mois. Au bout des 12 mois qu'a duré l'essai, la hauteur des plants est de 20,97 cm.

En ce qui concerne la croissance racinaire, après une phase de croissance significative, on observe, un ralentissement au 8^e mois. Ainsi, dès la levée, la longueur moyenne du pivot atteint 10,10 cm. Après 3 mois de semis, la longueur est de 19,55 cm. Le pivot atteint 37,05 cm au bout de 12 mois.

Influence de l'arrosage sur la levée des plantules

Le facteur fréquence d'arrosage a un effet significatif sur le taux de levée des plantules. Les poquets arrosés une fois sur 2 jours et une fois par semaine

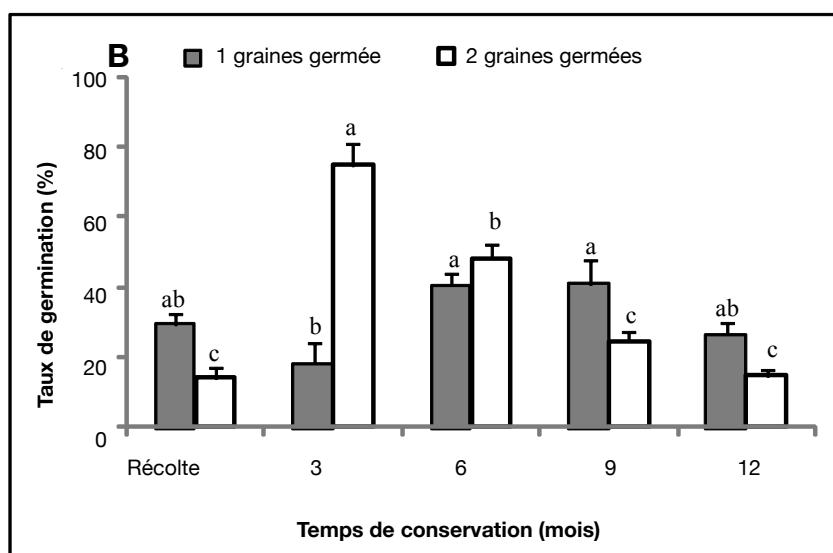


Figure 2: Influence de la conservation sur la double germination des noix.

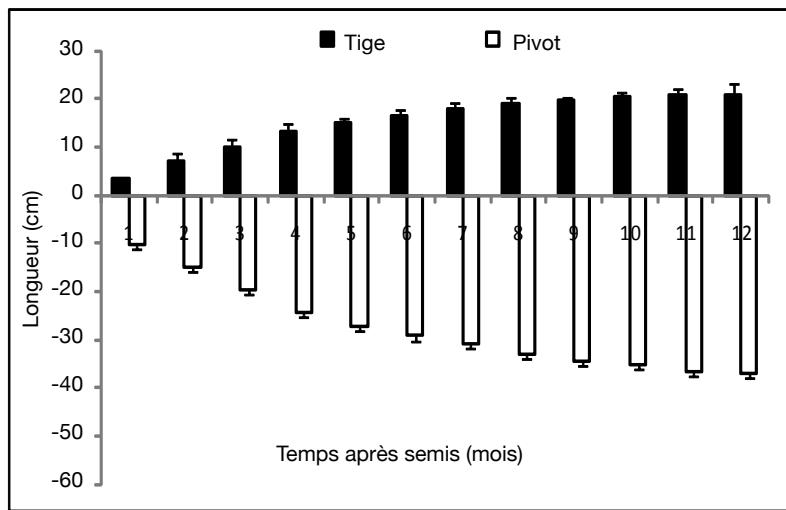


Figure 3: Evolution de croissance des tiges et des racines.

ont données un taux de levée assez important avec respectivement de 69,33% et 65,33%. Les poquets sans arrosage ont donné un taux de levée de 25%.

Réponse des plantules en essai de transplantation

Les plantules sont assez tolérantes à la transplantation avec un taux de survie de 79%. Une semaine après l'opération, le jaunissement et la chute des feuilles ont été observés. Au-delà d'un mois après transplantation, la reprise des plantules est entamée et le taux de mortalité est nul.

Discussions

N. macrophylla a des bonnes potentialités de multiplication sexuée. La présence de 2 graines dans les noix et la capacité d'au moins une des graines de germer après 12 mois de conservation, montre qu'en milieu naturel, les semences sont susceptibles de survivre pendant au moins une saison défavorable consécutive à une saison de bonne fructification. La capacité de ses semences à conserver pendant plusieurs années leur pouvoir germinatif peut contribuer à sauvegarder l'espèce de manière durable. Cependant, les noix présentent des enveloppes coriaces qui influencent la germination de l'embryon, d'où la nécessité de prétraitements. Ces téguments induisent également une germination hétérogène et dispersée. La germination des noix sans traitement s'étale sur 30 jours après la première germination. L'échelonnement dans le temps de la germination des graines est une stratégie d'adaptation des espèces à la forte variation de la pluviométrie (7). Le faible taux de germination des noix et des graines directement semées après récolte est imputable à la dormance tégumentaire. La teneur en eau semble être la cause principale de cette dormance embryonnaire. Tous les traitements appliqués aux semences présentent un délai compris en 4 (amandes) à 6 jours (trempage). Les traitements ont entraîné l'imbibition

rapide du tégument des graines et l'entrée d'eau dans les réserves a permis le déclenchement des réactions métaboliques de l'embryon et la sortie rapide de la radicule (1). Pour avoir une germination rapide et homogène, le décorticage des noix est nécessaire avant semis. Une germination groupée et élevée des semences est une condition nécessaire à l'installation de peuplements végétaux en milieux arides (12). Cependant, le taux de levée assez faible des plantules issues des amandes ne permet pas d'encourager leur semis en milieu naturel. La coque joue un rôle important contre la pourriture des graines contenant les réserves essentielles pour la croissance.

Le choc thermique est un moyen efficace pour ramollir le tégument des graines de la plupart des espèces (11). Cependant, l'action de la chaleur semble être néfaste à la germination des graines, probablement à cause de leur richesse en huile.

Un an après la levée, les plantules présentent une croissance aérienne lente. Une croissance initiale lente semble préjudiciable aux ligneux en milieu aride car les plantules de petite taille sont plus vulnérables aux feux de brousse et à l'abrutissement (13). Cette croissance aérienne lente est influencée par le développement du système racinaire comme l'on démontré plusieurs auteurs dont Ouédraogo (8) sur *Boswellia dalzielii*. Le développement du système racinaire est un facteur déterminant dans la différence de survie des plantules (6). L'hypertrophie de la racine reste une stratégie plus efficace pour la pérennisation des plantules ligneuses car elle permet de stocker des réserves nourricières. Le ralentissement de la croissance du système racinaire observée pourrait s'expliquer par les différentes modifications morphologiques. En effet, l'apparition des racines secondaires rend les plantules plus résistantes aux sécheresses. Ce nombre plus important de ces racines chez *N. macrophylla* est probablement la raison de son succès à la transplantation.

Conclusion

Le taux de germination des semences non traitées, le développement rapide du pivot racinaire des plantules et surtout la présence de 2 graines dans chaque noix et la capacité d'au moins une des graines de germer après 12 mois de conservation sont des atouts favorables à la propagation et à l'adaptation de *N. macrophylla* en milieu aride et semi aride. La capacité des plantules à développer rapidement un système racinaire pivotant leur permet d'atténuer les contraintes liées à la concurrence, notamment herbacée et à la sécheresse édaphique. Elle permet également à la plantule d'exploiter précocement les couches profondes du sol, plus humides.

L'étude de la durée de conservation sur la longévité des semences a révélé les possibilités de stockage des semences sans précautions particulières pendant une saison. Les téguments relativement durs et imperméables des noix pourraient les protéger contre l'humidité ambiante qui occasionne parfois de fortes variations de la teneur en eau. Le faible taux de germination enregistré au niveau des poquets sans apport d'eau montre que l'eau est un facteur limitant à la propagation de cette essence forestière. Mais sa capacité de reprise après transplantation est un atout pour entreprendre des activités de plantation.

Références bibliographiques

1. Ahoton L.E., Adjakpa J.B., M'po Ifonti M'po & Akpo E.L., 2009. Effet des prétraitements des semences sur la germination de *Prosopis africana* (Guill., Perrot. et Rich.) Taub., (Césalpiniacées). Tropicultura, **27**, 4, 233-238.
2. Arbonnier M., 2000, Arbres, arbustes et lianes des zones sèches d'Afrique de l'Ouest. CIRAD-MNHN, 573 p.
3. Balla A., Baragé M., Larwanou M. & Adam T., 2008, Le savoir-faire endogène dans la valorisation alimentaire des fruits du pommier de Cayor (*Neocarya macrophylla*) au Niger. Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin, **59**, 1-8.
4. Benadjaoud A. & Aid F., 2004, Effets de quelques traitements physico-chimiques et de la température sur la faculté germinative des graines de *Parkinsonia aculeata* L. Annales de l'Institut national agronomique El Harrach, **25**, 1-2, 19-30.
5. Dan Guimbo I., Mahamane A. & Ambouta K.J.M., 2010, Peuplement des parcs à *Neocarya macrophylla* (Sabine) Prance et à *Vitellaria paradoxa* (Gaertn. C.F.) dans le sud-ouest nigérien: diversité, structure et régénération. Int. J. Biol. Chem. Sci. **4**, 5, 1706-1720.
6. Dauro D., Mohamed-Saleem M.A. & Gintzburger G., 2003, Recruitment and survival of native annual *Trifolium* species in the highlands of Ethiopia. African Journal of Ecology, **34**, 1, 1-9.
7. Ouédraogo A., 2006, Diversité et dynamique de la végétation ligneuse de la partie orientale du Burkina Faso. Thèse de Doctorat, Université de Ouagadougou (Burkina Faso), 196 p.
8. Ouédraogo A., Thiombiano A., Hahn-hadjali & Guinko S., 2006, Régénération sexuée de *Boswellia dalzielii* Hutch., un arbre médicinal de grande valeur au Burkina-Faso. Bois et forêts des Tropiques, **289**, 3, 41-52.
9. Ounteni, I.A., 1993, Les parcs agroforestiers au Niger. Etat des connaissances et perspectives de recherche. Rapport de consultation effectuée pour le réseau ICRAF/SALWA. 91 pp.
10. Salifou I., 2000, Contribution à la domestication de deux espèces fourragères spontanées *Alysicarpus ovalifolius* (Schum. et Thorn.) J. Léonard et *Maerua crassifolia* Forsk. Thèse de Doctorat de 3^e cycle. Université Abdou Moumouni de Niamey, 124 p.
11. Trabaud L. & Oustric J., 1989, Influence du feu sur la germination des semences de quatre espèces ligneuses méditerranéennes à reproduction sexuée obligatoire. Seed science and technology, **17**, 3, 589-599.
12. Traoré B., Letreuch-Belaroui N., Sahki-Boutamine R. & Gaour A., 2005, Caractérisation dendrométrique et étude des possibilités d'amélioration des performances germinatives de *Balanites aegyptiaca* (L.) Del. dans la région de Tamanrasset (Ahaggar, Algérie). Sécheresse, **15**, 2, 137-146.
13. Yélémou B., Yaméogo G., Rasolodimby J.M. & Hien V., 2007, Germination sexuée et dynamique de développement de *Piliostigma reticulatum* (D.C) Hochst, une espèce agroforestière du Burkina Faso. Sécheresse, **18**, 3, 185-192.

I. Dan Guimbo, Nigérien, Ingénieur agronome (2006) & Diplôme d'Etudes Approfondies en Géographie (2007) , Doctorant à la Faculté d'Agronomie de l'Université Abdou Moumouni de Niamey, Niger.

K.J.M. Ambouta , Nigérien, Thèse (Ph. D.) de l'Université Laval, 1994, Maître de Conférences, Enseignant-chercheur à la Faculté d'Agronomie de l'Université Abdou Moumouni de Niamey, Niger.

A. Mahamane, Nigérien, Doctorat en Sciences Agronomiques et Ingénierie Biologique de l'Université Libre de Bruxelles (Belgique), 2005, Maître de Conférences, Enseignant-chercheur à Faculté des Sciences de l'Université Abdou Moumouni de Niamey, Niger.

M. Larwanou, Nigérien, Doctorat en Ecologie et Biologie Végétale de l'Université Abdou Moumouni de Niamey (Niger), 2005. Senior Programme Officer, African Forest Forum (AFF).

Inhibition de la croissance et du rendement du maïs (*Zea mays L.*) en sols très acides au Cameroun, et identification de critères précoce de tolérance à la toxicité

Delphine Mapiemfu-Lamaré¹, C. Thé², E. Tsoata³, C. Zonkeng¹ & Yvette Clarisse Mfopou Mewouo¹

Keywords: Acidity- Early selection- Aluminium toxicity- Zea mays- Cameroon

Résumé

Dix-sept génotypes de maïs ont été évalués en champ, sur sol acide à toxicité aluminique et sur sol à acidité corrigée afin d'identifier des génotypes tolérants, pouvant servir de parent ou de donneur de gènes dans un programme d'amélioration. Quatre génotypes retenus pour leur comportement contrasté ont été testés en pots, utilisant un sol toxique en aluminium et un sol à acidité corrigée, dans le but de déterminer des critères de sélection précoce et fiable, utilisables lors du criblage des génotypes de maïs pour leur tolérance à la toxicité aluminique sur sols acides. Les résultats obtenus ont montré qu'en champ, cinq lignées endogames ont présenté des rendements au moins égaux à 1,60 t/ha; et trois d'entre elles ont montré des pertes de rendement de moins de 10% dues à l'acidité des sols. Les paramètres hauteur de l'insertion de l'épi, hauteur de la plante et rendement en grains, ont permis d'identifier des génotypes de maïs tolérants à la toxicité aluminique. La hauteur de la plante et la longueur de la racine séminale, évaluées à 21 jours après le semis en pots, peuvent être efficaces comme critères de sélection précoce lors du criblage des génotypes de maïs pour la tolérance à la toxicité aluminique.

Introduction

Le maïs est l'une des graminées les plus cultivées dans le monde (3). Il constitue l'aliment le plus important en Amérique du Sud, aux Caraïbes et en Afrique (7). Le maïs est planté sur 140 millions d'hectares de la surface arable du globe, donc 8 millions d'ha sont des sols acides (5, 17). En Afrique sous les tropiques, le maïs est cultivé sur 94 millions d'hectares, et les sols acides occupent 29% des terres arables (8). Sur ces terres, les rendements de maïs sont réduits dû à la toxicité en Al ou Mn, ou encore aux déficiences en Ca, Mg, P, et Mo (2, 4, 6). Ces sols ont généralement un pH bas. Les caractéristiques ci-dessus citées, inhibent le développement racinaire, conduisant à une absorption faible de l'eau, des nutriments et par conséquence à des faibles rendements.

L'amélioration de la sécurité alimentaire, qui implique

Summary

Grain Yield and Growth Inhibition of Maize (*Zea Mays L.*) on Strongly Acid Soils of Cameroon and Identification of Early Selection Criteria for Aluminium Tolerant Genotypes

Seventeen maize genotypes were evaluated in the field experiment, on aluminium toxic soil as well on amended acidic soil to identify tolerant genotypes that could be used as parent or as gene donor in breeding program. Four contrasting genotypes were used in pots experiment to identify early selection criteria which could be used to speed up the breeding process. The results obtained revealed that, in the field, five inbred lines yielded on acid soil at least 1.63 t/ha, and three of them exhibited relative grain yield lost due to soil acidity of less than 10%. Ear height, plant height and grain yield, were efficient in determining maize genotypes tolerant to acidic soil. In addition, plant height and seminal root elongation evaluated at 21 days after planting in pots can be efficiently used as early selection criteria to discriminate inbred lines for their tolerance to aluminium toxicity.

entre autre l'augmentation de la production du maïs se heurte à des contraintes de production telles que: la baisse de la fertilité des sols, la faible adaptabilité des génotypes aux climats, l'irrégularité des pluies, les maladies (1), l'acidité des sols et particulièrement la toxicité aluminique (10). Chez le maïs, cette acidité des sols peut entraîner des baisses de rendements de l'ordre de 67% (20). Selon Welcker et al. (22), l'effet négatif de la toxicité aluminique des sols sur le rendement en grain se situe entre 46 et 73% selon les localités.

Pour lutter contre les sols acides, le chaulage, les amendements calcaires et magnésiens, les engrains minéraux sont souvent appliqués, avec de bons résultats (7, 10, 16). Les biofertilisants mycorhiziens qui permettent entre autres une amélioration de la

¹Institut de Recherche Agricole pour le Développement.

²West Africa Centre for Crop Improvement University of Ghana, Legon P.O. Box PMB 30, Legon Accra, Ghana.

³Université de Yaoundé I, Faculté des Sciences, B.P. 812 Yaoundé, Cameroun.

Correspondances à Mapiemfu-Lamaré Delphine. E-mail/tel: mapidelph@yahoo.fr (237) 99741910.

Adresse postale complète: Institut de Recherche Agronomique pour le Développement (IRAD), B.P. 80, Bamenda, Cameroun. Tel. (237) 99 74 19 10.

Reçu le 08.04.10 et accepté pour publication le 22.02.11.

tolérance aux maladies, une meilleure adaptation aux mauvaises conditions de l'environnement et une amélioration des rendements de cultures (15), sont parfois utilisés. La rareté et le coût élevé de ces fertilisants et biofertilisants constituent les limites des solutions ci-dessus citées.

La sélection et l'utilisation des variétés de maïs tolérantes constituent une alternative en vue de l'augmentation des rendements sur les sols acides, évitant ainsi les énormes pertes enregistrées avec les variétés sensibles (9). Ainsi Thé et al. ont obtenu des augmentations de rendement de 13% en comparant sur sol à toxicité aluminique, les performances de l'ATP-SR-Y, cultivar sélectionné pour sa résistance à la toxicité aluminique, au témoin local CMS 8501. Cette augmentation de rendement a été estimée par le même auteur à 61% en comparaison au témoin sensible à la toxicité aluminique *Tuxpeño sequia*.

Le développement et le criblage des génotypes de maïs tolérants à l'acidité aluminique, que ce soit au laboratoire ou au champ est généralement onéreux et nécessite beaucoup de temps et de matériels. La détermination de paramètres précoces en pots en relation avec les paramètres tardifs déterminés en champ s'avère nécessaire afin de réduire le coût et temps du travail. Cette étude identifie les critères précoces de tolérance des génotypes de maïs à la toxicité aluminique telle qu'elle se manifeste sur les rendements en champ sur sols très acides au Cameroun.

Matériel et méthodes

Sites d'étude

Deux essais ont été réalisés pour cette étude. Un essai en champ a été conduit dans la station de recherche de l'IRAD Nkoemvone à Ebolowa (2° 90' N; 11° 20' E), à une altitude 560 m; la pluviométrie annuelle moyenne est de 1800 mm avec une distribution bimodale. Le sol est du type kandiudox (classification USDA, 1992). L'autre essai a été effectué en pots au Centre Régional de l'IRAD Nkolbisson (11° 36' E; 3° 44' N) sous une ombrrière à la température ambiante de 25 °C ± 3 °C, éclairée par la lumière du jour.

Expérience en champ

Description des sols utilisés

Le sol du site d'expérimentation a été analysé lors d'une étude antérieure publiée en 2006 (20). Les données figurent au tableau 1. Ce sol était acide, avec un pH_{eau} proche de 4, ce qui laissait supposer un risque majeur de toxicité aluminique pour les plantes. L'analyse montrait en effet que le pourcentage d'aluminium par rapport à la somme des cations extraits à la cobaltihexamine était proche de 50%. La CEC était très faible, ce qui est caractéristique d'un sol très altéré où le minéral argileux largement dominant est la kaolinite.

Tableau 1
Caractéristiques chimiques du sol du site expérimental d'Ebolowa

Caractéristiques ⁽¹⁾	Profondeurs	
	0-10 cm	10-20 cm
Ca, cmolc/kg	0,80	0,56
Mg, cmolc/kg	0,50	0,31
K, cmolc/kg	0,14	0,11
Na, cmolc/kg	0,05	0,05
Mn, cmolc/kg	0,04	0,05
Al, cmolc/kg	1,44	1,06
H, cmolc/kg	0,16	0,16
CEC, cmolc/kg	3,54	3,32
pH _{eau} ⁽²⁾	4,09	4,10
TSA ⁽³⁾ (%)	46	46

⁽¹⁾Éléments échangeables extraits par la méthode cobaltihexamine;

⁽²⁾Rapport pondéral sol:eau 1:2,5; ⁽³⁾Taux de saturation en Al par rapport à la somme des cations échangeables. Source: (20)

Le site a été divisé en deux blocs. Le 1^{er} bloc a été implanté sur le sol très acide non amendé propice à la toxicité aluminique, et le 2^e bloc a été implanté sur ce même sol après correction de l'acidité un mois avant la mise en place de l'essai par apport de chaux à raison 2500 kg/ha et de fientes de poules à raison de 2 t/ha. La chaux et les fientes de poules donnent lieu à une remontée du pH et à un apport d'éléments nutritifs tels que Ca, K et Mg.

Matériel végétal

Le matériel végétal était constitué de 17 génotypes de maïs. Le niveau de tolérance à l'acidité aluminique de certains de ces génotypes de maïs était connu (20), et est mentionné dans le tableau 2.

Dispositif expérimental et semis

Le dispositif expérimental était un split-block. La variable primaire était le type de sol: Traitement E pour le sol acide toxique en aluminium et traitement T pour le sol à acidité corrigée. La variable secondaire était les génotypes, arrangés en blocs complètement randomisés en deux répétitions. L'unité expérimentale était une ligne de 5 m de long. La densité totale de semis était 53 333 plantes/ha.

Collecte des données

La collecte des données s'est faite 4 mois après le semis, à la récolte. Pour chaque variété, les données ont été prises sur 6 plantes consécutives sur chaque ligne. Les paramètres suivants ont été mesurés: la hauteur moyenne de la plante, la hauteur d'insertion de l'épi, le nombre de plantes récoltées par parcelle élémentaire, le nombre d'épis récoltés par parcelle élémentaire, le poids des épis à la récolte par parcelle élémentaire, et l'humidité relative des grains de maïs.

Tableau 2

Rendement et caractéristiques morphologiques (HP= hauteur de la plante; HE= hauteur de l'insertion de l'épi) de 17 lignées endogames de maïs en champ sur sol acide avec toxicité aluminique (E) et sur le même sol dont l'acidité a été corrigée (T) et leur niveau présumé de tolérance à l'aluminium (R: résistant; S: sensible; M: tolérance moyenne).

Lignées	Tolérance Al	Rendement (t/ha)			HP (cm)		HE (cm)	
		E	T	% réduction	E	T	E	T
CML 254	/	1,89 ± 1,00	2,91 ± 1,03	35,1	85 ± 7	150 ± 14	35 ± 7	76 ± 8
87036	/	1,65 ± 0,16	1,85 ± 0,00	9,8	105 ± 7	195 ± 7	40 ± 0	120 ± 14
91105	/	1,80 ± 0,03	1,95 ± 0,50	7,7	90 ± 6	180 ± 14	40 ± 0	95 ± 7
CML 358	/	1,78 ± 0,15	1,81 ± 0,51	1,7	90 ± 13	145 ± 7	35 ± 7	76 ± 8
ATP S ₄ 25W	R	1,64 ± 0,16	3,18 ± 0,63	48,4	130 ± 0	145 ± 7	50 ± 0	75 ± 8
CLA 18	/	1,63 ± 0,10	2,92 ± 0,37	44,2	105 ± 7	185 ± 7	40 ± 0	95 ± 21
Cam Inb gp,17	R	1,45 ± 0,16	2,08 ± 1,33	30,3	105 ± 7	160 ± 14	50 ± 0	91 ± 13
M131	M	1,39 ± 0,33	2,02 ± 1,43	31,2	90 ± 13	145 ± 7	36 ± 8	76 ± 8
Entrada 3	R	1,22 ± 0,15	3,41 ± 0,81	64,2	100 ± 0	155 ± 21	40 ± 0	85 ± 21
CML 247	/	1,15 ± 0,00	2,15 ± 1,08	46,5	80 ± 0	155 ± 7	35 ± 7	81 ± 1
CML 365	R	0,97 ± 0,21	1,70 ± 0,20	42,9	85 ± 21	150 ± 0	35 ± 7	81 ± 1
CLA 17	/	0,96 ± 0,13	1,97 ± 0,33	51,3	100 ± 28	185 ± 7	40 ± 14	105 ± 7
88094	R	0,96 ± 0,03	1,59 ± 0,00	39,7	100 ± 0	165 ± 21	40 ± 0	95 ± 21
9450	/	0,94 ± 0,37	2,21 ± 0,12	57,5	115 ± 7	160 ± 28	45 ± 7	95 ± 35
Exp, 24	S	0,88 ± 0,02	2,46 ± 1,33	64,2	90 ± 13	155 ± 7	35 ± 7	75 ± 7
Tuxpeño sequia	/	0,87 ± 0,26	2,93 ± 0,66	70,3	96 ± 6	180 ± 56	40 ± 1	100 ± 14
CML 361	/	0,83 ± 0,17	1,50 ± 0,12	44,7	95 ± 21	160 ± 28	40 ± 14	75 ± 7
Moyenne		1,29	2,27	40,6	97,71	162,94	39,76	88,00
ppds (0,05)		0,59	0,59		26,92	26,92	17,36	17,36
CV (%)		49,3	31,8		12,7	10,2	19,7	14,0

Expérience en pots

Sols utilisés

Deux types de sols ont été utilisés pour cet essai en pots. Le premier a été prélevé dans le site d'expérimentation en champ ci-dessus. Le second type était un terreau fourni par un pépiniériste, fertilisé avec 0,5 kg de fiente de poules sèche par pot de 5 litres rempli de sol sec. Des échantillons de ces deux substrats ont été analysés à l'Institut de Recherches Agricoles pour le Développement, à Yaoundé. Ils ont été séchés, puis broyés à 2 mm. Le pH_{eau} a été mesuré au rapport sol/eau 1/2,5. Le phosphore assimilable a été dosé selon la méthode de Bray 2 (extraction par une combinaison de HCl et de NaF et dosage du P par colorimétrie au molybdate d'ammonium). Les ions Al³⁺ ont été extraits par une solution de KCl 1M et dosés par titrimétrie. Les cations échangeables ont été extraits par une solution d'acétate d'ammonium 1M à pH 7

et dosés par spectroscopie d'absorption atomique. La CEC a ensuite été mesurée par désorption de l'ammonium au KCl après lavage de l'excès de NH₄₊ à l'alcool. Ces méthodes sont décrites en détail dans le livre de Van Ranst *et al.* (21).

Matériel végétal

Le matériel végétal était constitué de 4 génotypes de maïs dont 2 tolérants ATP S₄ 25W et Cam Inb gp,17, 1 sensible Exp, 24 à la toxicité aluminique (20) et le 4^e Tuxpeño sequia, présumé sensible à la toxicité aluminique.

Dispositif expérimental et semis

Le dispositif expérimental était un split-block. La variable primaire était le type de sol: traitement E pour le sol acide toxique en aluminium et traitement T pour le substrat non toxique en aluminium. La variable

Tableau 3
Résultats de l'analyse chimique des échantillons de sols utilisés en pots

Type de substrat	pH _{eau}	Al cmolc/kg	Ca cmolc/kg	Mg cmolc/kg	K cmolc/kg	Na cmolc/kg	CECE ⁽¹⁾ cmolc/kg	TSA (%)	P mg/kg
Terre toxique en Al (E)	3,40	1,99	0,77	0,33	0,37	0,06	3,52	56,8	56
Terre non toxique en Al (T)	5,30	0,00	11,19	4,87	1,19	0,13	17,39	0,0	1264

⁽¹⁾ CECE (CEC effective)= somme des cations échangeables. TSA: taux de saturation en Al= Al/CECE en %.

secondaire était les génotypes cultivés en pots de 5 litres arrangés en blocs complètement randomisés en 3 répétitions. Sur chaque pot, quatre grains de maïs ont été semés, chacun dans un poquet. L'arrosage s'est fait tous les deux jours à l'eau de robinet.

Collecte des données

Des mesures morphométriques ont été effectuées 21 et 35 jours après le semis. Les jeunes plantes ont été déterrées délicatement et les racines ont été plongées dans une grande cuvette d'eau de robinet pour les débarrasser des particules terre. Les caractères morphométriques suivants ont été relevés : la hauteur de la plante, le nombre de feuilles, le diamètre de la tige, le nombre de ramifications racinaires, le poids frais et le poids sec du système racinaire, la longueur de la racine séminale (LRS).

Analyse statistique

L'analyse de la variance des données prises pour tous les paramètres et pour les deux expériences a été faite en utilisant la procédure "General Linear Model" (GLM) du logiciel SAS, 2001. Les moyennes ont été séparées en utilisant le test de Duncan à $p < 0,05$. La classification des variétés pour leur tolérance aux sols acides s'est faite en comparant le pourcentage relatif de changement dû à l'acidité des sols des paramètres mesurés.

Résultats et discussion

Essai en champ

Les résultats de l'essai en champ sont présentés au tableau 2. Le rendement en grains des lignées de maïs sur sol acide a varié entre $0,83 \pm 0,17$ t/ha (CML 361) et $1,89 \pm 1,00$ t/ha (CML 254). La lignée CML 254 est apparue comme la meilleure sur sol acide. Elle a été suivie par la 91105: $1,80 \pm 0,03$ t/ha; la CML 358: $1,78 \pm 0,15$ t/ha; la 87036: $1,65 \pm 0,16$ t/ha ATP S₄ 25W: $1,64 \pm 0,16$ t/ha et CLA 18: $1,63 \pm 0,10$ t/ha. La perte relative en rendement a varié de 1,7 (CML 358) à 70,3% (*Tuxpeño sequia*). Trois génotypes ont présenté une perte de rendement inférieure à 10%; il s'est agit de la CML358 1,7%, la 91105: 7,7% et la 87036: 9,8% qui ont ainsi été les meilleurs génotypes sur sol acide. Neuf autres génotypes ont montré des pertes

relatives de rendement dues à la toxicité aluminique de moins de 50%. On peut citer parmi ces génotypes ATP S₄ 25W (48,4%), *Cam Inb gp*,17 (30,3%).

Les neuf génotypes pouvant être considérés comme tolérants aux sols acides sont: *Cam Inb gp*,17 (30,3%), M131 (31,2%) CML 254 (35,1%), 88094 (39,7%), CLA 18 (44,2%), CML 361 (44,7%), CML 365 (42,9%), CML 247 (46,5%), ATP S₄ 25W (48,4%). Parmi les génotypes qui ont présenté des pourcentages de réduction de rendement très élevés due à l'acidité des sols, se trouvent *Tuxpeño sequia* (70,3%) et *Exp*,24 (64,2%).

On a noté que sur sol toxique en aluminium, la hauteur de la plante, la hauteur de l'insertion de l'épi et le rendement en grains étaient réduits chez les différents génotypes, mais que les génotypes tolérants présentaient les moindres réductions par rapport aux génotypes sensibles. Ces résultats sont similaires à ceux de Mekoak (13) et de Thé et al. (20). Les paramètres hauteur de l'insertion de l'épi, hauteur de la plante et rendement en grains peuvent servir en champ comme critères de sélection lors du criblage des génotypes pour leur tolérance aux sols acides toxiques en aluminium. ATP S₄ 25W et *Cam Inb gp*,17 ont été confirmés tolérants à l'acidité aluminique par l'essai en champ. Par contre, *Exp*,24 et *Tuxpeño sequia* ont été confirmés sensibles à l'acidité aluminique.

Essai en pots

Les résultats de l'analyse chimique des échantillons de sols utilisés en pots (Tableau 3) montrent que le pH_{eau} du sol acide (E) était de 3,40 et que ce sol était pauvre en éléments nutritifs (Ca, Mg) et contenait 1,99 cmolc/kg d'aluminium. Par contre, le sol non toxique en aluminium (T) ne contenait pas d'aluminium extractible et présentait une forte teneur en phosphore due à l'apport de fientes de poules.

Le tableau 4 présente les performances moyennes des génotypes de maïs 21 jours après le semis pour les paramètres hauteur de la plante et longueur de la racine séminale. On note sur ce tableau qu'à 21 jours après le semis, *Exp*,24 et *Tuxpeño sequia* qui sont respectivement connu et présumé comme génotypes sensibles à la toxicité aluminique, ont présenté des hauteurs de plante et des longueurs de la racine séminale les plus courtes sur sol toxique en aluminium

Tableau 4
Caractéristiques morphologiques moyennes des génotypes de maïs 21 jours après le semis en pots: hauteur des plantes (HP) et longueur de la racine séminale (LRS), sur sol toxique en aluminium (E) et sur sol non toxique (T)

Génotypes	HP (cm)			LRS (cm)		
	E	T	% réduction	E	T	% réduction
<i>Tuxpeño sequia</i>	6,97 ± 2,60	13,58 ± 1,72	48,7	8,45 ± 2,54	28,33 ± 2,39	70,2
<i>ATP S₄ 25 W</i>	13,41 ± 1,21	15,76 ± 1,11	14,9	28,68 ± 2,86	30,04 ± 2,54	5,7
<i>Cam Inb gp, 17</i>	9,76 ± 0,39	12,20 ± 0,59	20,0	18,83 ± 5,04	23,71 ± 1,22	20,6
<i>Exp, 24</i>	8,29 ± 0,87	10,95 ± 0,60	24,3	7,39 ± 1,95	24,23 ± 4,43	69,5
Moyenne	9,61	13,13	26,8	15,84	26,67	40,6
ppds (0,05)	1,14	1,14		4,04	4,04	

qui étaient $6,97 \pm 2,60$ cm; $8,29 \pm 0,87$ cm et $8,45 \pm 2,54$ cm; $7,39 \pm 1,95$ cm respectivement. Ces deux génotypes ont eu des pourcentages de réduction de la hauteur de la plante et de la racine séminale les plus élevées qui étaient de 24,3; 48,7 et 69,5 et 70,2% respectivement. Par contre, *ATP S₄ 25W* et *Cam Inb gp, 17* qui sont connus comme tolérants à l'acidité aluminique ont présenté des faibles pourcentages de réduction sur la hauteur de la plante et la longueur de la racine séminale, soient 14,9 et 20,0; 5,7 et 20,6% respectivement.

Les résultats obtenus au stade 35 jours sont présentés sur le tableau 5. Ces résultats ont rejoint ceux obtenus au stade 21 jours, surtout pour ce qui est de la longueur de la racine séminale. *Tuxpeño sequia* et *Exp, 24* avaient les plus courtes racines séminales sur sol toxique en aluminium soient $10,95 \pm 6,59$ cm et $8,34 \pm 1,82$ cm respectivement.

Ces observations rejoignent celles de Horst *et al.* (10) qui présentent l'apex racinaire comme étant la région la plus sensible à la toxicité aluminique. De nombreux travaux réalisés en laboratoire ont permis de déterminer que le premier dommage visible causé par l'aluminium est l'inhibition de l'elongation racinaire (10, 11, 12, 18, 23). La hauteur de la plante devrait être par conséquent réduite chez les variétés de maïs sensibles à la toxicité aluminique. C'est donc le cas de *Tuxpeño sequia* et *Exp, 24*.

Les résultats de l'analyse de la variance pour les paramètres nombre de feuilles (NF), diamètre de la tige (D tige), longueur de la tige (L tige), longueur de la racine séminale (LRS), nombre de ramifications racinaires (N ram) et poids sec des racines (PSR) ont montré que les interactions stade de développement (St) X traitements (Tr) X génotypes (Gén), ainsi que les interactions stades de développement X génotypes n'ont pas été significatives (Tableau 6). Ces résultats suggèrent que les différents génotypes se sont comportés de la même façon à 21 et à 35 jours après le semis tant sur le sol acide que sur le sol à acidité corrigée, pour tous ces paramètres mesurés. Ces résultats suggèrent également que les génotypes ont montré le même classement relatif tant sur sol acide que sur sol à acidité corrigée. Finalement, ces résultats montrent que le classement des génotypes a été le même à 21 et à 35 jours, suggérant qu'à 21 jours après le semis, les données obtenues permettaient déjà de discriminer les génotypes pour leur tolérance aux sols à acidité aluminique. Donc, le stade de développement semblait ne pas avoir un effet discriminatoire sur la performance des différents génotypes pour tous les paramètres mesurés. On note cependant que l'interaction traitements X génotypes a été hautement significative ($p < 0,001$) pour les paramètres hauteur de la plante et longueur de la racine séminale. Ces résultats suggèrent que la toxicité aluminique a affecté différemment la hauteur

Tableau 5
Caractéristiques morphologiques moyennes des génotypes de maïs 35 jours après le semis en pots: hauteur des plantes (HP) et longueur de la racine séminale (LRS), sur sol toxique en aluminium (E) et sur sol non toxique (T)

Génotypes	HP (cm)			LRS (cm)		
	E	T	% réduction	E	T	% réduction
<i>Tuxpeño sequia</i>	9,97 ± 2,27	17,65 ± 2,57	43,5	10,95 ± 6,59	33,80 ± 3,49	67,6
<i>ATP S₄ 25 W</i>	16,35 ± 2,86	16,88 ± 1,09	3,1	27,35 ± 3,39	28,23 ± 2,90	3,1
<i>Cam Inb gp, 17</i>	10,45 ± 2,86	15,89 ± 1,00	34,2	19,32 ± 2,67	24,19 ± 2,40	20,1
<i>Exp, 24</i>	9,98 ± 1,17	13,42 ± 2,23	25,6	8,34 ± 1,82	23,82 ± 3,19	65,0
Moyenne	11,69	15,96	26,8	16,49	27,52	40,1
ppds (0,05)	2,03	2,03		4,63	4,63	

Tableau 6

Carrés moyens issus de l'analyse de la variance des paramètres morphologiques mesurés en pots aux stades 21 et 35 jours après le semis

SV	ddl	NF	D tige	HP	LRS	N ram	PSR
Rép	2	0,91 *	2,47 **	10,21 *	5,18 NS	11,70 *	740,09 NS
St	1	19,64 ***	11,99 ***	70,55 ***	6,95 NS	163,56 ***	1920,54 *
Tr	1	15,52 ***	44,84 ***	179,66 ***	1440,37 ***	45,33 ***	764,19 NS
Gén	3	0,23 NS	0,23	52,86 ***	328,33 ***	3,16 NS	1952,27 *
St x Gén	3	0,21 NS	0,59 NS	1,32 NS	18,11 NS	4,72 NS	286,50 NS
Tr x Gén	3	0,21 NS	1,06 NS	16,46 ***	267,97 ***	2,08 NS	46,23 NS
St x Gén x Tr	3	0,21 NS	0,02 NS	2,89 NS	3,20 NS	3,58 NS	230,18 NS
Erreur	6	0,23	0,4	2,16	11,66	3,17	497,93

SV= source de variation, Rép= répétitions, St= stade, Tr= traitement, Gén= génotypes, ddl= degrés de liberté, NF= nombre de feuilles, D tige= diamètre tige, HP= hauteur de la Plante, LRS= longueur racine séminale, N ram= nombre de ramifications, PSR= poids sec des racines, *= significatif à p< 0,05 , **= significatif à p< 0,01, ***= significatif à p< 0,001, NS= non significatif

de la plante et la longueur de la racine séminale des différents génotypes. Ces deux paramètres peuvent donc être utilisés comme critères de sélection sur sols acides pour cibler les différents génotypes pour leur tolérance à la toxicité aluminique.

Le classement relatif des génotypes testés est resté le même à 21 jours et à 35 jours après le semis, suggérant que le mécanisme de la tolérance à la toxicité aluminique établi à un stade de croissance précoce reste le même à un stade avancé. Ces résultats diffèrent de ceux obtenus par Thé et al. (19), qui ont observé des interactions génotypes X stades de croissance. Ils ont observé qu'au stade 4-5 feuilles, certains génotypes de maïs se montraient sensibles pour ce qui est de l'inhibition de l'elongation de la racine séminale par la toxicité aluminique. Cette discordance peut être due au fait que les génotypes de maïs peuvent avoir des mécanismes différents de tolérance à la toxicité aluminique.

Les génotypes testés ont présenté des différences significatives pour la hauteur de la plante et pour la longueur de la racine séminale. Ces deux paramètres sont fortement réduits sur sol toxique en aluminium. L'inhibition de la croissance de la LRS sur sol acide toxique en aluminium a été démontrée par plusieurs auteurs (4, 13, 19, 20). Cette inhibition est beaucoup plus marquée chez les génotypes sensibles. Cependant, les génotypes tolérants exhibent les moindres réductions par rapport aux génotypes

sensibles. Ceci corrobore les résultats de Hans et al (9). Donc, la longueur de la racine séminale et la hauteur de la plante peuvent servir de critères de sélection précoce utilisables lors du criblage des génotypes de maïs tolérants à l'acidité aluminique.

Tuxpeño sequia et *Exp*, 24 se sont révélés sensibles à la toxicité aluminique par les deux essais alors que *ATP S₄ 25W* et *Cam Inb gp*, 17 ont plutôt été classés tolérants à la toxicité aluminique par ces expériences.

Conclusion

La longueur de la racine séminale et la hauteur de la plante, évaluées à 21 jours après le semis en pots peuvent être efficacement utilisées comme critères précoce de sélection des génotypes de maïs pour leur tolérance à l'acidité aluminium.

Les génotypes de maïs connus tolérants et ceux nommés sensibles à la toxicité aluminique ont été confirmés tels quels en champ. Les paramètres utilisés pour la discrimination étaient la hauteur de l'insertion de l'épi, la hauteur de la plante et le rendement en grains, paramètres qui ne peuvent cependant être mesurés qu'à maturité et qui demandent donc un temps et un investissement expérimental nettement supérieurs à des expériences de courte durée en pots.

Références bibliographiques

- Adregbola P., 1994, Expérience et acquis paysans au Sud du Bénin. In: CIRAD (ed). Production et valorisation du maïs à l'échelon villageois en Afrique de l'Ouest. CIRAD-ORSTOM. pp. 14-19.
- Aldrich S.R., Scott W.O. & Leng E.R., 1975, In modern corn production. Champain, IL.A & L Publication.
- Anonyme, 1993, Mémento de l'agronome. Ministère de la Coopération. Paris. pp. 145-146.
- Borrero J.C., Pandey S., Ceballos H., Mangnawaca R. & Bahia A.F.C., 1995, Genetic variances for tolerance to soil acidity in tropical maize population. Maydica, 40, 283-288.
- Brewbaker J.L., 1985, The tropical environment for maize cultivation. In: Breeding strategies for maize production improvement in the tropics. Eds. A. Brandolini and F. Salamini. pp.44-77. Food and agriculture of UN. Instituto Agronomico per l'Oltremare, firenze, Italy.
- Clark R.B., 1997, Effect of aluminium on growth and mineral elements of Al-tolerant corn. Plant Soil, 17, 653-662.
- Claudia L., 2000, Field and laboratory screening of maize (*Zea mays L.*) cultivars for adaptation on an acid Al-toxic Soil in Guadeloupe. Diploma thesis. University of Hannover. 71p.
- Eswaran H., Reich P. & Beigroth F., 1997, Global distribution of soils with acidity. In plant soil interaction at low pH. Ed. A.C. Monitz. pp.159-164. Brazilian Soil Science Society, Campinas Brazil.

9. Hans L., Stuart F.C. & Thij L.P., 1998, Plant physiological ecology. Printed In USA. pp. 239-298.
10. Horst W.J., Püsched A.K. & Schmoll N., 1997, Induction callose formation is a sensitive marker for genotypic aluminium sensitivity in maize. In: Schaffert R. and Moniz A. (eds) Plant Soil Interaction at low pH. Kluwer Acad. Publ. Netherlands. Plant soil. 192: 23-30.
11. Kollmeier M., Felle H.H. & Horst W.J., 2000, Genotypical differences in the distal part of the transition zone. is reduced basipetal auxin flow involved in inhibition of root elongation by aluminium? Plant Physiol. 122, 3, 945-956.
12. Lugany M., Massot N., Wissemeier H.A., Posscheriender C., Horst W.J. & Barcelo J., 1994, Aluminium tolerance of maize cultivars as assessed by callose production and root elongation. Z. Pfanzenernähr. Bodenkd. 157, 447-451.
13. Mekoak M., 2001, Identification des cultivars de maïs (*Zea mays L.*) tolérants aux sols acides de la zone forestière humide du Cameroun. Mémoire DESS, Université de Yaoundé I. 60 p.
14. Narro L., Pandey S., Crossa J., De Léon C. & Salazar F., 2003, Using line x tester interaction for the formation of yellow maize synthetics tolerant to acid soils. Crop Sci. 43, 1718-1728.
15. Nwaga D., Ngonkeu E.L.M., Oyong M.M., Ngakou A., Abelong M. & Foko J., 2000, In soil beneficial microorganism and suitable agriculture production in Cameroon. Current research and perspectives. In: The biology and fertility of tropical soils. TSBF report 1997-1998. pp. 62-63.
16. Oloumane N.J., 2000, Les mycorhizes comparés aux engrains minéraux pour la production du maïs (*Zea mays L.*) sur les sols acides en zone de forêt humide du Cameroun. Mémoire DESS, Université de Yaoundé I. 65 p.
17. Pandey S. & Gardner C.O., 1992, Recurrent selection for population, variety and hybrid improvement in the tropical maize. Adv.Agron. 48, 81-87.
18. Sivaguru M. & Horst W.J., 1998, The distal part of the transition zone is the most aluminium sensitive apical root zone of *Zea mays L.* Plant physiol. 116: 155-163.
19. Thé C., Horst W.J., Calba C., Welcker C. & Zonkeng C., 1999, Identification and development of maize genotypes adapted to acid soil of the tropics. In: Bau- Apraku B., Fakorede M.A.B., Ouedraogo and Carsky R.J. (eds). Impact, challenges and prospects of maize research and development in West Central Africa. pp. 107-127.
20. Thé C., Mafouasson H.A., Calba H., Mbouemboue P., Zonkeng C. & Horst W.J. 2006, Identification de groupes hétérotypiques pour la tolérance du maïs (*Zea mays L.*) aux sols acides des tropiques. Cahiers Agricultures. Vol. 15 :337-346.
21. Van Ranst E., Verloo M., Demeyer A. & Pauwels J.M., 1999, Manual for the soil chemistry and fertility laboratory. Analytical methods for soils and plants equipment and management of consumables. University of Ghent. Laboratory of Analytical Chemistry and Applied Ecochemistry.
22. Welcker C., Thé C., De Leon C., Parentoni S.N., Bernal J., Félicité J., Zonkeng C., Salazar F., Narro L. & Horst W.J., 2005, Heterosis and combining ability for adaptation of maize to acid soils: implication for future breeding strategies. Society of America. Crop Science, 42, 2405-2413.
23. Wissemeier A.H., Klotz F. & Horst W.J., 1987, Aluminium induced callose synthesis in roots of soybean (*Glycine max L.*) J. Plant Physiol. 129, 487-492.

Delphine Mapiemfu-Lamaré, Camerounaise, Titulaire d'un Diplôme d'Etudes Approfondies (DEA) en Biologie végétale option Biotechnologies Végétales. Spécialité: Biotechnologies végétales. Jeune chercheur au Programme Cultures Annuelles à l'Institut de Recherche Agricole pour le Développement (IRAD). mapidelph@yahoo.com2.

C. Thé, Camerounais, Docteur, PhD en Plant Breeding and Genetics, North Dakota State University (USA Fargo). Enseignant à l'University of Yaoundé I et University of Ghana (West African Center for Crop Improvement). charlesthe@hotmail.com3.

Yvette clarisse Mfopou Mewouo, Camerounaise, Titulaire d'un DEA en Sciences Géotechniques et Hydrotechniques, Spécialité: Science de l'Eau et de l'Environnement; chercheur au programme Sol, Eau et Atmosphère de l'Institut de Recherche Agricole pour le Développement (IRAD). mfopou2001@yahoo.com4.

E. Tsoata, Camerounais, Docteur de 3^{ème} cycle, Chargé de cours à l'Université de Yaoundé I (Cameroun), Faculté des Sciences, Département de Biologie et Physiologie Végétales. Unité de recherche: Ecophysiology et Biorémédiation. Spécialités : Nutrition hydrominérale des plantes, Ecophysiology des plantes, Biorémédiation, production végétale et milieux aquatiques d'eaux douces. tses60@yahoo.fr5.

C. Zonkeng , Camerounais, titulaire d'un Master Degree. Spécialité: Sélection /Amélioration des plantes. Chargé de recherche dans le programme culture annuelles à l'IRAD. czonkeng@yahoo.fr

Sédentarisation des populations des mouches Diopsides dans les agro-systèmes rizicoles au Bénin

A. Togola¹, F.E. Nwilene², B. Koné³ & D. Chougourou⁴

Keywords: Ratoon rice- Diopsids- Agro-system damage- Benin

Résumé

*La mouche à pédoncules ou Diopside (*Diopsis spp.*) est un insecte dont les dommages économiques restent importants chez le riz en Afrique tropicale, car elle induit des baisses de rendement. L'objectif de la présente étude est d'évaluer l'influence des pratiques culturelles sur la sédentarisation de ces mouches dans des rizières irriguées au Bénin. Durant trois années consécutives (2006, 2007 et 2008), la présence des Diopsides a été suivie dans trois périmètres irrigués (Lélé, Koussin et Kinwédji) selon quatre agro-systèmes (Ags), notamment les parcelles de riz aux stades de tallage et d'épiaison, les repousses de riz et les jachères. Les résultats ont montré que les périmètres de Lélé et Kinwédji ont connu une forte infestation durant les trois années, tandis que celui de Koussin a conservé une très faible population des Diopsides. De même, les parcelles de riz au tallage (Ags1b) et les parcelles des repousses (Ags2) ont été les plus infestées. L'étude a permis d'identifier les repousses comme une des principales causes de la sédentarisation des Diopsides dans les zones de cultures. Il est recommandé une gestion intégrée des périmètres prenant en compte l'entretien des parcelles récoltées.*

Introduction

Les Diopsides ou mouches à pédoncule sont des Diptères dont les larves ou asticots sont très nuisibles au plant de riz (9, 11). Ils sont présents dans toutes les écosystèmes rizicoles d'Afrique intertropicale (5), mais préférentiellement dans les zones ombragées et humides comme les rizières des bas-fonds (13) et celles irriguées (11). Les larves s'attaquent aux tiges tendres des plants de riz en rongeant les points de croissance, causant ainsi le dégât dénommé «cœur mort» (10). Elles peuvent également ronger la panicule en cours du développement et causant le dégât dénommé «panicule blanche» (4). Dans les champs fortement infestés, les dégâts peuvent induire une perte variant de 60% à 100% (11).

L'occurrence des *Diopsis* est habituellement considérée comme un phénomène sporadique et localisée dans de nombreuses régions (9), ce qui fait que les

Summary

Sedentarisation of the Population of Diopsid Flies in Rice Agro-systems in Benin

*The stalk-eyed fly or Diopsid (*Diopsis spp.*) has a significant economic impact in rice in Tropical Africa due to the yield loss it induces. The objective of this study is to evaluate the influence of cultural practices on the stabilization of Diopsid population in irrigated rice agro-systems in Benin. During three consecutive years (2006, 2007 and 2008), Diopsid occurrence was surveyed in three irrigated rice-growing locations (Lélé, Koussin and Kinwédji) according to 4 agro-systems (Ags) related to rice at tillering and panicle initiation stages, ratoon and fallow fields. Results showed that Lele and Kinwédji locations were permanently highly infested during the three growing seasons whereas the site of Koussin kept very low level of Diopsids populations. Moreover rice fields in tillering stage (Ags1) and ratoons fields (Ags2) were the most infested. The study identified rice ratoon as a predominant factor of Diopsids population stabilization in rice cultivation area. It is recommended an integrated management of irrigated zones including cleaning of rice fields after harvest.*

pertes économiques surviennent irrégulièrement. Cependant, au Bénin, on assiste de plus en plus à une présence régulière et une abondance significative des populations des Diopsides dans les rizières. Cette situation entraîne l'accroissement des dégâts et la baisse des rendements du riz au fil des ans. La présence des Diopsides sur le riz irrigué a été signalée au Bénin (6) mais ni les populations des mouches à pédoncules ni leurs dégâts n'étaient aussi importants. Le constat actuel apparaît donc comme un phénomène nouveau, ce qui suscite de nombreuses inquiétudes. D'où la nécessité de comprendre les raisons de cette présence permanente et de cette abondance dans les zones de culture du riz. Plusieurs travaux laissent croire qu'une pratique culturelle inappropriée peut engendrer une sédentarisation de ces insectes dans les exploitations

¹Centre du Riz pour l'Afrique (AfricaRice), 01 BP 2031, Cotonou, Bénin.

*Courriel: a.togola@cgiar.org

²Centre du Riz pour l'Afrique (AfricaRice), P.M.B. 5320, Oyo Road, Ibadan, Nigeria.

³Département des sciences du sol (UFR-STRM), Laboratoire de surveillance et de valorisation des écosystèmes tropicaux, 22 BP 583, Abidjan 22, Côte d'Ivoire.

⁴École Polytechnique d'Abomey Calavi 01 BP 2009, Cotonou, Bénin.

Reçu le 16.06.10 et accepté pour publication le 01.03.11.

rizicoles (5, 8). Cependant les travaux scientifiques sur le rôle exact de chaque agro-système dans la prolifération des *Diopsis* sont encore insuffisants. De même, il est question d'évaluer plus spécifiquement la contribution des repousses de riz dans le maintien et l'accroissement des populations des Diopsides dans les périmètres rizicoles, car malgré leur rôle dans l'accroissement des rendements (15), elles pourraient constituer des hôtes de relais pour les insectes nuisibles en les maintenant dans les rizières et favorisant ainsi les dégâts sur le riz.

Ainsi, la présente étude nous conduit à formuler l'hypothèse que les divers agro-systèmes en général et les repousses de riz en particulier ont un impact sur la sédentarisation des Diopsides ainsi que sur l'accroissement des populations et dégâts de ces mouches dans les rizières irriguées de Lélé, Koussin et Kinwédji au Bénin. À terme, l'étude établira les véritables causes de ce phénomène et émettra des recommandations pour une meilleure gestion des exploitations rizicoles de l'Afrique de l'Ouest et en particulier, celles du Bénin pour la lutte intégrée contre la prolifération des Diopsides.

Matériel et méthodes

Cette étude a été menée au Bénin au cours des campagnes agricoles 2006, 2007 et 2008 sur les périmètres rizicoles de Lélé ($7^{\circ} 15' 96''$ N et $2^{\circ} 16' 77''$ E), et Koussin ($7^{\circ} 14' 61''$ N et $2^{\circ} 17' 17''$ E) dans la commune de Covè, ainsi qu'à Kinwédji ($6^{\circ} 42' 85''$ N et $1^{\circ} 40' 14''$ E) dans la commune de Lokossa.

Les périmètres de Lélé et Koussin sont aménagés en casiers rizicoles de 5 à 6 ares entourés par des diguettes de $0,50\text{ m} \times 0,60\text{ m}$. Ces diguettes favorisent la maîtrise de l'eau, ce qui permet deux cycles de production de riz par an dans des exploitations familiales. A Lélé les parcelles sont seulement labourées en début de chaque cycle cultural mais à Koussin le labour a lieu avant et après chaque culture. Sur les deux sites certaines parcelles sont mises en jachères pendant une durée allant de 6 à 12 mois alors que d'autres parcelles restent en pleines cultures. Des insecticides sont appliqués en cas de fortes attaques dans les rizières.

Le site de Kinwédji est un périmètre irrigué à partir d'un puit artésien. Les parcelles sont exploitées 2 à 3 fois par saison et les labours s'effectuent en début de chaque cycle. Des jachères de 6 mois et plus sont observées sur le domaine et l'usage d'insecticide se fait rarement. A Lélé et Kinwédji, contrairement à Koussin, des repousses de riz sont fréquemment observées sur les périmètres après la récolte et en attendant la reprise de la culture suivante.

Sur chaque site, 4 agro-systèmes constituant l'essentiel des habitats des *Diopsis* ont été pris en compte. Le premier était représenté par des parcelles en pleine culture où deux types de rizières ont été considérés, à savoir: des rizières au stade de plein

tallage du riz «Ags1a» (stade d'émission des tiges secondaires ou talles) et des rizières au stade épiaison du riz «Ags1b» (stade d'émergence des panicules). Le second agro-système représentait des parcelles de repousses du riz «Ags2». Le troisième était des rizières mises en jachère pendant 6 à 12 mois «Ags3»: Les variétés de riz cultivées par les paysans sont des variétés améliorées. Ce sont les variétés Toss-Long (*Oryza sativa*) à Lélé, Berice 21 (*O. sativa*) à Koussin et NERICA1 (interspécifique issue du croisement entre *Oryza glaberrima* et *O. sativa*) à Kinwédji.

Sur chaque site, un échantillonnage a été réalisé dans 4 casiers distincts choisis au hasard dans chaque agro-système. L'échantillonnage a concerné, d'une part la collecte des populations adultes et larvaires de Diopsides dans tous les Ags, et d'autre part l'estimation des tiges infestées dans les Ags où il y avait le riz (Ags1b et Ags2).

Dans chaque casier observé, 20 poquets ont été choisis au hasard pour noter les dégâts de cœur mort et panicules blanches. Dans les 20 poquets, les tiges infestées ont été identifiées, disséquées afin de dénombrer la population larvaire de *Diopsis*. Enfin, 10 fauchages avec filets de capture ont été effectués dans chaque casier en vue de déterminer la densité d'adultes de *Diopsis* effectivement présente sur chaque espace.

Analyse statistique

Les données collectées ont été traitées au moyen du logiciel Excel avant d'être soumises à l'analyse de variance (ANOVA) au moyen du logiciel SAS 9.1 (16). Les moyennes ont été séparées en utilisant le test de comparaison multiple de Student-Newman-Keuls.

Résultats

1. Populations adulte et larvaire des Diopsides

A Lélé et Kinwedji, la population de larves observée a été significativement croissante de 2006 à 2008 soit de 19 à 55 asticots pour le premier site et de 24 à 54 asticots pour le second, alors qu'à Koussin, elle a été décroissante avec 8 asticots notés en 2006 et seulement 4 asticots en 2008 (Tableau 1). Sur la base des moyennes annuelles des populations d'adultes des Diopsides (sans distinction d'agro-système), aucune différence significative n'a été notée entre les années quel que soit le site étudié. Par contre, les populations adultes et larvaires ont évolué de façon significative suivant les agro-systèmes Ags3, Ags1b, Ags2 et Ags1a. Les plus fortes populations d'adultes ont été observées sur les parcelles de riz au stade de tallage maximum sur tous les sites. Quant aux populations larvaires elles ont été aussi bien fortes dans les parcelles de riz au tallage (Ags1a) que dans les repousses (Ags2) à Lélé et Kinwedji (Tableau 1). Ces populations larvaires ont presque triplé de 2006 (19 asticots) à 2008 (55 asticots) sur le site de Lélé. A

Tableau 1
Moyennes des populations de diopsides par année et par agro système selon les localités étudiées

	Koussin		Lélé		Kinwédi	
	Adultes	Larves (asticots)	Adultes	Larves (asticots)	Adultes	Larves (asticots)
Année						
2006	21 ± 7,3 a	8 ± 2,5 a	140 ± 9,6 a	19 ± 4,3 b	87 ± 6,2 a	24 ± 4,5 c
2007	16 ± 6,2 a	7 ± 1,5 ab	151 ± 11,8 a	35 ± 8,1 a	87 ± 6,4 a	42 ± 7,6 b
2008	27 ± 6,7 a	4 ± 0,9 b	160 ± 11,1 a	55 ± 8,2 a	105 ± 8,2 a	54 ± 8,3 a
Agro-système						
Ags1a	44 ± 4,2 a	12 ± 1,8 a	358 ± 12,1 a	75 ± 8,1 a	219 ± 9,3 a	62 ± 6,2 a
Ags1b	18 ± 1,4 b	7 ± 0,8 b	24 ± 1,9 c	7 ± 0,8 c	22 ± 2,1 c	4 ± 0,4 b
Ags2	-	-	196 ± 11,4 b	48 ± 5,02 b	129 ± 8,1 b	56 ± 4,2 a
Ags3	2 ± 0,3 c	0 c	6 ± 0,7 c	1 ± 0,3 c	3 ± 0,2 c	1 ± 0,2 c

Kinwédi, elles ont doublé pendant la même période soit 24 asticots en 2006 et 54 asticots en 2008. Enfin à Koussin, elles ont été très faibles (Tableau 1).

Pour chaque facteurs (année, agro-système) les moyennes ± erreurs standards suivies par des lettres différentes dans la même colonne sont significativement différentes ($P < 0,05$) au test de Student Newman-Keuls

La figure 1 représente les courbes de tendance des populations totales (adultes et larves) de *Diopsis* spp. au fil des ans sur les 3 sites d'étude. Ces courbes

montrent une évolution linéairement croissante des populations totales de Diopsides en fonction des années avec des coefficients de corrélation très forts pour les localités de Lélé ($R^2=1$) et Kinwédi ($R^2=0,97$). Pour le site de Koussin la population est restée quasi stagnante de 2006 à 2008 avec un coefficient de corrélation très faible ($R^2=0,04$).

2. Dégâts de cœurs morts et de panicules blanches

Sur les sites de Lélé et Kinwédi, les moyennes de la sévérité des cœurs morts sont restées plus importantes

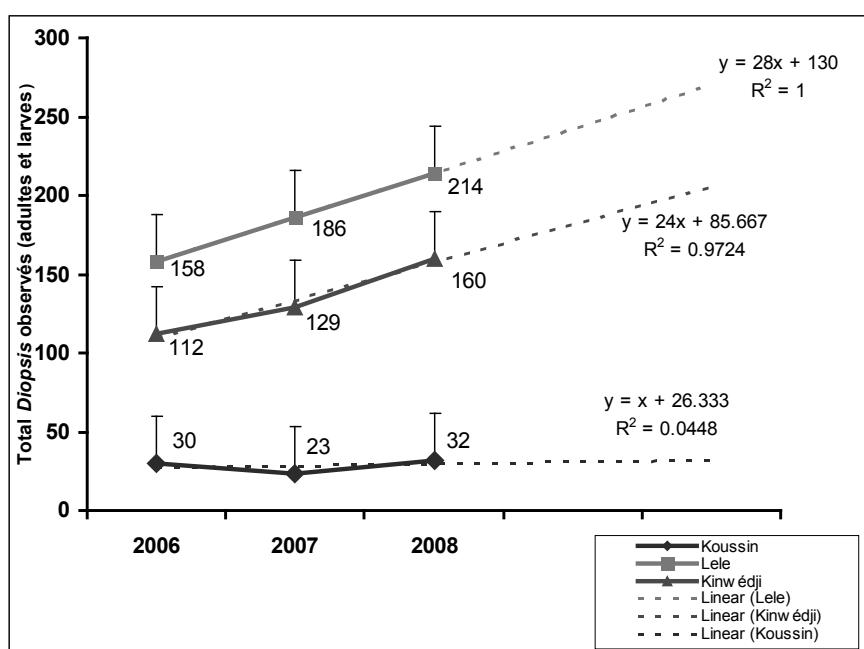


Figure 1: Courbes de tendance des populations totales des *Diopsis* au fil des ans dans les différents sites.

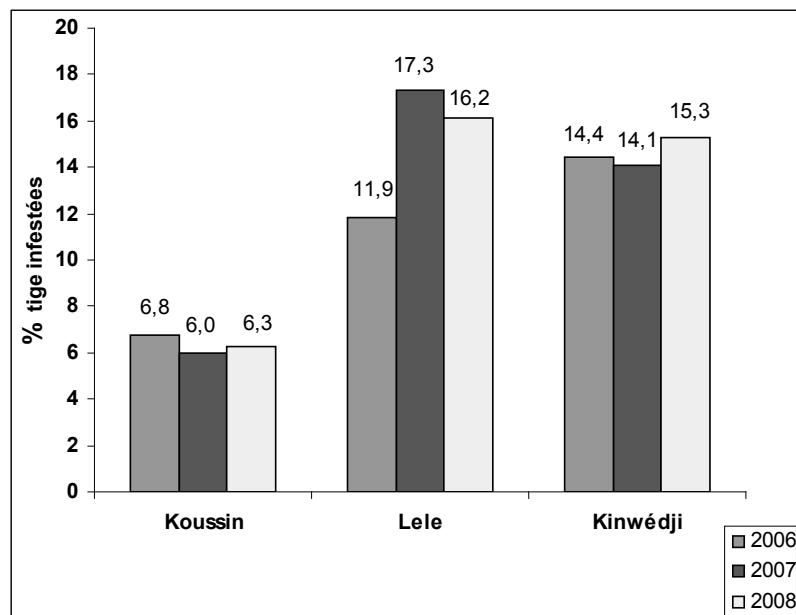


Figure 2: Évolution des dégâts de cœurs morts de 2006 à 2008 dans les différents sites.

que celles enregistrées sur le site de Koussin pendant les 3 années d'études (Figure 2).

A Lélé, les dégâts les plus importants ont été causés en 2007 et 2008 soit respectivement 17,3% et 16,2%. A Kinwédji, les dégâts les plus élevés ont été notés en 2008 soit 15,3% de tiges attaquées. Enfin, à Koussin, les dégâts de cœurs morts enregistrés annuellement ont été moins sévères et ont presque stagné sur les autres sites. La sévérité des cœurs morts dans les agro-systèmes est restée importante surtout dans les Ags1a et Ags2 (Tableau 2). Sur le site de Lélé, ces deux agro-systèmes ont eu respectivement 30,8% et 11% de tiges infestées alors que l'Ags1b n'a eu que 3,5% d'attaque. A Kinwédji, les dégâts ont été de 30,9% dans l'Ags1a; 10,1% dans l'Ags2 et seulement 2,8%

dans l'Ags1b. A Koussin, les seuls agro-systèmes infestés ont été Ags1a soit 8,7% de tiges attaquées et Ags1b (4,1%). Les dégâts de panicules blanches dus aux Diopsides ont été notés uniquement sur les parcelles de repousses du riz (Ags2). Ils ont été sévères à Lélé (26,4%) et Kinwédji (42,3%) et nuls à Koussin (Tableau 2).

Au cours des 3 ans d'études, la sévérité des panicules blanches a été plus importante à Lélé et Kinwédji. A Lélé le maximum a été enregistré en 2008 soit 13% de tiges infestées. A Kinwédji les moyennes de panicules blanches ont été de 11,3%, 13% et 18% respectivement pour 2006, 2007 et 2008. A Koussin, aucun dégât de panicules blanches n'a été noté suite aux attaques des Diopsides (Figure 3).

Tableau 2
Sévérité des dégâts de cœurs morts et panicules blanches dues aux Diopsides selon les agro-systèmes

Agro systèmes	Koussin		Lélé		Kinwédji	
	Panicules blanches	Cœurs morts	Panicules blanches	Cœurs morts	Panicules blanches	Cœurs morts
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
Ags1a	0,0 a	8,7 a	0,0 b	30,8 a	0,0 b	30,9 a
Ags1b	0,0 a	4,1 b	0,0 b	3,5 c	0,0 b	2,8 c
Ags2	-	-	26,4 a	11,0 b	42,3 a	10,1 b
Ags3	0,0 a	0,0 b	0,0 b	0,0 c	0,0 b	0,0 c
M.G	0,0	6,4	8,8	15,1	14,1	14,6

Les valeurs dans la même colonne suivies par des lettres différentes sont significativement différentes ($P < 0,05$) au test de Student-Newman-Keuls

M.G.= Moyennes générales

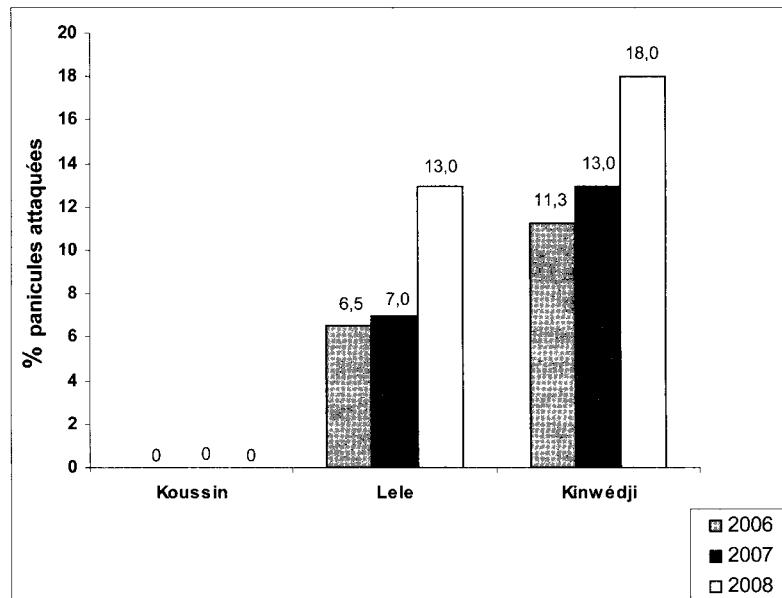


Figure 3: Évolution des dégâts de panicules blanches de 2006 à 2008 dans les différents sites.

Discussion

Influence des agro-systèmes sur les populations des *Diopsis*

De par les résultats obtenus, on peut avancer que les plus fortes populations d'adultes et de larves ont été notées dans les parcelles de riz au stade de tallage maximal et dans les repousses. Cette évolution des populations de Diopsides serait la conséquence d'une bonne condition nutritionnelle et environnementale offerte par ces deux agro-systèmes. De nombreux auteurs (2, 9, 13), ont rapporté que le stade tallage est favorable à la multiplication des mouches à pédoncules. Les repousses elles aussi, semblent procurer les mêmes avantages que le riz au tallage. De plus, elles conserveraient leur tendresse jusqu'à l'épiaison. C'est pourquoi les populations de Diopsides s'y installent, se multiplient et se sédentarisent en causant aussi bien les coeurs morts que les panicules blanches (4). En effet, les repousses permettraient le maintien des populations et la continuité de la reproduction des mouches contribuant ainsi à la pullulation de leur population et la contamination des parcelles de cultures adjacentes. Dans cet agro-système, les populations larvaires ont été plus importantes à Lélé et Kinwedji, et faibles à Koussin. Cette différence de densité serait en rapport avec une complexité de facteurs, dont les pratiques culturales menées, le niveau des populations de départ et les conditions climatiques existantes. Ces facteurs varient dans une large mesure d'un site à l'autre et font que deux localités ne peuvent pas se ressembler à tout point de vue. Il a été noté que la variation annuelle de la population larvaire n'a pas eu d'influence sur la population adulte des Diopsides dans les différents sites. Cette situation peut s'expliquer par la grande mobilité des adultes qui, contrairement aux larves, ont la faculté de migrer et de se disperser aisément (5, 9, 10). Par ailleurs, les courbes de régression des populations totales de

Diopsides ont évolué positivement de façon linéaire et croissante surtout à Lélé et Kinwédji où existaient des parcelles de repousses. Cette situation a certainement favorisé la continuité de la reproduction des Diopsides le long de chaque saison et par conséquent a entraîné l'accroissement de la population résidente d'une année à l'autre. A Koussin où les techniques culturales étaient bien suivies, la population de Diopsides n'a pas évolué de 2006 à 2008.

Il faut dire que malgré l'utilisation d'insecticides dans certaines parcelles paysannes à Lélé, les populations de Diopsides sont restées fortes. Cette situation s'explique par le fait que non seulement les parcelles de repousses n'étaient pas traitées mais aussi que tous les champs de culture n'étaient pas concernés par le traitement. Dans ces conditions, les populations d'insectes peuvent se reconstituer à partir des périmètres non traités.

Parlant des populations de Diopsides recensées spécifiquement dans les jachères (Ags3), elles ont été faibles à nulles sur tous les sites. Bien que ces parcelles abandonnées renferment souvent des plantes hôtes (*Oryza longistaminata*, *Cyperus difformis*) susceptibles d'abriter les Diopsides (3), leur rôle paraît très négligeable dans la sédentarisation des Diopsides sur les périmètres irrigués au Bénin.

Influence des agro-systèmes sur la sévérité des dégâts des Diopsides sur le riz

Dans les parcelles de cultures normales de riz, les dégâts de cœur mort ont été plus marqués au stade tallage qu'au stade épiaison au niveau des trois sites. Ceci confirme la thèse selon laquelle les attaques sévères des Diopsides surviennent au stade tallage pour diminuer au fur et à mesure que le cycle de la culture avance (1, 2, 7, 8, 11). Dans les parcelles de

repousses, les dégâts de cœur mort et de panicules blanches ont été simultanément causés par les Diopsides alors que dans les champs de culture normale aucune panicule blanche n'était liée à leur attaque. Ce constat met en évidence l'aptitude des Diopsides à s'alimenter sous différentes formes sur les repousses de riz et à proliférer facilement.

Le mécanisme de la sédentarisation des Diopsides et les facteurs de risque

Dans cette étude il ressort que certaines pratiques culturales comme la présence des parcelles de repousses de riz apparaissent comme le facteur primordial de la sédentarisation des Diopsides sur les périmètres de Lélé et Kinwédji. En effet, cet agro-système constitue un véritable foyer de multiplication des Diopsides. Elles servent d'hôtes de relais pendant l'inter campagne, au cours de laquelle elles abritent ces mouches à pédoncules. Habituellement à la fin de la saison des cultures, les Diopsides quittent les rizières et migrent vers les points d'eau ou les zones ombragées (9). Avec la présence permanente des repousses, elles restent dans les zones de cultures et continuent à se reproduire. A Koussin, l'absence de repousses a fait que le phénomène de sédentarisation n'a pas été observé. On peut donc déduire des résultats que la présence des repousses de riz est un facteur favorable à la sédentarisation des Diopsides. Le caractère de repousse étant inhérent au riz (15), on pourrait recommander un traitement insecticide au cas où l'on envisagerait faire une production supplémentaire. Dans le cas contraire une élimination systématique des anciennes souches par un labour

post-récolte devra être envisagée afin d'éviter l'effet des repousses sur la sédentarisation des Diopsides. En outre, des pratiques comme le semis non synchronisés, les drains mal entretenus, les flaques d'eau laissées au milieu des parcelles, constitueront des facteurs de risque important favorisant l'abondance des populations des Diopsides, ainsi que la sévérité de leurs dégâts dans les parcelles de riz. Par contre, des opérations telles que le semis groupé, le sarclage, le bon drainage des parcelles, l'utilisation des variétés résistantes peuvent abaisser l'incidence des Diopsides (12, 14).

Conclusion

Cette étude met clairement en évidence la contribution des repousses dans le mécanisme de sédentarisation des Diopsides notamment par l'assurance de leur multiplication et le maintien d'une bonne condition de vie dans les périmètres irrigués au Bénin. A Lélé et Kinwédji, la présence des repousses dans les parcelles déjà récoltées a favorisé la prolifération des Diopsides dans les zones de cultures. A Koussin par contre, les populations des Diopsides étaient modérées grâce aux bonnes pratiques culturales observées. L'étude recommande un traitement insecticide au cas où les repousses sont prises en compte pour une production supplémentaire. Dans le cas contraire leur élimination systématique après la récolte est fortement conseillée. Enfin des pratiques culturales complémentaires pour éviter la sédentarisation des mouches à pédoncules sont entre autre le bon nivellement des parcelles, leur drainage, les semis synchronisés et l'entretien permanent des drains.

Références bibliographiques

1. Alghali A.M., 1983, Relative susceptibility of some rice varieties to the stalk-eyed fly *Diopsis thoracica* West. Insect Sci. Appl. 4, 135-140.
2. Appert J. & Deuse J., 1988, Le technicien d'agriculture tropicale: insectes nuisibles aux cultures vivrières et maraîchères. Éd. Maisonneuve et Larose et ACCT. (Paris), 267 p.
3. Ba N.M., Dona D., Souleymane N. & François K., 2008, Seasonal abundance of lepidopteran stemborers and diopsid flies in irrigated fields of cultivated (*Oryza sativa*) and wild rice (*Oryza longistaminata*) in western Burkina Faso. International Journal of Tropical Insect Science. Vol. **28**, N° 1, 30-36.
4. Bijlmakers H.L. & Verhoeck B.A., 1995, Guide de défense des cultures au Tchad. Cultures vivrières et maraîchères. N'Djamena, 557 p.
5. Brenière J., 1983, Principaux ennemis du riz en Afrique de l'Ouest et leur contrôle. 2nd edn. ADRAO, Monrovia, Liberia. 87 p.
6. Brenière J., 1976, Reconnaissance des principaux lépidoptères du riz de l'Afrique de l'Ouest. Agronomie tropicale, 31, 213-231.
7. Brenière J., 1966, Dix années de recherches sur les ennemis du riz en Afrique francophone et à Madagascar. Agronomie tropicale, 4, 514-519.
8. Chiasson H. & Hill S.B., 1993, Population density, development and behaviour of *Diopsis longicornis* and *D. apicalis* (Diptera: Diopsidae) on rice in the Republic of Guinea. Bulletin of Entomological research. 83, 5-14.
9. Cochereau P., 1978, Fluctuations des populations imaginaires de *Diopsis thoracica* Westwood et de *Diopsis apicalis* Westwood (Diptera, Diopsidae) en liaison avec la phénologie d'un riz de bas-fond à Bouaké (Côte d'Ivoire). Cahier ORSTOM., série Biologie. vol. **XIII**, n° 1, 45-58.
10. Descamps M., 1957, Contribution à l'étude des diptères. Diopsidae nuisibles au riz dans le nord Cameroun. Journal d'Agriculture Tropicale et de Botanique Appliquée. 4, 83-93
11. Heinrichs E.A. & Alberto T., 2004, Rice-feeding insects and selected natural enemies in West Africa biology, ecology, identification. Ed IIRI/WARDA. 242 p.
12. Oyediran I.O. & Heinrichs E.A., 2001, Arthropod populations and rice yields in direct-seeded and transplanted lowland rice in West Africa. International Journal of Pest Management, 47, 195-200.
13. Olalekan O.B., 2002, Management of major insects pests of rice in Tanzania (Review). Plant Protection Science. Vol. **38** N° 3, 108-113.
14. Rubia-Sánchez E.G., Nurhasyim D., Heong K.L., Zalucki M. & Norton G.A., 1997, White stem borer damage and grain yield in irrigated rice in West Java, Indonesia. Crop Protection. 16: 665-671.
15. Sanni K.A., Ojo D.K., Adebisi M.A., Somado E.A., Ariyo O.J., Sié M., Akintayo I., Tia D.D., Ogunbayo S.A., Cisse B., Sikirou M. & Adekoya M.A., 2009, Ratooning potential of interspecific NERICA rice varieties (*Oryza glaberrima* x *Oryza sativa*). International Journal of Botany, 5, 1, 112-125.
16. SAS Institute, SAS systems for Windows, Version 9.1 Edition. 2002-2003 SAS Institute Inc. Cary, NC, USA

A. Togola, Malien, D.E.A entomologie, Assistant de Recherche, Centre du riz pour l'Afrique (AfricaRice), 01 BP 2031, Cotonou, Bénin.
Tel : (229) 21 35 01 88 Fax : (229) 21 35 05 56, Courriel: a.togola@cgiar.org

F.E. Nwilene, Nigérian, PhD entomologie, Chef de Division, Centre du riz pour l'Afrique (AfricaRice), P.M.B. 5320, Oyo Road, Ibadan, Nigeria.

B. Koné, Ivoirien, PhD pédologie, Professeur, Université de Cocody, Département des sciences du sol (UFR-STRM), Laboratoire de surveillance et de valorisation des écosystèmes tropicaux, 22 BP 583, Abidjan 22, Côte d'Ivoire.

D. Chougourou, Béninois, PhD parasitologie. Professeur, École Polytechnique d'Abomey, Calavi 01, BP 2009, Cotonou, Bénin.

Analysis of the Editorial Process of the Multidisciplinary Rural Development Journal Tropicultura

É.Thys^{1*}, G. Harelmana² & G. Mergeai³

Keywords: Rural development- Scientific journal- Bibliometric analysis- Belgium

Summary

Tropicultura is a multidisciplinary journal which aims mainly at releasing research results relevant to rural development in developing countries and at improving the investigation capacities of the researchers who submit manuscripts to its editorial board. The operating process of the journal and its consequences on its output during the period 2002-2009 were analysed by considering mainly the factors influencing the duration of the editorial work and the final acceptance of the manuscripts. The factors taken in consideration were: the field of research, the geographic origin of the data analysed, the language of writing and the country of origin of the authors. The available data were analysed using descriptive statistic methods. They were also subjected to parametric and non parametric comparisons. A total of 1,034 papers have been submitted during the investigated period to *Tropicultura* in different fields of rural development research, with a large proportion of papers in agronomy sensu lato (60%), and livestock production (19%). Most of the papers submitted (85.1%) came from Sub-Saharan Africa, followed by North Africa (11.2%), Asia (1.6%), Latin America (0.6%) and Europe (0.3%). The rate of acceptance (27.4%) was very low compared to other journals, mainly because of a poor design of the works or inappropriate research topics. The average time for final decision was 355 days. The non parametric classification analysis retained as major determinants for the acceptance of papers for publication in decreasing order of influence: (i) time before final decision, (ii) language, (iii) continent, (iv) Belgian cooperation priority countries, (v) Belgian cooperation partner countries, and (vi) the field of research. The data obtained are discussed in the light of the literature related to the editorial process of other scientific journals, taking into account the peculiarities of *Tropicultura* related to its history and to the history of the rural development actions of the Belgian cooperation. This analysis highlighted a series of possible improvements at the level of the operating process of the journal which should enable it to better achieve its goals.

Résumé

Examen du processus éditorial du journal multidisciplinaire de développement rural *Tropicultura*

Tropicultura est un journal multidisciplinaire qui vise principalement à la diffusion de résultats de recherche pertinents pour le développement rural des pays chauds et au renforcement des capacités d'investigation des chercheurs qui lui soumettent leurs manuscrits. Les processus de fonctionnement du journal et les conséquences de ceux-ci sur sa production durant la période 2002-2009 ont été analysés en considérant principalement les facteurs qui influencent le délai et la décision d'acceptation finale d'un manuscrit. Ces facteurs étaient: le domaine de recherche, la zone géographique d'où proviennent les données analysées, la langue de rédaction et l'origine des auteurs. Les données disponibles ont fait l'objet d'une analyse statistique descriptive et de comparaisons paramétriques et non paramétriques. Au total, 1.034 articles ont été soumis à *Tropicultura* au cours de la période examinée dans différents domaines de recherche concernant le développement rural, avec une proportion importante d'articles dans le domaine de l'agronomie sensu lato (60%), et de l'élevage (19%). La plupart des documents présentés (85,1%) provenaient d'Afrique subsaharienne, suivie par l'Afrique du Nord (11,2%), l'Asie (1,6%), l'Amérique latine (0,6%) et l'Europe (0,3%). Les principaux déterminants de l'acceptation des articles pour publication retenus par l'analyse de classification non paramétrique ont été, par ordre décroissant d'influence: (i) le temps avant la décision finale, (ii) la langue, (iii) le continent, (iv) les pays prioritaires de la coopération belge, (v) les pays partenaires de la coopération, et (vi) le domaine de recherche. Les données obtenues sont examinées à la lumière des informations contenues dans la littérature concernant le processus de rédaction d'autres revues scientifiques, en tenant compte des particularités de *Tropicultura* liées à son histoire et à l'histoire des actions de développement rural de la coopération belge. Cette analyse a mis en évidence une série d'améliorations possibles au niveau de l'organisation du fonctionnement de la revue qui devraient lui permettre de mieux atteindre ses objectifs.

¹Department of Animal Health, Institute of Tropical Medicine, Nationalestraat 155, B-2000 Antwerpen, Belgium. E-mail: ethys@itg.be

²Agri-Overseas, Rue d'Egmont 11, B- 1000 Brussels, Belgium. E-mail: Ghare.tropicultura@belgacom.net

³Gembloux Agro-Bio Tech, Passage des Déportés, 2, B-5030 Gembloux, Belgium. E-mail: gmergeai@ulg.ac.be

*corresponding author: Department of Animal Health, Institute of Tropical Medicine, Nationalestraat 155, B-2000 Antwerpen, Belgium

Email: ethys@itg.be Tel: 32 3 247 63 92; Fax: 32 3 247 62 68

Received and accepted on March 3, 2011.

This article has been published in the review Biotechnology, Agronomy, Society and Environment BASE. 2011, 15, 1: 101-108.

1. Introduction

Attempts to understand the reasons or bias for rejection or acceptance of papers submitted to peer-reviewed journals were numerous during the last decades in different fields as for example animal husbandry (4), medicine (1, 3, 7) and social sciences (5). The field of editing scientific papers is evolving and criteria are changing, strengthening the need to ensure the provision of quality papers in quality journals. The peer-review process is quite complex and the perception by authors and reviewers often divergent (8, 12). Van Tassell *et al.*, (11), who studied this process for four agricultural economics journals, highlighted the paradox that researchers, whose career depends on the quality and quantity of papers published, seldom benefit from a formal training in the publishing process.

Tropicultura is a free-of-charge peer-reviewed multidisciplinary rural development journal, published quarterly by the Agri-Overseas association since 1983, and focusing on developing countries. Papers can be published in English, French, Spanish or Dutch. Currently, there are almost 2,500 subscribers from 110 countries all over the world. From volume 20 (2002) onwards, the issues are also online (<http://www.bib.fsagx.ac.be/tropicultura>) and free-of-access. From May 2007 till March 2009, Google Analytics recorded almost 10,000 connections to the website out of 149 countries. The online volumes can also be accessed through the Directory of Open Access Journals (DOAJ).

The journal is sponsored by the Belgian Directorate-General for Development Cooperation (DGDC) - Federal Public Service Foreign Affairs, Foreign Trade and Development Cooperation and by the Brussels Capital Region. All Belgian institutions involved in rural development research in developing countries are members of the board and of the scientific committee. The Royal Academy for Overseas Sciences (RAOS) is also member of the board and guarantees the scientific and academic value of the journal, principally through referees and members of the scientific committee. Since September 2009, a memorandum of understanding was signed with the Institutional Cooperation branches of the Flemish Interuniversity Council (VLIR-UOS) and of the Interuniversity Council of the Belgian French Community (CUD-CIUF) aiming to improve the dissemination of research outputs of the South. As such, VLIR-UOS and CUD-CIUF became also members of the editorial board of the journal.

Tropicultura aims to assist researchers from developing countries and from Belgium in publishing the results of their researches or experiments which are relevant to rural development in developing countries. Albeit

scientifically accurate, those results are in most cases of local interest and not suitable to be released in specialised journals which prefer to publish works that are internationally more innovative. More than what is the rule in other editorial boards, the scientific committee and the referees of Tropicultura are coaching the authors in the writing process and in the scientific approach, even providing extra papers and documentation. This process complies with the objective to learn the right format to young researchers and fits with the focus on research for development.

Nowadays, Tropicultura is well-known in the world and papers are quoted in international databases (AGRICOLA, AGRIS, CAB, ...). The CAMES (*Conseil africain et malgache pour l'enseignement supérieur*) considers papers published in Tropicultura as relevant for promotion of researchers in French-speaking Africa and Madagascar.

Statistical data on authors and on their papers are available on electronic support since 2002, which allows to analyse critically the papers submitted to Tropicultura, principally in terms of factors predicting their acceptance or rejection, field of research, used language and origin of the authors. The aim is to help the editorial board of Tropicultura to better understand the processes underlying the achievements of the objectives of the journal in order to adjust them if needed.

2. Material and methods

2.1. Material

The variables are summarised in table 1. DGDC follows the Declaration of Paris and concentrates development aid in *partner* countries, which are currently 18. For scholarships and indirect aid through NGO's, universities, etc ... DGDC handles a broader list including 23 additional countries. Those 41 countries are called *priority* countries.

2.2. Statistical analysis

Data were analysed by means of STATA (9) and CART software (10). STATA was used for descriptive statistics and for parametric comparisons using regression models and chi squares. CART was used to determine the major determinants for rating a paper as good or bad. CART is an acronym for Classification and Regression Trees. The approach to classifying data is a non-parametric technique that selects variables and interactions that determine an outcome or dependent variable, also called target variable. In our case, the binomial target variable "good paper/bad paper" was analysed against the explanatory variables described in table 1. The default 'Gini method' was used as a splitting criterion, because it usually performs best.

Table 1
Description of the variables of the database “papers” and the database “authors”

Variable code	Description	
	Database papers	Database authors
Language of paper*	1: French, 2: English; 3: Spanish	
Type of paper*	1: Original paper, 2: Technical note	
Consistency	1: submitted paper consistent with authors' guide or journal' topic ; 2: not consistent	
Field of research*	1: agronomy, 2: forestry, 3: game, 4: fish farming, 5: animal production, 6: animal health, 7: socio-economy, 8: food technology	
Country	Country where study was made (54)	Country of origin of the author (65)
Priority country*	Country where study was made priority country for DGDC or not (0: No; 1:yes)	Country of origin of the author priority country for DGDC or not (0: No; 1:yes)
Partner country*	Country where study was made is partner country for DGDC or not (0: No; 1:yes)	Country of origin of the author is partner country for DGDC or not (0: No; 1:yes)
Continent*	Continent where study was made 1: North Africa, 2: Sub-Saharan Africa, 3: North America, 4: Latin America, 5: Asia, 6: Europe, 7: Oceania	Continent of origin of the author 1: North Africa, 2: Sub-Saharan Africa, 3: North America, 4: Latin America, 5: Asia, 6: Europe, 7: Oceania
Final decision for paper	1: accepted, 2: published, 3: not decided yet, 4: refused, 5: removed	
Final decision for paper (2 categories)*	1: good paper (accepted or published) 2: bad paper (refused or removed)	
Duration*	Time in-between submission and final decision (years)	

*: used for the classification tree analysis with target variable «good/bad» for papers

**: the DGDC priority countries are: Algeria, Bangladesh, Benin, Bolivia, Brazil, Burkina Faso, Burundi, Cambodia, Cameroon, China, Colombia, D.R. Congo, Ivory Coast, Cuba, Ethiopia, El Salvador, Ecuador, Guatemala, Guinea, Haiti, India, Indonesia, Kenya, Madagascar, Mali, Morocco, Mozambique, Nicaragua, Niger, Palestine, Peru, Philippines, Rwanda, Senegal, Suriname, Tanzania, Uganda, Vietnam, South Africa, Zambia, Zimbabwe.

***: The DGDC partner countries are : Algeria, Benin, Bolivia, Burundi, D.R. Congo, Ecuador, Mali, Morocco, Mozambique, Niger, Palestine, Peru, Rwanda, Senegal, Tanzania, Uganda, Vietnam, South Africa

3. Results

3.1. Analysis of the submitted papers

3.1.1. Nature of the papers

The majority (97.9%) of the 1,034 papers submitted to Tropicultura from 2002 to March 2009 are original papers. Technical notes represent only 2.1% whereas in the past this type of contribution has been much more frequent. The majority of the papers are in French (56.8%), followed by English (42.8%) and very few papers are in Spanish (0.39%). The majority (85.1%) of the papers originates from Sub-Saharan Africa, followed by 11.2 % from North Africa, 1.6% from Asia, 1.3% from Latin America, 0.6% from Europe and 0.3% from Oceania. 53% of the papers are from DGDC priority countries and 17.5% from DGDC partner countries. Out of the DGDC priority countries, Cameroon provides the most important number of papers (37.3%). If we consider only the 18 DGDC partner countries, the DR Congo is the most important with 28.2% of the papers submitted by researchers of these countries. No papers were submitted from partner countries like Bolivia, Ecuador, Mozambique and Palestine. Globally, the most important providers are Nigeria (27.9%), Cameroon (19.9%), Tunisia (9.4%), Ivory Coast (8.5%) and Burkina Faso (6.1%).

Table 2
Percentage Tropicultura papers by field of research (2002-2009) (n= 1,034)

Category	percentage
Agronomy	60.1
Animal production	19.1
Socio-economy	5.6
Food technology	4.6
Fish farming	3.8
Animal health	3.4
Game	2.6
Forestry	0.9

Table 2 gives the distribution by field of research. Agronomy and animal production are the more largely represented, forestry the least.

3.1.2. Consistency, rate of acceptance and time for final decision

A decision was taken for 897 out of the 1,034 papers submitted during the period 2002-2009. The process for the 137 remaining ones is still ongoing. Only 27.4% of the 897 papers were accepted. The rate of acceptance of papers in French was significantly higher than that of English ones ($p < 0.0001$) and the rate of acceptance for papers from DGDC priority countries

was almost twofold higher than that for papers from other countries ($p= 0.002$). No significant difference was put in evidence for the acceptance rate of the papers according to the DGDC partnership status of the country of implementation of the investigations. Papers based on researches in developing countries were significantly more rejected than the few ones from Europe ($p< 0.0001$) (Table 3). The field of research with the highest rate of acceptance was game. Referees for the fields "agronomy", "animal health" and "animal production" rejected almost three thirds of the papers. No paper concerning the field of forestry was accepted (Table 4). Major reasons for rejection were: poor experimental design, mistakes in the interpretation of the results, outdistanced data or obsolete bibliographic references.

The average time for final decision was 355 days, just less than one year. At the moment of submission, 20.3% of the articles were found not consistent with the authors' guide or with the topic of the journal and were refused from the beginning. The average time for final decision for the remaining papers sent to referees was slightly higher (423 days or almost 14 months). The average time for final decision was significantly influenced by the field of research ($p< 0.001$). Considering the field of research, the longest time for decision was 21 months for forestry and 13 months for agronomy. The shortest period was 5 months for animal health.

To be published, it took 19 months. Based on the analysis of 213 papers published during the period 2002-2008, it appears that 46% were analyzed once, 42% twice and 12% three times. English papers were significantly read more than once time than French papers (66% versus 49 % - $p< 0.05$). There was also a significant difference between fields ($p< 0.01$). Papers on game were reviewed more than once in 86% of the cases and papers on animal production in 75% of the cases.

3.1.3. Major determinants of the final decision by classification tree analysis

The CART analysis was based on the 897 papers which were definitely accepted or rejected during the period 2002-2009. The model retained the following variables as major determinants of the variable "good/bad paper" in decreasing order of influence: time before final decision, language, continent, DGDC priority country, DGDC partner country and field of research. Figure 1 shows the classification tree produced by CART. The papers were first split into two nodes based on the time before final decision. The first intermediary node included 368 papers wherefore the decision was taken before 6 months. This node was split in two terminal nodes (TN) based on the continent where the research was implemented. TN1 included 6 papers from Asia and Europe out of which

Table 3
Rate of acceptance for Tropicultura papers by continent (2002-2009) (n= 897)

Continent	n	Rate of acceptance (%)
Europe	6	100.0
Oceania	3	66.7
Latin America	13	53.9
North Africa	98	29.6
Sub-Saharan Africa	765	26.0
Asia	12	25.0

Table 4
Rate of acceptance for Tropicultura papers by field of research (2002-2009) (n= 897)

Category	n	Rate of acceptance (%)
Game	25	56.0
Socio-economy	56	41.1
Fish farming	33	33.4
Food technology	43	32.7
Animal production	190	25.8
Agronomy	514	25.1
Animal health	29	20.7
Forestry	7	0.0

4 (66.7%) were accepted. TN2 included 362 papers from North and Sub-Saharan Africa, Latin America and Oceania, out of which a few were found good (7.2%). The second intermediary node included 529 papers wherefore the decision was taken after 6 months. It was split again according to the time elapsed before a decision. TN6 included 204 papers wherefore the decision was taken after 18 months and out of which 57.4% were found good. The second node was an intermediary one including 325 papers wherefore the decision was taken before 18 months. This note was split according the language. TN3 included 171 papers in French with 41.5% classified as good. The right node was an intermediary one including 154 papers in English or Spanish, further split in TN's 4 and 5. TN4 included 41 papers from DGDC priority countries (31.7% good) and TN5 included 113 papers from no-priority countries with only 13.3% rated as good paper.

3. 2. Analysis of the authors

3,286 authors submitted the 1,034 papers mentioned above. The average number of authors per paper is 3.2. There is a possible bias for that figure, as in case of a large number of authors, Tropicultura requests a written agreement and/or suggests to the main author to restrict the list of authors to those who really participated.

The majority (78.5%) of the authors originates from Sub-Saharan Africa, followed by 10.3% from North Africa, 7.9% from Europe, 1.34% from Latin America, 1.1% from Asia, 0.9% from North America and 0.03%

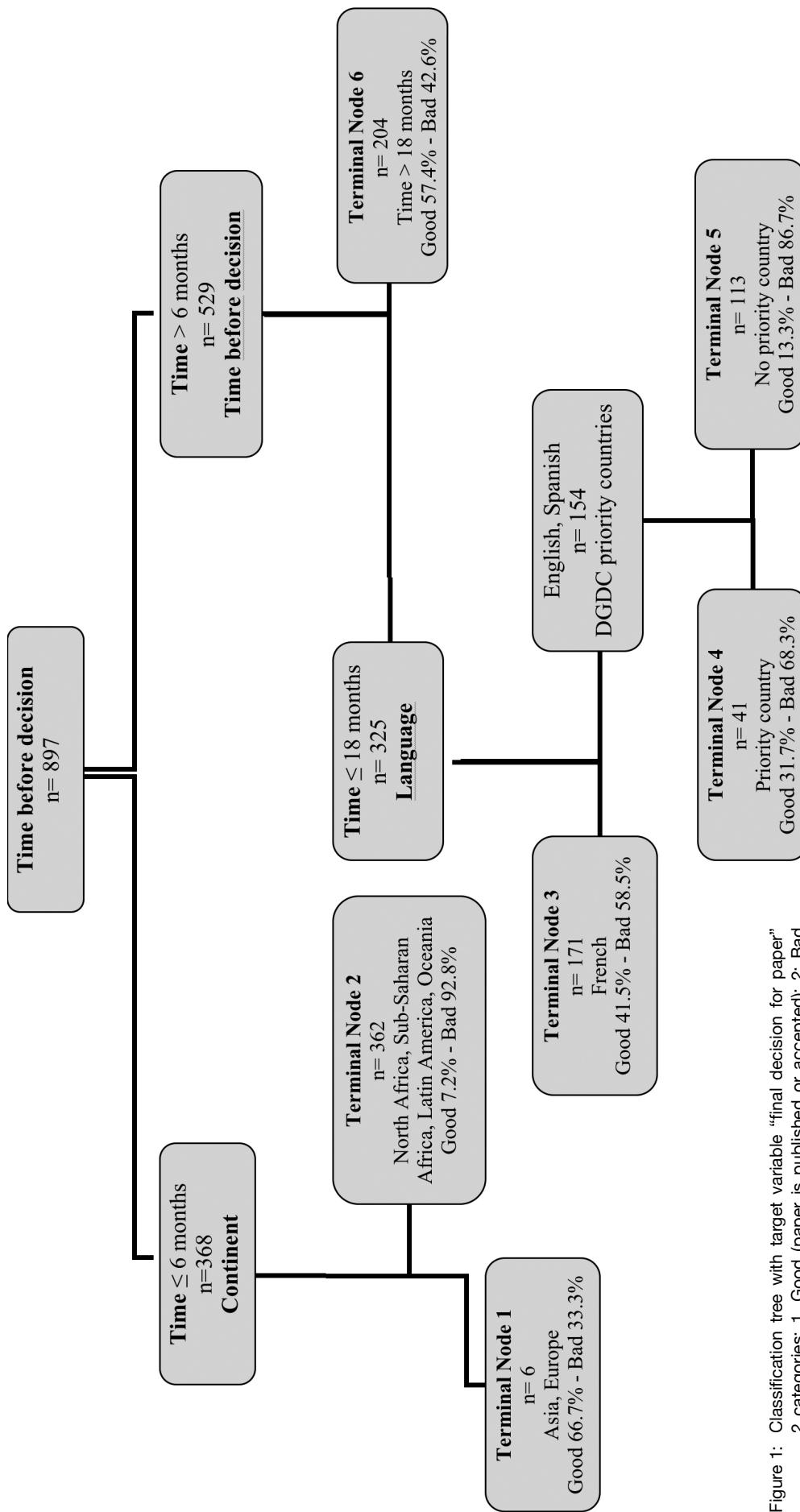


Figure 1: Classification tree with target variable “final decision for paper”
2 categories: 1. Good (paper is published or accepted); 2: Bad
(paper is refused or removed).

from Oceania. 52.2% of the authors are from DGDC priority countries and 14.3% are from DGDC partner countries. The most important group of authors are from Nigeria (22.9%), followed by those of Cameroon (21.7%), Ivory Coast (9.5%) and Tunisia (9.1%).

4. Discussion

The decrease of the number of technical notes may be due to the fact that authors rather prefer to publish original papers which are professionally better quoted in the evaluation of their scientific output. This point explains perhaps also that, even if historically the number of papers in French was larger, more and more authors prefer nowadays to write in English with the aim to target a larger audience. However several factors help maintaining a large proportion of French written papers in Tropicultura: (i) CAMES considers papers in Tropicultura as relevant for promotion, (ii) Tropicultura is one of the few journals still publishing in French in the field of rural development, and (iii) an important proportion of the Belgian cooperation partner countries are French speaking. The very small proportion of papers in Spanish may result from the preference of Spanish-speaking scientists to publish in their own language and in journals with large distribution in Spanish-speaking countries.

Remarkably, the most important provider, Nigeria, is nor a partner country nor a priority country. Researchers from Nigeria had always a culture of publishing research results. However most of the local journals are not published anymore or irregularly. The Nigerian researchers found their way to Tropicultura.

The observation that the four other most important providers are priority countries can be explained by the fact that they were partners countries in the past and that their rural development research was for many years supported by Belgium. Therefore, authors from those countries continued to submit papers to Tropicultura. Remarkable is that there is no partner country in the top five. No explanation is at hand but one possible interpretation can be that researchers from partner countries publish less than in the above mentioned countries and/or that papers are submitted to specialised journals. This has to be confirmed.

The acceptance rate of Tropicultura (27.4%) is very low if we compare with rates available in the literature. According to Davis (2) the acceptance rate of scientific journals can vary from 15 to more than 80%. Zuckerman and Morton (1971) cited by Hargens (5) found substantial variation of acceptance with rates of 80 to 60% in physical sciences, and 30 to 10% in social sciences. Different disciplines can thus have quite divergent acceptance rates. Within research fields differences are possible too (5). This can partly explain the variation of acceptance rate among the different fields of Tropicultura. Few figures on the acceptance rates are available for (multidisciplinary)

rural development journals. Based on the data of the Ohio State University education website (<http://www.ag.ohio-state.edu/~admin/agriculture.htm>) an average rate of acceptance of 58% was calculated for 17 journals related to agriculture. In the field of animal production *Archivos de Zootecnia* has an acceptance rate of 64.3% (4).

The fact that the rate of acceptance of papers in French was significantly higher than that of English ones can have different explanations. The first reason can be that papers in English are not always written by native English speakers. Well-written, fluent documents are generally better accepted by reviewers. Actually, poor writing is identified by Pierson (7) as one of the top 10 reasons why manuscripts are rejected. Ehara and Takahashi (3) found that authors submitting to the *American Journal of Roentgenology* and coming from countries having English as primary language had similar acceptance than those of the United States, what was not the case for other authors. Poor English explains also that papers in that language were significantly reviewed more times than French ones for Tropicultura. Another reason for the better performance of French papers can be that some French speaking scientists are better known by the referees as they published already in the Journal and were coached several times. Indeed, Tropicultura operates with single-blinded peer review which reveals authors' names to the referee while reviewers themselves remain anonymous to the authors. The comparative advantage is that it allows the referee to put the submitted paper in the context of previous work of the authors and/or previous submissions inducing better coaching and subsequently better skilled authors. At contrary, most of the papers written in English are from new authors, mostly from Nigeria. Additionally, the experimental design of a large proportion of these papers is poor and the papers are then often rejected after the first review.

Papers based on researches in developing countries were significantly more rejected than the few ones from Europe ($p < 0.0001$). A reason can be that the poor resources of most of the experimental stations in the South allow them to run only small experimental plots. Livestock is often only represented by small species. Additionally, a large proportion of the papers in agronomy are based on field surveys which are much cheaper to carry out than field trials. Additionally, even if the research is implemented by researchers coming from the South (mostly PhD students), the better work conditions and coaching in the North and the choice of the topic can have influenced the quality of the papers. Another point can be related to the research design itself. Indeed several factors (access to literature, absence of local peer-review ...) can make that the research topic is not appropriate and/or the research is not well-designed. This induces in turn

a weak acceptance rate. As Tropicultura aims to help authors from developing countries, the “development country bias” inducing low acceptance rates as stated by Yousefi-Nooraei *et al.* (2006) cited by Shakiba *et al.* (8) is not valid as argument for rejection. At contrary it induces in general a stronger coaching, explaining the high number of reviews per paper.

From the classification tree analysis, it appears that for almost 41% of the 897 papers, the decision was taken before 6 months with a very low acceptance (8.2%). For the other 529 papers, the rate of acceptance was directly proportional to the duration of the period of referring. This can be explained by the fact that, when a paper is considered as susceptible to improvement, the authors are given the chance to submit one or even two new versions, what is time-consuming and multiply the number of reviews. But, the objective to have interesting results published is attained. Nevertheless, time for final decision being very long some authors are discouraged and stop the submission. Due to the large number of submissions, Tropicultura withdraws a paper after 3 months if no response is given by the authors to the correction requests expressed by the reviewers. This is a pity, because as Van Tassell *et al.* (11) state persistence is one of the most important characteristics in getting a manuscript published. The longest period observed in the field of agronomy can be correlated to the very large number of submitted papers in that field.

It took 19 months to be published, what is relatively a long period. The reasons can be firstly that there are only 4 issues a year with 41 original papers per year (46 since 2008), and secondly that the way of financing the Journal makes that, in most cases, all these 4 issues are only published in the second part of the year.

Finally, regarding the authors, the trend is quite similar to that of the origin of the papers. This shows that the national researchers are now the main providers of papers and implementers of the research in the South. However the number of co-authors from the North is significant showing that collaboration still exists. Belgian, French and authors from the United States are the most represented.

4. Conclusion and recommendations

Based on the analysis of the 2002-2009 seven-year-period, it can be concluded that a substantial number of papers have been submitted yearly to Tropicultura in different fields of rural development research, with a large proportion of papers in agronomy *sensu lato* and livestock production. An overwhelming part of the papers for Tropicultura are coming from Sub-Saharan Africa and almost half of the papers are coming from the 41 DGDC priority countries. The journal offers thus a real opportunity for researchers from the South to publish their results and to upgrade their skills in the publishing process by benefiting from coaching.

The rate of acceptance is very low compared to the information available for other journals. This is partly due to the quality of the papers which in turn can be the consequence of a poorly designed work or of an inappropriate research topic. Helping the authors can go through assistance in designing their research or to determine a research topic fitting with the local priorities. However, this need time. Involving more senior referees from the South, who are also fully aware of the realities in their countries, can help sharing this workload and reduce the time for final decision and publication. Online pre-publishing of accepted can also help in this.

In the future researchers from DGDC priority or partner countries should be encouraged to publish in Tropicultura, certainly those from “traditional partners”, like the Democratic Republic of Congo, Rwanda and Burundi or from universities financed through CUD-CIUF or VLIR-UOS.

Strategies should be implemented to boost the number of submission in neglected fields like e.g. socio-economics, game or animal health.

Acknowledgement

This paper was written with financial support of the Belgian Directorate-General for Development Cooperation (DGDC) and of the Brussels Capital Region.

Literature

- Blackburn J.L. & Hakel M.D., 2006, An examination of sources of peer review bias. *Psychol Sci*. 17, 378-382.
- Davis M., 2005, Scientific papers and presentations. 2nd edition. Burlington, MA, USA: Elsevier Academic Press, 270 p.
- Ebara S. & Takashashi K., 2007, Reasons for rejection of manuscripts submitted to AJR by international authors. *AJR*, 188, 113-116.
- Gomez Castro A.G., Lopez de Bustamante M.C., Perea Munoz J. & Arcos Castejon J., 2009, Archivos de zootecnia. Informe editorial 2008. *Arch. Zootec.* 58, 3-10.
- Hargens L.L., 1988, Scholarly consensus and journal rejection rates. *ASR*, 53, 139-151.
- Ohio State University extension, 2009, Reference guide of professional journals/publications. Agricultural Economics to Agricultural and Natural Resources. <http://www.ag.ohio-state.edu/~admin/agriculture.htm>. (23/04/10).
- Pierson D.J., 2004, The top 10 reasons why manuscripts are not accepted for publication. *Respir care*, 49, 1246-1252.
- Shakiba B., Salmasian H., Yousefi-Nooraei R. & Rohanizadegan M., 2008, Factors influencing editors' decision on acceptance or rejection of manuscripts: the author's perspective. *Arch Iranian Med*. 11, 257-262.
- Stata Corp., 2001, Stata statistical software, Release 7.0. College Station, TX, USA: Stata Corporation.
- Steinberg D. & Colla P.L., 1995, CART: Tree-structured non parametric data analysis. San Diego, CA, US: Salford Systems, 336 p.
- Van Tassell L.W., McLemore D.L. & Roberts R.K., 1992, Expectations and perceptions of the peer review process: a study of four agricultural economics journals. *Appl. Econ. Perspect. Pol.* 14, 241-254.
- Weber E.J., Katz P.P., Waeckerle J.F. & Callaham M.L., 2002, Impact of review quality and acceptance on satisfaction. *JAMA*, 287, 2790-2793.

Utilisation du guano comme substitut du Di-Ammonium Phosphate (DAP) dans la fertilisation du soja et de la tomate en République Démocratique du Congo

B.F. Nzuki*, E.K. Kinkwono & B.G. Sekle

Keywords: Guano- DAP- Plot production- Soybeans- Tomatoes- Democratic Republic of Congo

Résumé

Dans cet article, nous étudions la possibilité de remplacer le DAP par le guano, dans la production de la tomate et du soja. Ainsi, ces plantes ont été cultivées suivant un dispositif expérimental en blocs complètement randomisés avec trois répétitions et six traitements: un témoin absolu non fertilisé (T0) et un apport de fertilisant sous forme d'une gamme de différentes doses de guano (T1, T2, T3 et T4), correspondant à 0,6; 1,2; 2,4 et 4,8 t/ha, pour la tomate et 0,5; 1; 2 et 4 t/ha, pour le soja. Le dernier traitement (T5) a consisté en un apport d'engrais DAP de 100 kg/ha pour chacune de cultures. Les résultats obtenus révèlent que le guano est un excellent fertilisant pour ces deux cultures. A la dose optimale, il a permis de quadrupler la production de la tomate par rapport au témoin non fertilisé. De même, à la dose de 4 tonnes par ha, il a occasionné une augmentation de rendement du soja de 85% par rapport au témoin. Cependant son utilisation dans la culture du soja exige l'emploi des fongicides, puisqu'il a été constaté qu'il a favorisé les attaques de la fonte de semis et de la rouille. Toutefois, le guano a permis un bénéfice net plus élevé que le DAP et son coût est moindre, même en tenant compte de la manutention et du coût des fongicides.

Introduction

L'agriculture congolaise est encore largement extensive, se caractérisant par de faibles rendements. Pour augmenter ceux-ci, le recours aux engrains minéraux se heurte à leur faible disponibilité. En effet, ces engrains sont devenus rares et chers, par suite du manque des moyens d'importation et, comme l'indiquent Rippy *et al.* (26), leur utilisation pose le problème environnemental de pollution du sol.

En vue de résoudre ces problèmes, la recherche met de plus en plus l'accent sur l'exploitation des ressources locales jusqu'ici insuffisamment mises en valeur (10). Tel est le cas par exemple de la paille de café (12), des inflorescences du palmier à huile (11) et du guano.

Reçu le 22.07.10 et accepté pour publication le 15.04.11.

Institut Supérieur Pédagogique (ISP) Mbanza-Ngungu (RDC).

*Adresse correspondante : En Belgique, résidant sur 33, rue d'Alsace-Lorraine 1050 Bruxelles. Tél.: 0032485316641; email: nzuki_flavien@yahoo.fr

Summary

Use of Guano as a Substitute for Di-Ammonium Phosphate (DAP) Fertilizer on Tomatoes and Soybeans in the Democratic Republic of Congo

This paper studies the use of guano as a substitute of DAP in tomatoes and soybeans production. Tomatoes and soybeans are cultivated in an experimental complete randomized block design, with three replications and six treatments. The control group (T0) is a treatment without fertilizer. A range of different doses of fertilizer (T1, T2, T3 and T4), corresponding to 0.6; 1.2; 2.4 and 4.8 t/ha for tomatoes and 0.5; 1; 2; and 4 for soybeans were applied; and finally, the last treatment contains a DAP fertilizer of 100 kg/ha. The results show that guano is an excellent fertilizer for these two crops. At the optimum dose, it increases the production of tomatoes 4 times, compared to the control treatment without fertilizer. Similarly, at the dose of 4 t/ha, it caused an increased soybean yield of 85% compared to the control treatment. In addition, the fertilizer has led to a higher profit than the DAP and a lower cost, even taking into account the handling. However its use in the cultivation of soybeans requires the use of fungicides, since it favours attacks by damping off and rust.

Parmi ces ressources, le guano, constitué par les excréments de chauves-souris, revêt un intérêt certain pour certaines régions de la RDC, comme Mbanza-Ngungu, étant donné qu'il y est abondant (21) et qu'il est riche en azote et en phosphore (7).

De ce fait, le guano apparaît comme un engrais pour les cultures qui ont des besoins élevés en l'un ou l'autre de ces deux éléments, notamment la tomate et les légumineuses. Ainsi, le but de cette recherche est d'étudier la possibilité de remplacer l'enrichissement DAP par le guano, et à quelle dose, dans la production de ces cultures. Il est aussi question d'estimer, dans ce cas, le bénéfice net que les producteurs de la tomate et du soja pourraient obtenir.

Ce travail permet de comprendre l'influence de la fertilisation des sols de culture avec le guano, que les maraîchers utilisent sans définir, au préalable, le régime de fertilisation et des modalités de cet apport. En effet, comme l'indiquent Nzila *et al.* (22), les fertilisants organiques sont généralement appliqués sans tenir compte de la nature des sols et des besoins en nutriments des légumes à produire.

Milieu, matériel et méthode

L'étude s'est déroulée en deux saisons, sèche et pluvieuse, du 9 décembre 1996 au 25 septembre 1997 dans une zone à savane arbustive, au sud de la RDC. Dans cette zone, un centre urbain, Mbanza-Ngungu, a servi de site de recherche. La ville de Mbanza-Ngungu est située à 5°27' de latitude Sud, 14°54' de longitude Est et à une altitude variant entre 730 et 765 m (8). La pluviométrie moyenne annuelle y varie de 1300 à 1400 mm (13). L'intérêt de ce terroir pour cette étude réside dans l'orientation de ses activités vers la culture maraîchère, dominée notamment par la ciboule, la tomate et diverses variétés de choux. Ainsi, pour augmenter le rendement de ces cultures, la population utilise fréquemment le guano trouvé dans les grottes, dont le nombre est important dans ce milieu.

Le matériel végétal était constitué d'une variété de tomate, *Lycopersicon esculentum*, « ROMA VF », bien adaptée dans les conditions tropicales (15) et une variété de soja, *Glycine max*, « TGX 889-9C » (27). L'essai a été conduit en blocs complets randomisés avec 3 répétitions pour les 2 cultures.

Les espèces étudiées ont été cultivées sur des parcelles fertilisées avec des doses différentes de guano, exprimées en tonnes par ha et correspondant à: 0, 0,6; 1,2; 2,4 et 4,8 t/ha, pour la tomate et 0, 0,5; 1, 2 et 4 t/ha, pour le soja. Pour des raisons de comparaison, le traitement avec le DAP a, également été appliqué, conformément à la recommandation du Service National des Fertilisants et Intrants Connexes (SENAFIC), en raison de 100 kg/ha, pour chacune de deux cultures.

À Mbanza-Ngungu, le guano est abondant surtout dans les grottes. Néanmoins, on le retrouve également, dans une moindre mesure, dans quelques milieux anthropisés, comme des bâtiments abandonnés ou peu fréquentés, des églises, de bâtiments publics et certains bâtiments privés. Dans le milieu d'étude, ces sites correspondent aux divers types de gîtes de repos ou de transit de chauves-souris et confirment le caractère cavernicole temporaire de ces animaux, décrit par Battaglia (4) et Waiengnier (30). En effet, selon ces auteurs, les chauves-souris fréquentent temporairement ces genres de milieux en raison d'exigences physiologiques particulières liées aux

variations saisonnières et caractérisées par un ralentissement prolongé de l'activité de l'organisme. Il est à signaler que les grottes susmentionnées, qui foisonnent dans toute la région de Mbanza-Ngungu, sont d'une grande importance historique. Elles servaient, dans les temps anciens, de lieux de cultes ou de sépultures de chefs et de refuges lors des grandes invasions (1). Ceci n'est plus le cas actuellement.

Le guano séché à 105 °C à l'étuve et broyé finement a fait l'objet d'une caractérisation physico-chimique par des méthodes classiques rapportées par le CIRAD (5): détermination du pH avec un pH-mètre, teneur en N par la méthode Kjeldahl, teneurs en Mn et Zn par la méthode au Diethylenetriamine pentaacetic acid (DTPA), teneurs en P, K, Ca, Mg, Na sur échantillons calcinés avec dissolution des cendres à l'acide et dosage des éléments par spectrophotométrie ICP (plasma à couplage inductif).

Réalisées sur un échantillon de trois plants choisis au hasard dans chaque parcelle (le cas de la tomate) et de neuf plants situés sur une diagonale de chaque parcelle, les observations ont porté sur: le taux de reprise des plantules (cas de la tomate), le taux de levée, 10 jours après le semis (pour le soja), la croissance de la tige, les maladies et attaques observées et le rendement parcellaire, avec ses composantes. L'analyse statistique des données a été faite à l'aide de l'ANOVA et la structuration des moyennes, testée par la méthode de la plus petite différence significative (PPDS), au seuil de 1%.

Résultats et discussion

1. Le guano de Mbanza-Ngungu: caractéristiques générales et composition chimique

Le guano étudié dans cet article se présente comme un produit noirâtre, luisant ou non. Le caractère luisant ou non du guano est, d'après Pénicaud (23), un indice de l'occupation présente ou passée, par des chauves-souris, des sites de prélèvement et montre, *ipso facto*, l'état de fraîcheur du fertilisant.

Le tableau 1 présente les caractères physico-chimiques du guano de Mbanza-Ngungu, comparativement à celui de Kikwit, ville située dans une province voisine du Bas-Congo. Il ressort de ce tableau que le caractère physico-chimique du guano varie en fonction du milieu et qu'il présente un pH alcalin. Un tel pH est intéressant pour beaucoup de sols dans le Bas-Congo, qui sont généralement acides (19).

Il est aussi à remarquer que ce matériel est riche en azote et en phosphore et se caractérise par une importante diversité en sels minéraux. Ces constatations vont dans le même sens que les observations faites

Tableau 1
Caractéristiques du guano de Mbanza-Ngungu

Origine	pH	N ⁺	P*	K*	Ca*	Mg*	Zn*	Mn*	Na*
Mbanza-Ngungu	8,6	7,3	9,43	1,12	2,45	1,23	0,009	0,57	0,06
Kikwit (Mafuka, comm pers.)	9,8	9,31	8,1	0,15	0,43	0,29	0,003	0,054	0,19

+: en g pour 100 g; *: en mg pour 100 g

par Dutoit & Leboulenger (6) et permettent d'expliquer pourquoi le guano a souvent une action directe sur la croissance des plantes. En effet, l'azote, par exemple est un élément très important en ce sens qu'il est, comme le disent Rocheteau (27) et Ancion *et al.* (2), le moteur même de la vie de la plante et l'élément clé de la valeur fertilisante des amendements organiques. Il sert à construire toutes les parties vertes qui assurent la croissance et la vie de la plante, en augmentant, la biomasse des parties aériennes (9, 14). Cela se vérifie, dans cette étude, par l'augmentation de la hauteur de plants de tomate et du soja suite à l'application du guano. Quant au phosphore, cet élément est, comme l'azote, utilisé par la plante en quantité importante (17). Il sert à transporter l'énergie dans la plante et favorise la croissance générale de celle-ci, notamment des racines et des tiges. En fin de végétation, il est stocké dans les organes de réserves pour servir au développement des futures pousses (27).

2. Taux de reprise des plantules de tomates et de levée du soja

Dans ce travail, nous avons semé les graines de soja ou repiqué les plantules de tomates, 5 jours après l'application du guano, ce qui est exceptionnel, comparativement à la plupart des amendements organiques, qui exigent, pour leur utilisation, beaucoup plus de temps de décomposition. Cette situation suggère que ce matériel peut déjà se stabiliser 5 jours après l'application alors que certains milieux organiques, comme ceux utilisés par Rippy *et al.* (26), par exemple, nécessitaient 28 jours pour atteindre leur équilibre.

Pour les tomates, il a été constaté au champ qu'à partir de T3, les plantules dépérissaient, sans doute du fait que ces doses étaient toxiques. Cette toxicité pourrait, en partie, être due à l'excès de certains éléments chimiques contenus dans le guano. En effet Rocheteau (27) rapporte que l'excès d'azote augmente la sensibilité des plantes aux champignons alors que celui du phosphore occasionne la précipitation du fer par formation de phosphate ferreux, causant une carence en fer. Ces observations sont également confirmées par Garton *et al.* (9), qui déclare que l'excès en azote occasionne la production des plants mous et de qualité médiocre.

Pour le soja, par contre, le taux de levée n'était pas

influencé par les différents traitements, ce qui peut s'expliquer par le fait que la sensibilité aux doses toxiques du guano varie en fonction des espèces végétales. Cette explication est en accord avec Rasnake *et al.* (24), qui soutiennent que la disponibilité des nutriments pour les plantes est fonction des espèces végétales utilisées. En effet, contrairement à la tomate, la levée a débuté, pour le soja, le 3^{ème} jour après le semis sur l'ensemble des parcelles avec une moyenne de 91,5%.

3. La croissance végétale

Selon la figure 1, la croissance de la tomate augmente de T0 à T2 où elle atteint le maximum, puis diminue au-delà, ce qui indique que les doses deviennent toxiques. On remarque, en outre que la dose optimale du guano (T2) a un effet comparable à celui du DAP. A cette dose les plants sont plus hauts et plus lourds et à tiges plus épaisses. Pareilles observations avaient également été faites par Garton *et al.* (9), traduisant l'effet de l'azote sur la tomate.

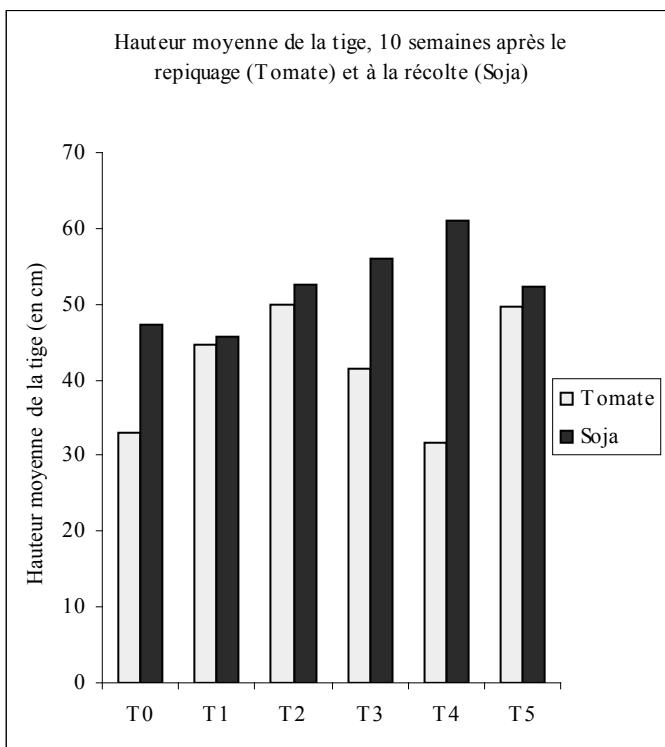


Figure 1: Hauteur moyenne de la tige, 10 semaines après le repiquage (tomate) et à la récolte (soja).

La situation se présente d'une autre manière pour le soja: la hauteur des plants augmente avec la dose du guano, même si l'allure est légèrement brisée en T1, phénomène qu'on peut attribuer au comportement inattendu de ce traitement dans une des répétitions.

4. Comportement des plantes vis-à-vis des maladies et des insectes

Le comportement des plantes vis-à-vis des maladies et des insectes est résumé dans le tableau 2. Contrairement à toute attente, l'utilisation du guano n'a pas favorisé l'attaque des tomates par les maladies dans les conditions de l'essai. En outre, il apparaît que le mildiou a été la maladie la plus fréquente tandis que l'incidence de la fusariose était faible, ce qui confirme la résistance de la variété ROMA à cette maladie (3). L'importante fréquence du mildiou confirme le caractère cosmopolite de cette moisissure, qui se manifeste par de légères taches foncées sur les feuilles de tomates avec un point jaune en leur centre (20).

Pour le cas du soja, les résultats du comportement de cette plante montrent que l'utilisation du guano a favorisé deux maladies cryptogamiques: la fonte de semis et la rouille; ce qui prouve que le guano, comme tous les excréments animaux (10), était porteur des champignons responsables. Ceci paraît contraire à ce qu'affirment Mokossa (17), Raviv *et al.* (25) et Merril *et al.* (16) selon qui les matières organiques appliquées donnent aux plantes une bonne résistance aux maladies. Par contre, cela se vérifie bien en ce qui concerne le comportement des plants vis-à-vis des chenilles, puisque le taux d'attaque diminue quand la dose du guano augmente.

5. Production parcellaire des tomates et du soja

Selon la figure 2, la production parcellaire des tomates évolue dans le même sens que les paramètres végétatifs précédemment étudiés, atteignant le maximum à la dose de 30 g de guano par pied (T2) et diminue au-delà. A cette dose, qui correspond à

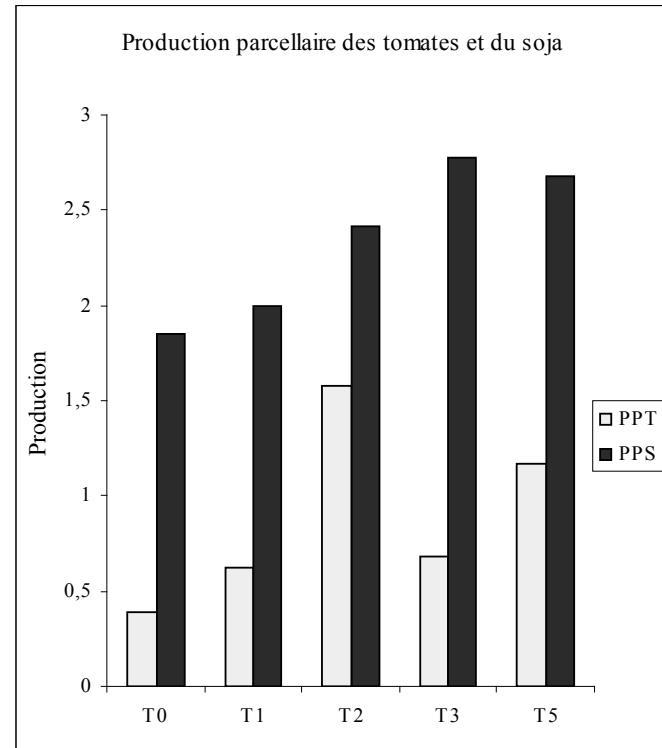


Figure 2: Production parcellaire des tomates (PPT) et du soja (PPS).

*: la production parcellaire est donnée en t/ha pour les traitements avec le guano et en kg/ha pour ceux utilisant le DAP.

1200 t/ha, la production parcellaire est le quadruple de celle obtenue sur les parcelles non fertilisées. Les moyennes de ces résultats correspondent à 0,39; 0,62; 1,58; 0,68; 0,4, 1,17 tonnes de tomates/ha respectivement pour les doses de 0, 15, 30, 60 et 120 g de guano par pied et 2,5 g de DAP par pied.

Pour le soja, le constat est que, dans la gamme des doses testées, la production parcellaire augmente avec la dose de guano. Les moyennes de cette production correspondent à 1,89, 2, 2,42, 2,78, 3,28 et 2,68 t/ha, respectivement pour les traitements T0, T1, T2, T3, T4 et T5. La dose de 4 t/ha de guano (T4) a

Tableau 2
Pourcentage de plants de tomates (Tm) et soja (Sj) attaqués

Attaques (%)	T0	T1	T2	T3	T4	T5
Mildiou de plants (Tm)	37,5	37,80	37,2	39,3	36,7	35,1
Mildiou de fruits (Tm)	12,2	10,00	13,3	13	11,6	11,1
Fusariose de plants (Tm)	5,2	9,40	8,5	8,9	4	4,2
Rouille précoce de plants (Tm)	12,5	15,40	10,6	8,9	14,2	17
Attaques par les acariens de plants (Tm)	0,2	1,30	0,3	2,6	1,1	1,7
Fonte de semis (Sj)	3	3,50	5	10	12	3
Rouille (Sj)	0	0,00	2	5	8	0
Flétrissement bactérien (Sj)	3	2,50	3	3,4	3,3	3,4
Chenilles (Sj)	6	3,00	1	1	1	3

Tableau 3
Résumé de l'analyse de la variance pour la production parcellaire de la tomate et du soja

Source de variation	SCE	ndl	CM	F.obs	F. théorique (à $\alpha = 0,01$)
Pour la tomate					
Répétition	1123190,5	2	561595,25	3,28	7,56
Traitements	22017372	5	4403474,4	25,76	5,64
Erreur	1708910,2	10	170891,02		
Total	24849742	17			
Pour le soja					
Répétition	0,1	2	0,05	1,66	7,56
Traitements	5,99	5	1,19	39,66	5,64
Erreur	0,35	10	0,03		
Total	6,44	17			

donné une production parcellaire 1,7 fois plus élevée que le témoin sans engrais.

L'analyse statistique des données par l'analyse de la variance (Tableau 3) montre que l'effet des traitements est hautement significatif. Pour la tomate, la comparaison des moyennes par le test de la plus petite différence significative (PPDS), au seuil de 1%, montre une différence hautement significative entre la dose optimale de guano (T2) et le DAP (T5), en ce qui concerne la production parcellaire. Dans les limites des doses testées, la dose optimale du guano n'a pas pu être déterminée pour le soja. Néanmoins, la comparaison des moyennes par le test PPDS, révèle que la production du soja au T4 susmentionné est aussi supérieure à celle obtenue par l'emploi du DAP.

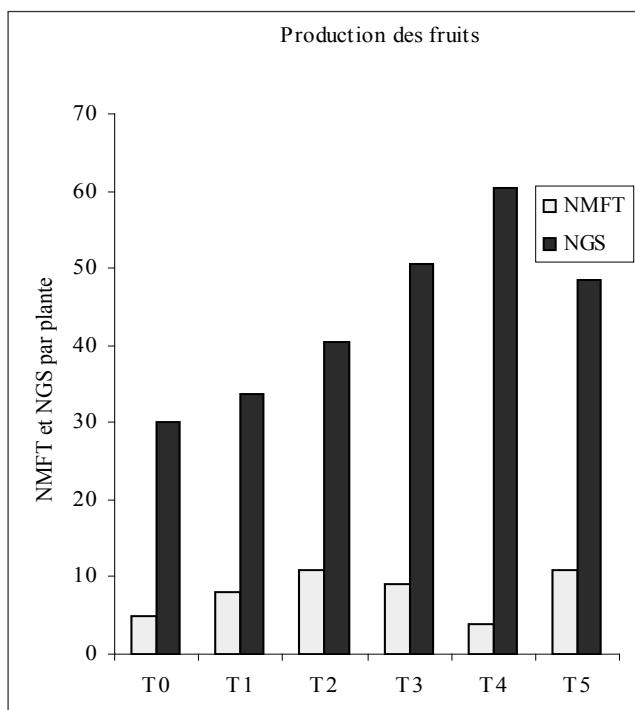


Figure 3: Nombre de fruits par plant.

Légende: NMFT= nombre moyen de fruits de tomates.
NGS= nombre de gousses de soja.

La figure 3 montre que le nombre moyen de fruit par plant évolue dans le même sens que la production parcellaire. Cela montre, comme le révèlent Smirinov *et al.* (29), l'effet favorable du phosphore, contenu dans le guano, sur la fructification. Aussi, le nombre moyen de fruits par plant peut être considéré comme l'une des composantes de la production parcellaire.

6. Evaluation économique et durabilité du remplacement du DAP par le guano

Le guano se révèle plus économique que le DAP, compte tenu de son coût d'achat moindre. En effet, à Mbanza-Ngungu, le kg de guano revient à 0,15 \$ US contre 4,5 \$ US pour le kg de DAP.

Ainsi, pour le cas du soja (T4), les 4000 kg requis de guano coûteraient, à l'hectare, 600 \$ US contre 450 \$ US pour les 100 kg de DAP. Le prix à l'hectare plus élevé du guano est cependant compensé par un surplus de production de soja plus élevé. En effet, le guano a permis un surplus de production de 1430 kg par rapport au témoin, tandis que le surplus dû au DAP n'était que de 830 kg. En vendant le kg de soja à 1 \$, on remarque que le guano a permis un surplus de revenu brut de 1430 \$ contre 830 \$ pour le DAP.

Pour estimer le bénéfice net que le paysan pourrait obtenir en utilisant le guano, nous devons retrancher du montant susmentionné (1430 \$), le prix d'achat du gisement du guano au niveau de la grotte, payé au chef du village, propriétaire de terre (300 \$), le coût de manutention (300 \$) et le coût d'achat de fongicides pour prévenir les risques possibles de pertes liées aux maladies (11 \$). En effectuant ces opérations, le bénéfice net s'élève à 819 \$. Pour le DAP, le bénéfice net est de: 830 \$ (revenu brut)- 450 \$ (prix d'achat du DAP)= 380 \$. Ainsi, l'utilisation du guano rapporte 439 \$ de plus au paysan comparée au DAP, dans la culture du soja.

Pour le cas de la tomate, les 1200 kg requis de guano coûteraient 180 \$ contre 450 \$ pour les 100 kg de

DAP. Pour ce cas, le guano a permis un surplus de production de 1190 kg de tomates par rapport au témoin, tandis que le surplus dû au DAP est de 780 kg. En vendant le kg de tomates à 1,39 \$; on remarque que le guano a permis un surplus de revenu brut de 1654 \$ contre 1084 \$ pour le DAP. Pour estimer le bénéfice net, les frais à déduire, liés à l'utilisation du guano, sont: le prix du gisement (90 \$), le coût de manutention (90 \$) et le coût d'achat des fongicides (11 \$). Tous frais déduits, le bénéfice net serait de 1463 \$, pour le guano, contre 634 \$, pour le DAP.

L'exploitation agricole du guano à grande échelle serait possible et durable à Mbanza-Ngungu étant donné que ses quantités disponibles sont importantes (21) et sa production artisanale annuelle serait estimée à 360 tonnes. Avec 240 personnes appartenant à 8 associations paysannes exploitant 0,5 ha par personne, on a un total de 120 ha de terre disponible, dont 100 ha pour la tomate et 20 ha pour le soja. Etant donné qu'il a fallu utiliser une dose de 4000 kg par ha de guano pour le soja, la quantité disponible pour 20 ha serait de 80 tonnes. Pour la tomate, cette quantité serait de $100 \times 1,2 = 120$ tonnes. Le total de fertilisant pour les deux cultures serait ainsi de $120 + 80 = 200$ tonnes sur 360 tonnes de production annuelle.

Le caractère durable de l'exploitation du guano à Mbanza-Ngungu, pourrait se justifier également par le fait que ce fertilisant est une ressource renouvelable, étant donné qu'il est régulièrement produit par les chauves-souris. En outre, son accessibilité ne pose, actuellement, aucun problème étant donné que les grottes ne sont plus utilisées comme des lieux de culte. L'exploitant est seulement obligé de payer un droit d'exploitation du gisement auprès du propriétaire de terre, qui est, en l'occurrence, le chef du village.

Conclusion

Le but de ce travail était d'étudier la possibilité de remplacer le DAP par le guano, et à quelle dose, dans la production de la tomate et du soja.

Les résultats obtenus révèlent que le guano est

un excellent fertilisant pour la tomate et le soja. En effet, à la dose optimale de 1,2 tonnes de guano par hectare, il a permis de quadrupler la production de la tomate par rapport au témoin non fertilisé: cette production est de 1,58 tonnes de tomates par hectare contre 0,39 tonnes pour le témoin. De même, à la dose de 4 tonnes de guano par ha, il a occasionné une augmentation de rendement du soja de 85% (3,28 t/ha) par rapport au témoin (1,89 t/ha). Dans les deux cas, cette augmentation a été possible grâce, entre autres, à l'accroissement du nombre de fruits par plant. L'effet bénéfique du guano sur cette composante du rendement peut s'expliquer par sa teneur élevée en phosphore, dont le rôle est bien connu pour la nouaison et la fructification.

Par ailleurs, il ressort de cette étude que le guano peut non seulement remplacer valablement le DAP dans la production de la tomate et du soja, mais aussi lui être préféré. En effet, le guano a permis un bénéfice net plus élevé que le DAP et son coût est moindre, même en tenant compte de la manutention et du coût des fongicides. Pour, respectivement, un hectare de soja et de tomates, ce bénéfice serait de 819 \$ et 1463 \$ en utilisant le guano contre 380 \$ et 634 \$ pour le DAP. Il apparaît aussi que, contrairement à la plupart des engrains organiques, l'effet du guano est tout aussi rapide que celui de l'engrais minéral.

Dans les conditions de l'essai, 30 g de guano par pied se révèlent être la dose optimale pour la tomate. Par contre, dans les limites de doses testées, la dose optimale pour le soja reste à déterminer. De plus, pour rendre plus efficiente l'utilisation du guano dans cette culture, le paysan aurait intérêt à employer des fongicides, puisqu'il a été constaté que le guano avait favorisé les attaques de la fonte de semis et de la rouille.

Pour des recherches futures, il serait intéressant de pouvoir comparer l'efficacité agronomique et économique du guano à d'autres fertilisants d'origine animale, comme la fiente des poules, ou végétale, comme la parche de café.

Références bibliographiques

1. Akualah V., 2010, (Sona Qongo). <http://temoignages.over-blog.net/article-mbanza-ngungu-sona-qongo-51174818.html>.
2. Ancia P.-Y., Hoang Thi Thai Hoa, Ton That P., Pham Khanh T., Chiang C.N. & Dufey J.E., 2009, Utilisation agricole des plantes aquatiques, notamment en tant qu'amendement des sols, dans la province de Thua Thien Hue, Centre Vietnam. 1. Inventaire, abondance et caractérisation chimique des plantes aquatiques disponibles localement. Tropicultura, **27**, 3, 144-151.
3. Anonyme, 1989, La culture de la tomate, du piment et du poivron, Agrodok-17, Wageningen, 241 p.
4. Battaglia V., 2005, Le monde animal dans les grottes. http://www.dinosoria.com/animal_grotte.htm.
5. CIRAD, 2004, Analyse de sols. Laboratoire d'analyse. Département Persyst, Édition du Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement, 8 p.
6. Dutoit T. & Leboulenger F., 1992, Guano de chauves-souris et agriculture: nouvelles données. Petit Lérot, 39, 20-21.
7. Fenolio D.B., Graening G.O., Collier B.A. & Stout J.F., 2006, Coprophagy in a cave-adapted salamander; the importance of bat guano examined through nutritional and stable isotope analyses. Proc Biol Sci. **273**, 1585, 439-443
8. FRG, 2004, Maps, weather and airports for Mbanza-Ngungu (DR Congo). Falling Rain Genomics, Inc. 1996-2004; <http://www.fallingrain.com/world/CG/0/MbanzaNgungu.html>.

9. Garton R.W., Sikkema P.H. & Tomecek E.J., 1994, Plug transplants for processing tomatoes: production, handling and stand establishment. Ontario Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, Factsheet 94-061.
10. Gross A., Arusi R., Fine P. & Nejidat A., 2008, Assessment of extraction methods with fowl manure for the production of liquid organic fertilizers. Bioresource Technology, 99, 327-334.
11. Kesa N., 1988, Possibilité d'utilisation des déchets de quelques espèces végétales mélangés au sol pour stimuler la symbiose légumineuses-Rhizobium, TFE, inédit, ISP/Mbanza-Ngungu, 31 p.
12. Khiedi G., 1996, Recherche sur l'utilisation de la cendre de parche de café en culture d'oignon, Mémoire de Licence, inédit, ISP/Mbanza-Ngungu, 20 p.
13. Kinkwono E.B.Z., 1997, Essai de fertilisation de la tomate au guano dans les conditions de Mbanza-Ngungu. Mémoire de Licence, ISP, Département de Biologie, 24 p.
14. L'taief B., Sifi B., Zaman-Allah M., Hajji M. & Lachaâl M., 2009, Effets de la fertilisation azotée, de l'inoculation par *Rhizobium* sp. et du régime des pluies sur la production de la biomasse et la teneur en azote du pois chiche. Biotechnol. Agron. Soc. Environ. 13, 4, 537-544.
15. Makonda J.J., 1996, Essai d'adaptation de la variété «ROMA» en saison pluvieuse dans les conditions écologiques des environs de Matadi, Mémoire de Licence, Inédit, I.S.P./Mbanza-Ngungu, 27 p.
16. Merrill R. & McKeon J., 1998, Organic teas from composts and manures, Organic Farming Research Foundation Project Report #97-40, 51 p.
17. Mokossa H., 1988, Notions élémentaires sur les fertilisants. Division de stratégie et de planification agricole, Département de l'Agriculture, Kinshasa, 58 p.
18. Moughli L., 2000, Les engrains minéraux. Caractéristiques et utilisations. PNTTA, n° 72, 4 p.
19. Mukala K., 1987, L'utilisation de quelques engrains minéraux en culture de maïs (*Zea mays*) dans les conditions de Mbanza-Ngungu, T.F.E, ISP/ Mbanza-Ngungu, 25 p.
20. Naika S., van Lidt de Jeude J., de Goffau M., Hilmi M. & van Dam B., 2005, La culture de la tomate. Fondation Agromisa et CTA, Wageningen, 105 p.
21. Nsumbu F.M., 2005, Monographie de la province du Bas-Congo. Ministère du Plan, Unité de pilotage du processus DSRP Kinshasa Gombe, 205 p.
22. Nzila J., De D., Watha-Ndoudy N. & Ntangou M., 2007, Impact de la fertilisation organique et minérale sur la production des cultures maraîchères (*Basella alba* et *Amaranthus cruentus*) sur les sols sableux de la région de Brazzaville (Congo). Résumé des communications: biotechnologies et maîtrise des intrants agricoles en Afrique centrale, 17-19 décembre 2007, CRESA Forêt-Bois, Yaoundé, pp. 38-39.
23. Pénaud P., 2000, Chauves-souris arboricoles en Bretagne (France): typologie de 60 arbres-gîtes et éléments de l'écologie des espèces observées. Le rhinolophe 14: 37-68.
24. Rasnake M., Thom B. & Sikora F., 2004, Using Animal Manures as Nutrient Sources. University of Kentucky, Kentucky, AGR 146, 4 p.
25. Raviv M., Oka Y., Katan J., Hadar Y., Yogeve A., Medina S., Krasnovsky A. & Ziadna H., 2005, High-nitrogen compost as a medium for organic container-grown crops. Bioresource Technology, 96, 419-427.
26. Rippy J.F.M., Peet M.M., Louws F.J., Nelson P.V., Orr D.B. & Sorensen K.A., 2004, Plant Development and harvest yields of greenhouse tomatoes in six organic growing systems. Hortscience, 39, 2, 223-229.
27. Rocheteau J.F., 2002, Les besoins nutritifs des plantes. Dossier du Plantymag n°13 du mois d'août 2002. <http://www.plantyfolia.com/dossiers/200208engrais.php>.
28. Sekle B.G., 1997, Fertilisation du soja au guano dans les conditions de Mbanza-Ngungu. Mémoire de Licence, ISP, Département de Biologie, 24 p.
29. Smirinov P., Mouravine E., Storоженко V. & Rakipov N., 1977, L'agrochimie, Ed. MIR, Moscou, 279 p.
30. Waiengnier D., 2007, Biospéléologie. Les animaux cavernicoles. <http://www.pragmasoft.be/prs/carnets/bio/animcav/index.html>.

B.F. Nzuki, Congolais, Licencié en Pédagogie Appliquée/ Option Biologie, D.E.S. en Gestion de l'environnement et aménagement du territoire, D.E.A. en Sciences agronomiques et ingénierie biologique et DUEC en ethnobotanique appliquée. Chef de Travaux à l'Institut Supérieur Pédagogique (ISP) Mbanza-Ngungu (RDC). En Belgique, résidant sur 33, rue d'Alsace-Lorraine 1050 Bruxelles. Tél. : 0032485316641; email: nzuki_flavien@yahoo.fr

E.K. Kinkwono, Congolais, Licencié en Pédagogie Appliquée/ Option Biologie, Professeur à l'Enseignement secondaire dans le Bandundu C/o ISP B.P. 127, Mbanza-Ngungu, RD Congo.

Adresse: Camp Professeur ISP, Grille 20-B, Mbanza-Ngungu, RD Congo. C/o Tel. 00234899793625.

B.G. Sekle, Congolais, Licencié en Pédagogie Appliquée/ Option Biologie, Professeur à l'Enseignement secondaire, C/o ISP B.P. 127, Mbanza-Ngungu, RD Congo. Adresse: Camp Professeur ISP, Grille 20-B, Mbanza-Ngungu, RD Congo. C/o Tel. 00234899793625.

Morphometric Traits of Muscovy Ducks from Two Agro-Ecological Zones of Nigeria

A. Yakubu*, F.G. Kaankuka & S.B. Ugbo

Keywords: Muscovy duck- Morphological traits- Discriminant analysis- Agroecological areas- Nigeria

Summary

Morphological variation between Muscovy ducks from the guinea savannah and rainforest zones of Nigeria was examined using multivariate discriminant analysis. Data comprised eight morphometric traits measured in a total of 435 adult ducks randomly selected in the two agro-ecological zones. Common descriptive statistics showed that ducks from the rainforest zone had higher ($P < 0.05$) body weight, foot length and thigh circumference, while their guinea savannah counterparts were longer ($P < 0.05$) in the neck. Stepwise discriminant analysis indicated that foot length, neck length, thigh circumference and body length were more effective in discriminating between the duck populations. The low Mahalanobis distance of 3.39, as revealed by the canonical discriminant analysis, is an indication of high gene flow between ducks from the two agro-ecological zones. The cluster analysis also revealed the homogeneity of the genetic identity of the duck populations. The present information will be the basis for further characterization, conservation and sustainable genetic improvement strategies for indigenous ducks.

Résumé

Analyse multifactorielle des caractères morphologiques chez le canard de deux zones agro-écologiques du Nigeria

Les variations morphologiques entre canards de la zone de savane guinéenne et de la zone forestière humide du Nigeria ont été étudiées par une méthode d'analyse discriminante multivariée. Les données comprenaient les caractères morphométriques mesurées au hasard chez 435 animaux adultes chez les canards issus de deux zones agroécologiques. Les statistiques descriptives montrent que les canards de la zone forestière humide étaient plus lourds ($P < 0,05$) et possédaient une longueur de tarse et le pourtour thoracique plus élevés que leurs homologues de la zone de Savane guinéenne, ces derniers ayant le cou plus long ($P < 0,05$). L'analyse discriminante par étape montrait que la longueur du tarse, la longueur du cou, le pourtour thoracique, et la longueur du corps permettaient de distinguer plus facilement les deux populations de canards. La distance de Mahalanobis la plus faible de 3,39; comme l'a relevé l'analyse discriminante canonique, était une indication d'une fluidité de gènes entre les populations des deux zones agroécologiques. Le dendrogramme a montré l'homogénéité de l'identité génétique des deux populations de canards. Les présents résultats donnent des informations qui seront à la base d'une future caractérisation, conservation et amélioration génétique durable des races locales de canards.

Introduction

Poultry has long been recognized as a major contributor to long lasting solution to insufficient protein intake in Nigeria. Ducks represent the second largest poultry population in Africa after chicken. They are hardy, less exigent for feed quality, less susceptible to diseases than chicken, and quite promising among indigenous poultry species because of their rapid growth rate and dressed weight of drakes (4). According to Adesope and Nodu (1), the meat of Muscovy ducks, which make up about 74% of the total duck population in Nigeria, contains less fat and it's healthier. Animal genetic resources in developing countries in general, are being eroded through the

rapid transformation of the agricultural system, in which the main cause of the loss of indigenous AnGRs is the indiscriminate introduction of exotic genetic resources before proper characterization, utilization and conservation of indigenous genetic resources. Characterization includes a clear definition of the genetic attributes of an animal species or breed, which has a unique genetic identity and the environment to which species or breed populations are adapted or known to be partially or not adapted at all (3, 13, 19). Characterization, conservation and use of indigenous animal resources under low levels of input in the tropics are usually more productive than is the case with

Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Nasarawa State University, Keffi, Shabu-Lafia Campus, P.M.B. 135, Lafia, Nasarawa State, Nigeria.

*Corresponding author's email address: abdul_mojeedy@yahoo.com Phone number: 234-8065644748

Received on 02.07.10 and accepted for publication on 07.06.11.

exotic breeds. The locally adapted animals are also more readily available to resource-poor farmers and they can be productive without high disease-control inputs (7). Yet, paucity of information on the genetic resources present in the indigenous farm animals in developing countries has led to their underutilization, replacement and dilution through crossbreeding. This, therefore, underscores the paramount significance of the characterization, management and conservation of the indigenous ducks.

Phenotypic comparison based on morphological characters can provide to some extent a reasonable representation of genetic difference among populations. This genetic variation in the duck populations is essential for the development of appropriate breeding goals and programmes for each agro-ecological zone of the country. However, earlier work on the body conformation characteristics of ducks in Nigeria (5) and elsewhere in Africa (17) had been centred on univariate statistical techniques, which is highly limited (it analyzes each variable separately) in assessing variation within and between livestock populations. The current trend involves the use of multifactorial discriminant analysis of morphological characters, which explains how populations under investigation differ when all measured variables are considered jointly (12, 18).

The present investigation therefore, aimed at examining the morphological variation between Muscovy ducks of two agro-ecological zones of Nigeria using multifactorial discriminant analysis. This could aid their proper management, conservation and improvement in breeding programmes.

Materials and methods

Location of study and experimental animals

Data were obtained from four hundred and thirty-five randomly selected adult Muscovy ducks of both sexes from three states within two agro-ecological zones of Nigeria. This comprised 221 ducks from the guinea-savannah (Nasarawa state) and 214 ducks from the tropical rainforest zones (Lagos and Cross River states), respectively. The birds, which were over 45 weeks old were selected in villages and market places from December, 2008 to December, 2009. Information on the age of the ducks was provided by the owners, and this was consolidated by the researchers using wing plumage. Randomization involved simple random sampling, and was done in such a way that there was good representation of birds from the sampling areas (this was to remove bias and increase the accuracy of the population parameter estimates). They were managed through the traditional scavenging system. Nasarawa State falls within the guinea savannah agro-ecological zone, and is found between latitudes 7°52'N and 8°56'N and longitudes 7°25'E and 9°37'E, respectively. Annual rainfall figures range from 1100 to 2000 mm. The mean monthly temperatures in the State range between 20 °C and 34 °C, respectively (10).

Lagos State lies in the southern half of the country with over 75% multiple years of precipitation. Annual rainfall ranges from 1524-2013 mm in the western half of the State to 2032-2540 mm in the eastern half. The mean annual maximum temperature is about 30 °C while the mean annual minimum temperature being of the order of 23.8 °C. The Cross River landscape descends precipitously from the Oban-Obudu rugged foothills (1000-2000 m) of the Cameroun mountains on the east into the Cross River plains (30 m) to the west and down to the Bight of Bonny coastal plains to the south. Humid tropical climate (1300-3000 mm rainfall; 30 °C mean annual temperatures) prevails over Cross River State, except on the Obudu Plateau, where the climate is sub-temperate, with temperatures of 15 °C-23 °C.

Traits measured

The body parts measured were, Body weight (BWT), body length (BDL), breast circumference (BTC), thigh circumference (THC), bill length (BLL), neck length (NKL), foot length (FTL) and wing length (WNL). The anatomical reference points were as earlier described (17,18). Measurements were restricted to apparently healthy birds that conformed to the species' classification descriptors. A 5-kg measuring scale was used for the weight measurement. The length and circumference measurements were effected using a measuring tape calibrated in centimetres (cm). All measurements were taken by the same individual early in the morning before the birds were fed.

Statistical analysis

MEAN procedure of SPSS (15) statistical package was used to study morphological variation in the duck populations of the two agro-ecological zones, with means separation done using t-test of the same statistical package. Stepwise discriminant procedure was applied using PROC STEPDISC (14) to determine which morphological traits have more discriminant power than others for eventual use in the cluster analysis. The CANDISC procedure was used to calculate the Mahalanobis distance between ducks from the two agro-ecological zones. The degree of morphological similarity or divergence between the ducks was determined using the Ward's option of PROC CLUSTER procedure.

Results

The results (Table 1) of the descriptive statistics of the morphometric traits of the ducks showed that body weight (2.2 ± 0.05 versus 2.0 ± 0.05), foot length (5.5 ± 0.09 versus 4.3 ± 0.05) and thigh circumference (8.6 ± 0.18 versus 7.5 ± 0.15) were higher significantly ($P < 0.05$) in rainforest ducks compared to their guinea savannah counterparts. However, the latter had longer neck ($P < 0.05$) compared to the former. There were no marked differences ($P > 0.05$) in body length, bill length, wing length and breast circumference of ducks from the two zones.

Table 1
Means (cm), standard errors (SE), standard deviations (SD) and coefficients of variation (CV) for the zoometrical characters of guinea savannah ducks and rainforest ducks

Traits	Guinea savannah ducks			Rainforest ducks		
	Mean \pm SE	SD	CV	Mean \pm SE	SD	CV
Body weight	2.0 \pm 0.05 ^b	0.78	38.2	2.2 \pm 0.05 ^a	0.66	30.3
Body length	42.4 \pm 0.51 ^a	7.61	17.9	41.6 \pm 0.38 ^a	5.53	13.3
Neck length	16.0 \pm 0.18 ^a	2.71	27.1	14.1 \pm 0.24 ^b	3.52	24.9
Bill length	4.3 \pm 0.06 ^a	0.88	20.6	4.4 \pm 0.09 ^a	1.34	30.7
Foot length	4.3 \pm 0.05 ^b	0.72	16.7	5.5 \pm 0.09 ^a	1.25	22.8
Wing length	20.4 \pm 0.39 ^a	5.75	28.2	20.1 \pm 0.37 ^a	5.40	26.9
Breast circumference	34.5 \pm 0.37 ^a	5.56	16.1	34.2 \pm 0.35 ^a	5.07	14.8
Thigh circumference	7.5 \pm 0.15 ^b	2.16	28.9	8.6 \pm 0.18 ^a	2.68	31.2

^{ab} means in the same row with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$)

The stepwise discriminant analysis indicated that foot length, neck length, thigh circumference and body length have more discriminating power in assessing morphological variation between the two duck populations. These four variables were used to obtain an estimate (3.39) of the Mahalanobis distance between the two duck populations. The plot derived from the cluster analysis is presented in figure 1.

Discussion

Studies devoted to the morphological characterization of ducks especially within the tropics are scarce and the average values obtained in the present study cannot be easily compared with others in the literature. However, the body weights of Muscovy ducks in this study are higher than the range of 1.515 kg and 1.710 kg reported for extensively reared Deshi and Deshi x Khaki Campbell cross in India by Mallick *et al.* (11) and 1.300-2.610 kg (drakes) and 1.230-2.325 (ducks) reported for Comb ducks in Gambia (8). They are also heavier than ducks from Fayoum Governorate in Egypt (6), although with shorter foot length (1.536-1.867 kg body weight and 7.3-7.4 cm foot length, respectively). The values are similar to the mean body weight of 2.115 kg reported for mature indigenous

Muscovy ducks in Congo Brazzaville (2). The estimates obtained in this study are also comparable to the average values of 2.507 kg (drakes) and 1.734 kg (ducks) reported by Etuk *et al.* (5) for the same breed of ducks under similar environmental conditions. However, they fall below the average weights of 2.30-4.10 kg reported by Stevens (16) for ducks of about 3 months of age; although these values were for birds that had been subjected to selective breeding with better management practices. The present values were also lower than those (2.750-5.147kg body weight and 36.79-45.84 cm chest girth, respectively) reported for Muscovy ducks imported from France to Poland (9). The high coefficients of variation especially of body weight and thigh circumference of birds from both agro-ecological zones in the present study could be attributed to the sensitivity of these traits to environmental changes such as temperature and nutrition. The practical implication of this is that there is room for their genetic improvement based on the observed variations.

The low morphological differentiation between ducks from the two agro-ecological zones as revealed by the Mahalanobis distance did not give enough evidence to separate the populations into different genetically distinct groups or breeds. The canonical plot further

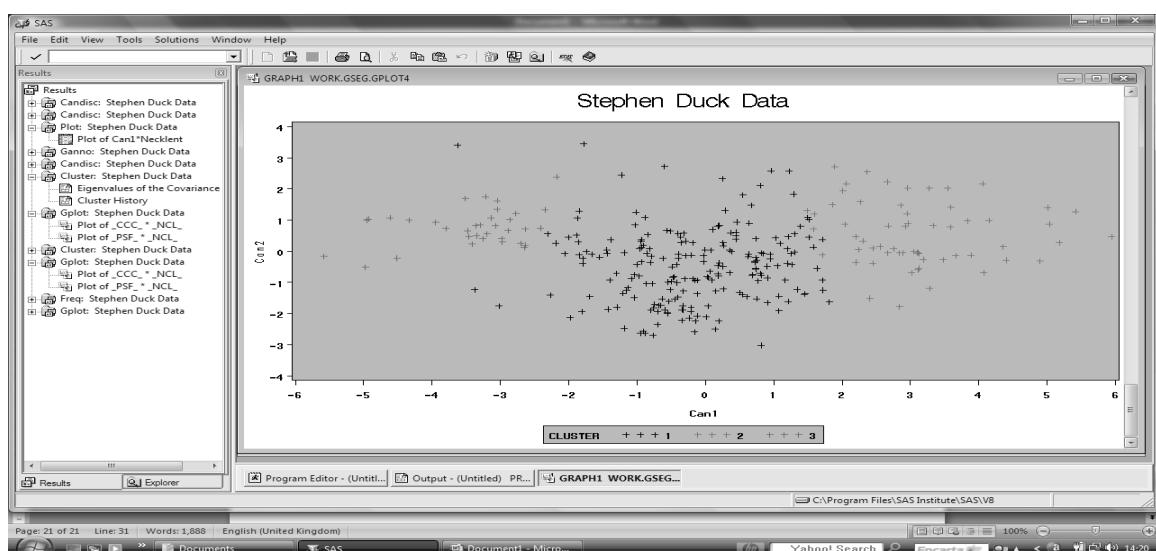


Figure 1: Canonical plot of the clusters of ducks of the guinea savannah and rainforest zones.

revealed the degree of relationship and similarity between the duck populations, which is an indication that they belong to the same breed.

The present information arisen from discriminant analysis is the first tool available to explain the morphological variation of Muscovy ducks in Nigeria on the basis of agro-ecological zone. However, there is need for a comprehensive study of the morphological variability of ducks from other geographical zones of the country; and this should be complemented with more evidence drawn from biochemical and molecular genetics. Future research strategy might also involve the integration of the physical, economic, social and cultural conditions of the farmers. This will aid the proper management of the ducks, and assist in initiating conservation and improvement programmes for the indigenous duck genetic resource.

Conclusion

This study showed that ducks from the rainforest agroecological zone were larger in size than those from the guinea savannah zone. However, foot length,

neck length, thigh circumference and body length were more discriminating in explaining morphological variability between ducks from the two zones. Maintaining this variation is important if the goal is to continue to improve the performance of the birds and respond to change in climate, disease or consumers' preference while improving the livelihood of livestock keepers and food security of the populace. The low mahalanobis distance was an indication of the extent of genetic exchange between the two duck populations. The present information could aid their management, conservation and future selection and breeding programmes.

Acknowledgement

The authors will like to thank immensely Dr. Fosta Jean-Claude, Senior Livestock Production Scientist (Poultry Production, Genetics and Diversity), Institute of Agricultural Research for Development (IRAD), Yaounde, Cameroun for assisting with the French translation of the abstract of this manuscript.

Literature

1. Adesope O.M. & Nodu M.B., 2002, A note on acceptance of duck as table-meat among inhabitants of selected communities in the Niger Delta zone, Nigeria. *Livestock Research for Rural Development*, 14: <http://www.lrrd.org/lrrd14/6/ades146.htm>.
2. Banga-Mboko H., Lelou B., Maes D. & Leroy P.L., 2007, Indigenous Muscovy ducks in Congo Brazzaville. 2. Preliminary observations on indigenous Muscovy ducks reared under moderate inputs in Congolese conditions. *Tropical Animal Health and Production*, 39, 123-129.
3. Bessadok A., Khochlef I. & El Gazzah M., 2003, Genetic resources of the local chickens in Tunisia (in French). *Tropicultura*, 21, 4, 167-172.
4. Duru S., Akpa G.N., Saidu L., Olugbemi T.S. & Jokthan G.E., 2006, A preliminary study on duck management under peri-urban system. *Livestock Research for Rural Development*, 18, 3, <http://www.lrrd.org/lrrd18/3/cont1803.htm>.
5. Etuk I.F., Abasiekong S.F., Ojewola G.S. & Akomas S.C., 2006, Carcass and organ characteristics of Muscovy ducks reared under three management systems in south eastern Nigeria. *International Journal of Poultry Science*, 5, 474-476.
6. FAO, 2009, Characterization of domestic chicken and duck production systems in Egypt. Prepared by Haitham M. Yakout, Mohamed Kosba and Olaf Thieme. AHBL – Promoting strategies for prevention and control of HPAI. Rome, pp. 1-37.
7. Halima H., Neser F.W.C., Van Marle-Koster E. & De Kock A., 2007, Village-based indigenous chicken production systems in north-west Ethiopia. *Tropical Animal Health and Production*, 39, 3, 189-197.
8. Johnsgard P.A., 2010, Ducks, geese, and swans of the world, Tribe Cairinini (Perching Ducks). *DigitalCommons@University of Nebraska – Lincoln*. <http://digitalcommons.unl.edu/biosciducksgeeswans/10>.
9. Kleczek K., Wawro K., Wilkiewicz-Wawro E. & Makowski W., 2006, Multiple regression equations to estimate the content of breast muscles, meat and fat in Muscovy ducks. *Poultry Science*, 85, 1318-1326.
10. Lyam A., 2000, Nasarawa State. In: [Mamman A.B., Oyebanji J.O. & Peters S.W. (eds)], Nigeria: A people united, a future assured. Survey of States, Vol. 2, 2, Federal Ministry of Information, Abuja.
11. Mallick P.K., Padhi M.K. & Prasad S.M., 2009, Performance evaluation of Deshi ducks of Orissa and Deshi X Khaki Campbell cross in extensive system of rearing. Proceedings of the 4th Waterfowl Conference, November 11-13, 2009, Kerala, India. Pp. 93-95.
12. McCracken K.V., Paton D.C. & Afton A.D., 2000, Sexual size dimorphism of the Musk duck. *Wilson Bulletin*, 112, 457-466.
13. Rege J.E.O., 1992, Background to ILCA's AnGRs characterization project, project objectives and agenda for the research planning workshop. African animal genetic resources: Their characterization, conservation and utilization. Proceedings of the Research Plan Workshop, 19-21 February, 1992, ILCA, Addis Ababa, Ethiopia.
14. SAS, 1999, Statistical Analysis System User's guide: Statistic. SAS Institute Inc. Cary, NC 27513, U.S.A.
15. SPSS, 2001, Statistical Package for Social Sciences. SPSS Inc., 444 Michigan Avenue, Chicago, IL60611.
16. Stevens P., 1990, Selection du canard de Barbarie. In: Le canard de Barbarie (B. Sauveur and H. de Carville, eds), Institut National de la Recherche Agronomique, Paris. Pp. 157-173.
17. Teguia A., Ngandjou H.M., Defang H. & Tchoumboue J., 2008, Study of the live body weight and body characteristics of the African Muscovy Duck (*Cairina moschata*). *Tropical Animal Health Production*, 40, 5-10.
18. Yakubu A., 2009, An assessment of sexual dimorphism in African Muscovy ducks using morphological measurements and discriminant analysis. Proceedings of the 4th Waterfowl Conference, November 11-13, 2009, Kerala, India. Pp. 69-75.
19. Yakubu A., Kuje D. & Okpoku M., 2009, Principal components as measures of size and shape in Nigerian indigenous chickens. *Thai Journal of Agricultural Science*, 42, 3, 167-176.

A. Yakubu, Nigerian, Masters degree in Animal Science with bias in animal breeding and genetics, Lecturer 1, Department of Animal Science, Nasarawa State University, Keffi, Shabu-Lafia Campus, Lafia, Nigeria.

F.G. Kaankuka, Nigerian, PhD in Animal Nutrition with bias in monogastric animal nutrition, Associate Professor and Editor-in-Chief, Journal of Agriculture, Science and Technology, Department of Animal Science, Nasarawa State University, Keffi, Shabu-Lafia Campus, Lafia, Nigeria.

S.B. Ugbo, Nigerian, Postgraduate Diploma in Animal Science with bias in animal breeding and genetics, Postgraduate student, Department of Animal Science, Nasarawa State University, Keffi, Shabu-Lafia Campus, Lafia, Nigeria.

LES ACTIONS DE LA DGD

DGD'S ACTIVITIES



DE ACTIVITEITEN VAN DE DGD

LAS ACTIVIDADES DEL DGD

KLIMOS Policy brief 2

Dryland Areas, Forgotten by REDD?

Dryland management in Ethiopia. Photo's by A. Mekuria

- Current REDD focus on countries with high forest cover and/or high deforestation rates overlooks important carbon pools like dryland forests, rangelands and agro-forestry systems, likely leading to leakage.
- Current UNFCCC forest definition excludes vast areas of open forest, generally in the dry tropics, likely leading to leakage.
- Complicated and lengthy procedures exemplified by the current afforestation/reforestation rules of the Clean Development Mechanism (CDM A/R) make poor communities or countries unable to participate in land based carbon emission reduction initiatives.

What can be done?

- Change the focus from *forest carbon* alone to *ecosystem carbon* instead through REALU (Reducing Emissions from All Land Uses), in order to avoid (or reduce) leakage.
- Foster a premium system for benefits beyond emission reduction (e.g. biodiversity, pro-poor oriented).
- Envisage easier procedures for least developing countries (LDC's).

Introduction

The growing levels of carbon dioxide (CO_2) and other greenhouse gases (GHG) in the atmosphere are now directly and unequivocally linked with changes to the global climate (IPCC 2007). Among the anthropogenic sources of GHG the conversion of natural forests and woodlands, particularly in the tropics, is estimated to account for 12-18% (5, 13). Recent literature reviews indicate that it will not be possible to keep temperature increases below 2 °C without addressing GHG produced from land-use change (3, 12).

The Coalition of Rainforest Nations has been successful in highlighting the importance of tropical forest since the international climate change negotiations in Montreal in December 2005 (COP-11). At the COP-15 negotiations in Copenhagen in December 2009, most observers agreed that REDD was one of the topics where most progress has been made. A remaining problem is that negotiators mainly focus on (rain)forests, although no REDD working definition for forest has been formulated.

The current UNFCCC definition formulated for CDM A/R excludes vast areas with limited forest cover, often situated in the dry tropics.

Forest definition and leakage

Up to now, a forest definition has not been agreed upon for REDD within the UNFCCC. What does exist since COP-7, the Marrakesh negotiations in 2001, is a definition for the Afforestation and Reforestation under the Clean Development Mechanism (CDM – A/R) where forest is defined as “a minimum area of land of 0.05-1.0 hectares with tree crown cover (or equivalent stocking level) of more than 10-30% with trees with the potential to reach a minimum height of 2-5 metres at maturity *in situ*. ” In addition “a clearcut area that is temporarily unstocked, but that is expected to revert to forest” is also considered forest.

Sasaki and Putz (9) have criticised this definition because large quantities of carbon and other environmental benefits will be lost when natural forests are severely degraded or replaced by plantations but technically remain “forests”. Verchot *et al.* (16) calculated the effect of different thresholds for 4 countries and showed that under the CDM a higher lower limit of tree cover would allow countries to maximize their participation and flexibility. In a REDD framework the effect would be the opposite, while anyway forests (generally dry forests) of less than 10-30% cover would remain excluded (Figure 1). In addition, an important drawback of almost any forest definition is that it would exclude trees outside the forest (e.g. on farms).

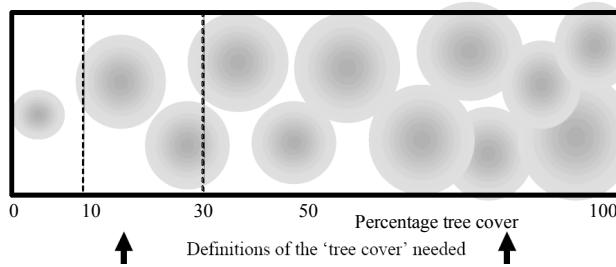


Figure 1: Continuum of tree cover from 0-100 % and the range of thresholds that is used across the globe in defining forest on the basis of tree cover (adapted from Van Noordwijk, (2001)). Using tree cover as a major threshold means picking an arbitrary cut-off point.

The ICRAF-led ALLREDDI project (Accountability and Local Level Initiative to Reduce Emission from Deforestation and Degradation) revealed that in Indonesia, about a third of the emissions from land use change take place outside state forest land, without even including the large emissions from peat lands. The current Indonesian REDD plans only consider state forest land. Even if the current REDD approach for Indonesia is 100% successful, net emission reductions would be obtained earliest after 6 years because of a shift of emissions to areas currently not recognised as forest (2).

Biodiversity

Dry forest degradation is not only relatively neglected in the current international REDD policy debates, but is poorly represented in pilot programs as e.g. led by UN-REDD.

It is undeniable that many of the worlds’ biodiversity hot spots are in what can be considered rainforest. However, the current focus on areas that are rich in both carbon and biodiversity, risks to go at the detriment of dry forest and other vegetation types. This has e.g. been reported from Brazil, where deforestation in the Cerrado is now higher as in Amazonas, and only 2.2% of its area is under legal protection (6). On the voluntary carbon market certified emission reductions (CER’s) that also preserve biodiversity usually get higher prices than emission reductions without co-benefits. To include this in a post-Kyoto arrangement, steps should be made to better integrate the Convention of Biological Diversity (CBD) into current and future REDD approaches.

Ecosystem Carbon & REALU: an alternative approach

REALU (Reducing Emissions from All Land Uses) makes the unfruitful discussion about forest definitions redundant. There is probably no single definition of forest that can apply in the continuum of landscapes with trees (14). A better option would be to consider ‘ecosystem carbon’, rather than forest carbon alone (4). The emphasis should be on monitoring persistent declines and increases of carbon stocks over time, based on the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) methodologies. Zomer *et al.* (17) have shown the large amount of biomass and carbon stored in trees in both dry land areas and in agricultural domain.

Mitigation ...

What many developing countries (and especially the least developed ones) can offer on the global carbon market is largely land use based carbon. A large part of the developing countries have up to now been reluctant, or even

opposed, to a full carbon accounting. Lack of capacity is often cited as the major reason, which is likely also why up to now so little CDM projects have been realised in these countries. The needed capacity is not only for monitoring, reporting and verification (MRV), but also for effective linking to the global market.

Recent research in Ethiopia (7) has quantified the potential of converting degraded grazing lands into tree covered exclosures to restore soil fertility and to sequester carbon from the atmosphere. Over a period of 30 years, sequestered carbon dioxide was 246 Mg.ha^{-1} , total soil nitrogen increased by $7\text{-}9 \text{ Mg.ha}^{-1}$ and additional available phosphorous stocks amounted to 40 kg.ha^{-1} . For a period of 30 years, a real interest rate of 8.1% and assuming a price of 18 € per ton CO_2 , the Net Present Value of the enclosure's ecosystem services was about 28% higher than for wheat, the best alternative production (3188 vs. 1600 €/ha). Carbon revenues alone added up to only about 44% of the net revenues of wheat production. This indicates that (i) carbon market revenues alone would not generate sufficient incentives to establish additional exclosures, and (ii) if all benefits are taken into account and financially rewarded, exclosures are competitive to alternative land uses. Mekuria *et al.* (7) identified substantial opportunities to mobilize the local communities. It is important to note that over those 30 years 90-95% of the sequestered carbon is soil carbon!

... and poverty reduction by adaptation

Dry land forests are often more degraded and void because they are more densely populated, generally by rural poor.

Climate change adaptation is a priority for most developing countries. In dry areas like the Sahel, trees do not only sequester carbon, but also redistribute water over different soil layers improving the growth of grasslands and crops.

As a matter of fact, saving carbon is not the top priority for smallholder farmers, but increased tree cover and agroforestry practices (using e.g. nitrogen fixing trees or exclosures) have the potential to increase and stabilise harvests, and deliver the ecosystem services farmers really need, while offering also opportunities to store carbon for the global community (1).

Development programs aimed at improved food security should explore ways to increase tree cover adapted to local conditions and achieve both mitigation and adaptation as part of the same integrated strategy.

Monitoring-Reporting-Verification

Most developing countries do not have comprehensive forest inventory data, raising the question on how reference scenarios can be created. Remote sensing based methodologies have improved significantly, albeit that in cases of low intensity forest timber harvesting, fuelwood collection, forest degradation, etc. direct monitoring will remain needed. Community based monitoring in the Sahel, India, Nepal and Tanzania have shown very promising results, also realising the above mentioned adaptation co-benefits (10, 11).

In dry areas sequestered carbon is dominantly soil carbon. It is definitely more difficult to measure than aboveground biomass, so there is an urgent need to invest more into research for this carbon pool (8).

Conclusions

1. The inherent problem of defining a forest (biophysical vs. legal) seriously undermines any REDD approach.
2. The current focus of the international REDD negotiations on forest carbon alone and especially on countries with high forest cover or high deforestation induces risks of large-scale leakage, especially in dry land forests and trees outside the 'forest'.
3. An ecosystem carbon approach through REALU (Reducing Emissions from All Land Uses) overcomes this leakage problem and also has a large potential for integrated adaptive development, where mitigation goes hand in hand with food security, biodiversity and poverty reduction.

Implications for ODA

ODA could help to acquire the needed capacity for REALU with **integrated programs** that focus on increased food security, better land use management, climate change mitigation and adaptation. In dry areas forest protection and/or increased tree planting will not only improve local development and climate adaptation. Proven mitigation could help fund this tree planting and forest protection.

A **simplified carbon accounting system** for developing countries, even temporary, until these countries have developed sufficient institutional capacity, will lower the entry point of LDC's to engage in REALU. This could be developed in accordance with the currently developed tiers 1, 2 and 3 for REDD.

Literature

1. Akkinifesi F., Muys B. & Ajayi O., 2009, Africa needs agroforestry to cut forest emissions. scidev.net.
2. Ekadinata A., Van Noordwijk M., Dewi S. & Minang P., 2010, Reducing emissions from deforestation, inside and outside the 'forest'. ASB Policy Brief 16. Nairobi, Kenya, ASB Partnership for the Tropical Forest Margins.
3. Eliasch J., 2008, Climate change: financing global forests, UK Office of Climate Change.
4. Guariguata M.R., Nasi R. & Kanninen M., 2009, Forest degradation: it is not a matter of new definitions. Conservation Letters, **2**, 6, 286-287.
5. IPCC, 2007, Summary for policy makers. Contribution of working group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, UK and New York, NY, USA., Cambridge University Press.
6. Klink C.A. & Machado R.B., 2005, Conservation of the Brazilian Cerrado. Conservation Biology, **19**, 3, 707-713.
7. Mekuria W., Veldkamp E., Tilahun M. & Olschewski R., 2010, Economic valuation of land restoration: the case of exclosures established on communal grazing lands in Tigray, Ethiopia. Land Degradation & Development.
8. Rossi J., Govaerts A., De Vos B., Verbist B., Vervoort A., Poesen J., Muys B. & Deckers J., 2009, Spatial structures of soil organic carbon in tropical forests-A case study of Southeastern Tanzania. Catena, **77**, 1, 19-27.
9. Sasaki N. & Putz F.E., 2009, Critical need for new definitions of "forest" and "forest degradation" in global climate change agreements. Conservation Letters, **2**, 5, 226-232.
10. Skutsch M., Van Laake P., Zahabu E., Karky B. & Phartiyal P., 2009, Community monitoring in REDD+. Realising REDD+: National strategy and policy options. A. Angelsen. Bogor, Indonesia, Center for International Forestry Research (CIFOR), 101-112.
11. Skutsch M.M. & Ba L., 2010, Crediting carbon in dry forests: the potential for community forest management in West Africa." Forest Policy and Economics, **12**, 4, 264-270.
12. Stern N., 2006, Stern review of the economics of climate change, her majesty's treasury, United Kingdom.
13. van der Werf G.R., Morton D.C., DeFries R.S., Olivier J.G.J., Kasibhatla P.S., Jackson R.B., Collatz G.J. & Randerson J.T., 2009, CO₂ emissions from forest loss. Nature Geoscience, **2**, 11, 737-738.
14. Van Noordwijk M. & Minang P., 2009, If we cannot define it, we cannot save it forests and climate change: adaptation and mitigation. European Tropical Forest Research Network (ETFRN) NEWS, 50, 5-10.
15. van Noordwijk M., Susswein P., Palm C., Izac A.M.N & Tomich T., 2001, Characterisation and diagnosis of land use practices. ASB Lecture Note, 1, 47.
16. Verchot L.V., Zomer R., Van Straaten O. & Muys B., 2007, Implications of country-level decisions on the specification of crown cover in the definition of forests for land area eligible for afforestation and reforestation activities in the CDM. Climatic Change, **81**, 3-4, 415-430.
17. Zomer R.J., Trabucco A., Coe R. & Place F., 2009, Trees on farm: analysis of global extent and geographical patterns of agroforestry. ICRAF Working paper. Nairobi, Kenya, World Agroforestry Centre.

KLIMOS is an interdisciplinary and interuniversity **research platform** focusing on **climate change adaptation** and **mitigation** issues in **development aid**. KLIMO O* platform is funded by the DGD and VLIR-UOS, Belgium.

The KLIMOS Policy Brief is a publication of KLIMOS, Celestijnenlaan 200E, 3000 Leuven, Belgium.
www.kuleuven.be/klimos

The opinions expressed in this Policy Brief are those of the authors and are not those of KLIMOS.

Acknowledgement

The authors are grateful for the funding they received by KLIMOS and the Belgian Science Policy Office (BELSPO) for the BE-REDD-I project.

Correct citation: Verbist B. & Muys B., 2010, Dryland areas, forgotten by REDD? KLIMOS-Policy Brief 2, KLIMOS, Leuven.

Cover photo: Dryland management in Ethiopia. Photo's by A. Mekuria

ORGANISATION

Concept of editors and objectives of TROPICULTURA

Agri-Overseas is an association created in order to establish common-interest professional relationships between people working on overseas rural development. It publishes the scientific and information publication "TROPICULTURA" which covers rural problems in developing countries. This publication is published every three months with the financial support of the «Directorate-General for Development Cooperation (D.G.D.), Federal Public Service Foreign Affairs, Foreign Trade and Development Cooperation Belgium». It benefits from the scientific patronage of the Belgian Royal Academy for Overseas Sciences (RAOS), of the support of the "Commission Universitaire pour le Développement" of the "Conseil Interuniversitaire de la Communauté française de Belgique (CUD-CIUF)", the authority of "Universitaire/Ontwikkelingssamenwerking" of the "Vlaamse Interuniversitaire Raad" (VLIR-UOS), and the "Région Bruxelles-Capitale".

Agri-Overseas is composed of both individual members and members of the following Belgian Institutions: the Belgian Royal Academy for Overseas Sciences (RAOS), the "Commission Universitaire pour le Développement" of the "Commission Universitaire pour le Développement du Conseil interuniversitaire de la Communauté française" (CUD-CIUF), the authority of "Universitaire/Ontwikkelingssamenwerking" of the "Vlaamse Interuniversitaire Raad" (VLIR-UOS), the four Faculties of Agronomy (Liège/Gembloux, Ghent, Leuven and Louvain-la-Neuve), the two Faculties of Veterinary Medecine (Ghent and Liège), the Department Animal Health of the Institute of Tropical Medecine in Antwerp, the Inter-faculty Section of Agronomy of the Université Libre de Bruxelles (Brussels), the Facultés Universitaires Notre-Dame de la Paix (Namur), the Department of Environment Sciences and Management from the University of Liège and the Directorate General for Development Cooperation.

Board

The Board of Agri-Overseas is as follows: Professor Dr J. Vercruyse, President; Professor Dr Ir G. Mergeai, Administrator; Dr E. Thys, Secretary; Professor Dr B. Losson, Treasurer; Professor J. Bogaert, CIUF-CUD representative member; Professor Ch. De Cannière, ULB representative member; Dr S. Geerts, RAOS representative member; Professor R. Merckx, VLIR-UOS representative member and Honorary Professor Dr Ir J. Hardouin, member.

Editorial Staff

The Publication Committee of TROPICULTURA is made up of Professor Dr Ir G. Mergeai, Chief editor, and the following editorial staff: Professor Ch. De Cannière for "The forestry, Service of Ecology of the landscape, and, the systems of vegetable production", Professor Dr J.-P. Dehoux for "Animal Production and Animal Life Control", Dr D. de Lame for "Sociology", Honorary Professor Dr Ir F. Malaisse for "Forestry and Ecology", Professor Emeritus Dr J.-C. Micha for "Fishing and Pisciculture", Professor Emeritus Dr Ir E. Tollens for "Rural Economy", Professor Dr Ir P. Van Damme for "Agronomy and Forestry", Professor Dr E. Van Ranst for "Soil Science", Professor Dr J. Vercruyse and Dr E. Thys for "Animal Health" and Ir. F. Maes, scientific associate. The secretariat deals directly with the other topics relevant to the revue (economy, sociology, etc ...).

Publication secretariat

11, rue d'Egmont B- 1000 Brussels – Belgium
Telephone: ++32.2.540 88 60/ 61; Fax.: ++32.2.540 88 59
Email: ghare.tropicultura@belgacom.net / mjdesmet.tropicultura@belgacom.net
Website: <http://www.bib.fsagx.ac.be/tropicultura/>

Distribution

The distribution of TROPICULTURA is free and may be obtained on request by writing to the publication Secretariat.

SCOPE OF THE PUBLICATION

TROPICULTURA publishes original articles, research and synthesis notes, book and thesis summaries as well as reviews of films and videos relative to all aspects of rural development: plant and animal production, veterinary science, forestry science, soil science, rural engineering, environmental sciences, bio-industry, agro-food science, sociology and economy.

INSTRUCTIONS TO AUTHORS

The themes of articles published in Tropicultura concern all that is relative to rural development and sustainable management of the environment in warm regions of the planet. Priority is given to articles with original subjects, with as wide a scope as possible, i.e. for which the content concerns especially methodological aspects which can be transposed in a wide range of environments and regions of the world. A particular accent is put on the reliability of the information published, which means, for experimental results, on the number of trial repetitions, in time and in space, at the origin of the data obtained.

Manuscripts must be original reports that have not been previously published, or simultaneously submitted elsewhere. They may be drafted in one of the following languages: English, Spanish, French or Dutch. Manuscripts should be sent in triplicate to the chief of the editorial board, either by post in paper form or directly, by electronic mail to the publication Secretariat, in the form of electronic files. Manuscripts should be typed with double spacing on one side of the paper (27 lines of 60 characters per DIN A4 page), with a margin of 3.5-cm minimum around the printed page. Texts should be no longer than ten pages (cover page, abstracts and references not included).

The cover page should include the title, the abridged title (55 characters maximum), the complete names and forenames of the authors, the complete professional address of each one, and any acknowledgements. The name of the corresponding author- to whom all correspondence should be sent should be marked with an "*" and the address should contain telephone and fax numbers as well as the electronic address. The following pages should provide: (i) an abstract (200 words maximum) in the manuscript's language and in English, preceded by the translated title and followed by a maximum six keywords in both languages; (ii) the main text; (iii) the references; (iv) only three tables numbered in Arabic numerals will be accepted; (v) illustrations clearly identified with a number on the back; (vi) captions of the illustrations and tables. All the pages should be continuously numbered. Only three figures will be accepted. They should be drawn in a professional manner. Photographs should be non-mounted, well contrasted on shiny paper.

Only the co-authors which have given a written agreement that their name may be published in a manuscript will appear in the final version of the article published in Tropicultura. The written agreements of the co-authors for this matter can be transmitted to the editorial committee by post or by e-mail. The agreement of the author's responsible organism is supposed accepted for all publication in Tropicultura. Agri-Overseas declines all responsibility in this matter.

The original submission may be in paper or electronic form. If possible, after acceptance, submission of the final revision is strongly encouraged on diskette or as an attached file. Word is the preferred software, but ASCII and RTF versions of the files are acceptable.

The text normally should be divided into Introduction, Material and methods, Results, Discussion and Conclusion. Text subdivision should not exceed two levels. Sub-titles, very concise, should be written in lower case letters and never underlined.

All references should be cited in the text with numbers in parentheses. For more than two references, numbers should follow in ascending order. References will be given in alphabetical order of author's name and in chronological order for a given author. They will be continuously numbered beginning with the number 1.

For journal publications, references will include author names preceded by forename initials, year of publication, complete title of the publication in the original language, name of the Journal, underlined volume number, number of the first and last page separated by a hyphen.

Example: Poste G., 1972, Mechanisms of virus induced cell fusion. Int. Rev. Cytol. 33, 157-222.

For monographs, the following elements are essential: author name followed by forename initials, year of publication, complete title of the publication, editor name, place of edition, first and last page of mentioned chapter, total number of pages in the publication. Conference proceedings are to have the same format as monographs; plus, they should mention if possible the place and date of the conference and the scientific editor(s).

Example: Korbach M.M. & Ziger R.S., 1972, Heterozygotes detection in Tay-Sachs disease a prototype community screening program for the prevention of recessive genetic disorders pp. 613-632, in: B.W. Volks & S.M. Aronson (Editors), Sphingolipids and allied disorders, Plenum, New-York, 205 p.

The Publication Committee is entitled to refuse any article which does not comply with the prescriptions above.

The articles are submitted to one or more referees chosen by the Editor and these referees will remain anonymous to the authors.

Once accepted for publication, the publication committee requires the different authors to transfer their publication rights to TROPICULTURA.

TROPICULTURA

2011 Vol. 29 N° 2

Four issues a year (April - May - June)

CONTENTS

ORIGINAL ARTICLES

Access to Arable Land by Rural Women in Cameroon (<i>in English</i>) Dorothy Engwali Fon	65
Olive Tree Response to Partial Root Drying during Three Consecutive Years (<i>in French</i>) Soumaya Dbara, M. Ben Mimoun & R. Hellali	70
Characteristics of the Growth and Fruits Production of Three Pepper Varieties <i>Capsicum annuum</i> L. under Saline Stress (<i>in French</i>) Samira Ibn Maaouia-Houimli, M. Denden, Bouthaina Dridi-Mouhandes & Samia Ben Mansour-Gueddes	75
Biochemical Screening for Osmotic Adjustement of Wheat Genotypes under Drought Stress (<i>in English</i>) Chorfi A. & K. Taibi	82
Germination and Initial Growth of <i>Neocarya macrophylla</i> (Sabine) Prance, a Oleaginous Species of Niger (<i>in French</i>) I. Dan Guimbo, K.J.M. Ambouta, A. Mahamane & M. Larwanou	88
Grain Yield and Growth Inhibition of Maize (<i>Zea mays</i> L.) on Strongly Acid Soils of Cameroon and Identification of Early Selection Criteria for Aluminium Tolerant Genotypes (<i>in French</i>) Delphine Mapiemfu-Lamaré, C.Thé, E. Tsoata, S. Zonkeng & Yvette Clarisse Mfopou Mewouo	94
Sedentarisation of the Population of Diopsid Flies in Rice Agro-systems in Benin (<i>in French</i>) Togola, E. Nwilene, B. Koné & D. Chougourou	101
Analysis of the Editorial Process of the Multidisciplinary Rural Development Journal Tropicultura (<i>in English</i>) E. Thys, G. Harelmana & G. Mergeai	107
Use of Guano as a Substitute for Di-Ammonium Phosphate (DAP) Fertilizer on Tomatoes and Soybeans in the Democratic Republic of Congo (<i>in French</i>) B.F. Nzuki, E.K. Kinkwono & B.G. Sekle	114
Morphometric Traits of Muscovy Ducks from Two Agro Ecological Zones of Nigeria (<i>in English</i>) A. Yakubu, F.G. Kaankuka & S.B. Ugbo	121
DGD'S ACTIVITIES	128

TROPICULTURA IS A PEER-REVIEWED JOURNAL INDEXED BY AGRIS, CABI, SESAME AND DOAJ

LITHO-OFFSET J.F. DE JONGHE • 696 CHSSEE DE GAND B1080 BRUSSELS • +32 (2) 465 77 17

With the support of
THE BELGIAN
DEVELOPMENT COOPERATION



Con el apoyo de
LA COOPERACIÓN BELGA
AL DESARROLLO

