

TROPICULTURA

2009 Vol. 27 N°4

Trimestriel (octobre- novembre- décembre)
 Driemaandelijks (oktober- november- december)
 Se publica po año (octubre- noviembre- diciembre)



Agricultrice au Rwanda avec sa vache Crédit: Vétérinaires Sans Frontières, Belgium.
 Photo: Florence Burette (2009)

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 DGCD www.dgcd.be,
 du Service public Fédéral Affaires étrangères, Commerce extérieur
 et Coopération au Développement www.diplobel.fgov.be,
 de l'Académie Royale des Sciences d'Outre-mer ARSOM, www.kaowarsom.be
 et de la Région Bruxelles Capitale

Met de steun van
 De Directie-Generaal Ontwikkelingssamenwerking DGOS www.dgos.be,
 de Federale Overheidsdienst Buitenlandse Zaken, Buitenlandse Handel
 en Ontwikkelingssamenwerking www.diplobel.fgov.be,
 de Koninklijke Academie voor Overzeese Wetenschappen KAOW, www.kaowarsom.be
 en van het Brusselse Gewest

BUREAU DE DEPOT - AFGIFTEKANTOOR
 BRUXELLES X / BRUSSEL X



SOMMAIRE / INHOUD / SUMARIO

ARTICLES ORIGINAUX/OORSPRONKELIJKE ARTIKELS/ARTICULOS ORIGINALES

- Technology Adoption and Productivity Difference among Growers of New Rice for Africa in Savanna Zone of Nigeria
Adoption de technologie et différence de productivité parmi des cultivateurs de nouveau riz pour l'Afrique dans la zone de la savane du Nigeria
Adoptie van technologie en verschil in productiviteit tussen telers van nieuwe rijst voor Afrika in het savannegebied van Nigeria
Adopción de tecnología y diferencia de productividad entre agricultores de nuevo arroz para África en la zona de la sabana de Nigeria
S.A. Tiamiyu, J.O. Akintola & M.A.Y. Rahji 193
- Utilisation agricole de plantes aquatiques, notamment en tant qu'amendement des sols, dans la province de Thua Thien Hue, Centre Vietnam. 2. Relevé des pratiques de terrain, enquête auprès des agriculteurs, impact potentiel sur l'écologie de la lagune de Tam Giang
Gebruik van waterplanten, hoofdzakelijk voor bodemverbetering, in de provincie Thua Thien Hue, Centraal Vietnam.. 2. Praktijken op het veld, enquête bij de landbouwers, mogelijk invloed op de ecologie van de lagune van Tam Giang
Utilización agrícola de plantas acuáticas, en particular como enmienda del suelo, en la provincia de Thua Thien Hue, Centro de Vietnam. 2. Inventario de las prácticas de terreno, encuestas ante los agricultores, impacto potencial sobre la ecología de la laguna de Tam Giang
P.-Y. Ancion, Hoang Thi Thai Hoa, Ton That P., Pham Khanh T., Chiang C.N. & J.E. Dufey 198
- Impact de l'upwelling côtier sur l'abondance et les tailles des marlins bleus, (*Makaira nigricans*, Lacepède, 1802) capturés au large de la Côte d'Ivoire par les artisans pêcheurs marins
Invloed van de kust upwelling op overvloed en grootte van blauwe marlijnen (*Makaira nigricans*, Lacepède, 1802) door ambachtelijke vissers gevangen ter hoogte van Ivoorkust
Impacto de la corriente marítima ascendente sobre la abundancia y el tamaño de los marlines azules, (*Makaira nigricans*, Lacepède, 1802), capturados en lo largo de la Costa de Marfil por los pescadores marinos artesanales
Y. Soro, K. N'Da & K.D. Koffi 205
- Resource Use Efficiency among Urban Vegetable Farmers in Akwa Ibom State, Nigeria
Analyse de l'efficacité de l'utilisation des ressources parmi les cultivateurs urbains de produits maraîchers dans l'état de Akwa Ibom au Nigeria
Efficiëntie analyse van hulpbronnengebruik door urbane groentekwekers in de Staat Akwa Ibom, Nigeria
Análisis de la eficiencia de la utilización de los recursos entre los agricultores urbanos de hortalizas en el estado de Akwa Ibom en Nigeria
U.E. Okon & A.A. Enete 211
- Analyse de l'efficacité technique des unités de transformation des céréales à partir d'une fonction de coût frontière
Analyse van de technische efficiëntie van transformatie eenheden voor graangewassen doormiddel van de functie van kostengrenzen
Análisis de la eficacia técnica de las unidades de transformación de cereales en base a una función de coste limite
R.M.-P. Medjigbodo 218
- Use of Correlation Relationships to Enhance Understanding of Pedogenic Processes and Use Potential of Vertisols and Vertic Inceptisols of the Bale Mountain Area of Ethiopia
Utilisation des corrélations statistiques pour améliorer la compréhension, des processus pédogénétiques et l'utilisation potentielle des vertisols et inceptisols de la région montagneuse de Bale en Ethiopie
Gebruik van statistische correlaties voor een beter begrip van pedogenetische processen en het potentieel gebruik van vertisols en inceptisols in de streek van de Bale berg in Ethiopië
Utilización de las correlaciones estadísticas para mejorar la comprensión de los procesos pedo-genéticos y la utilización potencial de vertisoles e inceptisoles de la región montañosa de Bale en Etiopia
B.P.K. Yerima, E. Van Ranst & A. Verdoodt 223
- Effet de prétraitements des semences sur la germination de *Prosopis africana* (Guill., Perrot. et Rich.) Taub., (Césalpiniaées)
Effect van zaadvoorbereiding op de ontkieming van *Prosopis africana* (Guill., Perrot. et Rijke.) Taub. (Césalpiniaaceën)
Efecto de los pretratamientos de las semillas sobre la germinación de *Prosopis africana* (Guill., Perrot. et Rich.) Taub. (Cesalpiniaeeae)
L.E. Ahoton, J.B. Adjakpa, M'po Ifonti M'po & E.L. Akpo 233
- Physico-chimie des pluies du sud Cameroun forestier
Fysico-chemie van regens in het zuidelijk woudgebied van Kameroen
Fisicoquímica de las lluvias del sur de Camerún forestal
Yvette Clarisse Mfopou Mewouo, J.R. Ndam Ngoupayou, M. Yemefack & V. Agoumé 239
- La situation agricole et alimentaire mondiale: causes, conséquences, perspectives
Landbouw - en wereldvoedingstoestand: oorzaken, gevolgen, vooruitzichten
La situación agrícola y alimenticia mundial: causas, consecuencias, perspectivas
M. Mazoyer 246
- LES ACTIONS DE LA DGCD/DE ACTIVITEITEN VAN DE DGIS/LAS ACTIVIDADES DE LA DGCD 253

ARTICLES ORIGINAUX

OORSPRONKELIJKE ARTIKELS

ORIGINAL ARTICLES

ARTICULOS ORIGINALES

Technology Adoption and Productivity Difference among Growers of New Rice for Africa in Savanna Zone of Nigeria

S.A. Tihamiyu^{1*}, J.O. Akintola² & M.A.Y. Rahji³

Keywords: New Rice for Africa- Complementary technology- Upland rice productivity- Technology adoption score- Guinea savanna zone- Nigeria

Summary

The use of New Rice for Africa (NERICA) and complementary rice production technology is being promoted by Nigeria government in order to increase productivity of upland rice farming. This study examines the levels, determinants and effects of complementary technology adoption on productivity of NERICA rice farming. Data for the study were obtained from sample survey of 227 NERICA rice farmers in the guinea savanna zone using multistage sampling technique. Data collected were analyzed using Tobit regression model and Cobb-Douglas production function. Results showed that the average technology score was 52.1 percent (± 0.242). Fifty-five percent of the farmers who scored above the mean were categorized as low technology users. Tobit regression estimation shows that farmers' technology score was affected significantly ($P < 0.05$) by farmer's level of education (0.0127), extension visit (0.0145), farming experience (0.0085), land ownership status (0.0687), credit use (0.0698) and level of rice commercialization (0.3783). Cobb-Douglas production estimation shows a neutrally outward shift in production function as the level of complementary technology increases, indicating increasing productivity. Thus, promotion of complementary technology in NERICA rice production is a worthwhile effort and should continue to be funded. Improvement of those factors that significantly affect adoption of complementary technology is recommended.

Résumé

Adoption de technologie et différence de productivité parmi des cultivateurs de nouveau riz pour l'Afrique dans la zone de la savane du Nigeria

L'utilisation du nouveau riz pour l'Afrique (NERICA) et la technologie complémentaire de production de riz est favorisée par le gouvernement du Nigeria afin d'augmenter la productivité de la production de riz de montagne. Cette étude examine les niveaux, les causes déterminantes et les effets de l'adoption complémentaire de technologie sur la productivité de la production du riz de NERICA. Des données pour l'étude ont été obtenues à partir de l'enquête par échantillonnage de 227 fermiers de riz de NERICA dans la zone de la savane de Guinée en utilisant la technique d'échantillonnage à plusieurs étages. Des données rassemblées ont été analysées en utilisant la fonction de production de modèle de régression de Tobit et de Cobb-Douglas. Les résultats ont prouvé que les points moyens de technologie étaient de 52,1 pour cent ($\pm 0,242$). Cinquante-cinq pour cent des fermiers qui ont marqué au-dessus de la moyenne ont été classés par catégorie en tant que faibles utilisateurs de technologie. L'évaluation de régression de Tobit montre que la technologie des fermiers ont été affectés sensiblement ($P < 0,05$) par le niveau d'éducation (0,0127), la visite de prolongation (0,0145), l'expérience (0,0085), le statut de propriété terrienne (0,0687), l'utilisation de crédit (0,0698) et le niveau de la commercialisation de riz (0,3783). L'évaluation de la fonction de production de Cobb-Douglas montre une variation extérieure neutre dans la fonction de production à mesure que le niveau de la technologie complémentaire augmente, indiquant la productivité croissante. Ainsi, la promotion de la technologie complémentaire dans la production de riz de NERICA est un effort valable et devrait continuer à être financée. L'amélioration de ces facteurs qui affectent de manière significative l'adoption de la technologie complémentaire est recommandée.

¹National Cereals Research Institute, Badeggi, Niger State, Nigeria.

²Department of Agricultural Economics, Bowen University, Osun State, Nigeria.

³Department of Agricultural Economics, University of Ibadan, Oyo State, Nigeria.

*Corresponding author, Telephone (GSM): +2348087377189, E-mail: satihamiyu@yahoo.com

Received on 08.06.09 and accepted for publication on 18.09.09.

Introduction

Self-sufficiency in rice production has been a major focus of food policy goal of Nigeria government in the last two decades due to deficit in rice production which has cost a substantial amount of foreign exchange to import rice into the country. In response to this goal, upland production system which is the most common and accessible among the three major production systems is being exploited for rice production (10). This effort has led to output growth mainly through increase in land area rather than productivity increase (4). The declining productivity was traced to low yield of upland production system when compared with the lowland and irrigated systems (2, 13). Success in achieving self-sufficiency in rice therefore depends largely on the extent to which upland rice yield can be increased. Toward this end, the New Rice for Africa (NERICA) which was specifically bred by scientists of Africa Rice Center (WARDA) to address the problem of low productivity of upland rice in sub-Sahara Africa has been introduced to Nigeria rice farming system through Multinational NERICA rice dissemination project which was launched in 2002. Recent studies in Nigeria have shown appreciable adoption of NERICA varieties by farmers (14, 15), however, no empirical study has been carried out to actually evaluate farmers' adoption of complementary technology in NERICA rice production and its impact on productivity of upland rice. This study is an attempt to provide empirical information on the possibilities of enhancing productivity gains in upland rice through adoption of complementary technology. The specific objectives of this study are: (i) to determine adoption rate and factors affecting farmers' adoption of complementary technologies and (ii) to analyze the effect of different level of technology adoption on productivity of rice farming.

Methodology

Kaduna and Nasarawa States in the savanna agro-ecological zone of Nigeria were chosen for this study, based on their consistent participation in NERICA dissemination activities since inception. Multistage sampling technique was adopted in selecting 227 growers of NERICA varieties that provided data for this study. Data were collected based on production activities for 2006 cropping season using structured questionnaires. Data collected were analyzed using Tobit regression model (1) and Cobb-Douglas production function (6).

Tobit regression equations are expressed as follows:

$$I = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + \dots + b_nX_n = f(X_i) \quad \dots \dots 1$$

$$\text{and } y = g(I) \quad \dots \dots 2$$

$$\text{where } y = 0 \quad \text{if } I < I^* \quad \dots \dots 3a$$

$$y = I - I^* \quad \text{if } I \geq I^* \quad \dots \dots 3b$$

Specifically: $y = biXi + ei$

Where y = level of technology adoption, bi = parameters of I , ei = random error term, Xi is socioeconomic variables i ($i= 1, 2, 3... 12$), such as:

age of farmers in years (X_1), education in number of years spent in schools (X_2), land tenure status (X_3) as dummy (1 for owners, 0 otherwise), years of rice farming experience (X_4), farm income in the previous year (X_5), farm family size (X_6), family labour (X_7), number of contact with extension agent per cropping season (X_8), membership of association (X_9) as dummy (1 for member, 0 otherwise), credit use (X_{10}) as dummy (1 for user, 0 otherwise), extent of commercialization (X_{11}) as fraction of total output offer for sale.

Adoption index of individual farmers was developed using the following formula (5):

$$Ali = \sum\{(ATi/RTi)ISi\}$$

where Ali is adoption index of i th farmer, AT is the level or quantity of input the farmer actually applied, RT is the recommended level or quantity of an input he ought to apply, ISi is the proportion of score attributable to a particular input (as given by percentage for each innovation). A maximum adoption score obtainable is fixed at 1 (100%), after summing up for all the elements of the package of recommendations. For each of the innovations, the weight assigned on conversion to the percentage scale is as follows (5 and 6): inorganic fertilizer 40%; improved cultural practices 30%; herbicide and other agrochemicals 20%; mechanical device (e.g. planter, tractor or animal traction) 10%. Farmer's group is dictated by his/her position with respect to grand mean adoption score. A farmer whose score is higher than the grand mean is said to be a high adopter of technology, otherwise he is categorized as low adopter.

Cobb-Douglas production functions in the logarithmic form were estimated for pooled sample of farmers and separately for each group of technology users (6) as follows:

$$\ln Y_L = \ln \alpha_1 + a_1 \ln X_1 + a_2 \ln X_2 + a_3 \ln X_3 + a_4 \ln X_4 + U_1 \quad \dots \dots 4$$

$$\ln Y_H = \ln \alpha_2 + b_1 \ln X_1 + b_2 \ln X_2 + b_3 \ln X_3 + b_4 \ln X_4 + U_2 \quad \dots \dots 5$$

$$\ln Y_p = \ln \alpha_3 + c_1 \ln X_1 + c_2 \ln X_2 + c_3 \ln X_3 + c_4 \ln X_4 + U_3 \quad \dots \dots 6$$

$$\ln Y_p = \ln \alpha_4 + d_1 \ln X_1 + d_2 \ln X_2 + d_3 \ln X_3 + d_4 \ln X_4 + d_5 D + U_4 \quad \dots \dots 7$$

where Y = total rice output (kg), X_1 = rice farm size (ha), X_2 = total labour used in rice production (mandays), X_3 = quantity of seeds used in planting (kg), X_4 = quantity of fertilizer (kg), D = technology use dummy, 1 for high, and zero for low level, U = error term and Subscript L, H, and P stand for low, high and pooled production functions respectively.

Results and discussion

The summary of farmers' socioeconomic characteristics and input use based on technology use classification was presented in table 1. The mean technology use score (index) for low technology category was 32% while that of higher technology group 75%.

The mean technology use score of the whole sample was 52 per cent indicating that rice farmers adopted about half of the complementary technology on the average. Forty five per cent of the sample farmers scored above the mean showing that majority of the sample farmer (55%) belongs to low technology adopters. This means that the adoption of technology had not made an appreciable headway and traditional methods of rice cultivation still dominate the production system. This low level of technology adoption may be responsible for the relatively lower yield of 1479 kg/ha obtained by the sampled farmers compared with the average of 2100 kg/ha obtained from NERICA rice trials conducted in 21 states by the National Rice/Maize Centre (7). In this study the mean yield for low technology users was 1212 kg/ha while it was 1786 kg/ha for high technology category.

Technology score was regressed against farmers' socioeconomic variables including: age of farmers, education, tenure status, farming experience, farm size, farm income, labour availability, membership of association, credit use, level of commercialization and extension contact. The choice of these variables

is based on the findings of previous studies on technology adoption (3, 8, 9, 11) which identify those variables as significant factors affecting agricultural technology adoption in developing countries.

Age of farmer is expected to influence technology adoption in any direction depending on his position in the life cycle, education level and experience. Younger farmers are more likely to be interested in adopting new technologies if they are not constrained by limited cash resources, while older farmers are less likely to be able to use new technologies if they require extra physical labour and/or older farmers may be less interested because they have less need for extra income. Age contributed positively if the level of farmer's education and experience in farming is high, and negatively, if the level of education and experience of farmers is low. Education is expected to affect the level technology adoption positively through effective skill acquisition in choosing better inputs.

Tenurial arrangement may influence the extent to which a given crop could be cultivated, in view of the problem posed by supply of land in Nigeria agriculture. Since inheritance was the most common form of ownership, it can be passed from one generation to the other. This arrangement is expected to affect technology adoption positively.

Farming experience could take on either negative or positive sign depending on the length of period. It is expected to demonstrate increasing returns

Table 1
Descriptive statistics of respondents based on technology use grouping

Socio-economic demographic variables	Low technology group N= 120	High technology group N= 106	All N= 226
Age of farmer (years)	48	39	44
Education (school year)	0.95	6.5	3.5
Tenure status (dummy)	0.56	1	0.76
Rice farming experience(year)	22	26	24
Farm income (N'000)	279	321	299
Family size	10	8	9
Family labour	7	6	6
Extension contact per season	0.9	6	3.2
Membership of association	0.27	0.67	0.45
Credit use	0	0.41	0.19
Commercialization level	0.55	0.75	0.64
Input-Output variables			
NERICA farm size (ha)	1.07	1.8	1.4
Labour use (mandays)	94 (88)	134 (74)	112 (83)
Quantity of seed (kg)	59 (55)	106 (59)	81 (57)
Quantity of fertilizer (kg)	92 (86)	277 (153)	178 (116)
Volume of herbicide (litres)	0.75 (0.70)	5.9 (3.3)	3.16 (2.0)
Output of rice paddy (kg)	1323	3263	1713
Yield (kg/ha)	1212	1786	1479
Index of technology use	0.32	0.75	0.52
Technology use score	0	1	0.45

Source: Computed from field data, 2006

*inputs use per hectare are in parenthesis.

up to a stage and later diminishing return as more elderly farmers have been reported to be more risk averse, hence are less likely to experiment with new technologies.

Income derived from the farming activities indicates the level of profit of the farmers. The expectation is that farmers will have as much capital to plough back into the production process in order to increase profit. Wealthier farmers are more likely to be able to afford and apply expensive inputs aimed at increasing productivity; hence income is expected to influence technology adoption positively.

The family size is an important socio-economic characteristic because it often determines how much family labour will be put into use on the farm and also determines the extent to which a household is able to respond to innovative change. The variable is expected to influence technology adoption positively.

Extension contact is very important determinant of technology adoption because, any newly developed technology is introduced to farmers through the activities of extension agents. A farmer whose contact with extension agents is very high is expected to be more familiar and more knowledgeable about the use of improved agricultural innovations. This variable is expected to be positively related to technology adoption.

Membership of association is expected to assist farmers to get easy access to credit and other production inputs. It can also enhance access to technological information. The sign of the parameter of this variable is expected to be positive.

Credit use is expected to assist farmers purchase necessary inputs for crop production. Many sources of credit give the farmer more chances of securing improved inputs. It also provides farmers with additional source of investment in new ideas and therefore is expected to be positively related to technology adoption.

Commercial farming in contrast to subsistence farming is more likely to contribute positively to technology use as farmers will strive hard to attain high level of productivity in order to earn maximum income possible. Commercialization is expected to empower farmers get access to cash which can be ploughed back into production to purchase necessary inputs for production. The extent of rice commercialization is defined in this study as the proportion of total rice output offered for sale to earn cash income. It is expected that this high level of commercialization will contribute positively to technology adoption.

The result of Tobit regression analysis is presented table 2. All the variables in the model except farm income have the expected signs and six are significant in explaining use of improved rice technologies. The positively related and significant variables include: farmers' level of education, extension visits, rice farming experience, land ownership, credit use and level of rice commercialization as expected. This means that improvement in these major factors would lead to higher level of technology use.

Results of the estimated Cobb-Douglas production function are presented in table 3. The signs of the parameters came out as expected in all the equations. The coefficient of farm size was statistically significant at 5%, except for low technology situation. Coefficients for labour, seeds and fertilizer were significant at 1% level in all equations. All parameters in the pooled equation were significant at 1% except technology dummy that was significant at 5%. Production function shifts neutrally outward with increase in the level of utilization of complementary technology.

Table 2
Tobit Model estimates for adoption of improved rice technologies

Variable	Coefficient	Std Err.	Mean
X ₁ (age)	-0.001384	0.001478	44
X ₂ (education)	0.01271 **	0.002412	3.5
X ₃ (tenure status)	0.06868**	0.01755	0.76
X ₄ (rice farming experience)	0.0085**	0.00271	23
X ₅ (farm income)	-0.00005	0.00008	298,700.44
X ₆ (family size)	0.00361	0.004275	9
X ₇ (family labour)	0.00038	0.00985	6
X ₈ (extension contact)	0.01446**	0.00356	3
X ₉ (membership of association)	0.01155	0.0152	0.45
X ₁₀ (rice farm size)	0.0356	0.021	3.24
X ₁₀ (credit use)	0.0698**	0.0245	0.19
X ₁₁ (extent of commercialization)	0.3783**	0.1113	0.64

**significant at 1%.

Table 3
Estimates of Cobb-Douglas production function for technology users

Technology	N	Constant	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	D*	R ²	F
1. Low**	120	0.899	0.166	0.814a	0.320a	0.282a		0.93	374
2. High**	106	2.637a	0.294b	0.452a	0.278a	0.314a		0.97	938
3. Pooled	226	1.839a	0.216b	0.537a	0.355a	0.324a		0.98	2739
4. Pooled +	226	1.967a	0.209b	0.541a	0.341a	0.300a	0.061b	0.98	2312

a significant at 1% b significant at 5% + with technology dummy variable, D

* D is not in logarithmic form **A farmer whose technology use score is less than the grand mean of 52% is said to be a low adopter, otherwise he is categorized as high adopter.

A comparison of low and high technology regressions show that:

*. the production function for the low technology users has a lower intercept than the production function of the high technology users. This implies that the higher technology gave a higher output per unit of each input than the lower technology. This shows that the farms with high technology were more productive;

*. labour, seed and fertilizer were positive and significant at 1% in all the equations, showing that use of those inputs in NERICA rice production is very essential;

*. the coefficients for labour and seed are higher for low technology users, showing that addition to output resulting from the use of units of labour and seeds is higher for the low technology users;

*. the coefficients for land and fertilizer are higher for high technology users, showing that addition to output resulting from the use of units of land and fertilizer is higher for the high technology users;

*. the use of technological innovations by farmers was

positively related to output and significantly influence output of rice paddy among the sampled farmers.

Conclusion

This study provides empirical information on the possibilities of enhancing productivity gains in upland rice through promotion of NERICA and complementary technology. Results show that adoption of complementary technology had not made an appreciable headway and traditional methods of rice cultivation are still predominant among rice farmers. Technology adoption is affected significantly by farmers' level of education, extension visits, rice farming experience, tenure status, credit use and level of rice commercialization. Use of complementary technology at relatively higher level will contribute to higher productivity of upland rice farming. It is therefore concluded that the promotion of complementary technology in NERICA rice production is a worthwhile effort and should continue to be funded by government. Those significant factors that positively affect technology adoption need to be improved if technology promotion is to be the policy focus in increasing upland rice productivity in Nigeria.

Literature

- Adesina A.A. & Zinnah M., 1993, Technology characteristics, farmers' perceptions and adoption decisions: a Tobit model application in Sierra Leone. *Agricultural Economics*, **9**, 1, 297-311.
- Akande S.O., 1994, Inter-regional economic competitiveness in the production of food grains in Nigeria. Unpublished Ph.D. Thesis, University of Ibadan, Nigeria.
- Baidu-Forson J., 1990, Factor influencing adoption of land-enhancing technology in the Sahel: lesson from a case study in Niger. *Agricultural Economics*, **20**, 231-239.
- Central Bank of Nigeria, 2005, Annual Report and Statement of Accounts. CBN p. 224.
- Chandra N. & Singh R.P., 1992, Determinants and impact of new technology adoption on tribal agriculture I Bihar, *Indian Journal of Agricultural Economics*, **47**, 3, 397-403.
- Dipeolu A.O., 2000, Technology use and labour requirements in small scale cassava-based farming in Ogun State, Nigeria. Unpublished Ph.D Thesis, Department of Agricultural Economics, University of Ibadan, Nigeria.
- Erenstein O., Lancon F., Osiname O. & M. Kebbeh, 2004, Operationalising the strategic framework for rice sector revitalization in Nigeri. Project Report – The Nigerian rice economy in a competitive world: constraints, opportunities and strategic choices. Abidjan, WARDA - The Africa Rice Centre.
- Feder G.R., Just R.E. & D. Zilberman, 1985, Adoption of agricultural innovations in developing countries: a survey, economic development and cultural change, **33**, 255.
- Kiresur V., Pandey R. & Mruthyunjaya K., 1995, Technological change in sorghum production: an econometric study of Dharwad farms in Karnataka, *India Journal of Agricultural Economics*, **50**, 2, 123-129.
- Longtau S.R., 2003, Multi-agency partnerships in West Africa agriculture: review and description of rice production systems. Report prepared by eco-systems development organisation for oversea development institute.
- Manyong V.M., Houndekon V.A., Sanginga P.C., Vissoh P. & Honlonkou A.N., 1999, Mucuna fallow diffusion in Southern Benin, the impact, International Institute of Tropical Agriculture, Ibadan, Nigeria.
- Nkonya E., Schroeder T. & Norman D., 1997, Factor affecting adoption of improved maize seed and fertilizer in Northern Tanzania, *Journal of Agricultural Economics*, **48**, 1, 1-12.
- Olagoke M.A., 1991, 'Efficiency of resource use in rice production systems in Anambra State, Nigeria *In*: Cheryl R. Doss and Carol Olson (Eds) ' Issues in African Rural Development. African Rural Social Sciences Research Networks.
- Spencer D., Doward A., Abalu G., Phillips D. & Ogungbile D., 2006, Evaluation of adoption of NERICA and other improved upland rice varieties in Nigeria. Report submitted to the Gatsby and Rockefeller Foundations.
- Tiamiyu S.A., Gana A.S. & Gbanguba A.A., 2006, Modern technology adoption and distribution of income from rice production in Nigeria pp. 247-255. *In*: L.T. Narteh, J.S. Tenywa, P. Nampala and G. Kawube (Editors) *Proceeding of the Africa Rice Congress, Dar-es-Salam, Tanzania, 29 July-3 August, 2006*, 354 p.

S.A. Tiamiyu, Nigerian, M.Sc., Principal Researcher, National Cereals Research Institute, Badeggi, Niger State, Nigeria.

J.O. Akintola Nigerian, Ph.D., Professor, Bowen University, Iwo, Osun State, Nigeria.

M.A.Y. Rahji, Nigerian, Ph.D., Professor, University of Ibadan, Ibadan, Oyo state, Nigeria.

Utilisation agricole de plantes aquatiques, notamment en tant qu'amendement des sols, dans la province de Thua Thien Hue, Centre Vietnam. 2. Relevé des pratiques de terrain, enquête auprès des agriculteurs, impact potentiel sur l'écologie de la lagune de Tam Giang

P.-Y. Ancion¹, Hoang Thi Thai Hoa², Ton That P.³, Pham Khanh T.², Chiang C.N.¹ & J.E. Dufey^{1*}

Keywords: Organic fertilization- Sandy soils- Cropping systems- Aquaculture- Vietnam

Résumé

*Etant donné leur texture sableuse, les sols de la zone côtière du Centre Vietnam et particulièrement de la province de Thua Thien Hue présentent une fertilité naturelle limitée qui peut être améliorée par l'apport d'amendements organiques. Dans cette région, nombre d'agriculteurs fertilisent leurs sols par des amendements de plantes aquatiques récoltées dans la lagune de Tam Giang. Le présent article fournit des données quantitatives et qualitatives sur cette pratique locale, sur la base d'une enquête auprès des agriculteurs et d'observations de terrain au début de l'année 2005. Sur 60 agriculteurs interrogés, 63% utilisent les plantes aquatiques pour fertiliser leurs cultures, principalement la patate douce, le manioc, le piment, le tabac et les légumes pour ceux qui en produisent; le riz et l'arachide sont rarement fertilisés de cette manière. Cette pratique est surtout répandue dans les communes du Nord de la lagune, avec une proportion de terres fertilisées de cette manière dépassant quelquefois 20%, et dans la zone sableuse entre la lagune et la mer, où cette proportion est généralement de l'ordre de 10 à 20%. Les espèces de la lagune les plus utilisées sont *Najas indica*, *Vallisneria spiralis*, *Potamogeton malaiianus* et diverses espèces algales. Selon les estimations des agriculteurs, les quantités utilisées varient de 0,45 à 10 tonnes de matière fraîche par an et par ferme, avec une moyenne de 3,5 tonnes. Les agriculteurs n'ont pas du tout conscience de l'impact possible du prélèvement de plantes aquatiques sur la durabilité de cette ressource de la lagune, le développement de l'aquaculture étant pointé comme premier responsable de la diminution de la biomasse observée en certains endroits par nombre d'entre eux.*

Summary

Agricultural Use of Aquatic Plants, mainly as Soil Amendment, in the Thua Thien Hue Province, Central Vietnam. 2. Field Practices, Survey among Farmers, and Possible Impact on the Tam Giang Lagoon Ecology

*The sandy soils of the coastal area of Central Vietnam, particularly in the Thua Thien Hue Province, have a limited natural fertility. Amending these soils with organic materials is the most important way to improve their productivity. In this region, numerous farmers are fertilizing their soils with aquatic plants collected from the Tam Giang lagoon. The present study aims to provide quantitative and qualitative data on this local practice, based on a survey among the farmers and on field observations carried out at the beginning of 2005. Among the 60 interviewed farmers, 38 (63%) use aquatic plants to fertilize their crops, mainly sweet potatoes, cassava, chili, tobacco, and vegetables. Rice and peanuts are not commonly fertilized by this way. This practice is particularly popular in the communes located in the North of the lagoon, where the proportion of lands fertilized in this way is sometimes higher than 20%, whereas in the sandy zone between the lagoon and the sea, it is generally around 10 to 20%. The most used species are *Najas indica*, *Vallisneria spiralis*, *Potamogeton malaiianus* plus various algae species. Following the farmers' estimations, the quantities actually used vary from 0.45 to 10 tons of fresh matter per year and per farm, with an average of 3.5 tons. The farmers are not at all conscious of the possible ecological impact of collecting plants for agricultural uses, particularly on the sustainability of the lagoon resources. Many of them believe that the plant biomass reduction that they have observed in recent years in the lagoon is mainly due to the development of aquaculture.*

¹Université catholique de Louvain, Soil Science Laboratory, Croix du Sud 2/10, 1348 Louvain-la-Neuve, Belgium.

²Hue University of Agriculture and Forestry, 102 Phung Hung, Hue City, Vietnam.

³Hue University, College of Sciences, 27 Nguyen Hue street, Hue City, Vietnam

*Auteur correspondant: J.E. Dufey, UCL-Sciences du sol, Croix du Sud, 2/10, 1348 Louvain-la-Neuve, Belgium.

Gsm: 0476 75 94 53 Email: Joseph.dufey@uclouvain.be

Reçu le 07.03.07 et accepté pour publication le 28.05.09.

Introduction

Le faible niveau de vie des agriculteurs de la zone côtière du Centre Vietnam est notamment lié à la faible productivité naturelle des sols sableux et aux aléas climatiques, inondations et sécheresses, qui rendent précaire l'assurance de rendements réguliers des récoltes. Sur ce type de sols, une bonne gestion du cycle des matières organiques dans les systèmes d'exploitation est indispensable, tant pour l'apport de nutriments à court terme que pour le maintien, voire l'augmentation, du pool de matière organique du sol. Les résidus de culture et les fumiers venant de l'élevage constituent les principales ressources organiques retournées au sol. Dans ces zones de topographie basse proches de la mer, les lagunes, les rivières, les canaux et les mares représentent une source importante de biomasse végétale pouvant être injectée dans le cycle des matières organiques propre aux systèmes de culture et d'élevage. La province de Thua Thien Hué est particulièrement favorisée sous cet aspect. En effet, la grande lagune de Tam Giang représente une superficie de l'ordre de 22.000 hectares (3, 4), à comparer aux 84.000 hectares de sols cultivés dans cette zone parmi lesquels 55.000 hectares de sols sableux (7, 9). De nombreux agriculteurs prélèvent les plantes aquatiques dans la lagune pour fertiliser leurs champs et nourrir leurs animaux. Il est donc intéressant d'étudier cette pratique empirique en vue d'en mesurer l'importance, tant qualitativement que quantitativement, et d'en tirer des enseignements quant à son efficacité et sa durabilité. Dans la zone côtière de la province de Thua Thien Hue, les surfaces cultivées sont principalement occupées par le riz (76%), la patate douce (7,6%), le manioc (6,6%), l'arachide (5,7%), le haricot (2,8%), les autres cultures (canne à sucre, tabac, sésame principalement) représentant chacune moins de 1% des terres cultivées (8).

Un premier article a dressé un inventaire des espèces végétales se développant dans la lagune de Tam Giang durant les mois de février à avril 2005; leur abondance a été estimée en divers sites ainsi que leur contenu en éléments nutritifs potentiellement utilisables par les cultures (1). Ce deuxième article complète l'étude par un relevé de l'utilisation des plantes aquatiques sur le terrain en tant qu'amendement des sols et par une enquête auprès des agriculteurs sur divers aspects de cette pratique. Quelques éléments sont fournis en fin d'article sur l'impact possible du prélèvement de plantes aquatiques sur l'écologie de la lagune de Tam Giang.

Méthodes

Plus de 300 observations sur la récolte, les modes de transport et l'application des plantes aquatiques par

les agriculteurs ont été effectuées en février, mars et avril 2005 dans la zone côtière sableuse de la province de Thua Thien Hue de part et d'autre de la lagune de Tam Giang. Cette période correspond au début de la saison sèche où toutes les cultures d'hiver-printemps ont été implantées et où les agriculteurs disposent des plantes aquatiques sur les sols. Par ailleurs, une enquête a été réalisée auprès de 60 agriculteurs des villages de Dong Cao (commune de Quang Thai), Thuy Lap (commune de Quang Loi), Xuan Thien Thuong (commune de Vinh Xuan) et Nghia Lap (commune de Vinh Phu) (Figure 1). Le choix des agriculteurs soumis à l'enquête et des communes cibles, deux au Nord et deux au Sud de la lagune, a été opéré sur la base d'une enquête agricole et socio-économique approfondie effectuée en 2004 (10). Les questions portaient sur l'utilisation ou la non utilisation de plantes aquatiques, sur les espèces utilisées à diverses fins, sur le mode de récolte de ces plantes, sur les cultures fertilisées de cette façon, sur les quantités utilisées et les modes d'application en champ, sur l'amélioration de la fertilité des sols et sur d'éventuels impacts de cette pratique sur l'écologie de la lagune de Tam Giang.

En complément à cette enquête, nous avons tenté de déterminer le pourcentage des surfaces cultivées fertilisées par des plantes aquatiques. De façon à couvrir toute la région voisine de la lagune, 38 sites ont été sélectionnés en fonction de trois critères principaux: ces sites devaient couvrir de un à trois hectares, être majoritairement occupés par des cultures annuelles autres que le riz (culture rarement fertilisée par des plantes aquatiques) et être situés à des distances variables de la lagune, jusqu'à environ 5 km. Parmi ces 38 sites, trois étaient localisés dans chacun des 4 villages sur lesquels a porté l'enquête. Les terres occupant les sites d'observation appartenaient toujours à plusieurs agriculteurs.

Résultats et discussion

Importance de l'utilisation de plantes aquatiques par les agriculteurs

Dans les quatre villages où s'est déroulée l'enquête, 40 agriculteurs sur les 60 répondent qu'ils utilisent des plantes aquatiques, soit pour nourrir leurs animaux, soit pour fertiliser leurs cultures. Parmi ces 40 personnes, 38 (63%) répondent utiliser des plantes aquatiques pour fertiliser leurs cultures. Cette utilisation est maximale (80% des agriculteurs) à Quang Thai et Vinh Phu.

En ce qui concerne les éleveurs de bétail, la plupart des agriculteurs ayant répondu qu'ils élèvent des animaux, affirment utiliser des plantes aquatiques

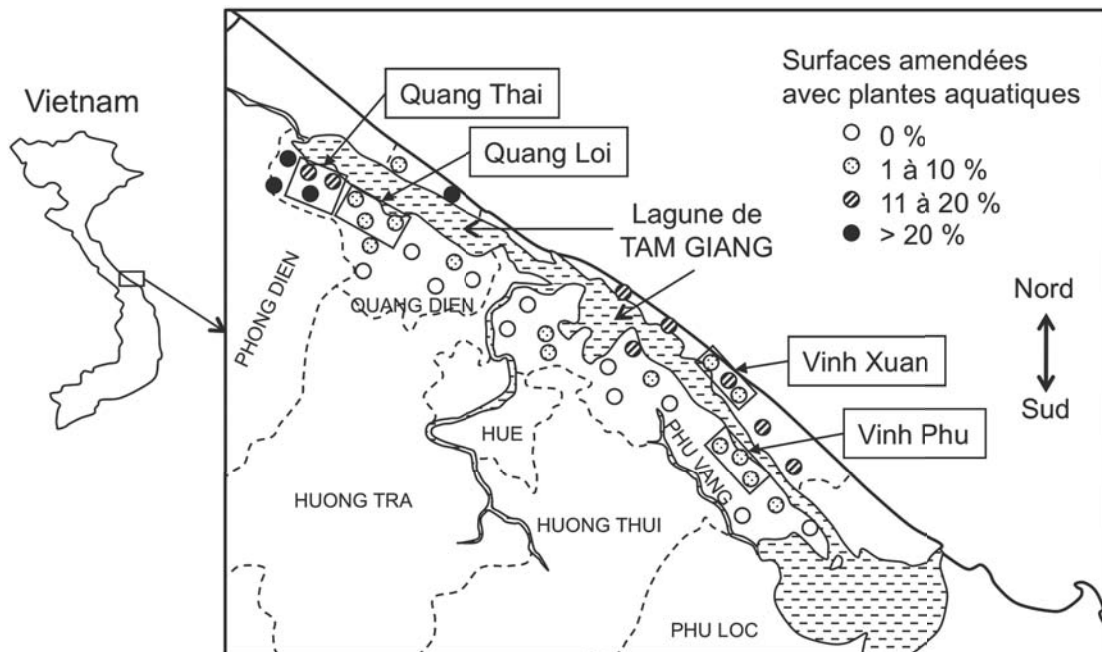


Figure 1: Localisation des 38 sites d'observation de l'utilisation des plantes aquatiques et proportion des terres amendées par ces plantes en mars 2005 (carte schématique tracée par les auteurs).

pour nourrir leur bétail (13 sur 14) et quelques-uns pour nourrir leurs poissons.

L'enquête nous permet d'estimer l'importance de cette technique au sein des quatre villages ciblés. Cependant, ces résultats ne sont pas extrapolables a priori à la totalité de la région. En effet, ces quatre villages se situent au bord de la lagune et sur les axes de transport principaux; ils constituent donc des lieux privilégiés pour l'obtention (récolte ou achat) de plantes aquatiques. Ceci n'est pas le cas pour les villages se trouvant plus loin de la lagune. Une estimation plus générale de l'utilisation de plantes aquatique a donc été effectuée sur la base d'observations du pourcentage des surfaces cultivées amendées, à un moment donné, par les plantes aquatiques en 38 sites dispersés dans la zone côtière. La localisation de ces sites et les résultats sont présentés de façon globale à la figure 1.

Notre enquête montre que cette technique de fertilisation est particulièrement répandue dans la région de Quang Thai où plus de 20% des surfaces cultivées sont amendées par des plantes aquatiques, cette proportion dépassant 50% sur certains sites. Les cultures de la bande sableuse située entre la lagune et la mer sont aussi fréquemment fertilisées avec des plantes aquatiques (15 à 20% de la surface). Les résultats montrent aussi que les plantes aquatiques sont surtout utilisées à des distances relativement faibles de la lagune, ces plantes étant beaucoup moins fréquemment utilisées à plus de trois ou quatre kilomètres de la lagune.

L'utilisation de plantes aquatiques est moins fréquente

dans le district de Phu Loc (Figure 1) où la plaine proche de la lagune est essentiellement occupée par des rizières et nous verrons ci-après que le riz est rarement fertilisé par cette technique.

Il faut noter aussi que, contrairement aux plantes de la lagune, la jacinthe d'eau est disponible dans toute la province et que la fertilisation à l'aide de cette espèce est pratiquée sur une zone beaucoup plus étendue que celle où sont utilisées les plantes lagunaires.

Cultures fertilisées par des plantes aquatiques

Si beaucoup d'agriculteurs répondent qu'ils utilisent des plantes aquatiques, il faut cependant remarquer que cette fertilisation n'est pas appliquée indifféremment à toutes les cultures. Le tableau 1 reprend les différentes cultures et le nombre de fois qu'elles ont été citées comme culture fertilisée de cette manière par les 38 agriculteurs utilisant des plantes aquatiques comme amendement du sol. Il en ressort que les plantes aquatiques sont particulièrement appliquées aux cultures de patate douce, de manioc et de piment. Viennent ensuite le tabac et les légumes qui sont fertilisés un peu moins fréquemment, puis le riz et l'arachide qui ne sont que très peu fertilisés par apport de plantes aquatiques. La raison principale est que les cultures vivrières autres que le riz sont très généralement situées au voisinage des fermes et cultivées sur billons, alors que les rizières de chaque agriculteur sont le plus souvent regroupées dans de larges étendues sur les sols les plus propices (moins sableux) et sont donc généralement éloignées des habitations et moins proches de la lagune (zone

dominée par des sols très sableux). Il en va de même de l'arachide, souvent cultivée en saison sèche (printemps-été) sur des parcelles occupées par des rizières durant la saison précédente (hiver-printemps). La manipulation et le transport des récoltes de plantes aquatiques représentent un travail ardu et les agriculteurs les disposent sur les parcelles les plus proches, au pied des plantes cultivées sur billons. L'application de biomasse fraîche sur les rizières poserait aussi un problème de préparation du sol (labour sur boue) et de minéralisation en conditions anaérobies.

Il est aussi intéressant de comparer le nombre d'agriculteurs qui affirment fertiliser un type de culture par rapport au nombre d'agriculteurs qui pratiquent cette culture (Tableau 2). En effet, certaines cultures, telles que celle du piment, sont plus répandues que d'autres. Il est donc normal qu'un nombre plus important d'agriculteurs citent ces cultures. Les résultats mettent clairement en évidence que le tabac et les légumes sont moins souvent cultivés que les autres espèces mais très souvent fertilisés par des plantes aquatiques. Le piment, le manioc et la patate douce sont cultivés par un grand nombre d'agriculteurs et fréquemment fertilisés. L'arachide et le riz sont quant à eux souvent cultivés mais rarement fertilisés avec des plantes aquatiques. En ce qui concerne les cultures non mentionnées dans le tableau 2, l'enquête révèle que chaque fois qu'ils sont mentionnés dans les cultures, le taro, les pois et les potirons sont fertilisés par des plantes aquatiques.

Modes de récolte des plantes aquatiques et application au champ

Les plantes aquatiques sont récoltées de diverses manières. Des quantités limitées, par exemple pour fertiliser le potager familial, sont récoltées à la main dans des zones d'eaux peu profondes. Pour des quantités importantes, un râteau muni d'un long manche est utilisé à partir d'une barque. Certains paysans se sont spécialisés dans la récolte et le commerce des plantes aquatiques. Le prix d'une remorque de plantes se situe entre 150.000 et 300.000 VND (7,5 à 15 euros) pour une biomasse de 1 à 2

tonnes. A titre de comparaison, la valeur marchande du fumier de ferme est de l'ordre de 300.000 à 350.000 VND par tonne.

Les plantes aquatiques sont généralement disposées directement sur le champ ou quelques jours après la récolte. Le compostage est assez rare (2 cas relevés dans l'enquête). Parmi les agriculteurs ayant répondu à la question sur la fréquence d'application de plantes aquatiques sur une culture donnée, dix ne pratiquent cette technique qu'une seule fois par an, huit deux fois par an et seize plus de deux fois par an, jusqu'à 6 ou 7 fois par an pour certains, les fréquences les plus élevées étant observées à Quang Thai.

Les plantes aquatiques sont étalées en ligne à la surface des billons, technique de préparation du sol généralisée sauf pour le riz et quelquefois l'arachide. Elles sont rarement incorporées au sol. L'application se fait au stade de début de croissance des cultures vu que les plantes aquatiques ne peuvent être récoltées qu'après la saison des pluies, à une époque où les cultures ont déjà été implantées. La disposition des plantes aquatiques en surface permet leur lessivage par les pluies de février-avril (les pluviométries moyennes de ces mois étant de l'ordre de 50 à 100 mm/mois) et la libération d'éléments facilement extractibles des résidus végétaux, tel que le potassium, profite directement à la culture. Comme les sols sont très sableux, une application aux stades très précoces des plantes conduirait à une lixiviation de ces éléments en profondeur, hors de portée des racines. Une incorporation au sol accélérerait aussi la minéralisation et une partie de l'azote ainsi libéré pourrait être perdue pour les cultures à une période où leurs besoins sont encore limités.

Espèces de plantes aquatiques utilisées par les agriculteurs

Il était demandé aux agriculteurs, dans l'enquête, de citer toutes les espèces de plantes aquatiques utilisées et d'en préciser la destination (fertilisation, alimentation du bétail ou alimentation des poissons).

Le tableau 3 reprend les plantes utilisées pour la fertilisation des cultures, selon l'enquête. *Najas*,

Tableau 1
Cultures amendées par des plantes aquatiques citées par les 38 agriculteurs pratiquant cette technique (nombre de citations)

Culture	Riz	Patate douce	Manioc	Piment	Arachide	Tabac	Légumes	Autres
Réponses	1/38	27/38	22/38	31/38	3/38	14/38	7/38	9/38

Tableau 2
Nombre d'agriculteurs fertilisant un type de culture donnée par rapport au nombre d'agriculteurs pratiquant cette culture (Remarque: seules les données provenant des formulaires dans lesquels les agriculteurs ont détaillé les plantes qu'ils cultivent sont reprises dans ce tableau)

Culture	Riz	Patate douce	Manioc	Piment	Arachides	Tabac	Légumes
Réponses	1/35	19/33	16/26	24/30	0/29	14/14	7/7

Tableau 3
Espèces aquatiques de la lagune utilisées par les agriculteurs pour la fertilisation des cultures: nombre de réponses affirmatives parmi les 38 agriculteurs utilisant les plantes aquatiques comme amendement de leurs cultures

Espèces	Nombre de réponses positives
<i>Najas indica</i> et <i>Najas minor</i>	30 / 38
<i>Vallisneria spiralis</i>	27 / 38
<i>Cymodoceae rotundata</i> + <i>Halodule tridentata</i>	4 / 38
<i>Hydrilla verticillata</i>	6 / 38
<i>Potamogeton malaianus</i>	16 / 38
<i>Myriophyllum spicatum</i>	1 / 38
Algues	26 / 38
Autres	2 / 38

Vallisneria, *Potamogeton* et différentes algues sont les plantes de la lagune les plus utilisées. Les autres espèces sont plus rarement utilisées. Les observations montrent cependant que *Myriophyllum spicatum* est fréquemment utilisée mais un problème de traduction semble être intervenu dans l'enquête, cette plante étant fréquemment récoltée dans les rivières alors que les agriculteurs étaient interrogés sur les plantes de la lagune. De même, la jacinthe d'eau (*Echhornia crassipes*) est un amendement courant mais il s'agit d'une plante d'eau douce non récoltée dans la lagune.

La différence entre les villages est peu marquée. En effet, bien que *Vallisneria*, *Potamogeton* et *Hydrilla* ne se rencontrent pas ou rarement dans la lagune à la hauteur des villages de Vinh Phu et Vinh Xuan, ces espèces sont souvent utilisées par les agriculteurs qui vont les récolter dans une autre région en bateau ou qui les amènent par camion. Les seules différences remarquables concernent *Cymodoceae* et *Halodule* utilisées uniquement, selon l'enquête, dans les villages de Vinh Phu et Vinh Xuan.

Les données fournies dans notre article précédent (1) indiquent que, à l'exception de *Hydrilla*, *Cymodoceae* et *Halodule*, toutes les espèces citées ci-dessus présentent une teneur en azote supérieure à 2%, ce qui, en principe, leur confère une bonne valeur fertilisante. Dans une autre étude (6), des essais en pots ont toutefois montré que *Myriophyllum spicatum* et *Echhornia crassipes* étaient moins efficaces en terme de fourniture azotée que *Najas indica* et *Vallisneria spiralis*, alors que *Hydrilla verticillata* présentait une valeur fertilisante comparable à celle de *Najas indica*. Ceci peut être dû à des différences entre périodes et modes de récolte, les essais en pots ayant été réalisés sur des plantes saines sans

racines et bien nettoyées, alors que dans la présente étude, le mode de récolte se rapprochait autant que possible des pratiques des agriculteurs qui prélèvent globalement les plantes avec des quantités variables de racines et de sédiments d'ancrage; les teneurs en azote du matériel récolté en est évidemment affecté.

En ce qui concerne l'alimentation animale, 17 agriculteurs déclarent utiliser les plantes aquatiques de la lagune à cette fin. La fréquence d'utilisation des espèces est présentée au tableau 4. A nouveau les espèces les plus souvent utilisées sont *Vallisneria* et *Najas*. Les algues sont par contre un peu moins utilisées que pour la fertilisation. *Hydrilla* et *Potamogeton* sont aussi utilisées, mais moins souvent, tandis que les autres espèces n'ont pas été citées.

Quantités utilisées par les agriculteurs

Les quantités utilisées selon les estimations des agriculteurs varient entre 0,45 et 10 tonnes de masse fraîche par an et par ferme. La moyenne est de 3,5 tonnes par an et par agriculteur (écart type $\sigma = 2,2$). Cette moyenne est beaucoup plus élevée dans les communes de Quang Thai et Quang Loi, respectivement 4,9 tonnes ($\sigma = 2,5$) et 4,2 tonnes ($\sigma = 1,7$) que dans les communes de Vinh Xuan et Vinh Phu, respectivement 2,3 ($\sigma = 1,6$) et 2,2 tonnes ($\sigma = 1,5$) par an et par agriculteur.

Une sous-question posée lors de l'enquête portait sur la répartition des quantités utilisées à diverses fins: fertilisation ou nourriture pour les animaux. Ainsi un agriculteur qui fertilise ses cultures avec des plantes aquatiques utilise en moyenne 3,5 tonnes par an ($\sigma = 2,2$) pour la fertilisation (calculs à partir de 31 réponses) et un éleveur nourrissant son bétail avec des plantes aquatiques le ferait à raison de 460 kg par an ($\sigma = 430$) (calculs à partir de 11 réponses).

Raisons de non utilisation des plantes aquatiques par certains agriculteurs

Parmi les agriculteurs utilisant les plantes aquatiques et ayant répondu à la question sur la valeur fertilisante, 36 affirment que cette pratique augmente la fertilité du sol et un seul estime ne pas noter de différence. Parmi les agriculteurs qui n'utilisent pas de plantes aquatiques pour fertiliser leurs cultures, aucun ne donne comme argument la non efficacité de la pratique. Il semble donc très clair aux yeux des paysans que les plantes aquatiques ont un effet bénéfique sur la fertilité du sol et, en conséquence, sur le développement des cultures.

Tableau 4
Utilisation des plantes aquatiques de la lagune en alimentation animale: nombre de réponses positives sur les 17 agriculteurs déclarant utiliser ces plantes à cette fin

Espèces	<i>Najas</i>	<i>Vallisneria</i>	<i>Hydrilla</i>	<i>Potamogeton</i>	Algues
Nombre de réponses positives	10/17	14/17	2/17	2/17	4/17

Vingt agriculteurs n'utilisant pas les plantes aquatiques justifient leur choix principalement parce qu'ils produisent assez de fumier (14/20) ou par manque de temps pour récolter et appliquer les plantes (12/20). Trois d'entre eux précisent qu'ils n'ont plus le temps car ils pratiquent l'aquaculture. Cinq disent ne pas avoir assez d'argent pour acheter les plantes aquatiques, trois préfèrent les engrais minéraux. Finalement, trois évoquent la difficulté d'atteindre la lagune ou la diminution des quantités de plantes due au développement de l'aquaculture.

Impact environnemental sur la lagune de Tam Giang

La question de l'impact environnemental causé par la récolte de plantes aquatiques est essentielle. La présente étude n'a pas porté spécifiquement sur cet aspect, mais quelques jalons peuvent être posés pour guider des recherches ultérieures.

La lagune de Tam Giang présente une biodiversité remarquable (4) résultant de conditions écologiques très diversifiées liées tant aux variations spatiales et saisonnières de salinité que de la profondeur de l'eau et de la nature des sédiments d'ancrage des macrophytes. L'équilibre de cet écosystème est fragile et est soumis à des évolutions rapides résultant tant de causes naturelles que des activités anthropiques: pollution par les pesticides, par les effluents organiques de la ville de Hué et par les huiles de moteur des bateaux, construction de barrages sur les rivières (2), surexploitation des produits de la pêche (5), développement de l'aquaculture (3). La pratique de l'aquaculture s'est fortement intensifiée ces dernières années, passant d'une superficie de 3.851 ha en 2002 à 5.283 ha en 2006, dont près de 60% pour l'élevage de crevettes (8).

L'impact du prélèvement de plantes aquatiques sur l'écosystème en vue d'une utilisation agricole a fait l'objet de peu d'attention jusqu'à présent, sans doute parce qu'il s'agit d'une activité non polluante et parce que les quantités prélevées sont vraisemblablement perçues comme marginales par rapport au potentiel de production de biomasse de la lagune. L'avis des agriculteurs est particulièrement intéressant à analyser à cet égard. Notre enquête comportait une question sur leur perception de l'impact écologique de la récolte de plantes. Il était demandé aux agriculteurs pratiquant cette technique s'ils pensaient que la récolte de plantes aquatiques améliorerait, détériorait ou n'avait pas d'effet sur l'écosystème. Trente-six ont répondu qu'elle n'avait pas d'effet et un a répondu qu'elle améliorerait l'écosystème. Aucun n'a répondu qu'elle pouvait avoir un effet négatif. Une autre question portait sur les quantités de plantes disponibles dans la lagune. Il était demandé aux agriculteurs s'ils avaient observé

une diminution ou une augmentation de la quantité de plantes dans la lagune. Huit ont répondu avoir observé une augmentation, essentiellement à Quang Loi, tandis que vingt-cinq ont répondu avoir observé une diminution des quantités, causée selon eux par le développement de l'aquaculture. Aucun n'invoque l'effet de la récolte des plantes à des fins agricoles. Il est donc important de souligner que les agriculteurs n'ont pas conscience d'un impact possible de leurs pratiques sur l'écologie de la lagune.

Conclusion

Cette étude a montré que la récolte de plantes aquatiques pour la fertilisation des cultures est une technique courante puisqu'elle est pratiquée par environ deux tiers des agriculteurs interrogés dans la zone côtière sableuse, cette proportion allant jusqu'à 80% dans certaines communes. De très nombreux éleveurs utilisent aussi ces plantes pour nourrir leur bétail. Les surfaces fertilisées de cette façon sont particulièrement élevées dans les communes jouxtant la partie Nord de la lagune de Tam Giang et dans la bande sableuse entre la lagune et la mer. Cette technique devient plus rare à l'intérieur des terres, dans les zones éloignées de quelques kilomètres de la lagune. Le riz et l'arachide sont rarement fertilisés par des plantes aquatiques, les cultures les plus ciblées par cette technologie étant la patate douce, le manioc, le piment, le tabac et les légumes pour ceux qui en produisent. Un marché de récolte et vente de plantes aquatiques s'est développé parallèlement aux récoltes pratiquées par les agriculteurs eux-mêmes. Les espèces les plus utilisées, outre la jacinthe d'eau qui ne provient pas de la lagune, sont *Najas indica*, *Vallisneria spiralis*, *Potamogeton malaianus* et différentes espèces algaires. Les macrophytes citées sont particulièrement riches en azote, ce qui leur confère un potentiel de fertilisation intéressant. Les quantités utilisées sont en moyenne de l'ordre de 3,5 tonnes par an et par agriculteur, appliquées en une ou plusieurs fois.

La question de l'impact écologique possible du prélèvement de plantes aquatiques sur l'écologie de la lagune mérite d'être approfondie. En effet, les agriculteurs n'ont pas du tout conscience de leur impact éventuel sur l'évolution des ressources de la lagune de Tam Giang, incriminant généralement l'aquaculture comme responsable de la diminution de la biomasse disponible observées par nombre d'entre eux.

Remerciements

Les auteurs remercient la CUD (Commission de Coopération au Développement des universités francophones de Belgique) pour le soutien financier apporté à ce projet de recherche. P.-Y. Ancion et Hoang Thi Thai Hoa remercient aussi la CUD et l'Université catholique de Louvain pour l'octroi de bourses de voyage et de recherche au Vietnam et en Belgique.

Références bibliographiques

1. Ancion P.Y., Hoang Thi Thai H., Ton That P., Pham Khanh T., Chiang C.N. & Dufey J.E., 2009, Utilisation agricole de 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.
2. BIVP, 2004, Sourcebook of existing and proposed protected areas in Vietnam (2nd Ed.), Birdlife International Vietnam Programme & the Forest Inventory and Planning Institute, Published by Birdlife International in Indochina, (<http://www.birdlifeindochina.org/>), Hanoi.
3. Brzeski V.J. & Newkirk G.F. (Ed.), 2002, Lessons in resource management from the Tam Giang lagoon, The Gioi Publishers, Hanoi, 237 p.
4. Do Trinh H. (Ed.), 2003, Atlas des lagunes de Thua Thien Hue. Connaissance pour un développement durable, Hue University, College of Sciences, and Université de Lille I, 111 p.
5. ICEM - International Centre for Environmental Management, 2003, Vietnam national report on protected areas and development. Review of Protected Areas and Development in the Lower Mekong River Region, Indooroopilly, Queensland, Australia, 60 p.
6. Nève C., Ancion P.-Y., Hoang Thi Thai H., Pham Khanh T., Chiang C.N. & Dufey J.E., 2009, Fertilization capacity of aquatic plants used as soil amendment in the coastal sandy area of Central Vietnam. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* (in press).
7. Nguyen Cong L. (Ed.), 2006, Statistical yearbook 2005. Thua Thien Hue Statistical Office, Hue Printing Company, 276 p.
8. Nguyen Cong L. (Ed.), 2008, Statistical yearbook 2007. Thua Thien Hue Statistical Office. Hue Printing Company, 385 p.
9. Nguyen Van T., 2004, Characteristics of coastal arenosol soils and present utilization in Northern Central region. *Vietnam Soil Science Journal* **20**, 25-29 (en vietnamien).
10. Pham Khanh T., Hoang Thi Thai H., Hoang Nghia D., Le Dinh H., Nguyen Dang H., Nguyen Thi D., Nguyen Minh H., Le Duc N., Pham Quang H., Lebaillly P., Francis F., Haubruge E., Bragard C., Dufey J.E., 2005, Farming systems in the sandy area of the Thua Thien Hue Province, Central Vietnam. Survey of socio-economic situation and constraints identified by farmers. *In: Management of Tropical Sandy Soils for Sustainable Agriculture. Proceedings Symposium Khon Kaen, Thailand, Nov 28 -Dec 2, 2005*, FAO Corporate Document Repository, 75-80.

P.-Y. Ancion, belge, doctorant, University of Auckland, New Zealand.

Hoang Thi Thai Hoa, vietnamienne, MSc, Professeur, Hue University of Agriculture and Forestry, Vietnam.

Ton That P., vietnamien, PhD, Professeur, College of Sciences at Hue University, Vietnam.

Pham Khanh T., vietnamien, MSc, Professeur, Hue University of Agriculture and Forestry, Vietnam.

Chiang C.N., belge, PhD, Professeur, Université catholique de Louvain, Belgique.

J.E. Dufey, belge, PhD, Professeur, Université catholique de Louvain, Belgique.

Impact de l'upwelling côtier sur l'abondance et les tailles des marlins bleus, (*Makaira nigricans*, Lacepède, 1802) capturés au large de la Côte d'Ivoire par les artisans pêcheurs marins

Y. Soro¹, K. N'Da² & K.D. Koffi¹

Keywords: Artisan fishery- Temperature- Upwelling- Landings- Ivory Coast

Résumé

Cette étude est axée sur les marlins bleus (*Makaira nigricans*, Lacepède, 1802) débarqués au port d'Abidjan (Côte d'Ivoire) entre février 2006 et janvier 2007 par les pêcheurs artisans marins. Pendant la Grande Saison Chaude (GSC) en mars-avril-mai, la température moyenne est de 28,61 °C. Avec un Effort de Pêche (EP) de 3.874 pirogues, 285 marlins bleus ont été débarqués. Leur poids moyen est de 77,70 kg avec une Prise par Unité d'Effort (PUE) de 5,60 kg. Durant cette saison chaude, 187 marlins bleus (65,61%) ont leur taille comprise entre 105 et 200 cm contre seulement 98 (34,39%) qui excèdent les 200 cm. Pendant la Grande Saison Froide (GSF) en juillet-août-septembre, la température moyenne est de 25,58 °C. Avec 7.338 pirogues (EP) allées en mer, 244 poissons capturés ont un poids moyen de 140,36 kg et une PUE de 4,23 kg. Sur cette période d'upwelling, seulement 43 *M. nigricans* (17,62%) ont leur taille comprise entre 105 et 200 cm, contre 201 (82,38%) qui mesurent plus de 200 cm. Partant de ces deux saisons, une analyse de variance des tailles et des poids avec le Test-t affiche respectivement des valeurs de probabilité hautement significatifs ($p = 2,255 \times 10^{-15} < 5\%$) et ($p = 7,508 \times 10^{-12} < 5\%$).

Summary

Costal Upwelling Impact on the Abundance and Sizes of Blue Marlins (*Makaira nigricans*, Lacepède, 1802) Captured by Artisans Fishers in the Offing of Ivory Coast

This study concern blue marlins (*Makaira nigricans*, Lacepede 1802) landed by sea artisan fishers in Abidjan port (Ivory Coast) from February 2006 to January 2007. During the Great Warm Season (GWS) March-April-May, the surface temperature average is 28.61 °C. With a Fishing Effort (FE) of 3,874 canoes; 285 blue marlins have been landed. Their weigh average is 77.70 kg with a Capture by Unit Effort (CPUE) of 5.62 kg. During this warm season, 187 blue marlins (65.61 %) have their sizes between 105 and 200 cm against only 98 (34.39%) which exceeds 200 cm. During the Great Cold Season (GCS) july-august-september, the average temperature is 25.58 °C. With 7,338 canoes (FE) went in sea, 244 fishes have a average weigh of 140.36 kg and a CPUE of 4.23 kg. During this upwelling period, only 43 *M. nigricans* (17.62%) have their size between 105 and 200 cm, against 201 (82.38%) which measure more than 200 cm. Therefore these two seasons, sizes and weights variance analyze with the Test-t show respectively a p-value highly significant ($p - value = 2.255 \times 10^{-15} < 5\%$) and ($p - value = 7.508 \times 10^{-12} < 5\%$).

Introduction

Les marlins bleus (*Makaira nigricans*, Lacepède, 1802) objet de cette étude sont capturés par les pêcheurs artisans marins entre 6° et 4° de latitude Nord, et entre 8° et 2° de longitude Ouest. Cette portion du Golfe de Guinée qui borde la Côte d'Ivoire appartient à l'Atlantique centre-est qui, selon Chavance *et al.* (4) couvre l'Afrique de l'Ouest, allant du Maroc au Congo. L'arrivée de ces pêcheurs en Côte d'Ivoire en 1984 est d'après Mensah et Doyi (13), l'extension de celle du Ghana. La zone de pêche se situe à environ 5 à 10 milles de la côte au-delà du plateau continental (15). Cette pêcherie artisanale au filet maillant dérivant opère nuitamment et débarque un nombre important

de marlins bleus. Les effectifs et les tailles débarqués journallement varient considérablement suivant les saisons marines. Parmi tant de paramètres physico-chimiques qui peuvent être responsables de ces fluctuations, la présente étude ne vise qu'à mettre en évidence, le déterminisme des upwellings sur la disponibilité de *M. nigricans* en termes de tailles et de quantité débarquées. Pour atteindre les objectifs que vise ce travail, une étude comparée a été réalisée entre les effectifs et les tailles des marlins bleus capturés pendant la Grande Saison Froide (GSF: juillet à septembre) aussi appelée upwelling majeur, et la Grande Saison Chaude (GSC: mars à mai).

¹Université d'Abobo-Adjamé, Laboratoire de Biologie et Cytologie Animales, 23 B P 770, Abidjan 23, Côte d'Ivoire.

²Université d'Abobo-Adjamé, Laboratoire de Biologie et Cytologie Animales, 02 B P 801, Abidjan 02, Côte d'Ivoire.

*Auteur correspondant: Téléphone: (225) 08 33 22 52 E-mail: soro_yaya@yahoo.fr

Reçu le 31.10.08 et accepté pour publication le 09.06.09.

Matériel et méthodes

1. Matériel

Les pirogues utilisées sont en bois monoxyles dont les tailles varient entre 12 et 17 m. Toutes équipées d'une boussole et d'un moteur hors-bord de 40 CV, la moyenne de l'embarcation est de 8 pêcheurs. Le filet maillant dérivant, constitué d'une association de 24 à 26 nappes de 200 m chacune, a ses mailles de côté entre 35 et 55 mm. La profondeur de chute du filet varie entre 10 et 26 m. Une balance de 120 kg et un mètre ruban centimétrique sont utilisés respectivement dans les pesées et les mensurations des marlins bleus. Les données de température sont celles prélevées par les thoniers battants pavillons espagnol et français, dans la portion du Golfe de Guinée qui s'étend du cap des Palmes (8° Ouest) à l'Ouest jusqu'au cap des Trois-Pointes (2° 30 Ouest) à l'Est. Ces mesures ont été effectuées dans les 100 premiers mètres de profondeur, à l'aide d'une sonde couplée à l'oxy-thermomètre.

2. Méthodes

-L'Effort de pêche (E_p): la mesure d'effort la plus adaptée à l'étude des pêcheries pélagiques est le temps consacré à une recherche active du poisson (5, 7, 12). Cependant, un indice simple est le nombre de bateaux à la tâche ou des pêcheurs occupés sur un lac (16). Dans la présente étude, cet effort correspond au nombre de pirogues allées en mer dans un mois donné. En désignant par N_{jp} (Nombre de jours de pêche dans le mois) et par N_{msj} (Nombre moyen de sorties journalier), l'on peut écrire l'expression de l'Effort de pêche (E_p) mensuel comme suit :

$$E_p = N_{jp} \times N_{msj}$$

-La capture nominale est le nombre de marlins bleus débarqués mensuellement. Toutes les pirogues utilisant le filet maillant dérivant sont dénombrées journalièrement au port de pêche d'Abidjan. Les marlins bleus débarqués sont comptés, pesés et mesurés depuis la mâchoire inférieure jusqu'à la fourche caudale (Lmf). En considérant C_{pm} comme la capture pondérale mensuelle (kg); n , le nombre de poissons ayant un poids p donné, l'on a:

$$C_{pm} = \sum n \times p$$

Le test-t a été utilisé dans le logiciel statistique R pour rechercher une éventuelle différence entre les saisons marines et les prises pondérales d'une part, et d'autre part, entre ces mêmes saisons et la distribution des tailles moyennes journalières. Le test de Kruskal Wallis a également été utilisé dans le même logiciel, afin de pouvoir apprécier la différence qui existe entre les effectifs de marlins bleus débarqués par saison. R est un système qui est communément appelé langage et logiciel, il permet de réaliser des analyses statistiques. Plus particulièrement, il comporte des moyens qui rendent possibles la manipulation des

données, les calculs et les représentations graphiques. R a aussi la possibilité d'exécuter des programmes stockés dans des fichiers textes. Ce logiciel a pour référence: Copyright 2004, The R Foundation for Statistical Computing Version 2.0.1 (2004-11-15), ISBN 3-900051-07-0.

-Les Prises par Unité d'Effort (P.U.E.) de la pêche artisanale maritime, exprimées en kg, peuvent être considérées comme un indice de l'abondance d'une espèce dans une zone donnée (6). Saville (19) fait remarquer de même que, quel que soit le pays ou le type de pêche, la P.U.E par espèce est le rapport de la prise de cette espèce à l'effort total déployé pendant l'unité de temps considérée. Dans le présent cas, la prise exprimée en kg mensuellement donne une P.U.E pondérale par mois qui s'écrit comme suit:

$$P.U.E = C_{pm} \times E_p^{-1}$$

-Afin d'apprécier les fréquences de taille suivant les saisons, les longueurs maxillaires fourche (Lmf) de 529 marlins bleus capturés entre mars et septembre 2006 ont été pris en compte. Les valeurs obtenues sont regroupées par classes de taille de 5 cm, puis les tailles moyennes mensuelles sont calculées.

Résultats

1. Température

La courbe de température (t °C) à la figure 1 présente deux pics séparés par une période de basse température. Ces deux périodes chaudes marines ont pour températures moyennes respectives; 28,61 °C (mars à mai) et 28,27 °C (novembre-décembre). La période à température relativement faible, symbolisant une saison marine froide, donne une valeur moyenne de 25,58 °C (juillet à septembre).

2. Captures nominales et pondérales

A la figure 1, la courbe des effectifs débarqués mensuellement et celle de la température présentent des allures similaires. Les fortes prises ont été réalisées au cours des périodes à température élevées. En considérant les deux grandes saisons (chaude et froide), l'on enregistre respectivement 285 individus (GSC: mars à mai) contre 244 (GSF: juillet à septembre). Le test de Kruskal-Wallis appliqué aux effectifs débarqués par saison donne une valeur de probabilité non significative ($p = 0,2537 > 5\%$). La courbe des poids moyens mensuels est représentée également à la figure 1. Cette courbe évolue en opposition de phase non seulement avec la courbe des températures moyennes mensuelles, mais aussi avec l'effectif de marlins bleus débarqués par mois. Le poids moyen des marlins bleus débarqués durant la GSC est de 77,70 kg; contre 140,36 kg pendant la GSF. Le test-t appliqué aux prises pondérales dans R

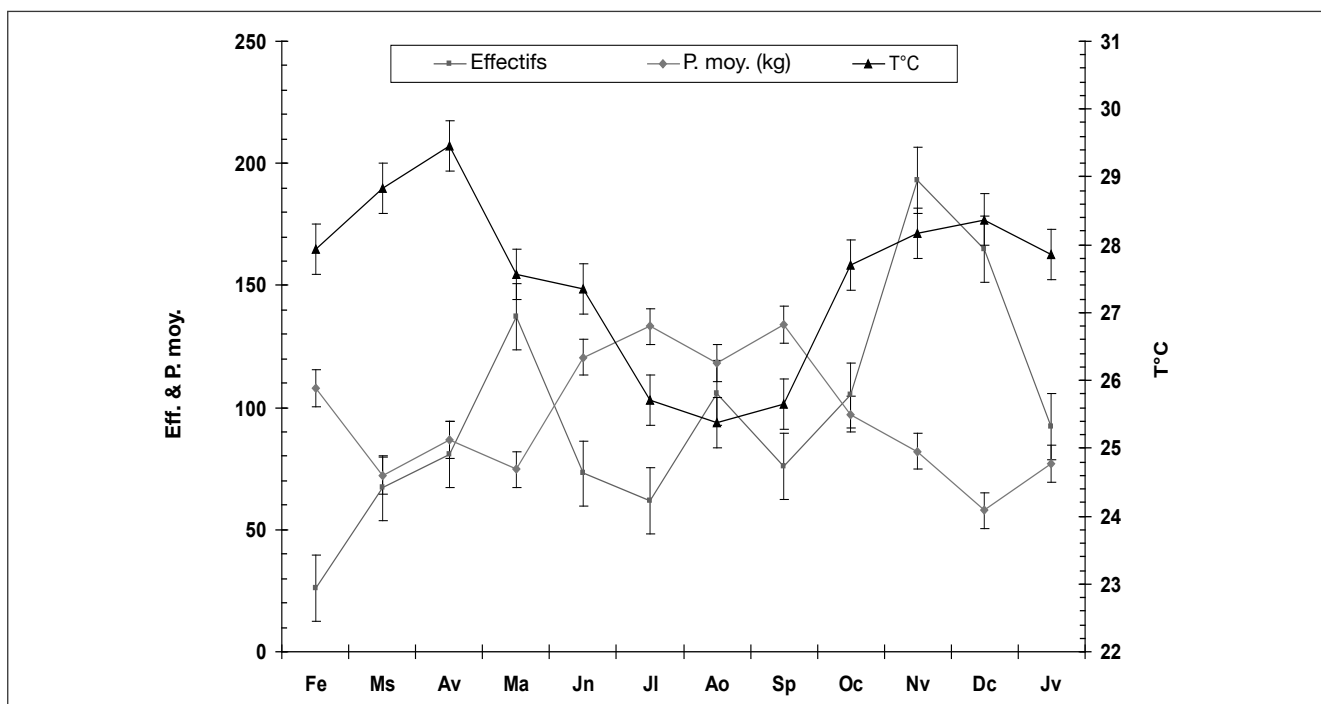


Figure 1: Evolution des courbes (Effectifs et Poids) des marlins bleus capturés entre février 2006 et janvier 2007 dans les eaux marines de Côte d'Ivoire, en rapport avec la température moyenne mensuelle des couches superficielles.
Eff.: effectifs; P. moy: poids moyens

suivant les saisons affiche une valeur de probabilité très significative ($p = 7,508 \times 10^{-12} < 5\%$).

3. Effort de pêche (E_p) et Prise par Unité d'Effort (PUE)

La plus importante valeur de l' E_p enregistrée en août 2006 (2884 pirogues) est incluse dans la GSF (Figure 2). Et c'est dans ce même mois également qu'a été enregistrée la plus faible valeur des PUE (0,041 kg). Les mois de mai et novembre qui appartiennent

respectivement à la GSC et à la PSC, affichent dans cet ordre, les plus importantes valeurs des PUE sur l'année entière (0,076 kg et 0,078 kg). Dans l'ensemble, les PUE qui expriment les chances de capture sont élevées au cours des périodes chaudes, contrairement à la saison froide (Figure 2).

4. Fréquences de taille

La figure 3 représente la distribution des fréquences de taille de *M. nigricans* pendant la Grande Saison

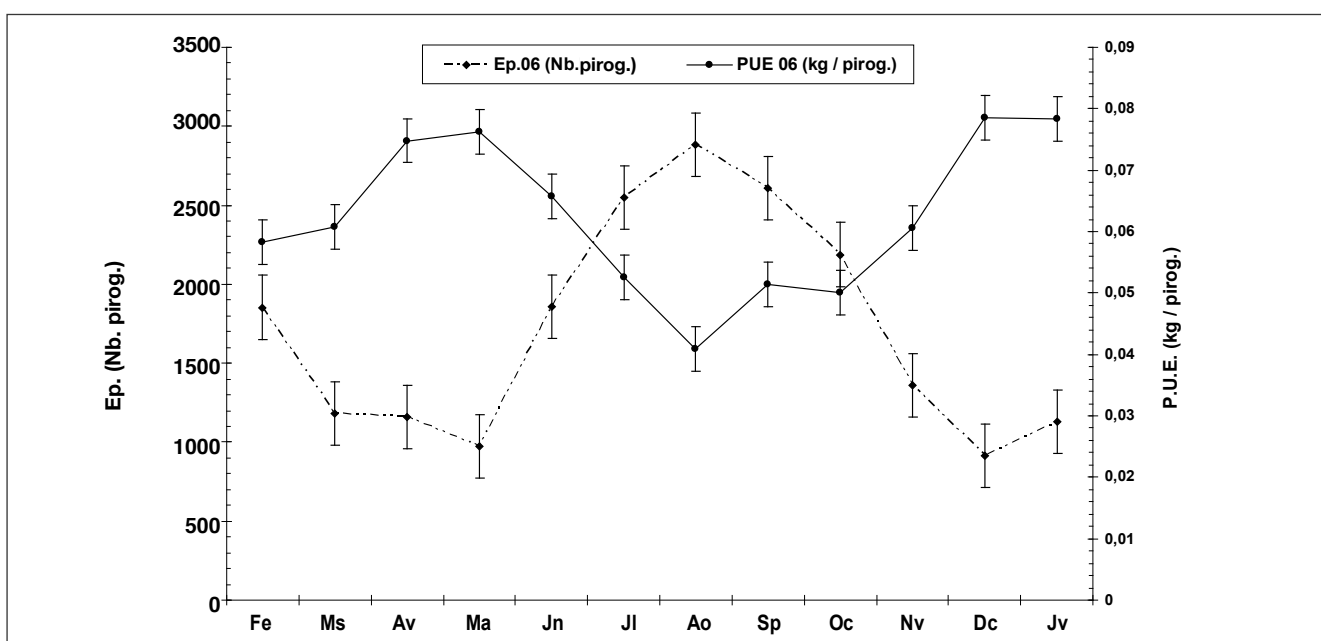


Figure 2: Evolution des courbes (E_p et $P.U.E$) des marlins bleus capturés mensuellement en 2006 dans les eaux marines de la Côte d'Ivoire.
 E_p : Effort de pêche; PUE: prise par unité d'effort; Nb: nombre; pirog.: pirogues

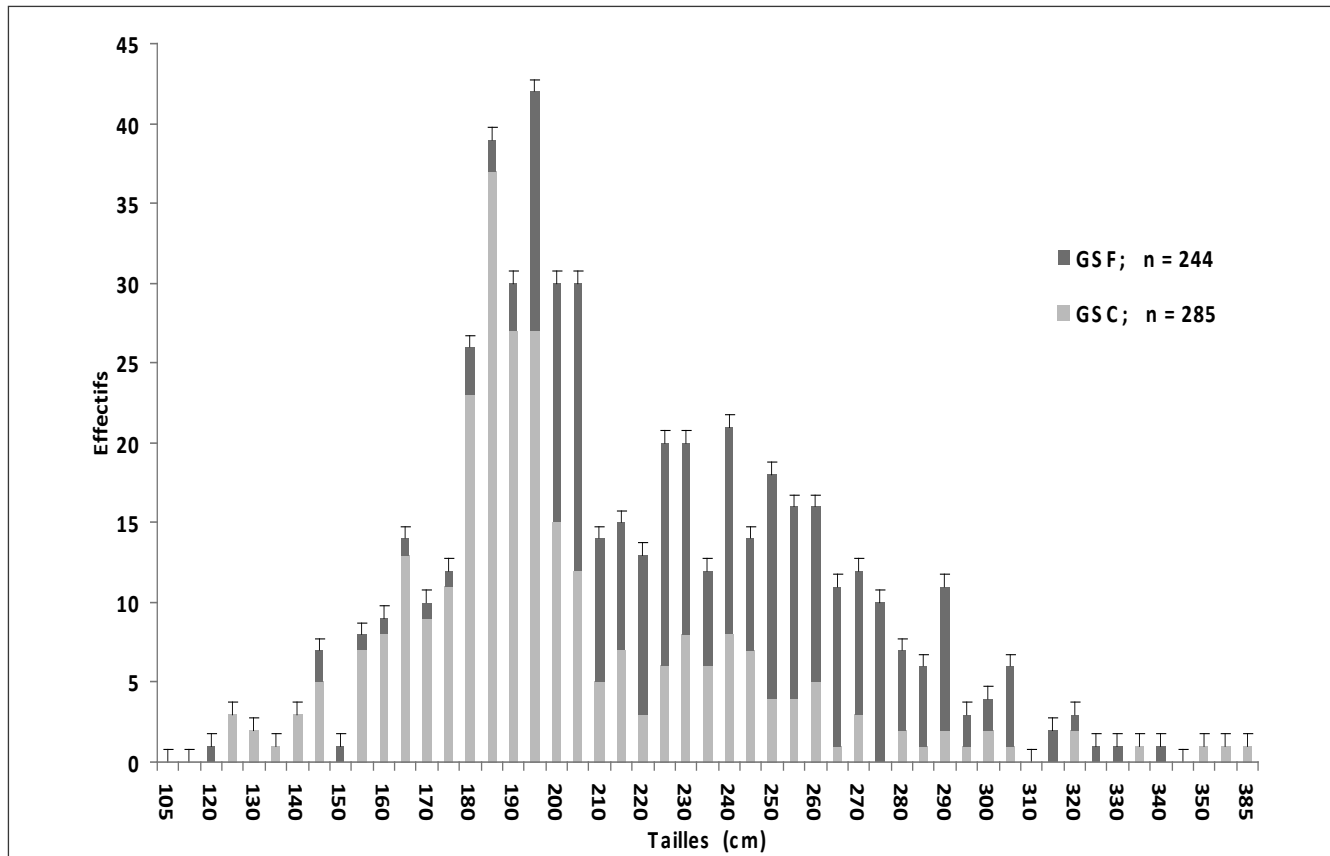


Figure 3: Distribution des fréquences de tailles des *M. nigricans* débarqués en Côte d'Ivoire en 2006, pendant la Grande Saison Froide (GSF) et la Grande Saison Chaude (GSC) marine. n: nombre.

Chaude (GSC) et la Grande Saison Froide (GSF) appelée upwelling majeur. Pendant la GSC, la taille moyenne est de 201,54 cm. En période marine froide (GSF), la taille moyenne est de 245,36 cm. La différence observée au niveau des tailles moyennes laisse croire que la prédominance des poissons capturés pendant l'upwelling est de grande taille. Le pic en période marine chaude est atteint à 185 cm avec 37 individus, alors que celui en période d'upwelling est observé à 205 cm avec 18 poissons. Par ailleurs, pendant la GSC, sur les 285 marlins bleus capturés, 187 (65,61%) poissons ont une taille comprise entre 105 et 200 cm et seulement 98 (34,38%) ont leur taille supérieure à 200 cm. Au cours de la GSF, sur les 244 marlins bleus débarqués, seulement 43 (17,62%) ont leur taille comprise entre 105 et 200 cm, contre 201 (82,38%) qui mesurent plus de 200 cm. Le test-t appliqué aux paramètres métriques suivant les saisons affiche une valeur de probabilité hautement significative: $p = 2,255 \times 10^{-15} < 5\%$. De ces observations, l'on retiendrait qu'en période chaude, la prédominance des captures est de petite taille contrairement à la saison froide où les grandes tailles apparaissent majoritaires.

Discussion

Les subdivisions de température obtenues sont en parfait accord avec les saisons marines précédem-

ment définies par Morlière (14). Ainsi, le premier pic observé entre mars et mai est inclus dans la GSC, et les mois de novembre et décembre correspondent à la Petite Saison Chaude (PSC). La chute de température notée en juillet, août et septembre coïncide avec la GSF. Ce dernier trimestre appartient à la période dénommée également upwelling majeur par Bard et Koranteng (1).

Le nombre élevé de marlins bleus capturés pendant la GSC contrairement à la GSF pourrait avoir deux raisons. D'une part, parce que ces poissons ne supportent pas les eaux à plus faible température, et d'autre part parce que la remontée des eaux profondes viennent troubler l'eau superficielle, réduisant ainsi la visibilité et contraint ces poissons à se retirer en haute mer. Cette supposition se confirme avec les travaux de Graves *et al.* (9); Kerstetter *et al.* (11) et Saito *et al.* (18) qui, en utilisant des marques acoustiques et pop-up reliées à des satellites (PAT, PSAT) ont suggéré que le marlin bleu de l'Atlantique s'associe à la zone épipélagique, et passe plus de 80% de son temps dans les eaux dont la température oscille entre 26 et 31 °C. La chute du taux des captures en période d'upwelling (GSF) se justifie par les travaux de Bard *et al.* (2) qui ont conclu que *M. nigricans* chasse visuellement en eau claire et bleue. Lorsque ces conditions ne sont plus remplies, ces poissons se retirent en haute mer et

deviennent ainsi inaccessibles aux artisans pêcheurs qui opèrent dans les 10 premiers milles au-delà de la pente continentale. Le test de Kruskal-Wallis appliqué sur les effectifs capturés suivant les saisons marines, donne une valeur de probabilité non significative ($p = 0,2537 > 5\%$). Cela traduit qu'il n'existe aucune différence significative entre les effectifs capturés pendant la GSC et ceux pendant l'upwelling majeur (GSF). Ces légères fluctuations d'effectifs notées suivant les saisons marines sont en commun accord avec celles de Ricker (17) qui stipule que le potentiel de capture peut aussi varier pendant l'année en raison des changements saisonniers, physiologiques ou de comportement.

Les poids moyens des marlins bleus sont importants en période d'upwelling, ce qui sous entend que les captures de cette période sont de grande taille dans le cas d'espèce. L'analyse de variance avec le test-t appliquée aux données pondérales de ces deux saisons donne une valeur de probabilité très significative ($p = 7,508 \times 10^{-12} < 5\%$). Il existe donc une différence notable entre les poids des marlins bleus capturés en période chaude et ceux capturés en saison froide. Les périodes d'upwelling seraient donc défavorables à l'apparition des marlins bleus de petite taille (105-170 cm) au niveau des strates qu'exploite la pêche artisanale. La prédominance d'individus de grande taille durant les upwellings serait due à l'existence d'un mécanisme de résistance en leur sein, et qui se perfectionnerait avec l'âge. Block (3) révèle que le makaire bleu de l'Atlantique, comme les autres Istiophoridae, possède un organe thermogénique qui génère et maintient la température élevée dans la région crânienne. Lors de leurs travaux, Frisches *et al.* (8) ont découvert le même système de réchauffement hautement spécialisé, situé dans un muscle extra oculaire chez les grands et puissants prédateurs océaniques comme le marlin bleu. Selon ces derniers auteurs, ce système chauffe spécifiquement les yeux et le cerveau jusqu'à 10 °C - 15 °C au-dessus de la température de l'eau ambiante. Ce mécanisme de réchauffement de la rétine qui améliore la résolution temporelle chez ces espèces, permettrait aux marlins bleus de continuer à s'alimenter, même en périodes d'upwelling.

La forte présence des pêcheurs en mer durant le mois d'août laisse croire que ceux-ci visent prioritairement les thonidés qui se déplacent en banc pendant ce moment d'upwelling. La phase d'ascendance allant de février à août correspond à l'arrivée progressive des pêcheurs dans les eaux ivoiriennes. A partir du mois de septembre jusqu'en janvier, la forte baisse de l'effort de pêche s'explique par le départ de bon nombre de ces pêcheurs nomades vers d'autres lieux de pêche plus rentables. L'élévation de la PUE

durant les périodes marines chaudes de l'année, confirme la dépendance des marlins bleus des eaux à température supérieure à 26 °C. Face à ces conditions favorables du milieu de vie, ces poissons abondent dans les aires de pêche, et cette densité de répartition augmente les chances de capture. La forte baisse des PUE en période d'upwelling traduirait l'impact de ces eaux froides sur la disponibilité de *M. nigricans*. Dans ces conditions de milieu défavorables, ces poissons émigrent, réduisant ainsi leur densité de répartition et de facto, les chances de captures sur les aires exploitables. Aussi, dans cette période, le nombre élevé de pêcheurs en activité devrait entraîner une importante prise de marlins bleus. Le non respect constaté de cette norme confirme une fois de plus, le faible taux de présence de ces marlins bleus au niveau de cette strate d'eau froide.

Les prises de marlins bleus par les artisans pêcheurs qui opèrent entre 0 et 26 m de profondeur sont valables pour apprécier les périodes d'abondance de ces poissons. Cela, parce que Kerstetter *et al.* (11) et Saito *et al.* (18) ont révélé à l'aide des données fournies par les systèmes satellitaires (PAT et PSAT), que le makaire bleu de l'Atlantique passe la plupart de son temps dans des eaux chaudes proches de la surface (< 25 m) dans l'Atlantique sud-ouest et équatorial.

La concentration des individus de plus petite taille (105 à 170 cm) dans la période chaude, remarque faite au niveau de la distribution des fréquences de taille, est confirmée par l'analyse de variance avec le test-t. Cette analyse appliquée aux paramètres métriques mesurés durant ces deux saisons (chaude et froide) affiche une valeur de probabilité hautement significative ($p = 2,255 \times 10^{-15} < 5\%$). Il apparaît ainsi, une nette différence entre les tailles des marlins bleus capturés durant la période chaude et ceux capturés en période froide.

Conclusion

Il ressort de cette étude que les upwellings ont une influence sur la répartition spatio-temporelle des marlins bleus. Les saisons marines chaudes sont propices aux fortes densités de répartitions des marlins bleus, en particulier ceux de plus petite taille, pendant que les périodes de remontée des eaux froides profondes (upwelling) leurs sont défavorables. Les poissons de grande taille prédominent dans les captures des saisons froides, contrairement aux saisons chaudes. La densité de répartition et la distribution des différentes tailles de *M. nigricans* dans les eaux ivoiriennes seraient sous l'influence du phénomène des upwellings occasionnés par les alizés.

Références bibliographiques

1. Bard F.X. & Koranteng K., 1995, Dynamics and use of sardinella resource from upwelling of Ghana and Ivory Coast. Actes du colloque DUSRU. Editions de l'ORSTOM, 436 p.
2. Bard F.X., N'Goran Y.N., Herve A. & Amon Kothias J.B., 2002, La pêche piroguère au filet maillant de grands pélagiques au large d'Abidjan (Côte-d'Ivoire). Arch. Sc. Cent. Rech. Océanol. Abidjan vol. **XVII**, n° 2, 35 p.
3. Block B.A., 1986, Structure of the brain and eye heater tissue in marlins, sailfish, spearfish. J. Morphol. 190, 169-189.
4. Chavance P., Bâ M., Gascuel D., Vakily J.M. & Pauly D. (éd.), 2004, Pêcheries maritimes, écosystèmes & sociétés en Afrique de l'Ouest: un demi-siècle de changement [Marine Fisheries, Ecosystems and Societies in West Africa: half a century of change], actes du symposium international, Dakar (Sénégal), 24-28 juin 2002, Bruxelles, Office des publications officielles des Communautés européennes, XXXVI-532-XIV p., 6 pl. h.-t. coul., (coll. des rapports de recherche halieutique A.C.P.-U.E., n° 15).
5. Cury P. & Roy C., 1987, Upwelling et pêche des espèces pélagiques côtières de Côte-d'Ivoire: une approche globale. Océanol. Acta, **10**, 3, 347-357.
6. Fonteneau A. & Marchal, 1970, Récolte, stockage et traitement des données statistiques relatives à la pêche des sardinières (filet tournant) en Côte-d'Ivoire. Doc. Scient. C.R.O. Abidjan, vol. **1**, 21-30.
7. Freon P., 1988, Réponses et adaptations des stocks de clupéidés d'Afrique de l'Ouest à la variabilité du milieu et de l'exploitation: analyse et réflexion à partir de l'exemple du Sénégal. Coll. Etudes et Thèses, ORSTOM, Paris, 287 p.
8. Fritsches K.A., Brill R.W. & Warrant E.J., 2005, Warm eyes provide superior vision in swordfish. Current Biology, **15**, 1, 55-58.
9. Graves J. E., Luckhurst B.E. & Prince E.D., 2002, An evaluation of pop-up satellite tags for estimating postrelease survival of blue marlin (*Makaira nigricans*) from recreational fishery. Fish Bull. 100, 134-142.
10. I.C.C.A.T., 1998, Rapport des troisièmes journées d'étude sur les Istiophoridés. Vol. **XLVII** (Miami, Floride, Etats-Unis, 11-20 juillet 1996), 352 p.
11. Kerstetter D.W., Luckhurst B.E., Prince E.D. & Graves J.E., 2003, Use of pop-up satellite archival tags to demonstrate survival of blue marlin (*Makaira nigricans*) released from pelagic longline gear. Fish. Bull. 101, 939-948.
12. Laurec A. & Le Guen J.C., 1981, Dynamique des populations marines exploitées. Rapp. Scien. et Tech. n°45-1981. CNEXO (Centre National pour l'Exploitation des Océans). 118 p.
13. Mensah M.A. & Doyi B.A., 1994, The billfish fishery in Ghana. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 41, 265-272.
14. Morliere A., 1970, Les saisons marines devant Abidjan. Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan, **1**, 2, 1-15.
15. N'Goran Y.N. & Amon Kothias J.B., 1997 (Rev.), Les pêcheries ivoiriennes piroguères et sportives, débarquant des Istiophoridés et d'autres gros poissons au port de pêche d'Abidjan en 1997. In: I.C.C.A.T., 1998, Rapport des troisièmes journées d'étude sur les Istiophoridés. Vol. **XLVII** (Miami, Floride, Etats-Unis, 11-20 juillet 1996). SCRS/97/113, 8 p.
16. Ricker W.E. & Smith H.D., 1975, A revised interpretation of the history of the Skeena River sockeye. J. Fish. Res. Board Can. 32, 1369-1381.
17. Ricker W.E., 1980, Calcul et interprétation des statistiques biologiques des populations de poissons, Bull. Fish. Res. Board Can. 191 F, 409 p.
18. Saito H., Takeuchi Y. & Yokawa K., 2004, Vertical distribution of Atlantic blue marlin obtained from pop-up archival tags in the tropical Atlantic Ocean. Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 56, 201-211.
19. Saville A., 1980, The assessment and management of pelagic fish stocks. Rapp. P. Réun. Cons. int. Explor. Mer, 177, 517 p.

Y. Soro, Ivoirien, Diplôme d'Etudes Approfondies (DEA), Doctorant à l'Université d'Abobo-Adjamé, Laboratoire de Biologie et Cytologie Animales, 23 B P 770, Abidjan 23, Côte d'Ivoire.

K. N'Da, Ivoirien, Diplôme d'Etudes Approfondies (DEA), Maître de conférence à l'Université d'Abobo-Adjamé, Laboratoire de Biologie et Cytologie Animales, 02 B P 801, Abidjan 02, Côte d'Ivoire.

K.D. Koffi, Ivoirien, Diplôme d'Etudes Approfondies (DEA), Doctorant à l'Université d'Abobo-Adjamé, Laboratoire de Biologie et Cytologie Animales, 23 B P 770, Abidjan 23, Côte d'Ivoire.

Resource Use Efficiency among Urban Vegetable Farmers in Akwa Ibom State, Nigeria

U.E. Okon & A.A. Enete¹

Keywords: Efficiency- Gross margin- Resource use- Urbanization- Urban Agriculture- Nigeria

Summary

The study estimated the efficiency of resource use among urban vegetable (*Talinium triangulare*) farmers in Akwa Ibom State using a sample of 60 respondents that were randomly selected; 20 from three urban centers in the state. Interview schedules and structured questionnaires were administered to elicit information from the respondents. Data were analyzed using descriptive statistics, multiple regression and gross margin. The results showed that, most (85%) farmers were within the economically active age bracket (21-50 years). All farmers were female with a mean farming experience of 8.5 years. The average farm size was 0.065 ha, and waterleaf was planted as a sole crop to obtain high output. The multiple regression analysis showed that the farmer's farm size, educational level, household size, farming experience and quantity of manure and labour applied, positively and significantly influenced output of waterleaf in the study area. The efficiency ratio of land (2.8), manure (42.11) and labour (0.91), showed that waterleaf farmers were inefficient in the use of these resources. Land and manure were underutilized, while labour was over utilized. Gross margin analysis showed that farmers made profit (gross margin = N287, 252.52 per hectare). Lack of access to credit facilities was the farmers' major constraints.

Résumé

Analyse de l'efficacité de l'utilisation des ressources parmi les cultivateurs urbains de produits maraîchers dans l'état de Akwa Ibom au Nigeria

L'étude analyse l'efficacité de l'utilisation des ressources parmi les cultivateurs urbains de produits maraîchers (*Talinium triangulare*) dans l'état de Akwa Ibom au Nigeria, en se basant sur un échantillon de 60 répondants qui ont été sélectionnés au hasard; 20 dans trois centres urbains de l'état. Des questionnaires structurés ont été administrés pour obtenir l'information des répondants. Les données ont été analysées en utilisant des statistiques descriptives, des régressions multiples et des marges brutes. Les résultats montrent que la plupart (85%) des maraîchers étaient dans l'âge des actifs économiques (21-50 ans). Tous les maraîchers étaient des femmes avec une expérience moyenne dans le métier de 8,5 ans. La taille moyenne des exploitations était de 0,065 ha et le légume était cultivé comme une monoculture afin d'obtenir une production élevée. L'analyse de la régression multiple indique que la taille de l'exploitation, le niveau d'éducation, la taille du ménage, l'expérience dans le métier et la quantité de fumier et de travaux appliqués influencent positivement et significativement la production dans l'aire étudiée. Le ratio d'efficacité de la terre (2,8); du fumier (42,11) et du travail (0,91) montre que les producteurs sont inefficients dans l'utilisation de ces ressources. La terre et le fumier sont sous-utilisés tandis que le travail est surutilisé. L'analyse de la marge brute montre que les paysans produisent un profit (marge brute égale à 287.252,52 Naira par hectare). Le manque d'accès aux sources de crédit est la contrainte majeure rencontrée par les maraîchers.

Introduction

In recent years, urbanization has led to an increasing loss of agricultural land, thus reducing agricultural growth rate in sub-Saharan Africa and Nigeria in particular. Urbanization presents both challenges and opportunities for the developing countries as a whole. There is an indication that the challenges of urbanization out-weigh its opportunities in these

regions. This may be because urbanization has not yet been matched with infrastructural and economic development. This in turn leads to urban poverty and food insecurity (9).

Recent facts have shown that the highest urban growth rates are in the developing countries. In

¹Department of Agricultural Economics, University of Nigeria, Nsukka, Enugu State, Nigeria.

Corresponding author: e-mail: anselmenete@hotmail.com, Tel: +234-8064448030

Received on 14.05.09 and accepted for publication on 17.07.09.

Nigeria it is put at 5.3% a year, the fastest in the World (20). Today 47% of the world's population live in urban areas and by 2015, the urban population will rise to 53% (24). Consequently, many city dwellers will be faced with the reality of unemployment, inadequate food and shelter, and they are powerless to influence the decisions affecting these issues, all of which are dimensions of poverty with hunger as the most fundamental (29).

Urban Agriculture (UA) which is the growing of crops and raising of animals within and around cities (9), has emerged as a strategic imperative for developing countries (8). Urban agriculture is not a new or recent invention. Agricultural activities within city limits have existed since the first urban populations were established thousands of years ago (10). However, it is only recently that UA became a special focus of research and development attention, as its scale and importance in an urbanizing world become increasingly recognized (21). This is essentially due to its potential for poverty reduction, economic empowerment, and household food security.

It is estimated that 800 million people are engaged in urban agriculture world wide of which 200 million are considered to be market producers, employing 150 million people fulltime (16, 27). These urban farmers produce substantial amount of food for urban consumers. In Accra, 90% of the city's fresh vegetable consumption is from production within the city (24). There is every indication that quite a sizeable number of the urban poor are engaged in urban agriculture (13).

As the population of the urban poor practicing agriculture increases, there is an increased competition for the few, available urban land. This could increase the risk of urban agriculture as urban structures could come without notice and midway into a planting season thereby destroying the crops planted. In addition, there is also the risk of low investment and hence low productivity of urban agriculture because of under capitalization of the poor who are into it.

Several studies have been carried out on urban agriculture in Africa (4, 6, 18, 25). All these studies concluded that urban agriculture has the potential for poverty reduction, food security and employment generation. However, there is still much gap between demand and supply of food with increasing poverty in urban areas, especially consumption poverty. To achieve the Millennium Development Goal of halving the proportion of hungry people by 2015, it is projected that 22 million people must achieve food security every year. This could only be possible if the available resources are efficiently utilized. In this regards, the aim of this paper is to analyze the resource use

efficiency among urban vegetable (waterleaf) farmers in Akwa Ibom State. The paper will: (-) determine the economic efficiency of resource use and estimate the production function of urban waterleaf farmers in the study area; (-) estimate the cost of and returns to urban farming with emphasis on waterleaf production; (-) identify major constraints to urban farming in the area.

Research methodology

The study area

The study was conducted in Akwa Ibom state of Nigeria, with a population of 3,920,208 million people (19). The State is a major oil producing area in the country and lies between latitudes 4⁰32¹ and 5⁰33¹ North and longitudes 7⁰25¹ and 8⁰25¹ East.

The State lies within tropical rainforest belt, hence it has a longer rainy season (April to November) while dry season lasts between December and March. Qua-Iboe River and Cross River are the major water ways that run across the state. They originate from the Cameroon and flow into the Atlantic Ocean. The rivers provide very rich sea food, fishing grounds for fishermen, and serve as a resource for irrigation farming.

The State has very rich potential for agriculture, and is suitable for food crops farming, tree crops farming, fish farming and livestock farming. Crops widely grown are leafy vegetables like, water leaf, fluted pumpkin, and garden egg. Others are yam, swamp rice, cassava, cocoa yam, plantain, banana, oil palm, rubber, etc.

Data collection

Purposive and simple random sampling techniques were employed for this study. Because, the study was on urban agriculture; the three major urban areas in the state were purposively selected. These urban centers were Eket, Uyo and Ikot-Ekpene. Twenty urban vegetable farmers were then randomly selected from each of the three selected urban centers. This made a total sample size of sixty respondents. Data were obtained mainly from primary sources using structured questionnaires and interview schedule. The data focused on: socio-economic characteristics of the farmers, length of a production cycle, land area cultivated (ha), (determined by measuring with a tape in square meters). This was then converted to hectares. Output of waterleaf, the amount of labour used in bed making, and planting were recorded over the production period in man-day's. Labour input for women and children were also converted to man equivalent using an adjustment factor of 0.67 and 0.33 for women and children respectively (28). Product prices and labour wages were taken as the average market prices of waterleaf and the ongoing labour wage rate per day in the area respectively.

Data analysis

A multiple regression analysis involving the use of Ordinary Least Square (OLS) estimation technique was used to determine the effect of socio-economic variables on the urban farmer's vegetable output. Four functional forms were tried (Linear, Semi-log, Double-log and Exponential).

The implicit form of the regression model used was:

$$Y=f(X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7, X_8, X_9, U)\dots(\text{implicit form})\dots(1)$$

Where Y = Output of waterleaf (kg)

X₁ = Quantity of seed (kg)

X₂ = Labour (in man days)

X₃ = Manure/organic waste (kg)

X₄ = Land size (in hectares)

X₅ = Farming experience (in years)

X₆ = Age of farmers (in years)

X₇ = Educational level (years of formal schooling)

X₈ = Household size (number)

X₉ = Frequency of harvest (no. of times/month)

U = Error term

(a) Ordinary linear form

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + b_4X_4 + b_5X_5 + b_6X_6 + b_7X_7 + b_8X_8 + b_9X_9 + U \quad \text{----- (2)}$$

(b) Semi-log form

$$Y = b_0 + b_1\log X_1 + b_2\log X_2 + b_3\log X_3 + b_4\log X_4 + b_5\log X_5 + b_6\log X_6 + b_7\log X_7 + b_8\log X_8 + U \quad \text{---- (3)}$$

(c) Double-log form

$$\log Y = b_0 + b_1\log X_1 + b_2\log X_2 + b_3\log X_3 + b_4\log X_4 + b_5\log X_5 + b_6\log X_6 + b_7\log X_7 + b_8\log X_8 + U \quad \text{-- (4)}$$

Where b₀, b₁-b₈ are estimated coefficients, X₁-X₉ are as defined in equation 1. Economic, statistical and econometric criteria were employed to choose the lead equation based on R² estimates and the standard error values as well as consistency with a priori expectations.

The efficiency of resources used in urban vegetable production was determined as follows:

$$r = \text{Marginal Value Product/Marginal factor cost} = \text{MVP/MFC}$$

Where

MVP = Product of marginal physical product and unit price of output

MFC = Cost of one unit of a particular resources

r = Efficiency ratio

If, r = 1, it implies that urban farmers are efficient in the use of the particular resource.

r < 1, implies that urban farmers are inefficient (underutilizing resources) in resource use.

r > 1, implies that urban farmer are inefficient (over-utilizing resources).

Elasticity of production (E p)

The elasticity of production is a concept that measures the degree of responsiveness of output for a given unit change in the inputs.

$$E_p = \frac{b \cdot X}{Y} \quad \text{Where } b = \text{coefficient of individual inputs}$$

$$\bar{X} = \text{mean of input}$$

$$\bar{Y} = \text{mean of output}$$

Gross margin analysis

Gross margin analysis was used to estimate the cost of and return to urban vegetable production.

It is given by: GM= GFI - TVC

Where, GM= Gross margin (₦)

GFI= Gross farm income (₦)

TVC= Total variable cost (₦)

Results and discussion

Overall level of inputs and output

The summary statistics of the output and major inputs in waterleaf production in the study area show that the average output of waterleaf per hectare was 13,724.02 kg, in a production period of 14 months. Fontem and Schippers (17) noted that the agronomy of waterleaf suggests that its yield per hectare lies between 10,000 and 60,000 kg. The average farm size was 0.065 ha per farmer, indicating that the urban waterleaf farmers in the area were small-scale farm units. The average labour input was 115.87 man days per hectare, which suggests that the urban waterleaf farmers depend largely on human labour to do most of their farming operations. The efficiency ratio for labour, which was less than one, as we shall see below, further confirms this. The average manure and planting material used were 270 kg and 1467.83 kg per hectare respectively.

Effects of socio-economic variables on urban waterleaf farmers' output

Regression model was used to estimate the effect of socio-economic variables on urban vegetable (waterleaf) farmer's output. The results of the analysis are presented in table 1 after.

The figures in brackets are standard errors. NB*** Significant at 1%, ** significant at 5% and * significant at 10%. {a} is the lead equation, b are elasticities. Total b= total elasticity of production.

The linear function was chosen as the lead equation given the R² value of 0.84, the level of significance of the coefficient of the explanatory variables and their signs (Table 1). This result agrees with the results of Abang and Agom (1). The specified variables were able to explain 84% of the variation in the output of waterleaf in the study area. The F- ratio (Fcal= 29.77137) which shows the overall significance of the equation was significant at 1% level of probability.

All the estimates of the parameters of the variables in the production function were positive except

Table 1
Results of the multiple regression/ Production function analysis

Coefficient/ Variables	Linear {a}	Semi-log	Double-log	Exponential
Intercept	670.4222 (2472.539)	8.460300*** (0.242493)	5.024992*** (1.393282)	-35871.93** (17770.51)
Land size	2484.831** (1198.099) b = 0.0117 13.70536* (7.557782)	-1.543026* (2.155974)	0.071616 (0.131697)	1580.267 (1679.717)
Labour	15.442557*** (3.307846) b = 0.1157	0.001176** (0.000324)	0.130480** (0.59792)	1275.944* (762.6174)
Manure	-384.6573 (635.3168) b = -0.046	0.001176*** (0.000324)	0.611040*** (0.114337)	7550.909*** (1458.306)
Frequency of harvests	-35.46202 (65.71420) b = -0.1060	-0.026595 (0.062308)	0.006323 (0.078649)	-394.5689 (1003.128)
Age	765.0441*** (100.9492) b = 0.4236	0.000935 (0.006445)	0.090345 (0.204446)	2279.554 (2607.597)
Education	367.1151** (172.0659) b = 0.2139	0.058888*** (0.009901)	0.128073*** (0.045513)	1854.234*** (580.4978)
House size	0.020649 (0.797788) b = 0.000208	0.021293 (0.016875)	0.077510 (0.099586)	2153.837* (1270.162)
Planting material	266.4916** (135.2416) b = 0.000208	0.797788 (7.82E-05)	0.014159 (0.081427)	-613.3479 (898.5551)
Farming Experience	0.020649 (135.2416) b = 0.000208	-0.010703 (0.013264)	-0.076655 (0.081427)	-2311.195** (1038.549)
R ²	0.842739	0.742763	0.831948	0.839244
Adj. R ²	0.814432	0.696460	0.801699	0.810308
F-ratio	29.77137***	16.04148***	27.50298***	29.00336***
Observations	60	60	60	60
Total b	0.916908			

Source: Extract from computer analysis results.

frequency of harvest and age of the farmers. The coefficient of land size was positive and significant at 5% level of probability (Table 1). This suggests that increases in land area will bring about increases in waterleaf output. This is further demonstrated by the size of its coefficient (its marginal physical product) which was the biggest of all the factors specified. This is to be expected as the competition between infrastructural development and agricultural activity could hinder the expansion of vegetable production. However, the efficiency ratio for land was 28.67 (Table 2), which suggests that even the little available land was not yet put to optimum use (i.e. it is underutilized) by the farmers.

The coefficient of labour was positive and significant at 10% level of probability. Other studies have shown the importance of labour in farming, particularly in developing countries where mechanization is only

common in large (commercial) farms (15, 26). Labour as a factor of production is generally of overwhelming importance (7) and makes up about 90% of the costs of production in many African farming systems (12). The efficiency ratio for labour was 0.91 (table 2), which suggests that the farmers were over-utilizing this resource.

Manure also had a positive relationship with output and was significant at 1% level. This is to be expected as leafy vegetables usually require heavy application of manure. The efficiency ratio for manure was 42.11, which also suggests underutilization of the resource.

Frequency of harvest had an inverse relationship with output, though it was not statistically significant. This implies that the more the number of times waterleaf was harvested, the less the output. This makes sense

Table 2
Marginal physical products (MPP), Marginal value product (MVP), Marginal factor cost (Px) and efficiency index of Waterleaf farmers in the study area

	MPP	P x (₦)	MVP (₦)	Efficiency (mvp/px) index
Land size (ha)	2484.831	2,600	74,544.93	28.67
Labour (man days)	13.705	450	411.15	0.91
Manure (kg)	15.443	11	463.29	42.11

Source: Regression results, field survey, 2008.

Note: Py = ₦ 30 per kg

as the leaves need some time to regenerate. Efficiency ratio was not calculated for this because market price did not exist for this factor.

Age had a negative but non significant relationship with output. The negative relationship could imply that while older farmers are more risk averse, younger ones are more dynamic, with regards to the adoption of innovations that would enhance their productivity.

Education had a positive sign and was significant at 1% level of probability. Higher level of education enables farmers to acquire and process relevant information more effectively. It also equips them with better managerial skills which eventually leads to improved methods of production and hence higher level output (14, 22, 23). Just as in frequency of harvest and age of farmer, no market price was collected for this resource; hence, efficiency ratio was not calculated for it.

Household size contributed positively to waterleaf output and was significant at 5% level. This could be because larger households provided cheap labour for the farmers and labour also increased output as noted above. We also noted from the efficiency ratio that the farmers were over-utilizing labour as a factor of production. Umoh (26) noted that this situation has variously been attributed to small and scattered land holdings and lack of affordable equipment.

Quantity of planting materials had positive relationship with output although it was not significant. Waterleaf is mostly propagated by stem in the study area. It is therefore possible that while some stems might give rise to more than one waterleaf stand, some may not, such that the quantity of planting material used may not necessarily translate to the number of waterleaf stands in a farm. This may explain the non-significance of the planting material variable.

Farming experience had a positive relationship with output and was significant. This indicates that more experienced farmers were more productive in the waterleaf farming. Experienced farmers may be more knowledgeable in the production system and may therefore be better able to assess and manage the risks involved in the system than inexperienced ones.

The calculated elasticities of production with respect to all the variable inputs were less than one (Table 1). This implies that the individual inputs were inelastic, indicating decreasing returns to the various inputs. The sum of the elasticity of production reflects the nature of return to scale. This measures the response of the output to a one percent change in all the inputs. The sum amounted to about 0.9167, implying that if all inputs were increased by one percent, output would increase by less than one percent. In order words, production of waterleaf in the area is said to be characterized by decreasing returns to scale.

Costs and returns analysis (Gross margin)

Gross margin was employed as the budgeting technique for this study. It evaluates the gross profitability of a given enterprise. It is useful where the value of the fixed cost is negligible as it is the case with urban agriculture which is operated at small scale level (5).

Cost that was considered here includes cost incurred from variable inputs like manure, cost of renting land, planting materials and labour. The market prices were ₦ 11 per kilogram of manure, ₦ 20 per kilogram of planting materials and ₦ 450 per man-day of labour. The average output per hectare was 13,724.02 kilogram. The price per kilogram of output was ₦30.00. The results of Gross margin analysis is presented in table 3.

From the table after, average cost of production per hectare was ₦ 124,467.5. Labour accounted for about 41.89% of the total production cost, while cost of renting land contributed 32.15%. The analysis of other variables shows that the percentage share of cost of planting materials and manure to total production costs were 23.59 and 2.37 respectively.

Labour therefore took the highest percentage of total variable costs. This agrees with the observation by Cleave (7) and Dvorak (12) that labour generally constitutes the highest production costs in many African farming systems. The gross margin per hectare was ₦ 287,252.52. This when divided by a production cycle of 14 months (for waterleaf in the study area) gives a monthly income of ₦ 20,518.04.

¹One United States Dollar (\$) equals about one hundred and fifty Nigerian Naira (₦) during the time of this study.

Table 3
Average production cost per hectare of waterleaf enterprise

Items	Units	Quantity/ha	Price/unit (₦)	Total value (₦)
Revenue				
Output	kg	13,724.02	30	411,720.6
Total revenue				411,720.6
Cost				
Labour	man-days	115.87	450	52,141.5
Cost of renting land	Hectare	1 ha	40,000	40,000
Planting materials	kg	1467.83	20	29,356
Manure	kg	270	11	2,970
Total variable cost (TVC)				124,467.5
GM (TR-TVC)				₦ 411,720.02- ₦ 124,467.5= ₦ 287,252.52

Source: field survey, 2008.

This implies that urban agriculture is profitable in the study area. This amount is more than the minimum wage rate (₦7500) per month in Nigeria. During the field work component of this study, most of the farmers expressed high level of satisfaction with the profit level of the business. These findings on waterleaf production in Akwa Ibom State are similar to that of Adewunmi (3), who worked on poultry enterprise in Ogun State, all in Southern Nigeria.

Constraints to urban waterleaf production in the study area

During the field work component of this study, the farmers were asked, for each possible constraint, to tick whichever is applicable from among the options: SA= strongly agree, A= agree, U= undecided, SD= strongly disagree and D= disagree. The responses of the farmers to this question show that 100% of them agreed to lack of access to credit facilities as a constraint to urban waterleaf farming in the area. Enete and Achike (13) noted that if urban agriculture is to act as one of the options for tackling urban food insecurity, the urban poor (who are most often the urban farmers) should be sufficiently empowered financially not only to apply purchased inputs in the right quantities but also to adopt innovations in their farming business.

Scarcity of land was also adjudged a constraint by 97% of the respondents. This is to be expected because of the competition between infrastructural development and urban agriculture. In some cases as observed by Enete and Achike (13) in Ohafia, Southeast Nigeria, scarcity of land for urban agriculture forces farmers to rent/buy land in neighbouring rural villages. This was reflected in the average area of land cultivated by the respondents which was 0.065 ha.

Further, 98% and 94% of the respondents indicated poor visits by extension agents and high cost of planting materials respectively as constraints. Extension personnel are usually poorly mobilized, both in terms of wages and logistics, in Nigeria and hence they are also usually poorly committed to their jobs. The problem of high cost of planting material could also be connected with that of lack of credit access, because the farmers may not have been sufficiently empowered, financially, to adequately contain the cost of planting material. The observation by Enete and Achike (13) refers.

The problem of pests/diseases and low productivity were each reported by 20% of the farmers while the problem of theft was reported by 39% of them. These suggest that these three issues were of minor significance in the area, judging from the number of farmers that reported each of them.

Conclusion

Output of waterleaf in the study area was positively and significantly influenced by the farmers' educational level, household size, farm size, farming experience and quantity of manure and labour applied. The efficiency analysis indicates underutilization of land and manure and overuse of labour while the gross margin analysis showed that the farmers made profit. Labour accounted for the highest cost of production while lack of credit access was the major constraints facing the farmers. It is therefore recommended that labour saving technologies and credit facilities be made available to the farmers.

Literature

1. Abang S.O. & Agom D.I., 2004, Resource use efficiency of small-holder farmers: the case of cassava producers in Cross River State, Nigeria. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, Vol. 2, 3 & 4, 87-97.
2. Adebayo O.O. & Adeola R.G., 2005, Socio-economic factors affecting poultry farmers in Ejigbo Local Government Area of Osun State. *Journal of Human Ecology*, 18, 1, 39-41.
3. Adewunmi O.I., 2008, Economics of poultry production in Egba division of Ogun State. *Medwell online agricultural journal*, 3, 1, 9-12.
4. Agyemang K. & Smith J.W., 1999, Counting the cost and benefits of implementing multi country collaborative research projects: the case of the peri-urban inland valley dairy project in West Africa. *International Livestock Research Institute (ILRI)*, Ibadan, Nigeria.

5. Arene C.J. & Mbata G.I.O., 2008, Determinant of profitability and willingness to pay for metropolitan waste-use in urban agriculture of the Federal territory, Abuja, Nigeria. *Journal of tropical Agriculture, Food environment and extension*, **7**, 1, 41-46.
6. Armar-Klimesu M. & Maxwell D.G., 2000, Urban agriculture and food security nutrition and health. *In: Bakker et al.*, (eds) *Growing cities, Growing Food (Feidafing: DSE)* pp. 99-117.
7. Cleave J.H., 1974, *African farmers: labour use in the development of smallholder agriculture*, Praeger, New York.
8. Drakakis-Smith D., 1997, Third world cities: sustainable urban development 111-Basic Needs and human rights. *Urban studies*, **34**, 5-6, 797-323.
9. Drescher A.W., 2001, The integration of urban agriculture into urban planning-an analysis of current status and constraints. *In: Annotated bibliography on urban agriculture. ETC Urban Agriculture Programme & Swedish international development Agency (SIDA), Leusden, The Netherlands*, Retrieved September 20th 2007 from <http://www.rauf.org/bibliography/annotated/html>
10. Drescher A.W., 2002, Urban and peri-urban agriculture and urban planning. A paper contributed to the electronic conference on urban and peri-urban agriculture. RUAF. Retrieved 21st October 2007 from http://www.fao.org/urbanag/paper/_enhtml
11. Drescher A.W., 2003, What is urban agriculture? Discussion paper, Food Africa Internet Conference, Retrieved 20th September 2007 from <http://foodafrica.nri.org/urbanization/urbanizationdiscussion1.html>
12. Dvorak I., 1996, Labour requirement in assessment of technologies. Research Guide N° 27, IITA, Ibadan, Nigeria.
13. Enete A.A. & Achike I.A., 2008, Urban agriculture and food insecurity/poverty in Nigeria; the case of Ohafia-Southeast Nigeria. *Outlook on agriculture*, vol. **37**, 2, 131-134.
14. Enete A.A., Nweke F.I. & Tollens E., 2002, Determinants of cassava cash income in female headed households of Africa. *Quarterly Journal of International Agriculture*, **41**, 3, 241-254.
15. Fasasi A.R., 2006, Resource use efficiency in yam production in Ondo state, Nigeria. *Medwell online Agricultural Journal*, **1**, 2, 36-40.
16. Food and Agricultural Organization (FAO), 1999, Issues on urban agricultural retrieved 8th December 2007 from FAO Website: <http://www.fao.org/ag/magazine19901sp2.htm>
17. Fontem D.A. & Schippers R.R., 2004, *Talinum Triangulare* (Jacq.) wild. *In: Grubben G.J.H. & Denton O.A.*(editors). *Plant resources of tropical Africa 2. Vegetables*. PROTA Foundation, Wageningen, Netherlands/ Backhuys publishers, leiden, Netherlands/CTA, Wageningen, Netherlands, pp. 519-522.
18. Lynch K.I., Binns T. & Olofin E., 2001, *Urban agricultural under threat. The land security question in Kano, Nigeria*. El Seviet, UK.
19. National Population Commission (NPC), 2006, *National Population Report NPC*, Abuja, Nigeria.
20. NEEDS, 2004, *National Economic Empowerment and Development Strategy (NEEDS)*. National Planning Commission, Abuja, Nigeria.
21. Nugent R.A., 2000, "Urban and peri-urban agriculture, household food security and nutrition". Discussion paper of E- conference: "Urban and peri-urban agriculture on the policy agenda". Retrieved 8th December, 2007 from http://www.fao.org/urgang/paper1_ed.html
22. Parikh A.F. & Shah M.K., 1995, Measurement of economic efficiency in Pakistan agriculture. *American J. Agric. Econ.* **77**, 675-85.
23. Ram R., 1980, Role of education in production: a slightly ned approach. *Quarterly Journal of Economics*, **95**, 365-373.
24. Resource Centers on Urban Agriculture and Food Security (RUAF Foundation), 2007, "Why urban agriculture is important" Retrieved 18th December, 2008 from <http://www.ruaf.org>.
25. Rogerson C.M., 1998, Urban poverty alleviation in South Africa: the role of urban agriculture. A paper delivered at the International Conference on Productive Open Space Management Technikon Pretoria. Retrieved January 28th 2008 from <http://www.idrc.ca/en/ev-246-201-1-120.html>.
26. Umoh G.S., 2006, Resource use efficiency in urban farming: an application of stochastic frontier production function. *International Journal of Agriculture and Biology*, **8**, 1, 37-44
27. UNDP, 1996, *'Urban agriculture: food, jobs and sustainable cities: New York: United National Development Programme (UNDP)*
28. Upton M., 1996, *The economy of topical farming systems*. Cambridge University Press. Cambridge, UK.
29. World Bank, 2000, *World development report 2000/2001, Attacking Poverty* World Bank. Washington DC.

U.E. Okon, Nigerian, graduate student, Department of Agricultural Economics, University of Nigeria, Nsukka, Nigeria.

A.A. Enete, Nigerian, PhD, Lecturer at the Department of Agricultural Economics, University of Nigeria, Nsukka, Nigeria.

Analyse de l'efficacité technique des unités de transformation des céréales à partir d'une fonction de coût frontière

R.M.-P. Medjigbodo*

Keywords: Efficiency- Cereals- Transformation- Benin

Résumé

L'analyse de l'efficacité des systèmes de transformation des céréales a permis de déceler les facteurs permettant d'améliorer les pratiques des artisans en zones rurales au Bénin. Les niveaux d'efficacité sont variés et dépendent de plusieurs facteurs qui peuvent être regroupés en ceux relatifs au matériel, au meunier, au propriétaire... Afin d'augmenter le niveau d'efficacité, il convient de sensibiliser et de former les principaux acteurs sur plusieurs points. De même, il convient de faciliter l'approvisionnement en pièces de rechange et de carburant.

Introduction

Au Bénin, la transformation des céréales est encore essentiellement artisanale, elle se fait à l'aide de petites machines motorisées dans des ateliers privés: les minoteries. Ces équipements sont entièrement importés, de même que les pièces détachées nécessaires à leur entretien. Avec l'inflation, les charges auxquelles font face les propriétaires des minoteries ont augmenté. Les prix des prestations n'ont pas suivi dans la même proportion, il en résulte un nombre de plus en plus croissant de fermetures de minoteries (12, 13). Les conséquences sont le chômage, l'augmentation des prix des prestations au consommateur, les difficultés de redynamisation de la production rizicole, la baisse de la production des autres céréales, etc.... Ne pouvant attendre des subventions de l'Etat, les minoteries ne peuvent chercher qu'à améliorer leurs performances. Ceci peut se faire de deux manières: changement de technologie, ou amélioration de l'efficacité. La première solution qui implique l'abandon des machines actuelles n'est envisageable que dans le long terme. L'objectif de cette étude est de déterminer les niveaux d'efficacité actuels des minoteries, ensuite, d'identifier les facteurs les influençant.

Farrel (5) a été le premier à proposer des mesures de l'efficacité des unités de production. Il distingue: l'efficacité technique qui est la capacité de l'entreprise à obtenir le maximum de production à partir d'un niveau fixe d'intrants et l'efficacité allocative qui est l'utilisation optimale des inputs compte tenu du niveau de prix. Le produit de ces deux efficacités nous donne l'efficacité économique. Plusieurs travaux ont amélioré

Summary

Analysis through Cost Frontier Function of Technical Efficiency for Cereals Processing Units

The analysis of the efficiency of the transformation of cereals has identified the factors that can improve the practices of artisans in rural areas in Benin. Efficiency levels are varied and depend on several factors that can be grouped into those relating to hardware, the miller, the owner ... To increase the level of efficiency, key stakeholders should be sensitized and trained on several points. Similarly, it is necessary to facilitate the supply of spare parts and fuel.

les concepts et les méthodes de calcul. Bottasso et Sembenelli (2) ont montré par exemple que les filiales des multinationales étaient plus efficaces que les entreprises indépendantes. Les variables comme l'âge, la taille de la famille, le contact avec les agents de vulgarisation, influencent la distribution des indices techniques des fermiers calculés selon les travaux de Edet *et al.* (4). Quelquefois et pour certaines variables, les résultats que la littérature présente ne sont pas toujours concordants. En effet, selon Ajibefun (1), Wilson *et al.* (15), Gumbau (7) et Diaz (3) par exemple, la taille des entreprises influence leur efficacité: plus elles sont grandes, plus elles sont efficaces techniquement. Alors que pour Iraizoz (8) la taille et l'efficacité ne sont pas liées. Ils précisent en outre que les mesures d'efficacité sont positivement liées aux indices de productivité partielle et négativement liées aux coûts des facteurs.

Méthode

Description du modèle de calcul des indices d'efficacité technique

Afin de déterminer la fonction de coût frontière, il a été régressé les variables prix du gas-oil, salaire journalier, coût du capital, sur le total des coûts. Les données se rapportent à 349 unités (couvrant 4 départements dont 2 producteurs à la fois du maïs et du riz: les deux autres produisant uniquement du maïs: CAT2 et CAT3). Les effectifs de chaque catégorie sont présentés dans le tableau 2. La forme du modèle est

*ENEAM /Université d'Abomey Calavi, 01 BP 693, Porto-Novo, Bénin. Tél: (229) 97-73-91-84 // (229) 93-43-39-05 // (229) 90-93-14-00 E-mail: rolandmedji@yahoo.fr; roland.medjigbodo@eneam.uac.bj

Reçu le 18.06.09 et accepté pour publication le 07.10.09.

la suivante: $C = F(P_{ij}y_j|\alpha) + (v_j + u_j)$

Avec C= Coût, i appartient à {1, 2,3}, 1 pour le gas-oil, 2 pour le salaire, 3 pour le capital, et $j = \{1, 2, \dots, 349\}$: chaque observation. P_{ij} = Prix de l'intrant i pour la minoterie j. y_j = Niveau de production annuelle pour la minoterie j, α = Vecteur de paramètres inconnus à déterminer par le modèle, v_j = terme d'erreur classique, u_j = les effets de l'inefficacité.

Plus précisément nous avons:

$$C = P_1^{\alpha_1} P_2^{\alpha_2} P_3^{\alpha_3} Y^{\alpha_4} \exp(v+u)$$

Des variables muettes permettent de distinguer les différentes catégories de minoteries.

La méthode de Kopp et Dierwert (10) servira à déterminer les indices d'efficacité technique pour chaque minoterie.

Identification des déterminants de l'efficacité

Pour chaque observation i , $i = 1, \dots, n$, la variable dépendante est définie par:

$$Y = y_i^* \text{ si } y_i^* \geq l_i \\ \text{ou } l_i \text{ si } y_i^* < l_i \\ \text{avec } y_i^* = x_i b + u_i$$

b est un vecteur de paramètre inconnus de taille k ; x_i est l'ensemble des déterminants de la i^{e} observations écrites en ligne de k variables exogènes, les valeur l_i sont les seuils connus. On pose l'hypothèse que les u_i sont indépendantes. Conformément à la littérature, il a été retenu les variables explicatives suivantes: la puissance du moteur, son âge, l'ancienneté, l'environnement, la scolarité, le facteur d'intégration du moulin.

Résultats et discussions

Fonction du coût

Globalement, on peut affirmer que le choix des variables et la spécification du modèle sont acceptables. La plupart des coefficients sont significatifs au moins au seuil de 10% et interviennent tous, avec des signes positifs dans la formation du coût ce qui est conforme à la littérature économique (1, 15).

Le tableau 1 présente les valeurs des paramètres

estimés qui représentent les élasticités de la variation unitaire des prix des inputs par rapport à la variation du coût. Naturellement, les intrants de production affectent significativement le coût de production. Plus précisément, le prix du gas-oil est le facteur influençant le plus le coût de production des moulins à maïs. Une variation d'une unité monétaire du prix du gas-oil a un impact de plus de 0,7 sur le coût de production. Le prix du gas-oil pour les décortiqueuses du fait de sa non significativité ne peut pas être considéré comme influençant leur coût de production. Pour les décortiqueuses de l'Atacora (CAT42) seul le paramètre relatif au salaire est significatif et ceci à un seuil limite de 10%. Les coûts de production de décorticage du riz dans ce département sont donc influencés selon le modèle, principalement par les salaires: les véritables facteurs de variation de coût pour les décortiqueuses ne sont donc ni le gas-oil, ni le capital. Cette situation pourrait s'expliquer par les difficultés d'approvisionnement en riz paddy que connaissent les unités dans cette zone. En effet, la production y est moins abondante que dans le département du Borgou. Le niveau de sous activité n'annule cependant pas complètement certaines charges fixes telles que le salaire; parfois, en raison de cette sous activité, quelques litres de gas-oil restent stockés et inutilisés des semaines durant alors que le meunier continue, malheureusement pour le propriétaire, de percevoir son salaire.

Indices d'efficacité

Les indices d'efficacité indiquent que les unités de transformation de céréales au Bénin sont très peu efficaces. Comme l'indique le tableau 2, la moyenne des indices varie de: 0,25 à 0,41 alors que Ajibefun (1) et Wilson *et al.* (15) trouvent une moyenne des indices d'efficacité située entre 62 et 98%. De plus, il apparaît une forte disparité sur le plan national, le minimum pour les moulins du Borgou (CAT11) n'est que de 0,0907 le maximum national est de 0,88. Ceci est révélateur de la disparité des conditions d'exercice sur le territoire national. Par ailleurs, les écarts entre les pratiques au sein d'une même sphère géographique sont importants et consignés dans le tableau 2. Particulièrement les écarts d'efficacité entre moulins sont les plus importants. Dans une même

Tableau 1
Valeur des paramètres

	b1	b2	B3	b4	bo corrigé
CAT 11	0,70859**	0,24104**	0,05036	0,46804**	1,43111**
CAT 12	0,60341	0,56608**	1,03738**	-0,0071	14,6831**
CAT 2	0,62577**	0,20972**	0,16451	0,52435**	1,4562
CAT 3	0,74292**	0,1925*	0,06459**	0,62347**	0,4953
CAT 41	0,6765**	0,1844*	0,1392**	0,5435**	1,13445
CAT 42	0,31107	0,50436*	0,1846	0,3021	4,3470

Source: calculs faits à partir des données de l'enquête.

Tableau 2
Indices d'efficacité technique des unités

Catégories	Effectif	Moyenne	Minimum	Maximum	Différence*
*CAT 11	71	0,2649	0,0907	0,82	0,7293
CAT 12	6	0,37835	0,24716	0,55612	0,30896
CAT 2	84	0,2865	0,1459	0,8755	0,7296
CAT 3	58	0,41224	0,1769	0,8848	0,7079
CAT 41	109	0,25181	0,1303	0,6562	0,5259
CAT 42	21	0,39793	0,24772	0,6054	0,3582
TOTAL	349	0,30	0,0907	0,8848	0,7497

Moyenne des moulins: 0,29264

Ecart entre moulins: 0,79

*Différence égale: Maximum - Minimum

Moyenne des décortiqueuses: 0,3935

Ecart entre décortiqueuses: 0,41

Source: Données de l'enquête.

région ces écarts témoignent du manque de maîtrise et de l'ignorance des fondamentaux au niveau des minoteries (6, 8).

Les minoteries de la catégorie CAT3 sont en moyenne les plus performants techniquement (0,41224). De plus, le niveau le plus élevé des indices d'efficacité (0,8848) est atteint par les unités de ce département. Ce résultat peut être expliqué par le fait que ce département (CAT3) dont le chef lieu est Cotonou offre des facilités d'approvisionnement en carburant, en pièces détachées de rechange. Offrant également de multiples activités plus lucratives, que la minoterie, les moulins y sont relativement moins nombreux par densité de population. Ces conditions sont moins favorables dans les départements de l'Atacora (CAT41) de l'Ouémé (CAT2) et du Borgou (CAT12). Cependant, les deux dernières catégories de moulins se situent dans des départements frontaliers du Nigeria et l'on pourrait s'attendre à ce que le ravitaillement en carburant et les pièces détachées ne constitue pas un problème. Mais du fait de leur situation géographique justement, ils offrent aux populations des facilités d'importation de matériel, entraînant une pléthore de moulins.

Le niveau le plus bas des indices est obtenu dans le département du Borgou (CAT11 et CAT12), où on remarque l'écart le plus grand entre le minimum et le maximum des indices. L'écart type d'ailleurs de cette catégorie est le plus élevé des groupes de moulins, nous disons donc qu'au Borgou ces indices sont plus fluctuants autour de la moyenne. Ceci peut s'expliquer par le fait que ce département étant très vaste, (près de 46% de la superficie totale du pays), les conditions y soient moins homogènes que dans les autres. Quant aux décortiqueuses, le résultat du test de comparaison de moyenne que nous avons fait nous permet de dire que le résultat dans les deux départements n'est pas significativement différent au seuil de 5%. Nous disons donc que le niveau d'efficacité technique dans les deux départements est identique. Rappelons que les décortiqueuses dans le département de l'Atacora (CAT42) sont dispersées géographiquement, par contre

elles sont dans le département du Borgou (CAT12) localisées dans la seule sous-préfecture de Malanville; mais, elles se situent dans les deux cas à proximité des zones de production.

L'examen des indices révèle qu'en général, les classes modales sont celles se situant en dessous de 0.5. [0 - 0.25] et [0.25 - 0.5]. Plus de la moitié des unités de transformation se situe dans ces classes. Ceci confirme le constat fait précédemment que la majorité des unités de transformation sont inefficaces techniquement. Il convient alors de repérer les variables influençant cette efficacité.

Résultats et discussions de l'identification des déterminants

Les résultats relatifs aux déterminants économiques et aux déterminants sociologiques des acteurs sont consignés dans le tableau 3.

Déterminants économiques et techniques

Les variables PUISS, QTEJOUR, ne sont pas significatives. Le coefficient de la variable AGEMAT est négatif, cela signifie que plus le matériel est vieux, moins il est efficace techniquement.

Ceci peut sembler être une évidence, car en général plus une machine vieillit moins elle est performante. Mais ici, en plus de cette évidence, il faut souligner que les propriétaires ont de mauvaises habitudes en matière d'entretien du matériel. En effet, rappelons que les réparations se font par des bricoleurs, et les pièces sont souvent de mauvaise qualité, en outre elles sont aussi incompatibles. On distingue alors sur les moteurs des pièces de plusieurs marques, ce manque d'homogénéité provoque des usures excessives, des consommations anormales de carburant, et des pannes, d'où l'augmentation des coûts.

Le coefficient de la variable INT, quant à lui, est positif. On en conclut que lorsque le matériel est utilisé à d'autres activités, il est plus efficace techniquement. Ceci résulte du fait que ces moulins ayant d'autres

Tableau 3
Identification des déterminants de l'efficacité

Déterminants économiques	Coefficient	t-ratio	Déterminants sociologiques	Coefficient	t-ratio
AGEMAT	-0,65768E-04	-2,624**	SCOLM	-0,83289E-02	-0,999
PUISS	0,35126E-04	1,149	AGEM	-0,73644E-03	-1,085
INT	0,35743E-01	2,156**	PRATM	0,24763E-02	2,642**
QTEJOUR	0,20581E-04	0,589	MEUNMEC	0,23432E-01	1,608
SAL	0,45408E-06	5,385**	MEUNPAR	-0,28299E-01	-1,821*
INSTDOM	-0,25593E-01	-1,806*	CONSTANT	0,56367	9,631
TAUX	0,61759	6,819**			
CONSTANT	0,17560	7,773**			

Significatif à 10%:*; significatif à 5%:**

Source: Résultats obtenus à partir des données de l'enquête.

activités utilisent les heures creuses pour gagner de l'argent, les ressources sont utilisées au mieux, et les charges fixes (amortissement, loyer, salaire) par activités sont moindres.

Le taux élevé indique que l'activité est dans un environnement où il existe des activités lucratives. Les agents économiques ont alors la possibilité d'opter pour des investissements souvent plus rentables. Ceci limite généralement le nombre de moulins donc la concurrence dans la localité. La clientèle est plus grande et les activités sont plus rémunérées. C'est l'explication que l'on pourrait tirer du signe du coefficient de cette variable.

Le matériel situé en dehors du domicile du propriétaire est souvent installé dans les zones propices à des activités de mouture et de décortilage (abords des marchés.....). Ici également, une activité relativement plus intense semble être la raison pour laquelle la minoterie située au marché ou au bord de la plus grande route de la localité, à la gare..... soit plus efficace. Il faut dire en plus que le propriétaire avant d'installer son matériel à ces endroits, se livre à une forme d'étude de marché et compare leurs avantages, il évalue la clientèle potentielle, et la force de la concurrence. Ceci se fait généralement moins bien pour le matériel installé à domicile. On remarque d'ailleurs que 80% des moulins transférés ont transité par le domicile du propriétaire.

Déterminants sociologiques

MEUNPAR: Variable binaire indiquant que si le meunier est parent ou non du propriétaire. Elle prend la valeur 1 dans le premier cas et 0 dans le second.

PROPMEUN: Variable binaire indiquant que le propriétaire est en même temps le meunier de la minoterie.

SALMEUN: Cette variable représente le salaire mensuel payé au meunier par le propriétaire.

MEUNMEC: Variable binaire indiquant si le meunier est

aussi le mécanicien de la minoterie.

Il apparaît au vu des résultats que le niveau d'instruction du meunier (SCOLM), son âge (AGEM) ou le fait qu'il soit en même temps le mécanicien de la minoterie n'influencent pas l'efficacité technique. Par contre, le nombre d'années de pratique (PRATM), et le fait que le meunier soit parent du propriétaire (MEUNPAR) sont à considérer pour l'explication de l'efficacité technique. On peut en déduire que l'expérience des meuniers est importante pour la minoterie, mais aussi que les plus anciens sont généralement plus consciencieux, ils sont plus âgés et souvent ont des personnes à charge, ils évitent tant que faire se peut le renvoi. Parfois leur intégration à la famille peut aussi expliquer leur conscience professionnelle. Pour les meuniers parents, leur comportement s'explique par le sentiment qu'ils ont à gérer leur propre bien. Ce qui peut se révéler vrai, dans le futur où ils héritent du matériel.

L'analyse des coefficients de détermination permet d'affirmer que les facteurs techniques expliquent beaucoup plus l'efficacité technique des unités de transformation.

Conclusion

Au regard des analyses, on retient que les unités de transformation de céréales sont inefficaces au Bénin. Les moulins à maïs sont en moyenne moins efficaces que les décortiqueuses. Les conditions d'exercice des activités des unités varient énormément d'un point géographique du pays à un autre. A l'intérieur d'une même aire géographique, de mauvaises pratiques conduisent certains acteurs à être sensiblement moins efficaces que leurs congénères. Des facteurs tant techniques que socio-économiques expliquent l'inefficacité constatée. Il convient d'assurer aux minoteries un approvisionnement régulier en carburant et en pièces détachées. Il convient également de sensibiliser les principaux acteurs sur le respect des

règles élémentaires de marketing lors de l'implantation des minoteries. Il serait souhaitable de donner la possibilité aux acteurs de bénéficier de formations à l'entretien et à la gestion efficace des minoteries. Par ailleurs, le signe du coefficient de la variable indiquant que l'équipement était utilisé ou non à d'autres

activités permet de conclure que plus l'équipement servait à des activités connexes, plus la minoterie est efficace techniquement. En maintenant la même base d'équipement, les tenanciers pourraient être encouragés à servir d'autres besoins de la clientèle. Ce faisant, ils augmenteraient leur efficacité.

Références bibliographiques

1. Ajibefun I.A., 2008, An evaluation of parametric and non-parametric methods of technical efficiency measurement: application to small scale food crop production in Nigeria. *J. Agri. Soc. Sci.* 4, 95-100.
2. Bottasso A. & Sembenelli A., 2004, Does ownership affect firms' efficiency? *Empirical Economics*, 29, 769-786.
3. Diaz M.A. & Sanchez R., 2008, Firm size and productivity in Spain: a stochastic frontier analysis, *Small Business Economics*, 30, 315-323.
4. Edet J., Udoh E.J. & Akpan S.B., 2007, Measuring technical efficiency of water leaf (*Talinum triangulare*) production in Akwa Ibom State, Nigeria *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.* 2, 5, 518-522, 2007.
5. Farrel M.J., 1957, The measurement of production efficiency. *Journal of Royal Statistical society ser. A*, 120, 253-281.
6. Grossman M.G. & Helpman E., 2005, Outsourcing in a global economy, *Review of Economic Studies*, 72, 135-159.
7. Gumbau M. & Maudos J., 2002, The determinants of efficiency: the case of the Spanish industry, *Applied Economics*, 34, 1941-1948.
8. Iraizoz B., Rapun M. & Zabaleta I., 2003, Assessing the technical efficiency of horticultural production in Navarra, Spain *Agricultural Systems*, 78, 387-403.
9. Koopmans T.C., 1951, *Activity analysis of production and allocation*. An analysis of production as an efficient combination of activities. New York: Wiley. pp. 205.
10. Kopp J.R. & Diewert W.E., 1982, The decomposition of frontier cost function deviations into measures of technical and allocative efficiency. *Journal of Econometrics* 1982, North Holland Publisher Company.
11. Kumbhakar S.C. & Lovell C.A.K., 2000, *Stochastic Frontier Analysis*, Cambridge University Press pp. 234.
12. Shanmugam K.R., 2002, Technical efficiency of growing rice crop in Karnataka: a panel data study, *Artha Vijnana*, 44, 3-4, 213-224.
13. Shanmugam K.R., 2003, Technical efficiency of rice, groundnut and cotton farms in Tamil Nadu., *Indian Journal of Agricultural Economics*, 58, 1, 101-114.
14. Thiam A., Bravo-Ureta B., Rivas E. & Theodoros E., 2001, Technical efficiency in developing country agriculture: a meta-analysis. *Agricultural Economics*, 25, 2-3, 235-243.
15. Wilson P., Hadley D. & Ashby C., 2001, The influence of management characteristics on the technical efficiency of wheat farmers in Eastern England. *Agricultural Economics*, 24, 329-338.

R.M.-P. Medjigbodo, Béninois, Doctorat en économie (option économie rurale). Enseignant d'économie à l'Université d'Abomey Calavi, Bénin.

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 interested 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.

Use of Correlation Relationships to Enhance Understanding of Pedogenic Processes and Use Potential of Vertisols and Vertic Inceptisols of the Bale Mountain Area of Ethiopia

B.P.K. Yerima^{1*}, E. Van Ranst² & A. Verdoodt²

Keywords: Colluvial materials- Soil properties- Analytical data quality- Statistical relationships- Sustainable landuse- Ethiopia

Summary

Five Vertisols and two Vertic Inceptisols developed from basalt and alluvial materials were characterized for physical and chemical properties. Correlative statistical relationships were established among physical and chemical properties including cation exchange capacity (CEC), percent total clay, electrical conductivity (EC), base saturation % (BS), pH-H₂O, pH-KCl, CaCO₃ equivalent, organic carbon (OC), total nitrogen (TN), P-Bray and P-Olsen. Correlative relationships were established among parameters for all horizons of the soils studied as well as among parameters within individual horizons. P-Olsen was highly correlated with OC and TN; simple coefficients of determination (r^2) were 0.81 and 0.69, respectively. CaCO₃ was highly correlated with pH-H₂O and pH-KCl; r^2 values were 0.68 and 0.60, respectively. Similar correlations were obtained for pH-KCl vs pH-H₂O and pH-KCl vs EC, with r^2 values of 0.92 and 0.70, respectively. Total nitrogen was also very highly correlated with OC ($r^2 = 0.88$). Base saturation was highly correlated with pH-KCl and pH-H₂O giving r^2 values of 0.62 and 0.64, respectively. When correlative relationships were carried out among parameters within individual horizons very high correlation coefficients were obtained for OC vs TN ($r = 0.98 - 1.00$), OC vs P-Olsen ($r = 0.96 - 0.99$), BS vs pH-KCl ($r = 0.82 - 1.00$), BS vs pH-H₂O ($r = 0.86 - 1.00$). Most of the simple correlation coefficients obtained for EC with pH-KCl and pH-H₂O were > 0.81 . High correlation coefficients (0.80 - 1.00) were obtained for % clay vs total CEC for most soils studied. Regression relationships developed constitute useful predictive indices for estimating agronomic properties from existing physical and chemical data and soil survey reports of the Bale Mountain area of Ethiopia. This study has demonstrated that statistical correlation can be used to cross-check the quality of analytical data both among horizons of different soil profiles and within individual soil profiles from prior established relationships.

Résumé

Utilisation des corrélations statistiques pour améliorée la compréhension des processus pédogénétiques et l'utilisation potentielle des vertisols et inceptisols de la région montagneuse de Bale en Ethiopie

Cinq vertisols et deux inceptisols vertiques formés sur basalte et sur alluvions ont été caractérisés physiquement et chimiquement. Des relations de corrélation ont été établies entre les propriétés physiques et chimiques du sol comprenant: la capacité d'échange cationique (CEC), le pourcentage d'argile, la conductivité électrique (CE), la saturation en bases % (SB), le pH-H₂O, le pH-KCl, l'équivalent en CaCO₃, le carbone organique (C.O), l'azote total (NT), le phosphore assimilable (Bray et Olsen). Les corrélations ont été établies entre les paramètres de tous les horizons des sols étudiés tout comme entre les paramètres du même horizon. Le phosphore Olsen était fortement corrélé au CO et à NT, les coefficients de détermination (r^2) étaient de 0,81 et 0,69 respectivement. Le CaCO₃ était fortement corrélé au pH-H₂O et pH-KCl, les valeurs de r^2 étaient de 0,68 et 0,60 respectivement. Des corrélations similaires ont été obtenues pour le pH-KCl et le pH-H₂O puis pour le pH-KCl et la CE, avec des valeurs de r^2 de 0,92 et 0,70 respectivement. L'azote total était aussi très fortement corrélé au CO ($r^2 = 0,88$). La saturation en bases était fortement corrélée aux pH-KCl et pH-H₂O avec des valeurs de r^2 de 0,62 et 0,64 respectivement. L'établissement des relations de corrélations entre les paramètres du même horizon a permis d'observer de très forts coefficients de corrélation pour le CO et le NT ($r = 0,98 - 1,00$), le CO et le P-Olsen ($r = 0,96 - 0,99$), la SB et le pH-KCl ($r = 0,82 - 1,00$), la SB et le pH-H₂O ($r = 0,86 - 1,00$). La plupart des coefficients de corrélation obtenus pour la CE et le pH-KCl puis le pH-H₂O étaient $> 0,81$. Des coefficients de corrélation élevés (0,80 - 1,00) ont été obtenus pour le pourcentage d'argile et la CEC pour la plupart des sols étudiés. Les régressions obtenues constituent d'utiles indices permettant l'estimation des qualités agronomiques des sols à partir de leurs caractéristiques physiques et chimiques existants issues d'une prospection pédologique des sols de la montagne de Bale (Ethiopie). Cette étude a

¹Department of Soil Science, Faculty of Agronomy and Agricultural Sciences, University of Dschang, P.O Box 222, Dschang, Cameroon. E-mail: bernardyerima@yahoo.com.

²Laboratory of Soil Science, Department of Geology and Soil Science, Ghent University, Krijgslaan, 281 (S8), Ghent B-9000, Belgium. Received on 21.09.09 and accepted for publication on 21.10.09.

démontré que les corrélations peuvent être utilisées pour vérifier les qualités de données analytiques à la fois entre les horizons de différents profils du sol et même des profils individuels à partir des relations pré-établies.

Introduction

In Ethiopia, Vertisols cover 12.6 million ha, or about 10.3% of the country (4). In addition, there are 2.5 million ha of soils with vertic properties. Vertisols are important to Ethiopian agriculture. Vertisols are naturally fertile soils, but poor physical properties and limited resources of small farmers limit their cultivation (20, 23, 25).

Rainfed crops such as teff (*Eragrostis tef*), wheat (*Triticum spp.*), barley (*Hordeum vulgare*), chickpea (*Cicer arietinum*), Faba bean (*Vicia faba*), lentils (*Lens culinaris*), linseed (*Linum usitatissimum*) are generally grown on these Vertisols. Most of the Vertisols in the highlands are traditionally planted late in the rainy season allowing only partial use of the potential growing period (3). In the lowlands, irrigated crops such as cotton, sugarcane, citrus, and some vegetables are grown on these soils. Water-logging limits the cultivation of bottomlands Vertisols to mainly dry-season grazing.

The Bale mountain area where Vertisols constitute a large soil resource is rapidly undergoing degradation associated with high population pressure and the need for increased production of food and fuel to meet the increasing demand. A more sustainable use of land will require a good knowledge of the soil characteristics for more judicious agronomic and engineering management. Predictive models developed from physical and chemical soil properties enhance the understanding of a soil system. The available P, organic matter content, total nitrogen, cation exchange capacity,

pH and electrical conductivity of soils are important parameters to agricultural specialists.

Physical and chemical properties of Vertisols have been reported by several investigators (1, 2, 13, 14, 22, 24). It is generally accepted that smectite is the dominant clay mineral although mixed layer clays, kaolinite (5), interstratified kaolinite/smectite (22), and chlorite, palygorskite, illite and minor amounts of smectite (12) have been reported. Correlations among soil properties have been developed by many investigators (8, 10, 25). CEC, an important parameter for predicting fertility behavior, has been correlated with organic matter (OM), and fine and coarse-clay contents among soils occurring in toposequences (25).

Despite the considerable amount of work carried out in the temperate region, a paucity of information exists for similar studies on soils in the tropical region where fewer functional laboratories exist (25). Moreover, the interrelationships that exist among soil physico-chemical properties can be used to evaluate the reliability and consistency of soil analytical data through statistical means. Unfortunately, little information exists for the use of such an approach.

The objectives of this study were to derive statistical relationships among physical and chemical properties of some Ethiopian Vertic Inceptisols and Vertisols especially total nitrogen, OC, CEC, base saturation,

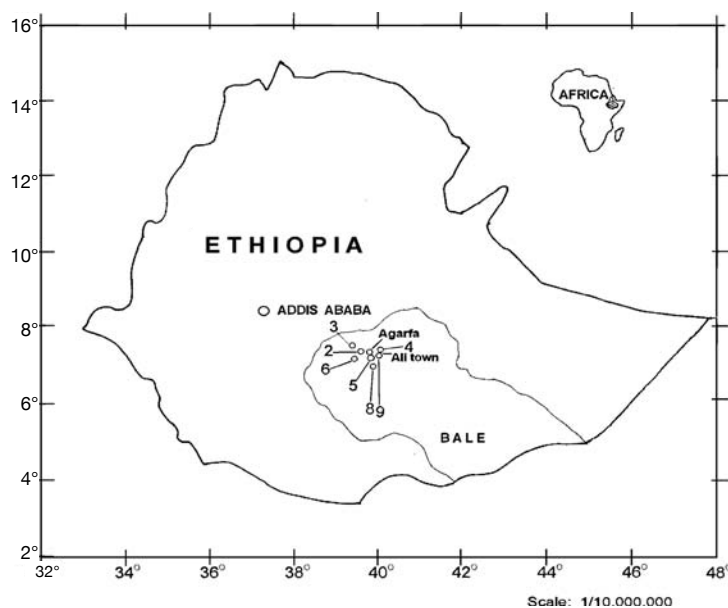


Figure 1: Map of the Bale Mountain area in Ethiopia showing study sites.

available P, CaCO_3 , electrical conductivity and pH in order to evaluate or correct nutrient imbalances and also evaluate soil laboratory data quality.

Materials and methods

Soil samples for the study were collected from Vertic Haplustepts, and Haplusterts, which occupy undulating mountain foot slopes and flat plains and inter-mountain areas in the Bale Mountain area of Ethiopia (Figure 1). These soils have developed from basalt, alluvial, and colluvial material on 0-10% slopes under an ustic soil moisture regime (mean annual precipitation of 800-1200 mm) and a mesic soil temperature regime (mean annual soil temperatures approximately 8-14 °C). The native vegetation on the mountain slopes and plains are dominantly *Juniperus* woodland savanna; in the lowland along river banks various types of acacia and *Faidherbia albida* trees species abound. The dominant grass species are *Andropogon* sp., *Sporobolus* sp., and *Hyparrhenia* sp. Pedons were described using standard terminology (7, 16).

Air-dried bulk samples were crushed to pass through a 2 mm sieve; coarse fragments larger than 2 mm were removed by dry sieving. Particle-size distribution, CEC, exchangeable bases, EC, CaCO_3 percent, and pH were determined on the fine earth fraction by standard procedures (15). Organic carbon was determined by the wet oxidation potassium dichromate method of Walkley and Black. Total N was determined by the Kjeldahl method. Available P was determined both by the Bray and Kurtz and the 0.5 M NaHCO_3 Olsen methods.

Relationships among soil properties were investigated using correlation and regression analyses (9). Parameters tested and fitted to regression models were based on prior established general relationships among variables. Plots of the independent vs the dependent variables were used to determine the fit of the models (18). A linear model was used based on visual observation of the shape of the relationship. Statistical analysis was done using Microstat (6).

Results and discussion

1. Morphological properties

Munsell color values of surface horizons of these Vertisols and Vertic Inceptisols are generally around 3.1 - 3.2 qualifying them as chromic Vertisols and Vertic Inceptisols, but these values increase with depth to about 4.1 to 4.4 in the lower sola. Marked differences in color exist as a function of topographic position and drainage. The soil structure of surface horizons is dominantly angular blocky parting to fine angular blocky; coarse granular structure exists in places. Well-developed angular blocky structures and slickensides are observed in the lower sola of the Vertisols. The

morphological properties of these soils are very similar to those of the Vertisols of the temperate regions (13, 14). Gilgai micro-relief reported for Vertisols in ustic moisture regimes elsewhere (11) were very poorly expressed in these soils and has been explained by both fewer and longer wet/dry cycles typical of ustic soil moisture regimes in tropical areas –“tropustic” (19, 24). The vertic Inceptisols demonstrated surficial cracking and minimal development of slickensides which do not meet the Vertisol criteria.

2. Physical and chemical properties

The studies were done on 7 profiles, but only physical and chemical properties of representative profiles are presented (Table 1). Clay contents of these soils are usually high and range from a low value of 42% in the Ap horizon of the Ali Town 1 Haplustert to a high of 86% in the Bw horizon of the Ali 2 Michael profile, with lowest values observed in surface horizons.

The A horizons of these soils have dark colors attributed to high organic matter (OM) contents (Table 1) which gradually decrease with depth. Total nitrogen is strongly associated with OM contents and decreases with depth. Similar observations have been made for Vertisols in El Salvador, North Cameroon, and India (20, 24). Available P is generally closely tied to the organic carbon content. Available P values are low and decrease with depth. The pH (2:5 soil: water) of these soils ranged from very acid (5.15) to alkaline (8.27). Calcium and magnesium dominate the exchange complex of these soils and the CEC values are generally high and range from 29.6 - 59.1 cmol (+)/kg of soil. The CEC clay of these soils ranged from 49 - 128 cmol (+)/kg, indicating the presence of weatherable 2:1 clay minerals. The clay contents were 56, 47, 48 and 55% for the Ap, AB, Bk and BCK horizons of the Ali Vertic Haplusterts, respectively giving corresponding CECs of 73, 128, 118, and 100 cmol (+)/kg clay.

Though the clay mineralogy was not determined, the CEC/100 g clay range from 49 - 128 cmol (+)/kg indicates a varying mineralogical suite probably dominated by 2:1 clay minerals of the smectitic or vermiculitic group. This is confirmed optically by the presence of mica in the silt and fine sand fractions. Also, the high exchangeable K contents of 0.76 - 3.99 cmol (+)/kg indicates the presence of micaceous minerals. Mica is a precursor to vermiculite.

Generally, these soils have low organic matter and total nitrogen, are near neutral to alkaline with high CEC and exchangeable bases, with Ca being the dominant cation.

3. Regression and correlation analysis

The ranges in properties of the soils used to develop the regression relationships and correlation coefficients for these soils are given in tables 2 and 3, respectively.

Table 1
Physical and Chemical Properties of Representative Profiles of Vertisols and Vertic Inceptisols of the Bale Mountain Area of Ethiopia

Horizon	Depth (cm)	Clay < 2 μ	OC	N	CEC		Exchangeable cations			BS	Ca-CO ₃	EC	pH 2:5		Available P		
					Clay	Total Soil	Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺				Mg ⁺⁺	KCl	H ₂ O	Bray	Olsen
		----- % -----		----- cmol (+)/kg -----		----- % -----		----- mS/cm -----						----- ppm -----			
<i>Site 4 Ali town 1 vertic haplusterts</i>																	
Ap	0-30	56	2.04	0.154	73	55.78	0.76	2.74	35.42	6.24	81	2.3	0.28	4.96	6.48	14.38	2.84
AB	30-75	47	0.84	0.098	128	63.90	1.21	2.35	41.52	5.49	79	3.4	0.41	5.60	6.95	2.90	0.94
Bk	75-100	48	0.72	0.091	118	59.07	2.16	1.63	44.26	5.15	90	3.8	0.65	6.36	8.27	3.84	0.79
Bck	100-155	55	0.34	0.059	100	56.54	2.14	1.45	45.97	6.38	100	4.2	0.75	6.43	8.24	8.10	0.84
<i>Site 5 Ali 2 Michael haplusterts</i>																	
Ap	0-34	45	2.20	0.186	49	29.64	0.69	2.20	13.51	3.85	68	0	0.19	4.36	5.88	1.03	1.99
Bw	34-95	86	0.74	0.085	63	56.58	1.14	3.99	25.02	8.65	69	0	0.33	4.68	6.25	0.67	1.14
Bk	95-170	85	0.42	0.051	60	52.77	1.71	1.71	28.92	9.32	79	5.9	0.36	5.43	7.26	0.86	0.72
<i>Site 6 Agarfa haplusterts</i>																	
Ap	0-25	45	2.23	0.250	64	36.3	0.62	2.88	14.78	4.35	62	0	0.23	4.42	5.97	3.43	2.41
B1	25-50	70	1.16	0.117	67	50.6	1.22	3.98	26.14	7.74	77	0	0.29	4.52	6.14	0.99	0.81
Bk1	50-86	83	0.78	0.093	63	55.3	1.82	3.92	27.99	9.07	77	3.8	0.42	4.92	6.98	0.81	0.58
Bk2	86-160	57	0.48	0.060	91	53.5	1.73	2.42	31.90	8.60	100	3.0	0.39	5.38	7.18	0.84	0.27
<i>Site 8 Amigna-haro haplusterts</i>																	
Ap	0-20	59	1.46	0.194	72	47.8	0.82	2.53	25.52	6.34	74	0.0	0.32	4.53	5.59	1.40	1.48
Bk1	20-85	83	1.00	0.101	64	56.6	1.52	2.07	34.14	8.12	81	2.8	0.45	5.07	7.01	0.95	0.82
Bk2	85-165	66	0.32	0.034	75	50.8	2.30	1.51	36.28	8.78	96	3.6	0.30	5.96	7.77	2.59	0.29
<i>Site 9 Ali town 2 haplusterts</i>																	
Ap	0-30	42	2.02	0.168	70	36.5	0.57	2.31	13.18	3.36	52	0.0	0.18	4.56	5.94	1.68	1.62
Bw	30-95	72	0.70	0.083	70	52.9	1.50	2.94	21.44	7.63	63	0.0	0.32	4.58	6.36	1.16	0.68
Bk	95-165	73	0.12	0.014	66	48.8	1.80	2.40	25.62	9.11	80	4.2	0.40	5.11	6.97	1.76	0.51

Table 2
Ranges in soil properties used to develop the regression models

Properties (Units)	Range
Total nitrogen (%)	0.014 – 0.25
Organic carbon (%)	0.120 – 2.23
Available P-Olsen (ppm)	0.140 – 2.84
Available P-Bray (ppm)	0.080 – 14.38
CEC, cmol, NH ₄ (+)/kg	29.64 – 63.90
Base saturation (%)	52.0 – 100
Total clay (%)	42.0 – 86.0
pH (2:5) water	5.27 – 8.27
pH (2:5) KCl	4.04 – 6.43
Electrical Conductivity (EC), mS/cm	0.05 – 0.75
CaCO ₃ (%)	0.00 – 5.00

Table 3
Correlation relationships among selected soil properties

Variable	(n)*	CEC	EC	pH-H ₂ O	pH-KCl	CaCO ₃	OC	TN	P-Bray	P-Olsen
Clay	(25)	-0.015	-0.097 **	-0.160 *	-0.166 *	-0.0003	-0.440 *	-0.416 *	-0.498 **	-0.406 *
CEC	(25)		0.562	0.485 **	0.473 **	0.416 **	-0.194 *	-0.150	0.322	0.014
EC	(25)			0.868	0.843 **	0.660 **	-0.413 **	-0.365 **	0.301	-0.131
pH-H ₂ O	(25)				0.961	0.843 **	-0.513 **	-0.529 **	0.287	-0.260
pH-KCl	(25)					0.812	-0.567 **	-0.569 **	0.315	-0.309
CaCO ₃	(25)						-0.574	-0.606 **	0.235	-0.344 **
OC	(25)							0.948	0.264	0.864 **
TN	(25)								0.153	0.807 **
P-Bray	(25)									0.548

** , * Significant at the 0.01 and 0.05 levels, respectively.

+ CEC= Cation Exchange Capacity, EC= Electrical Conductivity, CaCO₃= Percent calcium Carbonate, OC= Organic carbon (%), TN= Total Nitrogen (%), P-Bray= Available Phosphorus Bray, P-Olsen= Available Phosphorus Olsen.

Linear regression relation between nitrogen and OC (Table 4) indicates a high correlation. From the r² of the equation, nitrogen vs OC accounted for 88% of the variance. This relationship appears linear (Figure 2).

Table 4
Simple and multiple linear regression equations between P-Olsen, P-Bray, Total Nitrogen (TN), Base saturation (BS) and CaCO₃ and selected independent soil properties of the Bale Mountain area of Ethiopia

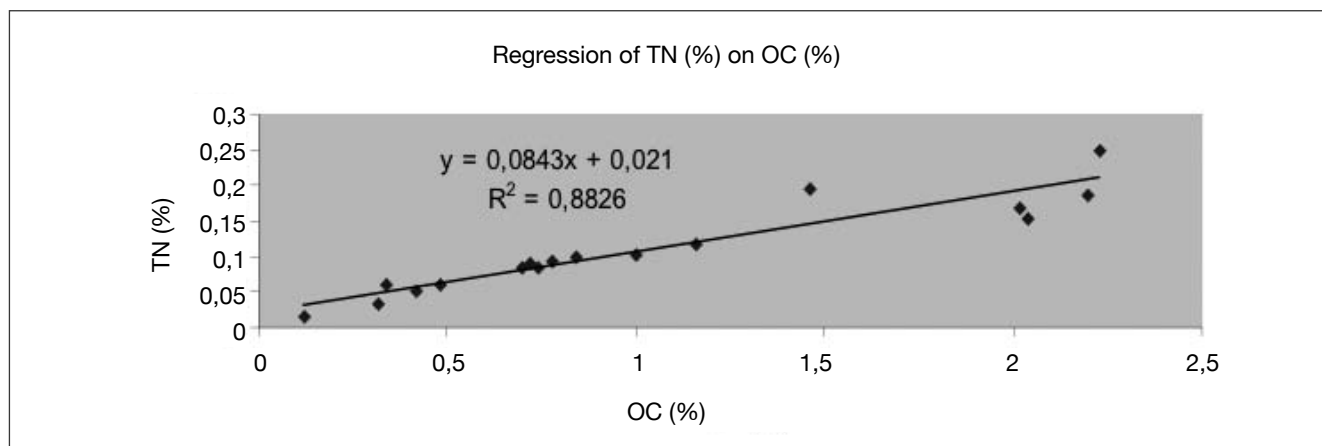
Linear (a)					
Dependent Variable	Intercept	Coefficient	Variable	n	r ²
P-Olsen	= 0.133	0.936	OC	17	0.805**
	= -0.059	9.643	TN	17	0.687**
P-Bray	= -0.281	3.058	P-Olsen	24	0.423**
	= 8.789	-0.097	Clay	24	0.317**
pH-KCl	= -0.0887	0.7738	pH-H ₂ O	24	0.921**
	= 3.9287	0.3234	EC	24	0.698**
TN	= 0.021	0.084	OC	24	0.882**
BS	= -34.5148	21.5364	pH-KCl	17	0.623**
	= -11.30	13.19	pH-H ₂ O	17	0.644**
CaCO ₃	= -11.81	2.064	pH-H ₂ O	17	0.682**
	= -9.906	2.364	pH-KCl	17	0.600**

Multiple Linear (b).

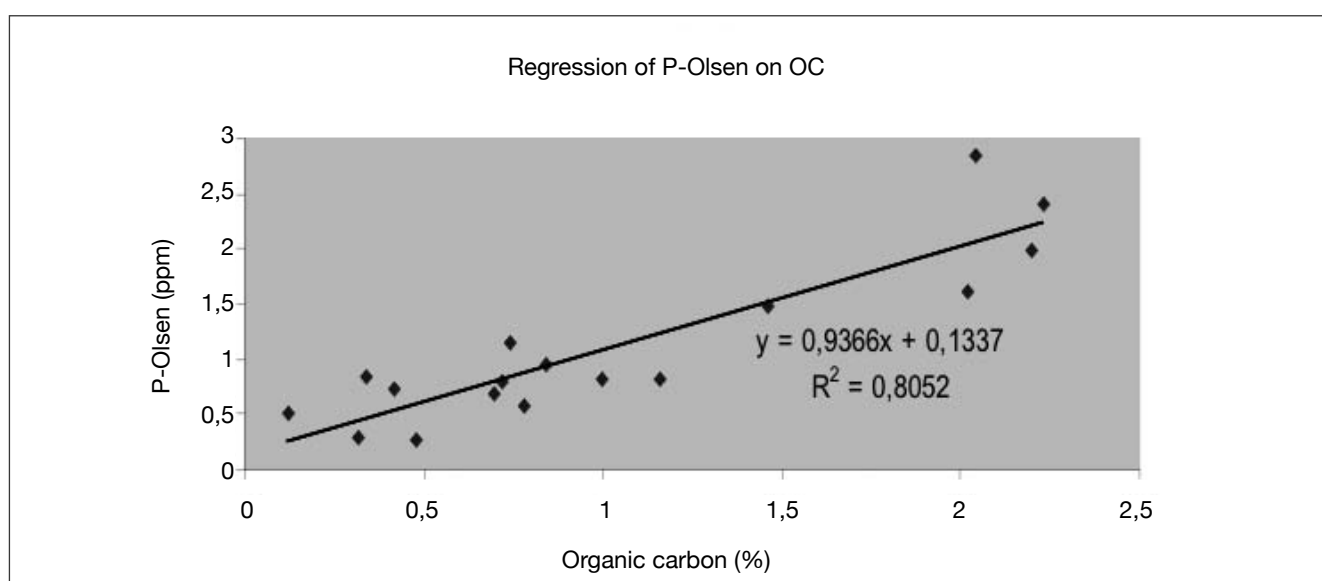
Dependent Variable	Intercept	Coeff. (X1)	Var. (X1)	Coeff. (X2)	Var. (X2)
P-Olsen	= 7.802	-0.028	Clay	-0.753	pH-H ₂ O
	= -1.590	0.019	BS	1.216	OC
n					
24	0.575**				
24	0.845**				

OC = Organic carbon; EC = Electrical conductivity; BS = Base Saturation.

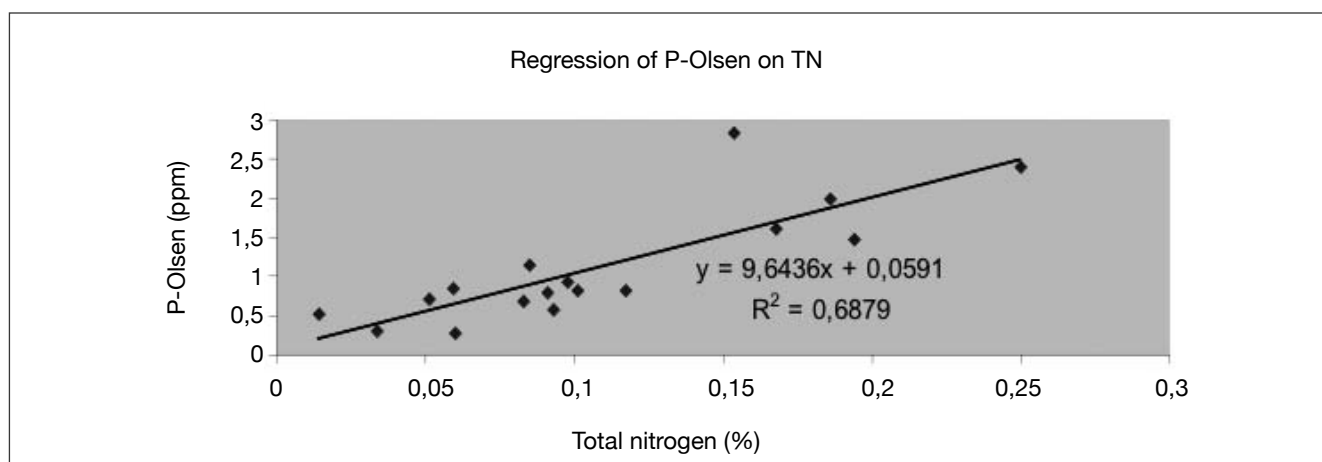
** = Significant at the 0.01 Level; n = number of observations.



(a)



(b)



(c)

Figure 2: Relation of (a) Percent total nitrogen (TN) with percent organic carbon (OC), (b) P-Olsen with OC, and (c) P-Olsen with TN.

Regression equations between P-Olsen and selected physical and chemical properties of these soils (Table 4) indicate that the relationship of P-Olsen vs OC and P-Olsen vs Total Nitrogen (TN) account for 81 and 69% of the variance, respectively. The above relationships

appear linear (Figure 2). This indicates available P-Olsen is associated with OC content as indicated by the depth function distribution of these parameters. P-Olsen has an indirect correlation with TN due to the correlation of TN with OC. The correlation of P-Bray vs OC and P-Bray

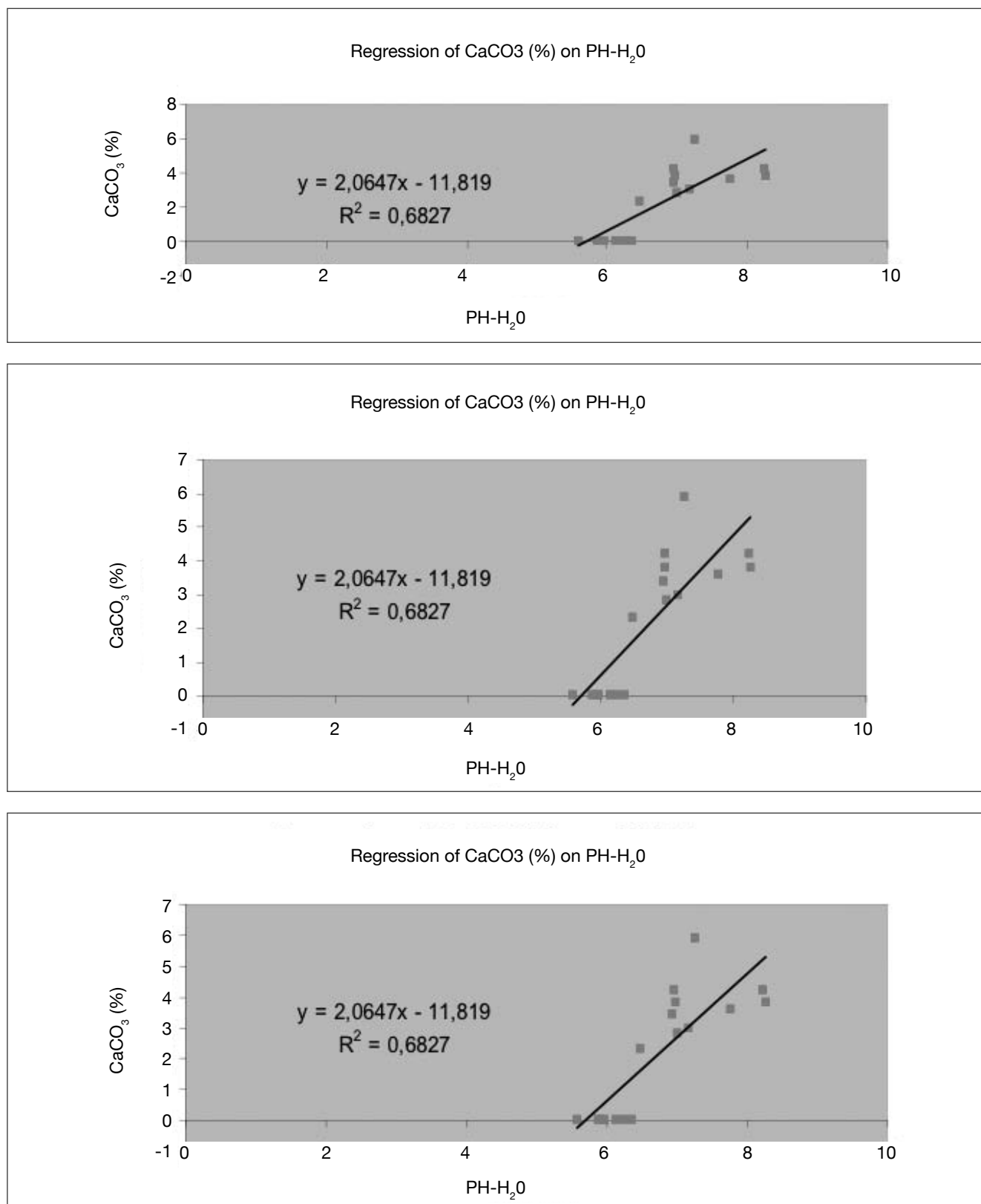


Figure 3: Relation of (a) Base Saturation % (BS) with pH-H₂O, (b) CaCO₃ % with pH-H₂O, and (c) CaCO₃ % with pH-KCl

vs TN was very low (Table 3, $r = 0.264$ and $r = 0.153$, respectively). This confirms observations (17) that the Ammonium Bicarbonate extractant is more suitable for use in neutral to alkaline soils than the Bray II extractant. Table 1 indicates that as pH increases towards the lower

soils, P-Bray (except for surface horizons) also tends to increase. This is confounding and may explain the poor correlation of the organic carbon vs P-Bray. More P was extracted with increasing alkalinity. It is also possible that as carbonates increase with depth they

may constitute sinks for P, which are released, when an acid extractant like P-Bray is used (17).

When multiple linear regressions was used by regressing P-Olsen vs Base saturation (BS) + OC, a greater percent of the variance could be accounted for (84.5%) (Table 4).

Base saturation, $\text{CaCO}_3\%$ and pH-KCl are also very important parameters for agronomic practice. Regression equations between selected physical and chemical properties indicate that the relationship of pH-KCl vs pH- H_2O , pH-KCl vs EC and pH-KCl vs CaCO_3 accounted for 92, 70, and 60% of the variance, respectively (Table 4) and thus give linear functions (Figure 3). Also regression equations of BS vs pH-KCl and BS vs pH- H_2O accounted for 62 and 64% of the variance, respectively, while that for CaCO_3 vs pH- H_2O and CaCO_3 vs pH-KCl accounted for 69 and 60% of the variance, respectively.

The above relationships appear linear and indicate that the parameters, pH-KCl, pH- H_2O , BS and $\text{CaCO}_3\%$ are interrelated, and further that soil properties can easily be predicted from parameters such as pH- H_2O , EC, OC, and pH-KCl, which can be determined at minimal cost.

CEC was not highly correlated with clay or organic carbon (Table 3), $r = -0.051$ and $r = -0.194$, respectively which is strange. This may be due to the variable mineralogical suite of these soils as well as the fact that CEC in these soils is little associated with organic matter since the organic carbon exists in very small amounts.

4. Evaluation of analytical data quality

A quality control program is concerned with establishing and maintaining a fair level of accuracy and precision within the laboratory. Methods used may include recovery techniques, participation in exchange programs and use of reference samples among others.

Crosschecking of soil chemical and physical analysis is one of the most effective ways of deciphering the inconsistencies that exist within a set of analytical data; it can be carried out in three ways (21, 23). First, if we have already established an expected range for each of the analysis for a specific region or country we could pay attention to outlying data.

A second way is by crosschecking of data by soil horizon (in one sample). A means of locating gross errors in the chemical and physical analysis of soils is provided by the considerable number of interrelations that exist among values obtained for various parameters.

A third step is to crosscheck results within the profile.

This nearly always requires a soil profile description to evaluate the course of chemical and physical characteristics with depth.

In this study, the use of regression and correlation was applied to the 2nd and 3rd methods of crosschecking analytical data. A linear relationship was observed for OC vs TN, OC vs P-Olsen, pH-KCl vs pH- H_2O , pH-KCl vs EC, pH-KCl vs CaCO_3 , BS vs pH-KCl, BS vs pH- H_2O , and CaCO_3 vs pH- H_2O (Table 3) consistent with previous investigations (21, 24). The lack of correlation of CEC vs % clay and CEC vs % OC is inconsistent with other studies (21, 24) that all reported a high correlation between the above stated parameters. Though in this study the varying clay mineralogical suite as suggested by CEC/100 grams clay and the very low OC contents compared to the amount of clay may be responsible for the apparent lack of correlation; this anomaly merits further investigation. Additionally, while there is a depth function in OC distribution, the pedoturbation process, which obtains in Vertisols may have influenced the OC distribution sufficiently to result in a lack of correlation with the CEC.

Regression analysis were performed within individual soil profiles for OC vs TN, OC vs P-Bray, OC vs P-Olsen, BS vs pH-KCl, BS vs pH- H_2O , CaCO_3 vs pH-KCl, CaCO_3 vs pH- H_2O , % clay vs Total CEC, EC vs pH-KCl and EC vs pH- H_2O .

The correlation coefficients obtained for the different parameters of each of the soils are presented on table 5. Except for OC vs P-Bray site 9, P-Bray vs P-Olsen site 9, P-Bray vs pH- H_2O sites 4, 5, 6, 8, and 9, confirming reports (17) that the Ammonium Bicarbonate extractant rather than the P-Bray extractant is the extractant suitable for alkaline soils, and EC vs pH-KCl and EC vs pH- H_2O site 8, which had very low correlation coefficients, all the other parameters had r values which ranged from 0.74-1.00, indicating a great similarity in parent material. High correlations between OC vs TN, OC vs P-Bray, BS vs pH-KCl, BS vs pH- H_2O , and % clay vs Total CEC, within each soil profile have been observed for Central African Oxisols (21).

The correlation of % clay with soil CEC value for site 4 when the binding agent was not destroyed gave an r value of - 0.23. When the binding agent was destroyed a negative but significant correlation (r value of - 0.89) was obtained. The CEC/100 g clay values for this Vertic Haplustepts ranged from 73-128 cmol (+)/kg clay after destruction of the binding agent. This indicates that the soil is dominated by both smectite and vermiculite. The high exchangeable potassium contents for this soil (1.45-2.74 cmol (+)/kg clay) indicate release of K^+ from a micaceous mineral, probably biotite that will favor vermiculite formation. It also indicates that smectite would be forming

Table 5
Correlation relationships among soil properties within each profile

Regression Relationship	Correlation coefficients (r) for the different soils on table 1.				
	Site 4 (n= 3)	Site 5 (n= 4)	Site 6 (n= 4)	Site 8 (n= 3)	Site 9 (n= 3)
OC Vs TN	0.99**	1.00**	0.99**	0.98**	0.99*
OC vs P-Bray	0.74	0.75	0.99**	-0.78	0.10
OC vs P-Olsen	0.96**	0.99**	0.99**	0.98**	0.99**
P-Bray vs P-Olsen	0.89*	0.63	0.98**	-0.66	0.26
P-Bray vs pH-H ₂ O	-0.48	-0.23	-0.70	0.57	0.23
BS vs pH-KCl	0.82*	0.98**	0.92*	1.00*	0.98**
BS vs pH-H ₂ O	0.86*	0.98**	0.81	0.93*	1.00**
CaCO ₃ vs pH-KCl	-	-	-	-	0.97**
CaCO ₃ vs pH-H ₂ O	-	-	-	-	0.91*
% Clay vs Total CEC	-0.89*	0.99**	0.80	1.00**	0.98**
EC vs pH-KCl	0.84*	0.83*	0.82*	-0.26	0.89*
EC vs pH-H ₂ O	0.86*	0.81*	0.95*	0.05	0.97**

**Significant at the 1% level; *Significant at the 5% level; n=number of observations.

largely through transformation from vermiculite. With increasing weathering from vermiculite (CEC is about 150 cmol (+)/kg) to smectite (CEC is about 100 cmol (+)/kg), the charge density is being reduced while particle size reduces (% clay increases). This may account for the negative correlation of % clay with CEC within the Ali Town 1 Vertic Haplustepts profile.

The high r-value obtained for most parameters within a given profile indicates uniformity in the factors of soil formation (parent material, vegetation and relief) for a given site. This also indicates that the lower r values obtained for the same correlation relationships when all the soils are put together (Table 3) indicates variability in one or more of the factors of soil formation. Similar observations have been reported for Central African Oxisols (21). In this regard it is necessary that before regression models are developed consideration should be given to the types of vegetation, physiographic position and parent materials for each soil.

Summary and conclusions

This study represents statistical relationships among selected properties of Ethiopian Vertisols and Vertic Inceptisols. Though the data base used to develop the regression models is small, nevertheless the limitations observed in this study will set a pace for future investigations.

Nitrogen and available P can be relatively accurately predicted from percent organic carbon. pH-KCl can be relatively accurately predicted from pH-H₂O and EC. Similarly, Base Saturation and percent CaCO₃ can be relatively accurately predicted from pH-KCl and pH-H₂O.

Multiple regression models appreciably increased the accuracy of prediction of P-Olsen with BS + OC as dependent variables. Very high correlation coefficients

were observed within individual soil profiles for the relationships of OC vs TN, OC vs available P Olsen, BS vs pH-KCl, BS vs pH-H₂O, % clay vs Total CEC, CaCO₃ % vs pH-H₂O, CaCO₃ % vs pH-KCl, EC vs pH-KCl and EC vs pH-H₂O. Lower correlation coefficients were observed for similar relations when the correlation coefficients were established across different soil profiles.

This study demonstrates that given the well established relationships that exist among soil physico-chemical properties and the distribution of some with depth, correlation relationships can be used as a tool to cross-check the reliability and consistency of laboratory analytical data.

Development of predictive models illustrated in this paper provides a useful means to estimate agronomic properties of soils from existing and often sparse physical and chemical data. This can serve as a means for technology transfer for established characterization of databases in developing countries with limited resources.

In the Vertisols, parameters like CEC, exchangeable bases, and percent clay are very similar in concentrations in horizons of the lower sola suggesting possible pedoturbation. This study also indicates that for Vertisols, OC, TN and available P generally decrease with depth, while BS, EC, pH and CaCO₃ % tend to increase with depth. These observations can be used for crosschecking purposes to check the reliability of analytical data within Vertisol profiles.

Soils of the Bale Mountain area have near adequate nutrient contents to support plant growth, except phosphorus, which is low. Additionally, CaCO₃ can act as potential sinks for soil micronutrients when they occur in high concentrations, resulting in micronutrient deficiencies.

Literature

1. Ahmad N. & Jones R.L., 1969a, Genesis, chemical properties and mineralogy of Caribbean grumusols. *Soil Science*, 107, 166-174.
2. Ahmad N. & Jones R.L., 1969b, Genesis, chemical properties and mineralogy of limestone derived soils. Barbados. *West Indies. Trop. Agric. (Trinidad)*, 46, 1-15.
3. Bull T.A., 1988, Agroecological assessment of Ethiopian Vertisols. *In: S.C. Jutzi, I. Haque, J. McIntire & J.E.S. Stares (Eds), Management of Vertisols in sub-Saharan Africa. Proc. Conf. held at ILCA, Addis Ababa, Ethiopia, 31st August-4th Sept. 1987.*
4. Debele B., 1985, The Vertisols of Ethiopia: their properties, classification and management pp. 31-54. *World Soil Resource Reports, N° 56. FAO, Rome.*
5. Dixon J.B., 1982, Mineralogy of Vertisols. Pp. 48-59. *In: Vertisols and rice soils of the tropics. Symposia paper II. Trans. 12th Int. Cong. Soil Sci., New Delhi. 8-16 Feb. 1982.*
6. Ecosoft, Inc., 1984, Interactive Statistics Package. North Sydney. 2060, Australia.
7. FAO., 1990, Guidelines for soil description. 3rd ed. FAO, Rome. 70 pp.
8. Franzmeier D.P. & Ross. Jr S.J., 1968, Soil swelling: laboratory measurement and relation to other soil properties. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 32, 573-577.
9. Gomez R.A. & Gomez A.A., 1984, Statistical procedures for agricultural research. 2nd ed. John Wiley and Sons. New York. 680 pp.
10. Greene-Kelly R., 1974, Shrinkage of clay soils: a statistical correlation with other soil properties. *Geoderma*, 11, 243-257.
11. Hallsworth E.A., Roberston R.F. & Gibbons F.R., 1955, Studies in pedogenesis in New South Wales VII. The Gilgai soils. *J. Soil Sci. Vol. 6*, 1-31.
12. Heidari A. & Mahmoodi S., 2006, Mineralogical characteristics and some physical indices of non-smectitic Vertisols from Iran. *Geophysical Research Abstracts*, 8-0212.
13. Kunze G.W. & Templin E.H., 1956, Houston black clay: the type Grumusol II. Mineralogical and chemical characterization. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 29, 91-96.
14. Nelson L.A., Kunze G.W. & Godfrey C.L., 1960, Chemical and mineralogical properties of San Saba clay, a Grumusol. *Soil Sci.* 89, 122-131.
15. Soil Conservation Service., 1984, Soil survey lab. methods and proc. for collecting soil samples. *Soil Survey Invest., Rep. N° 1. U.S. Gov. Print. Office, Washington, DC.*
16. Soil Survey Staff., 1975, Soil taxonomy. *Agric. Handbook N° 436. USDA.*
17. Soltanpour P.N. & Schwab A.P., 1977, A new soil test for simultaneous extraction of macro- and micronutrients in alkaline soils. *Comm. in Soil Sci. & Plant Anal.* 8, 195-207.
18. Statistical Graphics System Cooperation, 1986, Statgraphics. user's guide. STSC, Inc, 2115 East Jefferson Street, Rockville, Maryland 20852. USA.
19. Van Wambeke A., 1981, Soil moisture and temperature regimes of South America. SMSS Technical Monograph n° 2 (1981). Agency for Int. Dev. (AID). Ithaca, NY.
20. Yerima B.P.K., 1986, Soil genesis, phosphorus and micronutrients of selected Vertisols and associated Alfisols of Northern Cameroon. Ph.D. thesis. Texas A and M Univ., College Station (Diss. Abstr. N° 8625464).
21. Yerima B.P.K., 1993, Manual for good laboratory practice. National Soil Service Project. FAO/UNDP Project. ETH/87/010. Field Document N° 52. Addis Ababa.
22. Yerima B.P.K., Calhoun F.G., Senkayi A.L. & Dixon J.B., 1985, Occurrence of interstratified kaolinite-smectite in El Salvador Vertisols. *Soil Sci. S. Am. J.* 49, 462-466.
23. Yerima B.P.K. & Van Ranst E., 2005, Major soil classification systems used in the tropics: soils of Cameroon. Trafford Publishing Canada. 315 p.
24. Yerima B.P.K., Wilding L.P., Calhoun F.G. & Hallmark C.T., 1987, Volcanic ash influenced Vertisols and associated Mollisols of El Salvador: Physical, chemical and morphological properties. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 51, 699-708.
25. Yerima B.P.K., Wilding L.P., Hallmark C.T. & Calhoun F.G., 1989, Statistical relationships among selected properties of Northern Cameroon Vertisols and associated Alfisols. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 53, 1758-1.

B.P.K. Yerima, Cameroonian, PhD, Associate Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agronomy and Agricultural Sciences, University of Dschang, P.O Box 222, Dschang, Cameroon.

E. Van Ranst, Belgian, Professor and Director of the Laboratory of Soil Science at the Ghent University, Department of Geology and Soil Science (WE13), Krijgslaan, 281/S8, B-9000 Gent, Belgium. Tel.: 32-9/264.46.26, Fax: 32-9/264.49.97, E-mail: eric.vanranst@UGent.be.

Ann Verdoodt, Belgian, PhD, Doctor assistant, Laboratory for Soil Science at the Ghent University, Department of Geology and Soil Science (WE13), Ghent University, Krijgslaan, 281 (S8), 9000 Gent, Belgium. Tel: 09/ 264 46 93, Fax: 09/264 49 97, Ann.Verdoodt@UGent.be.

Effet des prétraitements des semences sur la germination de *Prosopis africana* (Guill., Perrot. et Rich.) Taub., (Césalpiniciacées)

L.E. Ahoton¹, J.B. Adjakpa², M'po Ifonti M'po² & E.L. Akpo³

Keywords: *Prosopis africana*- Seed treatments- Dormancy duration- Germination rates- Benin

Résumé

L'effet de quatre traitements des semences (i) trempage des graines dans l'acide sulfurique concentré pendant 15 mn, (ii) ébouillantage des semences pendant 3 mn puis trempage dans de l'eau du robinet pendant 24 heures, (iii) scarification des graines à la lame de rasoir et (iv) absence de traitement sur la germination des graines de *Prosopis africana* a été évalué sur deux types de substrat: le sable d'érosion et la terre de barre. L'absence de traitement des graines s'est traduite par des taux de germination très élevés dans les deux substrats testés (100% dans le sable d'érosion et 89% dans la terre de barre) et par des durées de germination nettement plus longues qu'en cas de traitement des semences (46 jours dans le sable d'érosion et 42 jours dans la terre de barre). Globalement, la germination a été meilleure (taux et vitesse) dans le sable d'érosion. Le traitement des graines à l'acide sulfurique concentré est préjudiciable à la survie de l'embryon avec pour conséquence un faible taux de germination (33% dans le sable d'érosion et 20% dans la terre de barre). La scarification des graines, de même que leur ébouillantage ont donné des taux de germination très élevés (de l'ordre de 85%, 18 jours après semis) dans le sable d'érosion et ont permis d'accélérer sensiblement la vitesse de germination. Du fait de leur simplicité et de leur faible coût, ces deux techniques peuvent être recommandées aux planteurs de même que l'emploi d'un substrat sableux pour la réalisation du semis en pépinière.

Summary

Effect of Seed Treatments on the Germination of Iron Tree *Prosopis africana* (Guill., Perrot. and Rich.) Taub.

The effect of four seed treatments (i) soaking in concentrate sulphuric acid for 15 mn, (ii) soaking in hot water at 100 °C for 3 mn followed by in immersion into tap water for 24 hours, (iii) scarification with razor blade (iv) no treatment on the germination of *Prosopis africana* seeds was evaluated on two types of growing substrate: erosion sand and ferrallitic soil. Non treated seeds gave the highest rates of germination on the two types of growing substrate (100% on erosion sand and 89% on ferrallitic soil) and by much longer duration of germination compared to treated seeds (46 days on erosion sand and 42 days on ferrallitic soil). Overall, germination is better (rates and speed) on erosion sand. Treatments of the seeds in concentrate sulphuric acid are prejudicial to the survival of the embryo and yield low germination rates (30% on erosion sand and 20% on ferrallitic soil). Scarification by razor blade and soaking in hot water at 100 °C gave the highest germination rate (85%, 18 days after sowing) on erosion sand and allowed to accelerate the germination. Because of their simplicity and their low cost, these two seed treatments can be recommended for planters and the use of erosion sand for the sowing.

Introduction

Les forêts tropicales constituent un immense réservoir de ressources biologiques; elles jouent un rôle fondamental dans la satisfaction de nombreux besoins des populations. Cependant, ce réservoir est souvent menacé par divers facteurs naturels (sécheresse, inondation, changements climatiques, etc.) et anthropiques (défrichements, feux de brousse, pâturage, etc.). Ces pratiques zoo-anthropiques caractérisent des modes de gestion qui privilégient la satisfaction des besoins des générations d'utilisateurs actuelles au détriment de celles à venir (8).

Prosopis africana est un grand arbre originaire de l'Afrique tropicale sèche et caractéristique des forêts sèches à légumineuses (3). Il est largement répandu dans les savanes sahéliennes, soudaniennes et guinéennes (2). L'arbre, haut de 10 à 20 m, peut atteindre 0,4 à 0,8 m de diamètre. Il possède un feuillage léger vert clair (9). Il fournit un bois rouge d'excellente qualité. Le bois rouge, très dur, imputrescible connaît de nombreuses utilisations et constitue une source de revenu très importante pour les populations (2). C'est donc un arbre agroforestier.

¹Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi, BP 526, Cotonou, R. Bénin. E-mail: bahotonl@yahoo.fr.

²Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi, 01 BP 2009, Cotonou, République du Bénin.

³Laboratoire d'Ecologie & d'Ecophysologie (FST/UCAD), BP 5005, Dakar, Sénégal.

Reçu le 23.01.09 et accepté pour publication le 06.11.09.

Toutefois, on rencontre des populations de moins en moins denses de cette espèce. Elle se retrouve plutôt sous forme d'individus épars dans les savanes, et a tendance, dans certaines régions, à disparaître totalement du paysage sahélien (9). Aussi assiste-t-on de plus en plus à une faible régénération de l'espèce, les jeunes pieds sont devenus très rares. Dans les écosystèmes soudanais au Bénin, l'exploitation des arbres de *P. africana* constitue un frein à la production des semences; elle compromet la régénération qui augmente les risques de disparition de l'espèce. La survie de cette essence devra désormais reposer sur des approches de gestion appropriées associées à des techniques de régénération naturelle et/ou assistée.

Pour de nombreuses essences forestières, un prétraitement spécial des graines est nécessaire pour obtenir une germination satisfaisante. Les prétraitements ne font pas germer les graines, mais les rendent capables de germer ultérieurement quand toutes les conditions requises sont réunies. C'est, par définition, le (ou les) prétraitement(s) réalisé(s) avant, pendant ou après la conservation, qui permet (tent) l'élimination de la dormance par leurs effets mécaniques, chimiques, physiologiques (isolés ou associés) (5). C'est en fonction de la constitution de la coque des graines que le type de prétraitement est défini.

L'objectif du présent travail est de déterminer les possibilités de favoriser la germination des graines de *P. africana* en utilisant différents traitements qui sont à la portée des populations locales.

Matériel et méthodes

Zone d'étude

Le travail a été mené à la Ferme d'Application et de Production (FAP) de la Faculté des Sciences Agronomiques (FSA), de l'Université d'Abomey-Calavi (UAC), de décembre 2007 à juin 2008 située dans la commune d'Abomey-Calavi (Altitude 17,4 m; 06° 24'N; 02° 20'E). Le climat tropical de type subéquatorial est caractérisé par deux saisons des pluies et deux saisons sèches. La pluviométrie moyenne annuelle des cinq dernières années, enregistrée à la station de l'IITA d'Abomey-Calavi (Bénin) est de 1257,51 mm en 98 jours répartis sur huit mois de saison des pluies. Il faut noter qu'on assiste actuellement à un décalage des saisons conduisant à un changement climatique.

Provenance des semences

Les semences utilisées dans nos tests sont des graines collectées dans la Commune de Natitingou (Nord Bénin) en novembre 2007 et précisément à Kouaba (10° 19'N, 10° 10' E).

Traitements prégerminatifs (prétraitements)

Des lots de semences de *P. africana* ont été soumis

à trois traitements prégerminatifs avant d'être semés dans deux substrats distincts consistant en du sable d'érosion ou de la terre de barre: (i) (trempage dans l'acide sulfurique concentré pendant 15 mm; (ii) ébullition dans de l'eau à 100 °C pendant trois minutes, puis rinçage à deux reprises dans l'eau froide et trempage pendant 24 heures dans de l'eau du robinet; (iii) scarification du tégument à la lame de rasoir. Pour chacun des deux substrats utilisés, ces traitements ont été comparés à des témoins non traités.

Le tableau 1 reprend les caractéristiques physico-chimiques des substrats utilisés en pépinière pour réaliser les semis (analyses réalisées par le laboratoire de Sciences du sol de la FSA de l'UAC).

Tableau 1
Caractéristiques physico-chimiques des substrats utilisés en pépinière

Caractéristiques	Terre de barre (substrat ferralitique)	Sable d'érosion
pH _{eau}	6,76	6,55
pH _{kcl}	6,43	6,35
N total (%)	0,073	0,017
phosphate assimilable (ppm)	124,69	40,90
potassium (méq/100 g)	0,43	0,25
cec (méq/100)	16,00	8,00
limon gros (LG) %	2,00	0,75
limon fin (LF) %	5,75	0,50
argile %	10,50	3,75
sable fin (SF) %	23,75	26,50
sable gros (SG) %	58,00	68,50

Modalités de réalisation du semis

Le semis a été effectué dans des sachets en polyéthylène de 18 x 10 x 8 cm³ qui contenaient du sable d'érosion ou de la terre de barre. Ces substrats ont été stérilisés dans des bacs portés à 100 °C pendant 60 mn afin d'éliminer tous les éléments étrangers susceptibles de perturber l'expérimentation.

Après remplissage des pots ou sachets, ceux-ci ont été disposés sous l'ombrage d'arbres composés d'*Acacia auriculiformis* A. Cunn. Ex Benth, *Gmelina arborea* Roxb. et d'*Azadirachta indica* A. Juss. L'arrosage a été réalisé tous les deux jours.

Dispositif expérimental

Après le semis, les vases de végétation ont été disposés selon un dispositif en blocs aléatoires complets avec 8 traitements par bloc. Trois répétitions par traitement ont été effectuées. Chaque unité expérimentale comptait 20 vases de végétation contenant chacun une graine. L'essai s'est déroulé du 29 décembre 2007 au 10 juin 2008.

Observations

A partir du 8 janvier, nous avons effectué tous les jours un comptage systématique des plantules ayant levé jusqu'au 12 mai 2008. La levée correspond

Tableau 2
Fréquences absolues et relatives (%) des graines germées pour chaque traitement de l'essai principal

Traitements des semences	Substrat semis	
	Sable d'érosion	Terre de barre
Témoin sans traitement	20 ± 0,00* (100)	17,78 ± 2,08* (88,88)
Scarification des graines	16,89 ± 0,58* (84,44)	12,44 ± 0,58* (62,22)
Ebouillantage puis trempage pdt 24 h dans eau froide	17,33 ± 2,52* (86,66)	13,78 ± 2,89* (68,88)
Trempage dans l'acide sulfurique concentré	6,67 ± 2,08* (33,33)	4 ± 3,00* (20,00)
Moyenne générale par substrat	15,22 ± 5,87 (76,11)	12,00 ± 5,79 (59,99)

*Nombre moyen de graines germées ± erreur standard () Fréquences de germination (%)

à l'apparition d'une plantule avec deux feuilles cotylédonaire. L'atteinte de ce stade a également été prise en considération dans l'évaluation de la durée de la germination.

Les paramètres suivants ont été déterminés: délai d'attente (délai de germination) temps écoulé entre le semis et la première germination; durée de germination (échelonnement) délai entre la première et la dernière germination; taux de germination: $T = G/N$ avec G= nombre de graines germées et N= nombre de graines mises à germer par traitement (6, 7, 14).

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 Newman et Keuls pour le classement des moyennes.

Essai complémentaire concernant l'influence des conditions de conservation des graines sur leur germination

L'influence du mode de conservation des graines (dans leur gousse ou en sachet en polyéthylène) a été évaluée six mois après la récolte. Les graines utilisées dans cet essai complémentaire ont toutes été semées dans du sable d'érosion. La moitié d'entre elles a été scarifiée et l'autre moitié a été semée telle quelle sans application d'aucun traitement. Au total, 100 graines ont été semées par traitement.

Résultats

Influence des traitements appliqués sur le taux de germination

Les résultats obtenus en ce qui concerne les pourcentages de germination des lots de graines ayant subi les différents traitements comparés sont présentés au tableau 2. On constate que les taux de germination atteints sont systématiquement plus élevés en cas d'utilisation du sable d'érosion comme substrat de culture.

Les différents taux élevés observés au niveau de certains traitements prégerminatifs, montrent que

ceux-ci favorisent la germination du *Prosopis*. La scarification à la lame de rasoir entraîne l'imbibition rapide du tégument des graines et l'entrée d'eau dans les réserves ce qui permet la sortie rapide de la radicule et le déclenchement des réactions métaboliques de l'embryon et des cotylédons. De même, la chaleur humide reçue par les graines lors de leur ébouillantage dans de l'eau à 100 °C pendant trois minutes, puis rinçage à deux reprises dans l'eau froide et trempage pendant 24 heures dans de l'eau du robinet a ramolli le tégument des graines et a été un atout pour le déclenchement de la germination de celles-ci. Par contre, le trempage des graines dans l'acide sulfurique concentré pendant 15 minutes n'a donné qu'un faible taux de germination. Ceci s'expliquerait par le fait que la plupart des embryons des graines seraient détruits par la longue durée de trempage des semences dans l'acide sulfurique concentré.

En ce qui concerne les substrats, on note que le plus poreux (sable d'érosion) présente les meilleurs taux de germination. Les germinations sont beaucoup plus rapides et plus homogènes dans le sable d'érosion que dans la terre de barre. Ainsi, les lots de graines 1 et 8; 2 et 6; 4 et 5; 3 et 7 bien que soumis respectivement aux mêmes traitements donnent des résultats variables en fonction du substrat utilisé. Cette différence s'explique surtout par le contraste entre les propriétés physico-chimiques des substrats utilisés. La terre de barre à structure plus fine (10,5% d'argile, tableau 1), a une compacité lui permettant de mieux conserver l'humidité du substrat. Le sable d'érosion avec une structure plus grossière (68,50% de sable grossier, tableau 1) se dessèche par contre plus vite en surface à cause de sa plus grande perméabilité et de l'infiltration plus ou moins rapide en profondeur de l'eau d'arrosage. Il existe donc une meilleure aération des semences dans ce substrat; ce qui facilite la germination.

Le tableau 3 montre les taux de graines germées après six mois de conservation.

Les graines issues de la conservation des gousses

et celles enlevées et conservées en sachet six mois après récolte puis scarifiées à la lame de rasoir ont donné des résultats moins élevés que celles nouvellement récoltées, séchées et semées 3 à 4 semaines après la chute des fruits de l'arbre (Tableaux 2 et 3). Néanmoins, ces résultats nous permettent de dire qu'après six mois de conservation, la faculté germinative des graines est bonne ($\geq 55\%$) quelle que soit la forme de conservation. Notons que toutes les plantules obtenues sont mortes au cours de cette période. Cette forte mortalité est due à l'humidité élevée enregistrée au mois de juin (mois le plus pluvieux durant cette année) qui a favorisé le développement des champignons entraînant la fonte de semis observée.

Par rapport aux graines non traitées, les taux de germination sont très faibles (Tableau 3). Ces faibles pourcentages montrent qu'après 6 mois, pour obtenir un taux de germination élevé il faut nécessairement faire subir aux graines des prétraitements.

Délai entre le semis et la première germination

Le tableau 4 donne le nombre de jours entre le semis et la première germination en fonction des traitements appliqués.

De l'analyse de ces données, il ressort que les traitements réalisés ont permis aux graines d'avoir un temps d'attente plus court par rapport aux graines non traitées. De plus, le temps d'attente moyen des graines non traitées mais semées dans la terre de barre est de 12,33 jours par rapport aux graines semées dans le sable d'érosion (16 jours). Ceci montre le rôle important que joue l'argile dans la rétention de l'eau, l'un des trois principaux facteurs à l'origine de la germination. En retenant davantage l'eau que le sable

d'érosion, la terre de barre a augmenté la vitesse de germination des graines.

Durée moyenne de germination

Le tableau 5 présente la durée moyenne de germination des graines en fonction des traitements réalisés.

La durée moyenne de germination des graines varie de 10,18 à 46,11 jours (Tableau 5). A travers l'analyse des données de ce tableau, nous constatons que les graines non traitées (témoins) et semées sur le sable d'érosion ont la durée moyenne de germination la plus longue 46,11 jours. L'échelonnement des germinations est très long au niveau des graines non traitées (témoin) semées soit sur du sable d'érosion ou sur la terre de barre (101 jours et 106 respectivement). Par contre, il est nettement plus court au niveau des graines scarifiées et semées dans le sable d'érosion et la terre de barre (18 jours). L'analyse statistique montre qu'il existe une différence très hautement significative au seuil de 0,1% entre les traitements. L'examen de ce tableau montre que les graines ayant subi des prétraitements avant semis ont des durées moyennes de germination plus courtes que celles qui n'ont pas été traitées.

Discussion

Cette étude a montré que pour avoir une germination rapide et homogène des graines de *P. africana*, le prétraitement des semences est nécessaire avant et après conservation de celles-ci. Les graines ayant subi des prétraitements avant leur semis ont des durées d'attente plus courtes que celles qui n'ont pas été traitées (Tableau 4). En ce qui concerne la durée de germination, l'étude a également montré que les courtes durées de germination sont obtenues avec les semences traitées (Tableau 5). Pour les prétraitements

Tableau 3

Pourcentage de germination des graines pour chaque traitement de l'essai complémentaire concernant l'influence des conditions de conservation des semences après la récolte

Traitements	Graines conservées en gousses pendant 6 mois	Graines extraites des gousses et conservées en sachet pendant 6 mois
Graines scarifiées	Effectif 100 % de germination (70%)	Effectif 100 % de germination (57%)
Graines non scarifiées (témoin)	Effectif 100 % de germination (6%)	Effectif 100 % de germination (16%)

Tableau 4

Délais en jours entre le semis et la première germination pour chaque traitement de l'essai principal

Traitements des semences	Substrat semis	
	Sable d'érosion (temps d'attente)	Terre de barre (temps d'attente)
Témoin sans traitement	16 ± 2,65*	12,33 ± 2,52*
Scarification des graines	10 ± 0,00*	10 ± 0,00*
Ebouillantage puis trempage pdt 24 h dans eau froide	9,33 ± 0,57*	9 ± 0,00*
Trempage dans l'acide sulfurique concentré	10,66 ± 1,15 *	10,66 ± 1,15*
Moyenne générale par substrat	11,49 ± 2,14	10,50 ± 1,51

* Moyenne ± erreur standard

Tableau 5
Durée moyenne de germination pour chaque traitement de l'essai principal

Traitements des semences	Substrat semis	
	Sable d'érosion	Terre de barre
Témoin sans traitement	46,11 ± 23,65* a	41,75 ± 23,03* a
Scarification des graines	10,18 ± 0,83* c	10,67 ± 0,90* c
Ebouillantage puis trempage pdt 24 h dans eau froide	13,67 ± 6,98* c	14,06 ± 5,64* c
Trempage dans l'acide sulfurique concentré	13,00 ± 3,21* c	20,67 ± 22,01* b
Moyenne générale par substrat	23,31 ± 21,31	23,99 ± 20,79

* Moyenne ± erreur standard

des semences comparés dans le cadre de ce travail, les taux de germination les plus élevés sont obtenus avec la scarification et l'eau à 100 °C. Par rapport à la scarification, ce traitement accélère la germination mais elle expose l'embryon et les cotylédons gorgés d'eau et de protéines à des pourritures et aux attaques parasitaires. C'est peut-être cela qui explique la non germination de la totalité des semences mises à germer à ce niveau.

Le traitement à l'eau chaude est un moyen efficace pour ramollir le tégument de la graine et pour réduire l'imperméabilité de celui-ci à l'eau (1, 15, 16). La durée de trempage des graines dans l'eau à 100 °C dépend de l'épaisseur et de la dureté des téguments de la graine. En effet, l'utilisation de l'eau à 100 °C dans le cadre de cette étude a permis non seulement de réduire le délai entre le semis et la première germination, la durée de germination des graines mais a également augmenté le pourcentage de germination.

Les gousses (fruits) de *P. africana* fraîchement tombées de l'arbre, séchées et dont les graines sont semées sans prétraitement deux à trois semaines plus tard donnent des taux de germination très élevés mais en 101 jours. Par contre, les semences traitées donnent des taux analogues en 18 jours. Ces taux élevés de germination avec traitements prégerminatifs des graines au préalable conviennent dans le cadre d'un programme de reforestation.

En ce qui concerne les graines mises à germer en pleine saison pluvieuse, elles ont donné de forts taux de mortalité de plantules par fonte de semis à cause de l'humidité relative très élevée de l'air. Des mortalités similaires sont obtenues par Ouédraogo (13). Ceci montre qu'il n'est pas recommandable de semer les graines de *P. prosopis* en pleine saison pluvieuse.

Les taux de germination obtenus dans le cadre de ce travail sont comparables voire plus élevés que ceux

observés par Ouédraogo (13). En étudiant la germination des graines de cette espèce sur un sol sableux, l'auteur a trouvé un taux de germination variant entre 70 et 80% lorsque celles-ci sont traitées à l'acide sulfurique concentré pendant 60 à 90 mn et trempées dans l'eau de robinet pour une durée de 24 heures.

Des taux de germination plus ou moins semblables sont obtenus avec d'autres espèces dont les graines ont subi des prétraitements comparables aux nôtres: *Leucaena leucocephala* (Lam. De Wit) 90 à 100% (4); *Faidherbia albida* (Del.) A. Chev. (syn. *Acacia albida* Del.) 95% (10); *Prosopis juliflora* (Sw.) Dc. 80 à 90% (10); *Canarium schweinfurthii* Engl. 95 % (12); *H. thebaica* 85 % (11). Les taux de germination obtenus dans le cas de notre étude montrent que nos traitements ont donné de bons résultats.

Par rapport à la croissance des plants, nous avons obtenu après 5 mois d'élevage en pépinière des hauteurs variant de 13,38 à 20,00 cm (données non montrées). La différence observée au 5^e mois peut être due à l'effet de la matière organique apportée chaque mois aux plants ayant germé sur du sable d'érosion. En effet, la matière organique apportée aux plants en croissance sur le sable d'érosion en se décomposant stimule ces derniers. Cela se traduit alors par une croissance accélérée au niveau de ces plants marquant ainsi la différence entre les traitements.

Conclusion

Les résultats de cette étude ont montré que la scarification des graines à la lame de rasoir, de même que leur ébouillantage se sont révélés les prétraitements les plus efficaces pour favoriser une germination rapide et homogène de *P. africana*. Ces deux prétraitements peuvent être recommandés aux planteurs et aux pépiniéristes parce qu'ils sont peu coûteux et simples à réaliser.

Références bibliographiques

1. Aduradola A.M. & Badru, 2004, Aspects of germination in seeds of *Azolla africana* Sm. and *Terminalia ivorensis* A. Chev. Annales des Sciences Agronomiques du Bénin, 6, 2, 175-184.
2. Arbonnier M., 2002, Arbres, arbustes et lianes des zones sèches d'Afrique de l'Ouest. Deuxième édition, revue et augmenté CIRAD - MMAN, France.
3. Aubreville A., 1950, Flore forestière soudano-guinéenne. Société d'éditions géographiques maritimes et coloniales. Paris. France.
4. Avakoudjo J., 1990, Etude de quelques potentialités agro-forestières de plusieurs provenances de *Leucaena leucocephala* (Lam De Wit) et d'*Acacia auriculiformis* (A. Cunn. et Benth.) dans le Sud Bénin. Mémoire d'Ingénieur Agronome. FSA/ UNB. 155 p.

5. Debroux L., Delvingt W., Mbolo M. & Amougou A., 1998, La régénération du Moabi et du Mukulungu au Cameroun. Bois et forêts des tropiques, 255, 5-17.
6. Bellefontaine R. & Gamène C.S., 1998, Prétraitements de graines: quand et comment? In: Ouédraogo A.S. et Boffa J.M. (eds). Vers une approche régionale des ressources génétiques forestières en Afrique Sub-Saharienne Pp. 155-160. Actes du premier atelier régional sur la conservation et l'utilisation durable des ressources génétiques forestières en Afrique de l'Ouest, Afrique Centrale et Madagascar. Centre National de Semences Forestières, Ouagadougou, Burkina Faso.
7. De la Mensbrughe G., 1966, La germination et les plantules des essences arborées de la forêt dense humide de la Côte d'Ivoire. Nogent-sur-Marne, France, CTFT.
8. Eyog Matig O., Ndoye O., Kengue J. & Awono A., 2006, Les fruitiers forestiers comestibles du Cameroun. IPGRI/CIFOR/ SAFORGEN.
9. Maydell V.H.-J., 1981, Arbres et arbustes du Sahel. Leurs caractéristiques et leurs utilisations. Schriftenreihe der GTZ, Hambourg.
10. Maydell V.H.-J., 1983, Arbres et arbustes du Sahel. Leurs caractéristiques et utilisations. Schriftenreihe der G.T.Z. (Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit), n° 147, Eschborn, Allemagne.
11. Moussa H., Margolis H.A., Dube P.A. & Odongo J., 1998, Factors affecting the germination of doum palm (*Hyphaene thebaica* Mart.) seeds from semi-arid zone of Niger, West Africa. Forest Ecology and Management, 104, 27-41.
12. Njoukam R., 1997, Germination des semences et croissance de l'aïelé *Canarium schweinfurthii* Engl. en plantation. In: Kapseu C. et Kayem G.J. (eds). Actes du 2^{ème} séminaire international sur la valorisation du safoutier et autres oléagineux non conventionnels. Presses Universitaires de Yaoundé. Pp. 45-54.
13. Ouédraogo S.J., 1986, Sylviculture des essences locales: acquis de la recherche en la matière au Burkina Faso. IRBET/CTFT, 58 p.
14. 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.
15. Rolston M.P., 1978, Water impermeable seed dormancy. Bot. Rev., 44: 365-396.
16. Tran V.N. & Cavanagh A.K., 1984., Structural aspects of dormancy: In: D.R. Murray (ed.) Seed Physiology. V. II. Academic Press, Melbourne, pp. 1-44.

L.E. Ahoton, Béninois, Doctorat en Sciences Agronomiques et ingénierie biologique, Enseignant-chercheur, Faculté des Sciences Agronomiques de l'Université d'Abomey-Calavi, Bénin.

B.J. Adjakpa, Béninois, Thèse de Doctorat 3^{ème} Cycle en Biologie Végétale, Université Cheikh Anta Diop (UCAD), Dakar (Sénégal), Professeur Assistant (Enseignant-Chercheur), Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi/ Université d'Abomey-Calavi, Bénin.

M'Po M'Po Ifonti, Béninois, Diplôme d'Ingénieur des Travaux (DIT) en Aménagement et Protection de l'Environnement, Coordonnateur dans le cadre du Projet de Promotion des Initiatives locales d'Approvisionnement en Eau potable et Assainissement de base en milieu rural (PADEAR-GTZ/KFW/UE) dans la Commune de Boukombé.

AVIS

Nous rappelons à tous nos lecteurs, particulièrement ceux résidant dans les pays en voie de développement, que TROPICULTURA est destiné à tous ceux qui œuvrent dans le domaine rural pris au sens large.

Pour cette raison, il serait utile que vous nous fassiez connaître des Institutions, Ecoles, Facultés, Centres ou Stations de recherche en agriculture du pays ou de la région où vous vous trouvez. Nous pourrions les abonner si ce n'est déjà fait.

Nous pensons ainsi, grâce à votre aide, pouvoir rendre un grand service à la communauté pour laquelle vous travaillez.

Merci.

BERICHT

Wij herrineren al onze lezers eraan, vooral diegenen in de ontwikkelingslanden , dat TROPICULTURA bestemd is voor ieder die werk verricht op het gebied van het platteland en dit in de meest ruime zin van het woord.

Daarom zou het nuttig zijn dat u ons de adressen zou geven van de Instellingen, Scholen, Faculteiten, Centra of Stations voor landbouwonderzoek van het land of de streek waar U zich bevindt. Wij zouden ze kunnen abonneren, zo dit niet reeds gebeurd is.

Met uw hulp denken we dus een grote dienst te kunnen bewijzen aan de gemeenschap waarvoor u werkt.

Dank U.

Physico-chimie des pluies du sud Cameroun forestier

Yvette Clarisse Mfopou Mewouo^{*1,2}, J.R. Ndam Ngoupayou², M. Yemefack¹ & V. Agoumé¹

Keywords: Rainfall- Weather variations- Bushfires- Storm water quality- Deforestation- South Cameroon

Résumé

Cette note est une contribution à la connaissance physico-chimique des pluies du Sud Cameroun situé en zone forestière tropicale humide. Les eaux de pluies ont été échantillonnées à Nsimi en 2001/2002. Le chimisme des eaux pluviales permet de déceler des apports atmosphériques importants sous forme soluble. Les teneurs en cations majeurs sont relativement élevées ($TZ^+ = 140 \mu\text{eq/l}$). Les anions majeurs sont moins représentés ($TZ^- = 51 \mu\text{eq/l}$). La charge minérale dissoute ($TDS = 5,76 \text{ mg/l}$) est supérieure à la moyenne caractéristique des TDS ($3,60 \text{ mg/l}$) des eaux des pluies des régions tropicales. La matière organique dissoute ($COD = 1,20 \text{ mg/l}$) est faible, mais relativement élevée pour la région. Les teneurs en ions chlorure et sodium sont décroissantes, traduisant leur origine marine, tandis que celles du potassium et du calcium augmentent. Cette augmentation et les corrélations significatives entre ces éléments soulignent d'autres sources potentielles. Les feux de brousse et la déforestation feraient partie de ces sources qui entraînent la modification des apports atmosphériques et les variations climatiques. L'aspect qualitatif des pluies (pluies acides, teneur élevée de certains éléments) est susceptible d'entraîner directement des perturbations au niveau de la production agricole.

Summary

Physicochemical of Rains in Southern Forest Cameroon

This paper is a contribution to the physicochemical knowledge of the rains of the humid tropical forest area of Southern Cameroon. Rain water were sampled at Nsimi area in 2001/2002. The chemistry of rain waters can detect important atmospheric inputs under soluble form. The contents of major cations are relatively high ($TZ^+ = 140 \mu\text{eq/l}$). The major anions are less represented ($TZ^- = 51 \mu\text{eq/l}$). Total dissolved salt ($TDS = 5.76 \text{ mg/l}$) is above average characteristic of TDS (3.60 mg/l) of tropical region rain waters. The dissolved organic matter ($COD = 1.20 \text{ mg/l}$) is low, but relatively high for the region. The levels of sodium and chloride ions are decreasing, reflecting their marine origin, while those for potassium and calcium increase. This increase and a significant correlation between these factors underline other potential sources. The bush fires and deforestation would make part of these sources that cause the change in atmospheric inputs and climatic variations. Qualitative aspects of rainfall (acid rain, important atmospheric inputs under soluble form of some elements) is likely to influence agricultural production.

Introduction

Depuis les conférences de Dublin, de Rio et de Johannesburg sur l'environnement, les investigations sur les variations climatiques et leurs impacts sur les ressources en eaux, la qualité des apports atmosphériques et l'impact des changements globaux sur l'environnement sont au centre des débats scientifiques (3).

Dans le domaine forestier tropical humide d'Afrique centrale, la plupart des études hydrochimiques se sont surtout intéressées aux eaux de drainage des grands bassins fluviaux (4). Les études sur la chimie des précipitations ont été beaucoup développées en zones tempérées à cause de la pollution due aux industries et à la forte intensité du trafic routier. Elles ont ainsi permis d'obtenir les données sur les aérosols et les gaz hydrosolubles présent dans l'atmosphère (7). Ces genres d'études ne furent considérées avec beaucoup d'attention en zone intertropicale que tardivement.

Dans cette zone, très peu d'études physico-chimiques complètes existent sur les entrées par précipitations qui jouent pourtant un rôle non négligeable sur les variations climatiques, les bilans d'altérations, les modifications des écosystèmes et les rendements agricoles. Les études récentes effectuées sur la composition chimique des dépôts secs et humides en Afrique Occidentale et Centrale (15) montrent que l'Afrique Tropicale n'est pas dépourvue de pollution atmosphérique, contrairement aux idées largement répandues. Les forêts émettent des composés azotés, nitrés et organiques qui contribuent à modifier la composition chimique de l'atmosphère. Elles permettent également de constater que le caractère acide ($4 < \text{pH} < 6$) des eaux de pluies (dû aux acides organiques) dans cette zone est comparable à celui observé dans les pays industrialisés.

Afin de prévoir les impacts des variations climatiques

¹Institut de Recherche Agricole pour le Développement (IRAD), B.P. 2067, Yaoundé, Cameroun.

²Département des Sciences de la Terre, Faculté des Sciences, B.P. 812, Université de Yaoundé I, Yaoundé, Cameroun.

*Toute correspondance à: E-mail: mfopou2001@yahoo.com/Tel: (237)75916707.

Reçu le 09.05.08 et accepté pour publication le 06.11.09.

enregistrées ces dernières années sur les ressources en eaux et l'agriculture, une étude des caractéristiques physico-chimiques des eaux de pluie du petit bassin versant expérimental (BVE) de Nsimi a été effectuée. Ce BVE fait l'objet d'un suivi pluridisciplinaire depuis 1993 pour les études des cycles hydro-biogéochimiques en milieu tropical et a été retenu depuis 2003 par les institutions de recherches françaises et camerounaises comme un Observatoire de Recherche en Environnement pour les bassins versants expérimentaux tropicaux (ORE/BVET).

Matériels et méthodes

Le BVE de Nsimi dans le Sud Cameroun

Le BVE de Nsimi (60 ha) est situé à environ 250 km de l'océan Atlantique et à 120 km au SE de Yaoundé. Il appartient au Plateau sud camerounais qui fait partie intégrante de la vaste surface d'érosion africaine (12). A l'échelle régionale, le Plateau sud camerounais est constitué par un ensemble de collines mollement ondulées dérivant d'un relief en demi-orange. Sur le BVE de Nsimi, les altitudes sont comprises entre 669 et 703 mètres. En contrebas des versants concavo-convexes, la zone de bas fond marécageux occupe environ 20% de la superficie du bassin. Ce dernier est drainé par le Mengong, ruisseau tributaire du So'o, principal affluent en rive gauche du fleuve Nyong. Le climat est du type équatorial à quatre saisons. Les températures sont relativement élevées, la moyenne se situant autour de 24 °C. La végétation naturelle est essentiellement constituée d'une forêt tropicale humide dégradée par endroit par l'agriculture. Le substratum géologique est essentiellement constitué de roches métamorphiques et plutoniques d'âge précambrien (8), dominé par les granites à hypersthènes dans le BVE de Nsimi. Sur les collines et les versants, s'est développé un épais profil latéritique de 20 à 40 m de profondeur (11). La fragilité et la fertilité limitée des sols latéritiques contraignent les agriculteurs à renouveler annuellement les terrains cultivés par les techniques de jachère rotatives. Etant financièrement limités, ils n'utilisent pas les engrais et les produits chimiques (pesticides). L'élevage, très peu développé est généralement pratiqué de façon artisanale. Les populations autochtones exploitent de façon rudimentaire, la forêt pour la recherche du bois de construction ou de chauffage, utilisent les feux de brousse pour les cultures et l'extension des plantations agricoles.

Collectes des données sur le terrain et en laboratoire

L'étude physico-chimique des eaux de pluies a été conduite dans le BVE de Nsimi durant l'année hydrologique 2001/2002. Les échantillons sont collectés dans des sacs de congélation placés dans un échantillonneur à sac en début de pluie, puis

conservés dans un congélateur à 4 °C afin d'empêcher d'éventuelles modifications de la composition chimique inhérente à l'activité biologique.

Les analyses ont été effectuées au Laboratoire des Mécanismes et de Transfert en Géologie (LMTG) ainsi qu'au Laboratoire d'Aérodologie de l'Université Paul Sabatier de Toulouse. Les déterminations suivantes ont été effectuées: l'alcalinité par titration selon la méthode de Gran; l'analyse de la silice par colorimétrie à l'heptamolybdate d'ammonium sur Technicon Auto Analyseur II; le COD (carbone organique dissous) dosé par combustion catalytique à 680 °C après acidification et dégazage suivi de la détection du CO₂ par infrarouge non dispersif sur un analyseur Shimadzu TOC 5000; les concentrations en cations basiques (Na⁺, NH₄⁺, K⁺, Mg²⁺, Ca²⁺) et celles des anions (Cl⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻) par chromatographie ionique (Dionex DX 100). Toutes ces techniques sont décrites par Freydier *et al.* (2).

Résultats et discussions

Caractéristiques des paramètres physico-chimiques des pluies du BVE de Nsimi

Le tableau 1 résume les caractéristiques principales des pluies du BVE de Nsimi en 2001/2002. Dans l'ensemble, ces eaux sont très peu minéralisées. La conductivité électrique est comprise entre 2,00 et 17,60 µs/cm pour une moyenne de 5,67 µs/cm, comparable à celles obtenues (5,60 µs/cm) par Braun *et al.* (1) dans le même bassin.

Les teneurs en cations majeurs (Na⁺, NH₄⁺, K⁺, Mg²⁺ et Ca²⁺) observées sont relativement élevées par rapport aux concentrations obtenues dans le même bassin par Ndam (10), Freydier *et al.* (3), Sigha *et al.* (14). Ces teneurs très élevées pourraient se justifier par la faible quantité des pluies (1404 mm) enregistrées au cours de cette année-là, ce qui entraînerait plus de concentration d'éléments en solution. Elles sont également supérieures aux valeurs obtenues par Freydier *et al.* (3) à Bangui en République Centrafricaine, Lamto en Côte d'Ivoire ainsi que Lacaux *et al.* (6) à Dimonika et Boyélé et comparables aux valeurs obtenues par Yoboué (16) sur le bassin forestier d'Iboké en Côte d'Ivoire. La moyenne des équivalents cations (TZ⁺) est de 140 µéq/l. Le calcium est le cation dominant (35% de TZ⁺), suivi par l'ammoniac (28% de TZ⁺) et le potassium (16% de TZ⁺), le magnésium (11% de TZ⁺) et le sodium (10% de TZ⁺).

Les teneurs en anions majeurs (Cl⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻, HCO₃⁻) observées sont par contre, du même ordre de grandeur que les valeurs observées par Ndam (10), Sigha *et al.* (14) et supérieures à celles obtenues par Freydier *et al.* (3) dans le même bassin. Elles sont en général, inférieures à la plupart des valeurs rapportées dans la littérature pour d'autres zones tropicales. Mentionnons ici les résultats de Sigha (13)

Tableau 1
Composition chimique des eaux des pluies du BVE de Nsimi pour l'année 2001

Dates	Pluies	H	CE	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	SiO ₂	TZ ⁺	TZ ⁻	TDS	COD	BI	Na ⁺ /Cl ⁻
		mm	µs/cm	µmol/l	µmol/l	µmol/l	µmol/l	µmol/l	µmol/l	µmol/l	µmol/l	µmol/l	mg/l	µeq/l	µeq/l	mg/l	mg/l	%	%
16/03/2001	P 1	30	5,30	2,10	11,46	2,56	1,37	6,10	2,38	10,90	3,17	25	s,d	31,06	44,61	3,22	1,23	-35,82	0,88
21/03/2001	P 2	9	6,50	3,31	13,17	4,77	2,57	11,85	4,06	13,01	3,05	38	0,08	50,09	61,18	4,67	1,07	-19,93	0,82
27/03/2001	P 3	12	5,50	2,72	13,68	3,86	1,89	7,52	2,25	11,35	2,37	10	s,d	39,08	28,34	2,43	1,20	31,86	1,21
03/04/2001	P 4	8,8	5,00	2,68	6,81	4,48	1,60	3,60	1,64	9,84	1,70	40	s,d	24,37	54,88	3,81	1,21	-77,00	1,63
13/04/2001	P 5	25	17,60	36,15	173,23	88,73	37,57	77,14	15,54	9,59	8,21	13	0,22	527,54	54,54	14,35	2,73	162,52	2,33
18/04/2001	P 6	16	4,10	3,77	9,70	14,40	6,83	18,63	1,33	5,79	0,85	47	s,d	78,78	55,83	5,09	0,99	34,10	2,84
25/04/2001	P 7	3,5	6,80	17,01	20,01	12,43	10,80	73,49	5,49	20,28	3,56	22	0,14	218,03	54,89	7,71	2,05	119,55	3,10
28/04/2001	P 8	14	9,50	67,30	37,25	70,80	17,07	41,83	22,38	4,69	2,28	28	0,13	293,16	59,63	10,20	2,40	132,39	3,01
05/05/2001	P 9	14	4,70	6,08	21,21	11,10	6,69	32,26	1,82	5,63	1,63	2	s,d	116,30	12,72	3,10	1,11	160,57	3,34
14/05/2001	P 10	17	6,40	17,37	12,03	22,21	4,24	12,42	2,22	10,56	3,10	10	s,d	84,91	28,98	3,72	1,23	98,22	7,83
23/05/2001	P 11	50	4,20	4,26	26,62	10,00	3,12	14,12	1,59	9,38	2,98	30	0,08	75,37	46,94	4,44	0,98	46,49	2,68
31/05/2001	P 12	9	11,10	47,72	15,13	53,35	28,83	84,01	12,77	18,20	3,58	31	0,60	341,90	69,13	11,92	7,20	132,72	3,74
03/06/2001	P 13	25	8,30	12,44	71,95	12,01	8,40	51,88	4,70	18,16	5,11	17	0,14	217,42	50,08	7,29	0,88	125,12	2,65
16/06/2001	P 14	10	10,90	27,62	96,25	41,47	7,90	27,04	9,00	26,81	8,04	110	s,d	235,22	161,89	14,72	2,03	36,93	3,07
22/06/2001	P 15	7,5	5,40	6,55	65,94	14,27	3,63	13,69	1,83	10,27	4,05	17	s,d	121,39	37,19	4,66	1,01	106,19	3,59
02/07/2001	P 16	16	4,50	3,20	8,29	11,16	1,98	5,28	1,43	6,75	1,78	0	s,d	37,16	11,75	1,56	0,65	103,90	2,23
20/07/2001	P 17	7	9,00	17,27	194,62	39,07	6,59	20,28	6,80	12,06	4,09	54	0,08	304,71	81,03	11,15	3,70	115,97	2,54
09/09/2001	P 18	16	9,10	23,54	40,42	69,34	19,98	42,06	12,32	14,68	4,14	33	0,08	257,38	68,28	9,98	1,11	116,14	1,91
16/09/2001	P 19	12	3,80	6,82	10,81	8,84	1,90	10,07	1,89	5,71	2,12	7	s,d	50,41	18,84	2,20	0,84	91,16	3,62
20/09/2001	P 20	4,3	4,10	14,61	52,56	14,87	3,51	17,98	4,11	15,46	1,47	15	s,d	125,01	37,51	4,83	1,31	107,68	3,56
30/09/2001	P 21	11	2,40	1,80	2,22	8,89	3,21	9,96	0,71	2,98	0,52	6	s,d	39,25	11,86	1,53	0,68	107,19	2,54
10/10/2001	P 22	47	2,00	2,83	5,15	5,28	1,64	7,65	0,77	2,30	0,56	177	s,d	31,83	181,19	11,73	0,50	-140,23	3,69
14/10/2001	P 23	70	2,80	2,31	1,12	2,28	0,75	6,67	0,57	2,59	0,56	7	s,d	20,55	11,27	1,11	0,55	58,38	4,08
17/10/2001	P 24	6,5	4,10	12,13	49,21	16,07	4,39	17,40	3,72	4,93	2,35	23	s,d	120,99	36,34	4,66	0,77	107,61	3,26
27/10/2001	P 25	15	5,40	12,88	37,89	14,35	5,15	20,90	3,49	8,95	6,64	12	0,10	117,21	37,73	4,64	0,88	102,60	3,70
01/11/2001	P 26	5	4,30	12,47	42,07	16,09	4,41	16,55	3,69	10,13	4,26	2	s,d	112,56	24,34	3,73	1,10	128,87	3,38
09/11/2001	P 27	30	5,30	13,06	40,69	16,31	4,34	19,60	3,82	10,11	4,29	15	s,d	117,93	37,52	4,65	1,14	103,45	3,41
Min			2,00	1,80	1,12	2,28	0,75	3,60	0,57	2,30	0,52	0	0,00	20,55	11,27	1,11	0,50	-140,23	0,82
Moya			6,23	14,07	39,98	21,81	7,42	24,81	4,90	10,41	3,20	29	0,16	140,36	51,05	6,04	1,50	76,17	2,99
Moyp			5,67	11,23	32,94	18,67	6,49	21,23	4,02	8,63	2,89	36	0,58	118,30	54,06	5,76	1,21	56,27	3,09
E.T			3,33	15,44	47,78	23,17	8,78	22,67	5,23	5,79	2,05	37	0,16	122,30	39,65	3,99	1,35	72,45	1,31
Max			17,60	67,30	194,62	88,73	37,57	84,01	22,38	26,81	8,21	177	0,60	527,54	181,19	14,72	7,20	162,52	7,83
Flux				0,36	0,83	1,02	0,22	1,19	0,20	0,75	0,39	3	0,71	0,17	0,08	8,09	1,70		

BI: Balance Ionique
 COD:Carbone Organique Dissous
 TZ⁺: somme des cations
 TZ⁻: somme des anions
 CE: Conductivité Electrique
 TDS: Total Dissolved Salt
 Moy. p: Moyenne pondérée par les hauteurs de pluies
 Moy. a: Moyenne arithmétique
 s,d: inférieure à la limite de détection

dans le bassin de la Ngoko, ceux de Lacaux *et al.* (6) à Dimonika et Boyélé, et de Freyrier *et al.* (2) à Kollo. Cependant, elles sont supérieures à celles observées à Bangui et Lamto par Freyrier *et al.* (3). La moyenne des équivalents anions (TZ⁻) est de 54 µéq/l. Les nitrates et les bicarbonates sont les anions dominants (41% de TZ⁻), suivis par le chlore et les sulfates en proportions équivalentes (9%).

La matière organique, représentée ici par le COD a de faibles teneurs. La moyenne pondérée par les hauteurs de pluies est de 1,21 mg/l; elle est supérieure à celle obtenue par Ndam (10) pour les dépôts totaux qui était de 0,45 mg/l.

La concentration moyenne pondérée en silice est faible (0,58 mg/l), mais supérieure à celle des pluies de Barombi-mbo (0,25 mg/l) et du bassin de la Ngoko (0,23 mg/l) (13).

La moyenne pondérée par les hauteurs de pluies de la charge dissoute minérale totale représentée par la TDS (total dissolved salt) est de 5,76 mg/l. Elle est du même ordre de grandeur que celle des dépôts totaux (DT)

des bassins de la Ngoko (TDS= 6,30 mg/l) selon Sigha (13). Elle est supérieure à la moyenne caractéristique des TDS des eaux de pluies des régions tropicales, estimée à 3,60 mg/l (9). La silice représente 10% de la charge dissoute minérale. On peut dire que les eaux de pluies de Nsimi pendant l'année hydrologique 2001/2002 sont pauvres en silice et en COD, mais riches en TDS. La balance ionique est dans la plupart de cas supérieur à 10%. Ceci est sans doute dû à la forte majorité de déficit anionique.

Pour une analyse des relations inter-élémentaires dans les pluies de Nsimi, des corrélations ont été faites entre différents éléments afin d'en déduire leurs origines. Les éléments présentant des corrélations assez significatives ($r > 0,70$) sont représentés dans la figure 1. Les fortes corrélations entre les couples Na⁺/Cl⁻, Mg²⁺/Cl⁻, Na⁺/Mg²⁺ et Ca²⁺/Cl⁻ mettent en évidence l'origine marine de ces éléments. L'origine biogénique forestière est représentée par la corrélation entre les éléments Ca²⁺ et Mg²⁺. Le résultat significatif entre le potassium et le chlore indique des comportements

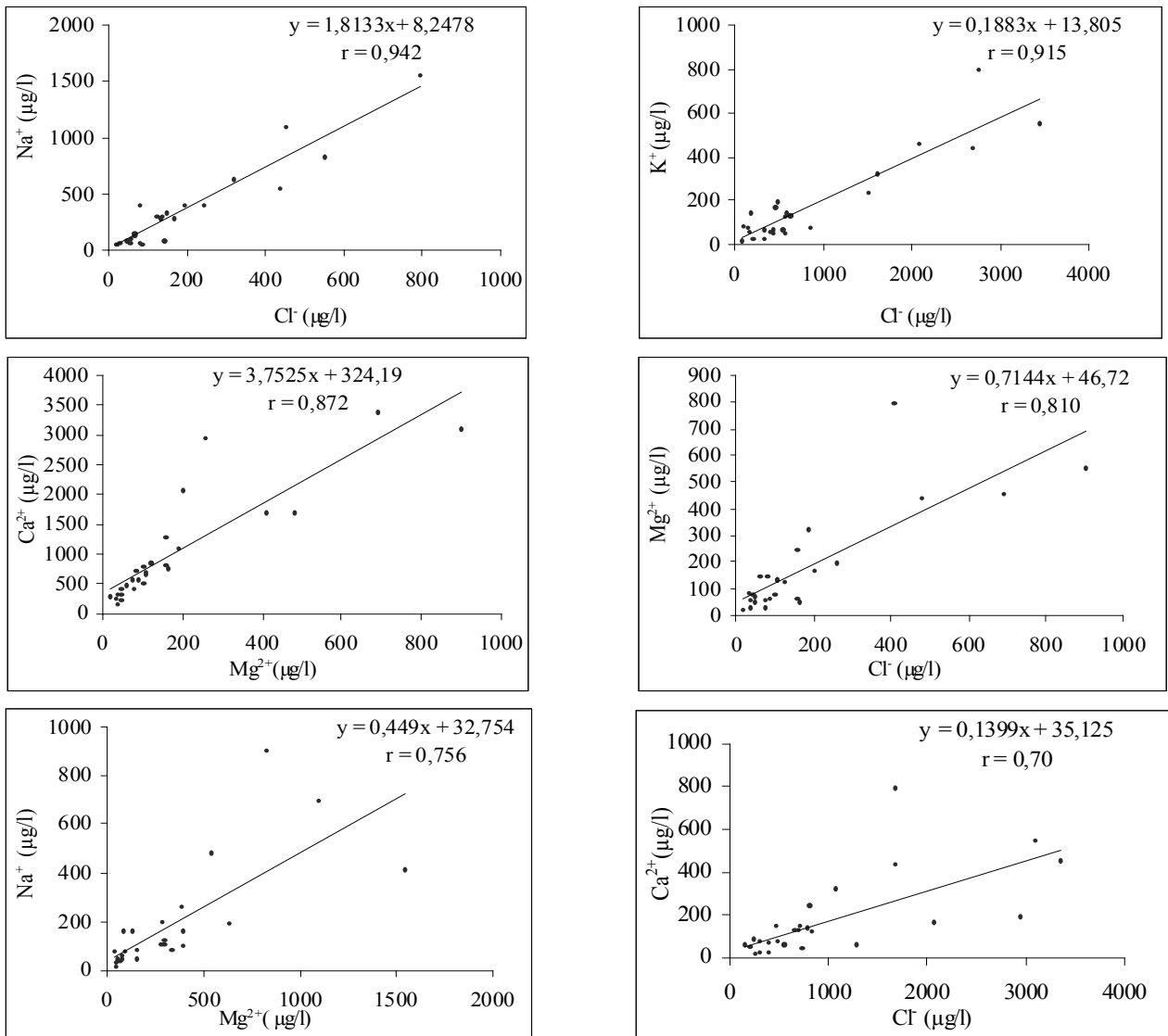


Figure 1: Relations inter-élémentaires dans les pluies de Nsimi.

similaires lors des processus de «wash-out» ou «rain-out» (capture des particules au sein ou sous les nuages) entre ces deux éléments. L'origine marine de ces éléments peut être expliquée par les flux de mousson qui transportent les aérosols marins vers le continent.

Compte tenu de la faible teneur en COD dans les précipitations de Nsimi en 2001/2002, on peut dire que l'alcalinité que nous avons titrée par la méthode de Gran est essentiellement constituée de bicarbonates. Le carbone organique dissout a une origine biogénique forestière (recyclage de la végétation). Une autre origine non négligeable serait anthropique (feux de brousses). Comme le COD, la silice a également une origine biogénique forestière. L'origine anthropique (feux de brousse) n'est pas négligeable.

L'analyse des flux spécifiques de matières dans les eaux pluviales de Nsimi peut permettre de donner un ordre de grandeur des apports atmosphériques et est d'une grande utilité pour l'estimation des bilans d'altération chimique actuelle. En considérant les apports par espèces chimiques (Tableau 1), on s'aperçoit que dans l'ensemble, les bicarbonates ont une forte valeur ($3 \text{ t.km}^{-2}.\text{an}^{-1}$). Le carbone organique

dissout ($1,70 \text{ t.km}^{-2}.\text{an}^{-1}$), le calcium ($1,19 \text{ t.km}^{-2}.\text{an}^{-1}$), le potassium ($1,02 \text{ t.km}^{-2}.\text{an}^{-1}$) ont des valeurs moyennes. L'ammoniac, les nitrates, les sulfates, le sodium, le magnésium et le chlore ont des valeurs faibles. La silice a de très faibles teneurs ($0,07 \text{ t.km}^{-2}.\text{an}^{-1}$). Comparé aux flux spécifiques obtenus par Ndam (10) concernant les dépôts humides, on constate qu'exception faite des nitrates et sulfates qui ont des valeurs comparables ($0,75$ et $0,39 \text{ t.km}^{-2}.\text{an}^{-1}$ en 2001 et $0,74$; $0,30 \text{ t.km}^{-2}.\text{an}^{-1}$), les ions obtenus en 2001/2002 ont des flux spécifiques beaucoup plus élevés. On peut retenir que les flux en cations de cette année d'étude sont très élevés, alors que ceux des anions sont comparables aux flux obtenus par Ndam (10).

Jusqu'à présent, l'origine du déséquilibre de la balance ionique reste complexe. Dans un premier temps, il a été montré que le déséquilibre pourrait être dû à l'absence des données sur les acides acétiques et formiques (5). Mais Freyrier (2) a montré que la prise en compte de ces acides ne suffit pas pour obtenir les balances de charges équilibrées. La balance ionique non équilibrée peut s'expliquer par la présence des acides organiques différents des acides acétiques et formiques. Dans ce cas l'analyse du carbone organique total (COT) pourrait résoudre ce problème.

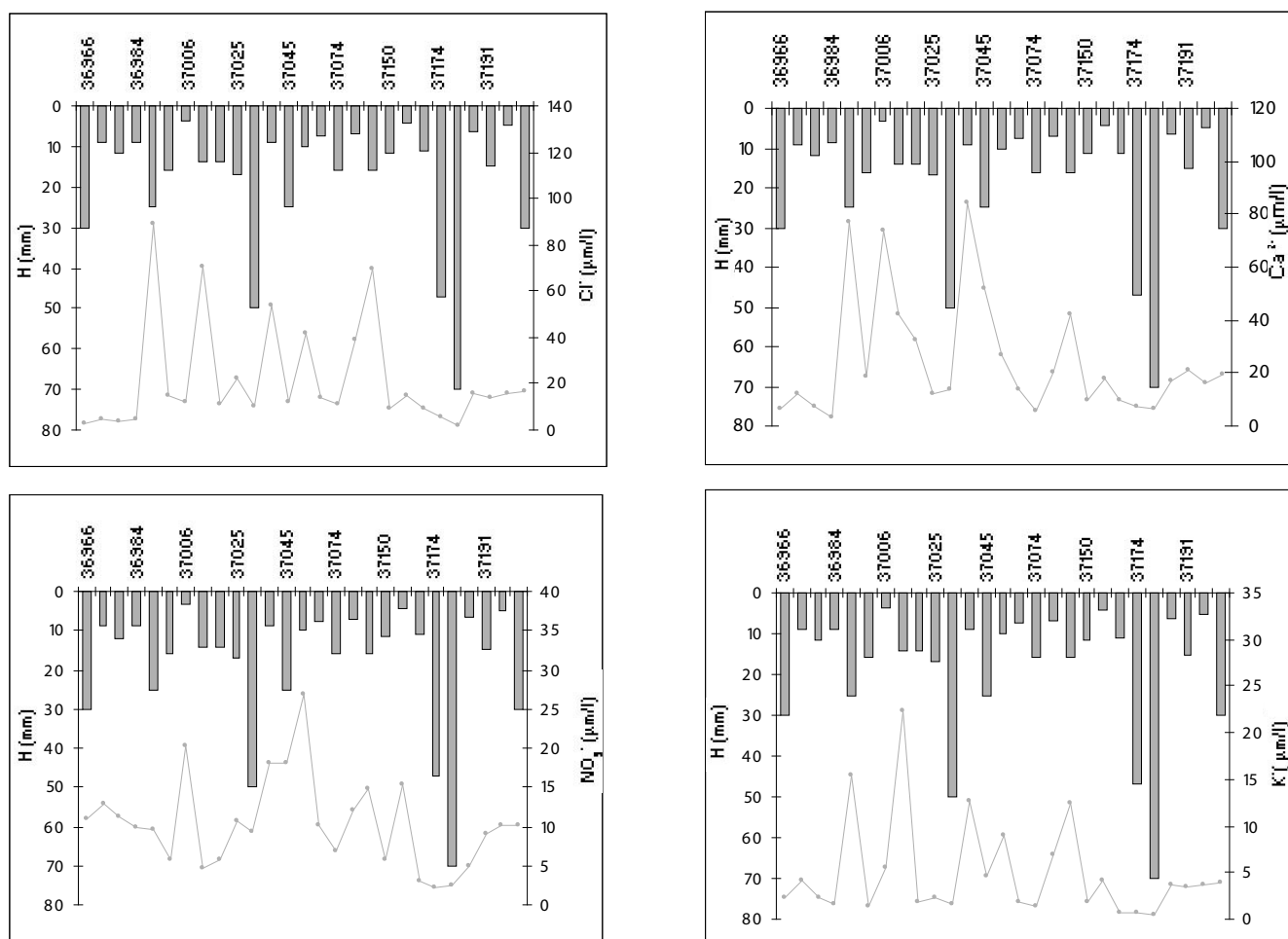


Figure 2: Variations temporelles des teneurs en Ca^{2+} , K^+ , Cl^- , NO_3^{2-} dans les pluies du BVE de Nsimi.

Variations saisonnières des éléments dans les pluies de Nsimi

Pour discuter des variations temporelles des eaux de pluies, un élément représentatif pour chaque source naturelle est choisi: Cl⁻ pour la source marine, Ca²⁺ pour la source continentale (poussières éoliennes), K⁺ pour la source biogénique et NO₃⁻ pour la source anthropique. Les variations issues de ces concentrations sont présentées sur la figure 2.

Les concentrations de Cl⁻ sont peu représentées en début de la petite saison de pluies (mars) et en fin de la grande saison des pluies (octobre à décembre). Elles sont élevées vers la fin de la petite saison des pluies (fin mai/début juin) et en début de la grande saison des pluies (septembre). Cette variation est comparable à celle observée par Yoboué (16) à Lamto. Les flux de mousson qui transportent les aérosols marins vers le continent sont à l'origine de cette variation saisonnière de concentration du Cl⁻.

Les teneurs en Ca²⁺ sont faibles en début de la petite saison des pluies (mars) et pendant la grande saison des pluies. Elles sont élevées pendant les mois d'avril et juin (petite saison des pluies). Ces variations sont comparables à celles obtenues par Sigha (13) sur le bassin versant de la Ngoko. Elles peuvent être imputées aux poussières minérales transportées pendant les saisons sèches et mélangées à celles accumulées sur la voûte forestière.

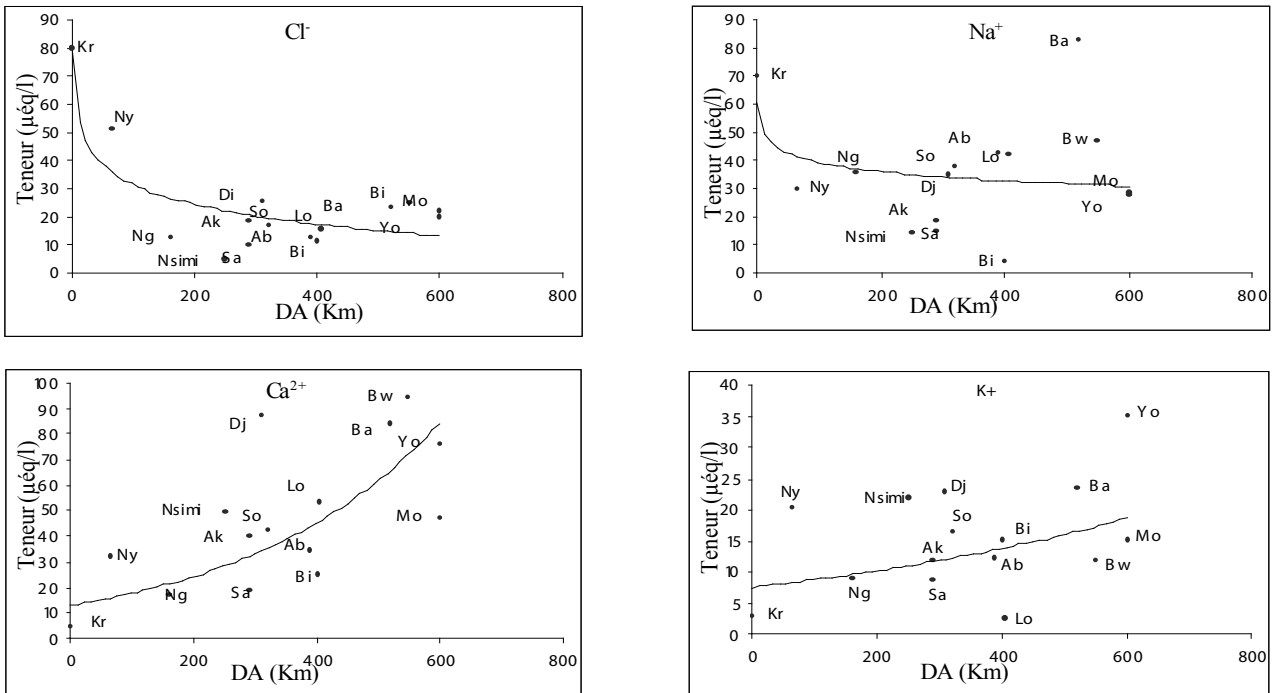
Les teneurs en K⁺ sont variables durant toute l'année. Elles sont faibles en début de la petite saison de

pluies et en fin de grande saison de pluies (octobre, novembre). Elles sont élevées pendant les mois d'avril et juin (petite saison des pluies) et en début de la grande saison des pluies (septembre). Elles sont comparables à celles observées à Bangui et Lamto (2). La présence de potassium en quantité importante serait liée aux poussières minérales provenant de la combustion de la biomasse.

Les teneurs en NO₃⁻ ne sont pas très variables durant toute l'année. Cependant, on observe une tendance aux fortes teneurs en fin de la petite saison de pluies (juin) et de faibles teneurs en octobre. Elles sont comparables à celles observées à Lamto (16). Les saisons sèches étant identifiées comme périodes de fortes combustions de biomasse, on peut penser que les fortes teneurs en nitrates à la fin de la petite saison des pluies correspondent à une remobilisation d'aérosols de tout type par les feux de brousse.

Tentative d'extrapolation des variations des teneurs en éléments à l'échelle du plateau Sud Camerounais

La figure 3 permet de constater que les résultats des analyses chimiques obtenus sur les eaux de pluies de Nsimi en 2001/2002 se situent dans une même gamme de valeurs que ceux collectés par Sigha *et al.* (13) dans plusieurs régions du Sud Cameroun. C'est ainsi qu'on note une décroissance des teneurs en ions chlorures et sodium en fonction de l'éloignement de la mer. Cette décroissance confirme leur origine marine



Ab: Abong-Mbang, Ak: Akonolinga, Ba: Batouri, Bi: Bi, Bw: Biwala, Dj: Djoum, Lo: Lomié, Kr: Kribi, Mo: Moloundou, Ng: Ngoazik, Ny: Nyabessan, So: Somalomo, Sa: Sangmélima, Yo: Yokadouma, DA (km): Distance à l'Atlantique en km.

Figure 3: Evolution des teneurs en éléments des précipitations en fonction de la distance à la mer (13 modifié).

dans les eaux pluviales analysées. On peut cependant, noter une dispersion des valeurs du sodium à partir de 200 km, avec des teneurs relativement élevées. Ceci peut être imputé aux apports supplémentaires dus aux poussières éoliennes dans le continent.

A l'inverse des chlorures et du sodium, les teneurs en calcium et potassium augmentent de façon exponentielle de l'ouest à l'est. Ce qui indique un enrichissement en apport d'origine continentale (poussières éoliennes), des émissions biogéniques et de la combustion de la biomasse. Nous pouvons alors conclure que l'origine du calcium et du potassium dans les précipitations est majoritairement continentale.

Conclusion

Afin de mener à bien l'étude sur la connaissance physico-chimique des pluies du Plateau sud camerounais, l'étude physico-chimique des eaux a été conduite dans le BVE de Nsimi et comparées aux données disponibles dans le Sud Cameroun en particulier, et l'Afrique en général. Le chimisme des eaux pluviales permet de décélérer

des apports atmosphériques en quantité relativement importante sous forme soluble à Nsimi en 2001/2002. Elles sont supérieures à celles antérieurement obtenues dans la même localité, sans doute à cause du déficit pluviométrique observé durant cette année. Une analyse des relations inter-élémentaires a permis de mettre en évidence l'existence de trois sources importantes (continentale, biogénique et la combustion de la biomasse) et des sources annexes (marine, anthropique) de production d'éléments contenus dans les pluies de Nsimi.

Des aérosols terrigènes, marins et anthropiques se déposent sur la végétation et sont mobilisés lors de la combustion de la biomasse. Pendant la saison sèche et en début de la grande saison des pluies, les concentrations des eaux de pluies sont donc très élevées pour toutes les espèces chimiques. L'aspect qualitatif des pluies du plateau sud camerounais (pluies acides, teneur élevée des éléments) est susceptible d'entraîner directement des perturbations au niveau de la production agricole. Ces aspects nécessitent donc une attention particulière en gestion de sols et de la productivité agricole.

Références bibliographiques

- Braun J.J., Dupré B., Viers J., Ndam J.R., Bedimo J.P., Sigha L., Freydier R., Robain H., Nyeck B., Bodin J., Oliva P., Boegling J.P., Stemmler & Berthelin J., 2002, Biogeochemical dynamics in the forested humid tropical environment: the case study of the Nsimi small experimental watershed (south Cameroun). *Bull. Soc. géol. France*, **173**, 4, 347-357.
- Freydier R., 1997, Chimie des précipitations en Afrique intertropicale: cations et anions majeurs, éléments traces et acides organiques. Th. Doct. Univ. P S, Toulouse, France. 235 p.
- Freydier R., Dupré B., Dandurand J.L., Fortune J.P. & Sigha Nkamdjou L., 2002, Trace elements and major species in precipitation at Africa Stations: concentrations and sources. *Bull. Soc. Géol. France*, **173**, 2, 129-146.
- Gaillardet J., Dupré B. & Allegre C.J., 1995, A global geochemical mass budget model applied to the Congo basin rivers. Erosion rates and composition of the continental crust. *Geochim. Cosmochim. Acta*, **59**, 3469-3485.
- Galloway J.N., Likens G.E., Keene W.C. & Miller J.M., 1982, The composition of precipitation in the remote areas of the world. *J. Geophys. Res.* **87**, 8771-8786.
- Lacaux J.P., Loemba-Ndembi J., Lefeuvre B., Cros B. & Delmas R., 1992 b, Biogenic emissions and biomass burning influences on the chemistry of the fogwater and stratiform precipitations in the african equatorial forest. *Atmos. Environ.* **26**, A(4), 541-551.
- Lodge J.P., Pate J.B., Basbergill W., Swanson G.S., Hill K.C., Lorange E. & Lazrus A.L., 1968, Final report on the National Precipitation Network. National Center for Atmospheric Research, Boulder, Colorado.
- Maurizot P., Abessolo A., Feybesse J.L., Johan & Lecomte P., 1985, Etude et prospection minière du Sud-Ouest Cameroun. Synthèse des travaux de 1978 à 1985. *Rapp. BRGM*, **85**, CMR 066, 274 p.
- Meybeck M., 1984, Les fleuves et le cycle géochimique des éléments. Thèse de. Doc. d'Etat, Univ. P & M. Curie, Paris. VI, 437 p.
- Ndam Ngoupayou J.-R., 1997, Bilans hydrogéochimiques sous forêt tropicale humide en Afrique: du bassin expérimental de Nsimi-Zoétélé aux réseaux hydrographiques du Nyong et de la Sanaga. Thèse Doct. Univ. Pierre et Marie Curie, Paris VI, 213 p.
- Nyeck B., Bilong P., Moukam A. & Eno Belinga S.M., 1999, Mise au point d'un modèle de cartographie et de classification des sols en zone forestière intertropicale du Cameroun. Cas des sols du plateau forestier humide de Zoétélé. In: Vicat J.P. et Bilon P. éd., collect. GEOCAM, 2/1999, press. Univ. Yaoundé, pp. 171-180.
- Santoir & Bopda A., 1995, Atlas régional du Sud Cameroun. Ed ORSTOM-MIRES Cameroun, 52 p.
- Sigha Nkamdjou L., 1993, Fonctionnement hydrochimique d'un écosystème forestier de l'Afrique Centrale: La Ngoko à Moloundou (Sud-Est du Cameroun): Th. Doc. Univ. Paris XI.
- Sigha Nkamdjou L., Galy-Lacaux C., Pont V., Richard S., Sighomnou D. & Lacaux J.P., 2003, Rainwater chemistry and wet deposition over the Equatorial forested ecosystem of Zoétélé (Cameroon), *Journal of Atmospheric Chemistry*, pp. 173-198.
- Viers J., Dupré B., Braun J.J., Freydier R., Ndam J.R. & Sigha L., 2001, Evidence of non conservative behaviour of chlorine in humid tropical environments. *Aquatic Geochem.* **7**, 2, 127-154.
- Yoboué V., 1991, Caractéristiques physiques et chimiques des aérosols et des pluies collectées dans la savane humide de Côte d'Ivoire. Thèse Doc. Univ. P. S. Toulouse, 145 p.

Yvette Clarisse Mfopou Mewouo, Camerounaise, Titulaire d'une DEA en Sciences Géotechniques et hydrotechniques; spécialité Sciences de l'Eau et de l'Environnement. Technicienne au Laboratoire des Sols, Eaux, Plantes et Engrais du Programme Sol, Eau et Atmosphère de l'Institut de Recherche Agricole pour le Développement (IRAD) Email: mfopou2001@yahoo.com

J.R. Ndam Ngoupayou, Camerounais, Titulaire du Doctorat Nouveau Régime de l'Université Pierre et Marie Curie (UPMC -Paris VI) en France. Spécialité: Hydrologie, hydrogéologie, géochimie des eaux et géostatistiques. Chargé de Cours à l'Université de Yaoundé, Faculté des Sciences, Coordinateur des Sciences de l'eau au Laboratoire des Sciences géotechniques et hydrotechniques du Département des Sciences de la Terre.

M. Yemefack, Camerounais, Titulaire du PhD en évaluation quantifiée des terres et des ressources environnementales, SIG et modélisation spatiale obtenu à l'ITC Enschede aux Pays-Bas. Maître de Recherche au Programme Sols-Eaux-Atmosphère de l'Institut de Recherche Agricole pour le Développement (IRAD). Email: myemefack@yahoo.fr.

V. Agoumé, Camerounais, Titulaire d'un MSc en Fertilité des Sols et Nutrition des Plantes, obtenu à l'Université Agricole de Wageningen aux Pays-Bas. Chargé de Recherche au Programme Sols-Eaux-Atmosphère de l'Institut de Recherche Agricole pour le Développement (IRAD). Email: vagoume@yahoo.com

La situation agricole et alimentaire mondiale: causes, conséquences, perspectives

M. Mazoyer *

Keywords: Agricultural and food situation worldwide- Productivity- Agricultural prices- Poverty- Malnutrition

Texte de la conférence prononcée le 6 novembre 2008 à Paris, dans le cadre du colloque "La crise des matières premières agricoles: le regard des chercheurs" et publiée dans la revue OCL Volume 15, numéro 6 (www.revues-ocl.fr) de novembre-décembre 2008.

Summary

This article presents an overview of the development of agri-food system in the world, the disparity in productivity and income the long term downward trend in international agricultural prices, the world agricultural divide and its consequences in terms of poverty and malnutrition. Given this situation of poor farmers it analyses what should be the components of an effective policy development.

Quelle est précisément l'étendue des insuffisances agricoles et alimentaires présentes? Quelles en sont les causes? Les conséquences? Les perspectives? Quelles propositions de politiques peut-on faire pour y remédier au plus vite et durablement? Telles sont les questions auxquelles nous essayons de répondre ici.

Quelle est l'étendue des insuffisances agricoles et alimentaires présentes?

La production agricole s'accroît un peu plus vite que la population.

De 1 milliard d'êtres humains en 1800, la population mondiale est passée à 2 milliards en 1925, à 4 milliards en 1975, à 6 milliards en 2000, et elle approcherait les 9 milliards en 2050, pour plafonner autour de 9,5 milliards en 2070-80. L'explosion démographique, qui s'est propagée dans le monde depuis deux siècles, se ralentit de proche en proche et elle s'arrêtera probablement avant la fin du XXI^e siècle. Au cours de la seconde moitié du XX^e siècle, la population mondiale a été multipliée par 2,4 tandis que, dans le même temps, la production agricole et alimentaire mondiale a été multipliée par 2,6. Au plus fort de l'explosion démographique, contrairement aux prévisions de Malthus, la production agricole a donc augmenté plus vite que la population (2).

Pour 77%, cette croissance de la production est due à l'augmentation des rendements: le rendement moyen mondial des cultures a été multiplié par plus de deux en un demi-siècle. Du fait de l'utilisation des semences sélectionnées à haut rendement potentiel, des engrais minéraux et des pesticides, ainsi qu'à l'irrigation qui a été étendue de 80 millions d'hectares en 1950 à 240 millions en 2 000, le rendement moyen a beaucoup plus que doublé dans la plupart des régions des pays industrialisés, dans beaucoup de régions des pays émergents et dans quelques régions des autres pays en développement. Dans de rares régions il a même décuplé, pour atteindre 10 tonnes d'équivalent-céréales¹ par hectare et se rapprocher ainsi du maximum possible. Par contre, dans d'autres

régions des pays en développement et en particulier dans la plupart des régions des pays les moins avancés (expression désignant les 50 pays les plus pauvres du monde), le rendement moyen n'a que peu ou pas augmenté.

Pour 13%, cette augmentation de la production provient de l'extension des terres arables. Ce qui est fort peu.

Et pour les 10% restants, elle provient de la réduction des périodes de jachère ou de friche entre les cultures, de l'accroissement du nombre de récoltes par an, ainsi que du développement impressionnant, dans quelques régions très peuplées du monde, d'écosystèmes cultivés superposant un ou plusieurs étages d'arboriculture, dominant des associations, denses, de cultures vivrières et fourragères, ainsi que des élevages d'herbivores, de porcs ou de volailles, et parfois même des bassins de pisciculture: des écosystèmes complexes, construits par les paysans, capables de produire, sans engrais minéraux ni pesticides, autant de produits végétaux et animaux que les cultures et les élevages conventionnels pourraient en produire sur la même surface.

Mais, si en un demi-siècle, la croissance de la production agricole a bien été supérieure d'environ 8% ($2,6 : 2,4 = 1,08$) à celle de la population, force est de reconnaître qu'elle fut néanmoins insuffisante et trop inégale pour subvenir convenablement aux besoins de toute l'humanité.

Pauvreté et malnutrition

Sur les 6,6 milliards d'habitants de la planète, on en compte en effet plus de trois milliards qui disposent

*AgroParisTech, Université Paris XI, Chaire Francqui internationale, Universités francophones belges.

¹L'équivalent-céréales est la quantité de céréales ayant la même valeur calorifique que la production agricole considérée.

de moins de 3 dollars par jour et qui se privent plus ou moins de nourriture. Parmi ceux-ci, il s'en trouve plus de deux milliards qui se privent assez pour souffrir de graves malnutritions c'est-à-dire de maladies invalidantes (anémie, déficience mentale, cécité) dues à des carences alimentaires en micronutriments (fer, iode... vitamines A, E, C...). Nombre d'entre eux souffrent aussi de carence en protéines, trop chères pour eux, et parfois d'obésité, due aux sucres et aux graisses, bon marché, qu'ils consomment en excès pour arriver à satiété.

Pauvreté extrême et sous-alimentation chronique

On compte enfin plus d'un milliard de personnes qui disposent de moins de 1 dollar par jour, parmi lesquelles il s'en trouve 862 millions (moyenne 2002-2004, dernier chiffre connu) (3) qui souffrent de sous-alimentation chronique, autrement dit qui ont faim une partie de l'année, car faute d'une alimentation suffisante en macronutriments (glucides, lipides, protéines), ils ne disposent pas tous les jours des 2 150 à 2 400 kilocalories alimentaires nécessaires pour maintenir leur poids et pour s'activer normalement.

Sur ces 862 millions de personnes souffrant de la faim, on en trouve plus de 500 millions en Asie et Pacifique et de 200 millions en Afrique subsaharienne, environ 50 millions en Amérique latine-et-Caraïbes et en Afrique du Nord-et-Proche-Orient; près de 30 millions dans les pays en transition et de 10 millions dans les pays industrialisés. De plus, on le sait, depuis que les chefs d'État et de gouvernement, réunis à Rome à l'occasion du Sommet mondial de l'alimentation de 1996, se sont donné comme objectif de réduire de moitié le nombre de personnes souffrant de la faim, pour 2015 au plus tard, ce nombre n'a pas diminué. Bien au contraire. En passant de 827 millions en 1996 à 862 millions en 2003 (moyenne 2002-2004), il a augmenté de 5 millions par an, en moyenne. À quoi il faut ajouter que, chaque année, 9 millions de ces pauvres sous-alimentés (dont les deux tiers sont des enfants) meurent effectivement de faim chaque année.

La famine et la mort

Dans les régions écartées, où prévalent déjà durement la pauvreté et la faim, le moindre accident climatique, biologique, économique ou politique peut en effet provoquer une raréfaction et une augmentation des prix des denrées vivrières assez importante pour que, les plus pauvres ne pouvant plus se procurer de nourriture et les plus sous-alimentés ne pouvant pas supporter de privations supplémentaires, les plus vulnérables d'entre eux en meurent. Et si du fait des conflits, fréquents en ce genre d'occasion, les secours n'arrivent pas, la faim s'aiguise encore et tourne à la famine, qui tue de plus en plus de gens.

Conclusion: trois milliards de pauvres se privent plus ou moins de nourriture; deux milliards souffrent

de malnutrition, 862 millions souffrent de la faim, 9 millions en meurent chaque année et, malgré cette surmortalité, le nombre de pauvres sous-alimentés a recommencé d'augmenter.

Pauvreté et exode rural

Selon la FAO toujours, les trois quarts de ces pauvres sous-alimentés sont des ruraux, parmi lesquels on trouve une très grande majorité de paysans mal outillés, mal situés et mal lotis, et d'ouvriers agricoles très peu payés. Quant aux autres, beaucoup d'entre eux sont d'ex-ruraux récemment poussés à l'exode par la pauvreté et par la faim vers les camps de réfugiés et les bidonvilles sous-équipés et sous-industrialisés, où règnent le chômage, les bas salaires et bien d'autres misères matérielles et morales. Enfin, il faut souligner que, malgré un exode rural de plus de 50 millions de personnes par an, le nombre des pauvres sous-alimentés des campagnes ne diminue pas, ce qui signifie qu'un nombre au moins égal de nouveaux pauvres sous-alimentés se forme chaque année dans les campagnes du monde. Certes, il paraît surprenant qu'après plusieurs décennies de révolution agricole contemporaine et de révolution verte, la pauvreté et la sous-alimentation rurale soient toujours aussi massivement répandues. Mais c'est oublier le caractère incroyablement inégal de cet extraordinaire développement.

La fracture agricole mondiale

Malgré cet exode rural massif, la population rurale, qui s'élève à 3,34 milliards de personnes (soit 53% de la population mondiale) n'a jamais été si nombreuse. Quant à la population agricole totale (population agricole active et non active) qui s'élève à 2,7 milliards de personnes, elle représente 41% de la population mondiale. Alors que la population agricole active, qui s'élève à 1,34 milliard de personnes, représente 43% de la population active du monde (2).

Or, pour ces 1,34 milliard d'actifs agricoles, on ne compte dans le monde que 28 millions de tracteurs et 250 millions d'animaux de travail (soit respectivement 2,1% et 18,6% du nombre total des actifs agricoles). Cela signifie que plus de 1 milliard d'actifs agricoles travaillent uniquement avec des outils manuels (houe, bêche, bâton fousseur, faucille...). Un milliard d'actifs dont la moitié environ soit 500 millions utilisent couramment des semences sélectionnées, des engrais minéraux et des pesticides et tandis que l'autre moitié, soit 500 millions d'actifs (ce qui correspond à 1 milliard de bouches à nourrir) n'en utilise pratiquement pas.

Encore faut-il ajouter que dans de nombreux pays ex-coloniaux ou ex-communistes n'ayant pas connu de réforme agraire récente, la majorité de ces paysans sous-équipés sont encore privés de terre par les grands domaines de plusieurs milliers ou dizaines de milliers d'hectares, de sorte qu'ils ne disposent que d'une superficie très inférieure à celle qu'ils pourraient

cultiver et qui leur serait nécessaire pour nourrir leur famille. Ces paysans sont donc obligés d'aller chercher du travail au jour le jour dans les grands domaines, contre des salaires de 1/4 à 3 dollars la journée selon les pays, les régions et les saisons.

Conclusion: dans ces conditions, on comprend pourquoi, dans presque tous les pays du monde, le revenu moyen des paysans est non seulement très inférieur à celui des citadins, mais encore nettement inférieur au salaire de la main-d'œuvre non qualifiée.

Comment a-t-on pu en arriver là ?

Début du XX^e siècle: un écart de productivité de 1 à 10

Au début du XX^e siècle, la plupart des paysans du monde utilisaient exclusivement des outils manuels, et leur productivité du travail ne dépassait pas 1 tonne de céréales ou d'équivalent-céréales par travailleur et par an (1 hectare/travailleur × 1 tonne/hectare). En Europe, dans les colonies de peuplement européennes des régions tempérées et dans certains deltas d'Asie, beaucoup utilisaient cependant des animaux de travail et des matériels tractés, de fabrication artisanale (araire ou charrue, herse, rouleau, charrette, chariot...). Aux États-Unis et en Europe notamment quelques-uns d'entre eux utilisaient déjà les nouvelles machines à traction animale, récemment produites par l'industrie (charrues brabant, semoirs, faucheuses, faneuses, moissonneuses-lieuses...), grâce auxquelles ils arrivaient à produire jusqu'à 10 tonnes de grain par travailleur et par an (10 ha/tr × 1 t/ha). À l'époque donc, toutes les agricultures du monde s'inscrivaient dans un écart de productivité de l'ordre de 1 à 10.

La révolution agricole contemporaine

Depuis lors, principalement au cours de la seconde moitié du XX^e siècle, la révolution agricole contemporaine s'est étendue dans les pays développés et dans quelques secteurs limités des pays en développement (5). Dans les pays développés, un nombre toujours plus réduit d'exploitations familiales a réussi à franchir toutes les étapes de cette révolution agricole. En céréaliculture par exemple, la puissance des tracteurs et la superficie maximum cultivable par un travailleur ont presque doublé tous les dix ans, pour dépasser aujourd'hui les 200 hectares par travailleur. Dans le même temps, grâce aux semences sélectionnées, aux engrais et aux pesticides, les rendements ont augmenté de plus de 1 tonne par hectare tous les dix ans, pour approcher aujourd'hui les 10 tonnes par hectare dans certaines régions. C'est ainsi que les agriculteurs les mieux équipés et les plus productifs du monde peuvent aujourd'hui produire jusqu'à 2 000 tonnes d'équivalent céréales par travailleur et par an (200 ha/tr × 10 t/ha) (Figure 1).

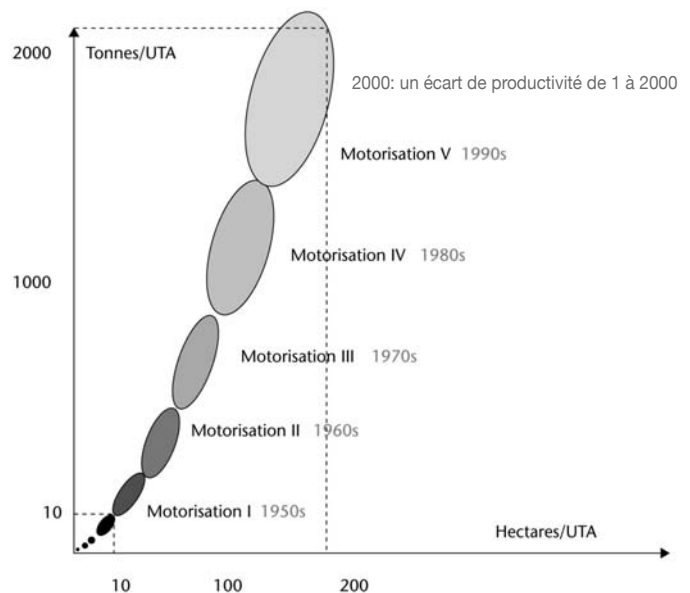


Figure 1: L'accroissement des inégalités de productivité du travail en culture céréalière au XX^e siècle.

Source: M. Mazoyer, AgroParisTech.

La révolution verte

D'un autre côté, à partir des années 1960, les agriculteurs des pays en développement qui en avaient les moyens, et qui furent soutenus par des politiques publiques favorables, se sont lancés dans la révolution verte (4), une variante de la révolution agricole contemporaine généralement dépourvue de grande motorisation mécanisation. C'est ainsi que dans beaucoup de pays d'Asie, le rendement du riz, qui dépassait rarement 2 tonnes par hectare il y a 40 ans, peut atteindre aujourd'hui 10 tonnes par hectare en une seule récolte, et que la production par hectare et par an peut même approcher les 20 ou 30 tonnes quand les aménagements hydrauliques permettent de faire deux ou trois récoltes dans l'année. En conséquence, un riziculteur cultivant à la main un demi hectare et qui produisait 1 tonne de paddy (riz non décortiqué) en 1960 peut en produire selon le cas 5, 10 ou même 15 tonnes aujourd'hui.

Le transfert de la révolution agricole dans les pays de grands domaines et à bas salaires

De plus, à partir du milieu des années 1970, des investisseurs de toutes sortes (entrepreneurs, grands propriétaires, agro-industrie, agro distribution, fonds d'investissement...) ont tiré parti de l'expérience de la révolution agricole et de la révolution verte et des hauts prix agricoles du moment (Figure 2) pour se lancer dans la modernisation d'anciens grands domaines agricoles coloniaux dans les pays à bas salaires d'Amérique latine (Argentine, Brésil...), d'Afrique (Afrique du Sud, Zimbabwe...) et d'Asie (Inde, Philippines...). Enfin, depuis les années 1990, de tels investisseurs se sont également engagés dans la modernisation des grands domaines d'État

ou collectifs d'anciens pays communistes d'Europe (Ukraine, Russie...). Et les uns et les autres ont rapidement obtenus des niveaux de productivité comparables à ceux des agriculteurs nord-américains et ouest-européens les plus performants.

Dollars US de 1998 le boisseau

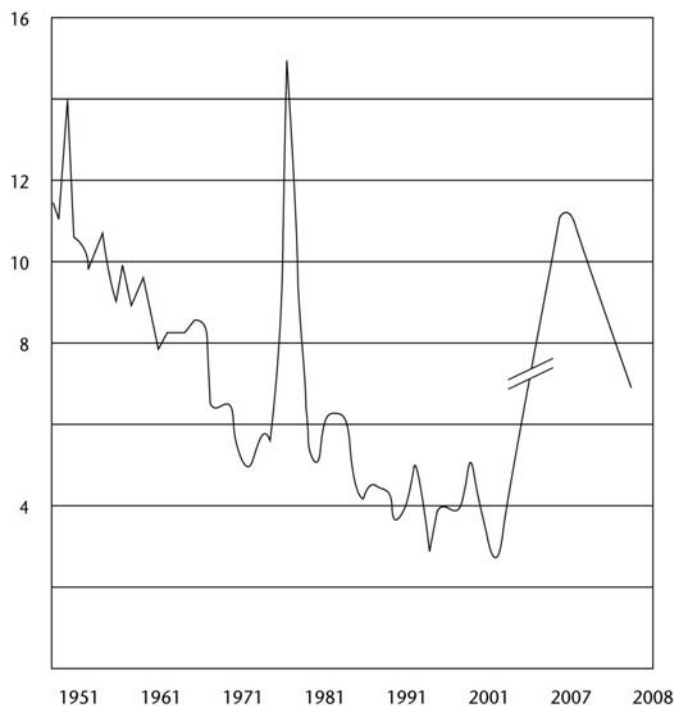


Figure 2: Baisse tendancielle et explosions périodiques du prix international réel du blé (US Dollars constants).

Source: Momagri, novembre 2008.

Fin du XX^e siècle: un écart de productivité de 1 à 2 000

Par contre, dans les pays d'Afrique, d'Asie et d'Amérique latine, des centaines de millions d'agriculteurs, pratiquant des cultures pluviales ou sommairement irriguées, n'ont jamais eu la possibilité d'acquérir ni tracteur, ni animal de travail, ni semences sélectionnées, ni engrais, ni pesticide, et n'ont jamais pu progresser ni en superficie cultivée par travailleur ni en rendement à l'hectare. Ainsi, l'écart de productivité du travail entre les 500 millions de paysans dont la production ne dépasse toujours pas 1 tonne de céréales ou équivalent-céréale par travailleur et par an, et les quelques millions d'agriculteurs qui peuvent produire jusqu'à 2 000 tonnes par travailleur, est aujourd'hui de 1 à 2 000.

La baisse tendancielle des prix agricoles internationaux

Des excédents croissants à prix décroissants

Dans les pays où la révolution agricole contemporaine et la révolution verte ont le plus progressé, les gains de productivité agricole ont ainsi largement dépassé ceux des autres secteurs de l'économie et, en

conséquence, les prix agricoles réels (hors inflation) ont très fortement baissé (5, 6). Dans les pays développés où la révolution agricole a le plus progressé après 1945, les prix réels des matières premières agricoles et alimentaires de base (céréales, oléo protéagineux, viandes, lait, œufs...) ont été divisés par 4 ou 5 en un demi-siècle. Dans le même temps, la production végétale ayant augmenté beaucoup plus vite que la population, des quantités croissantes de produits végétaux ont été utilisées par les élevages (volailles, porcins, bovins) dont les produits ont baissé en coût et en prix. Ainsi, malgré une consommation croissante en produits animaux, certains de ces pays bien dotés en terre (États-Unis, Canada, Australie, Nouvelle-Zélande et, dans une moindre mesure, certains pays d'Europe) ont dégagé des excédents exportables en quantités croissantes et à des prix décroissants. Dans les pays en développement où la révolution verte a le plus progressé, en Asie du Sud, du Sud-est et de l'Est notamment, même sans grande motorisation, l'augmentation des rendements a entraîné une forte hausse de productivité et une baisse importante des coûts de production et des prix agricoles réels. Et certains de ces pays sont aussi devenus agro exportateurs (Thaïlande, Vietnam), alors même que la sous-alimentation y était très répandue. Dans les anciens pays coloniaux et communistes où les grandes entreprises agricoles à salariés, récemment modernisées, atteignent aujourd'hui un niveau de productivité aussi élevé que celui des exploitations familiales les mieux équipées des pays développés, les coûts de production sont encore plus bas. Dans ces pays en effet, les salaires ne dépassent pas quelques dizaines de dollars par mois, les machines, les engrais, les pesticides fabriqués sur place sont beaucoup moins chers, les charges fiscales sont très faibles et les monnaies locales sont souvent sous-évaluées. Et comme la pauvreté limite les débouchés intérieurs de ces pays, ils peuvent approvisionner les marchés internationaux à des prix défiant toute concurrence. Ces prix sont d'ailleurs si bas et si rapidement décroissants que même les paysans moyens de ces pays, qui avaient commencé de se moderniser dans les années 1970-80, sont aujourd'hui bloqués dans leur développement, et parfois appauvris au point de rejoindre dans l'exode les millions de petits paysans et d'ouvriers agricoles privés de terre et d'emploi par les grands domaines, qui continuent de s'équiper et de gagner du terrain et des parts de marché (Figure 2).

La très forte baisse à long terme des prix agricoles internationaux

Enfin, les denrées agricoles et alimentaires de base ont ceci de particulier que la plus grande partie de leur production étant consommée dans le pays où elle a été produite ne passe aucune frontière. Les

échanges internationaux de ces denrées ne portent donc que sur une petite partie de la production et de la consommation mondiale (10% en volume pour l'ensemble de ces denrées et 15% pour les céréales par exemple). Or, ce marché international est approvisionné par les producteurs d'excédents exportables les plus compétitifs. En conséquence, en période d'excédents croissants, le prix international du blé se rapproche du coût de revient (hors transferts) des exportateurs argentins ou ukrainiens les plus compétitifs (50 à 100 dollars la tonne). Ce prix est inférieur au coût de production de la très grande majorité des agriculteurs du monde : inférieur au coût de revient des agriculteurs américains (100 à 150 dollars la tonne) qui ne pourraient pas continuer d'exporter massivement et à celui des agriculteurs européens (150 à 250 dollars), qui ne pourraient pas continuer d'approvisionner leur propre marché intérieur, s'ils ne recevaient pas, les uns et les autres, des aides publiques importantes qui leurs permettent de compenser la différence entre leurs coûts de revient et le prix international. Mais ce prix international est surtout très inférieur au coût de revient des centaines de millions de paysans, produisant moins de 1 tonne de céréales par an, qui est supérieur à 700 dollars la tonne, pour un revenu du travail de 2 dollars par jour (ce qui correspond à 1 dollar par jour par bouche à nourrir). Appauvris par la baisse des prix des productions vivrières et par celle des prix des productions d'exportation, qui suit de près celle des productions vivrières, ces centaines de millions de paysans doivent réduire ou cesser de produire et prendre le chemin du camp de réfugié, du bidonville ou de l'émigration.

L'explosion momentanée des prix agricoles internationaux

Ajoutons que ces longues périodes de baisse de prix, qui poussent à la cessation d'activités des centaines de millions de paysans pauvres, et qui découragent la production de ceux qui restent, finissent par réduire les stocks de fin de campagne, au point de provoquer une véritable explosion des prix, comme ce fut le cas en 1972. En quelques semaines, les prix du blé et des autres denrées vivrières ont triplé pour remonter aux niveaux élevés qu'ils avaient atteints au lendemain de la Seconde Guerre mondiale. Et ce qui n'a pas manqué de se produire de nouveau en 2007 du fait que les excédents à bas prix ont continué de se déverser sans protection dans les pays à faible revenu et forte dépendance vivrière. Quand les prix sont bas, ce sont des centaines de millions de petits producteurs vendeurs de produits agricoles qui sont trop appauvris pour manger à leur faim; quand ils sont hauts, ce sont des centaines de millions de consommateurs acheteurs pauvres qui ont faim à leur tour. Dans les régions agricoles appauvries par la baisse des prix, la production couvre à peine les

besoins d'autoconsommation. Les stocks sont très réduits et ils peuvent être épuisés avant la récolte suivante. Les prix peuvent alors remonter très fortement et exclure les acheteurs les plus pauvres, y compris les producteurs pauvres devenus acheteurs nets de nourriture, de tout accès à la nourriture. Sans régulation des prix, le marché ne peut subvenir aux besoins minima des uns et des autres. La courbe du prix réel du blé sur le marché de Chicago (Figure 2) illustre parfaitement ce mode de fonctionnement des marchés internationaux des denrées vivrières de base: les longues périodes de baisses des prix (1948-1972 et depuis 1979) alternent avec de courtes périodes de hauts prix (1945-48, 1972-79) et 2007-08.

Les conséquences de la baisse des prix agricoles

Dans les pays développés, la forte baisse des prix agricoles réels résultant de la révolution agricole contemporaine a entraîné une baisse de revenu des petites et moyennes exploitations qui n'avaient pas eu les moyens d'investir suffisamment pour en compenser les effets. D'année en année, des exploitations de plus en plus nombreuses se sont retrouvées dans l'incapacité de dégager un revenu familial socialement acceptable et n'ont pas été reprises, lors de la retraite de l'exploitant. Leurs meilleures terres ont alors été partagées entre les exploitations voisines en développement tandis que les moins bonnes passaient à la friche.

C'est ainsi que la très grande majorité des exploitations agricoles existant au début du XX^e siècle dans les pays développés ont cessé d'exister; mais si, jusqu'aux années 1980, dans ces pays, les enfants d'agriculteurs quittant la terre ont généralement trouvé du travail, et des salaires croissants, dans l'industrie ou les services, il en va tout autrement pour les dizaines de millions de paysans pauvres acculés chaque année à l'exode dans les pays en développement.

Dans ces pays en effet, les paysans travaillant en culture manuelle, et confrontés à la baisse des prix agricoles, ont d'abord vu leur pouvoir d'achat baisser. La majorité d'entre eux s'est ensuite retrouvée dans l'incapacité d'investir dans un outillage performant et d'acheter des semences sélectionnées, des engrais et des pesticides. Leur développement a donc été bloqué. Puis, la baisse des prix se poursuivant, leur revenu monétaire est devenu insuffisant pour tout à la fois renouveler leur outillage et manger à leur faim. Pour mieux comprendre ce processus, considérons un céréaliculteur soudanien, andin ou himalayen disposant d'un outillage manuel et produisant, sans engrais ni pesticide, 1 tonne de grain net (semences déduites). Il y a une cinquantaine d'années, un tel céréaliculteur recevait l'équivalent de 40 dollars d'aujourd'hui pour 100 kg de grain: il devait alors en vendre 200 kg pour renouveler son outillage, ses vêtements..., il lui en restait donc 800 kg pour

nourrir, modestement, 4 personnes; en se privant un peu, il pouvait même en vendre 100 kg de plus pour acheter quelque outil nouveau plus efficace. Il y a une vingtaine d'années, il ne recevait plus que l'équivalent de 20 dollars d'aujourd'hui pour 100 kg: il devait alors en vendre 400 kg pour renouveler son outillage et les autres biens indispensables, et il ne lui restait que 600 kg pour nourrir, cette fois insuffisamment, 4 personnes; il ne pouvait donc plus acheter de nouveaux outils. Enfin, au début des années 2000, il ne recevait plus que 10 dollars pour 100 kg de grain: il devait donc en vendre plus de 800 kg pour renouveler son matériel et les autres biens indispensables, ce qui est bien sûr impossible puisqu'on ne peut nourrir 4 personnes avec 200 kg de grain. En fait, à ce prix-là, il est condamné à l'endettement, puis à l'exode ou à mourir sur place.

Le blocage du développement

Dans les pays pauvres cependant, la baisse des prix agricoles a d'autres conséquences: en excluant des millions de paysans et en décourageant la production de ceux qui restent, elle limite la production et accroît le déficit alimentaire; en accélérant l'exode rural, elle amplifie le chômage et fait baisser les salaires en milieu urbain (la hiérarchie des salaires dans les différentes parties du monde suit de très près celle des revenus de la paysannerie). Partant, les revenus de la population, les recettes d'exportation et les recettes budgétaires de ces «pays agricoles pauvres» sont bien trop faibles pour qu'ils puissent se moderniser et attirer des investissements étrangers. D'où l'endettement, le surendettement, puis les politiques de réduction des dépenses, préconisées par les institutions financières internationales, qui débouchent sur la perte de légitimité et l'instabilité des gouvernements, sur l'ingouvernabilité et les conflits.

Ni l'aide, ni le partage, ni les échanges internationaux ne peuvent suffire

Ces processus additionnés contribuent à expliquer que la moitié de l'humanité se retrouve avec un pouvoir d'achat insignifiant: plus de trois milliards de personnes disposent de moins de 3 dollars par jour. Ces très bas revenus limitent la consommation alimentaire bien en dessous des besoins minima. Le supplément de revenu dont auraient besoin ces personnes pour échapper aux privations alimentaires dépasse les 2000 milliards de dollars par an. C'est vingt fois plus que l'aide publique au développement qui n'atteint même pas les 100 milliards de dollars par an. La quantité supplémentaire d'aliments, nécessaire pour supprimer la malnutrition qui frappe 2 milliards de pauvres, et la faim qui en frappe 862 millions, est égale à 30% du volume d'aliments produits et utilisés dans le monde: soit plus de cent fois le volume de l'aide

alimentaire; elle représente plus de la moitié du volume d'aliments utilisés par les 1,5 milliards de personnes les mieux (ou les plus) nourries du monde, et plus du double du volume des échanges internationaux de produits vivriers. C'est assez dire que ni l'aide alimentaire, ni l'aide publique au développement, ni le partage, ni les échanges internationaux, ne sont à la hauteur du problème. D'ailleurs, le marché n'équilibre pas la production et les besoins, il équilibre la production et la demande solvable. Et comme la demande solvable est inférieure de 30% aux besoins la production l'est aussi (1).

Plus globalement, l'insignifiance des revenus de 3 milliards de personnes, dont la majorité sont des paysans, limite beaucoup plus encore la consommation des autres biens et services, et donc les possibilités d'investissements productifs et la croissance globale tous secteurs confondus. L'économie-monde ne manque pas d'épargne, mais de débouchés.

Perspectives et propositions

En 2050, la Terre comptera vraisemblablement 9 milliards d'humains, pour plafonner autour de 9,5 milliards avant la fin du siècle. Pour nourrir tout juste correctement, sans sous-alimentation ni malnutrition, une telle population, la production végétale destinée à l'alimentation des hommes et des animaux domestiques devra un peu plus que doubler dans l'ensemble du monde. Elle devra plus que tripler dans les pays en développement, plus que quintupler en Afrique, et même décupler dans certains pays de ce continent. Pour obtenir une augmentation de production aussi importante, l'activité agricole devra être étendue et intensifiée, durablement, sur toutes les terres exploitables de la terre. Ce qui est tout à fait possible: car les terres aujourd'hui exploitées représentent environ la moitié des terres exploitables de la planète, et car les techniques connues à ce jour, dûment corrigées de leurs excès pour être durables, sont sous-utilisées dans la plus grande partie du monde. Mais, pour permettre à tous les paysans du monde d'étendre leurs cultures à toutes les terres cultivables et d'y construire des écosystèmes cultivés capables de produire, sans atteinte à l'environnement, un maximum de denrées vivrières de qualité, il faut avant tout garantir à tous ces paysans des prix assez élevés et assez stables pour qu'ils puissent vivre dignement de leur travail, investir et progresser. Pour venir à bout de la sous-production agricole et de la sous-consommation alimentaire dans les pays à faible revenu et forte dépendance vivrière, il n'est donc pas d'autre voie que de protéger les agricultures paysannes pauvres de ces pays de la concurrence des agricultures plus compétitives. Et, dans cette perspective, il nous paraît souhaitable d'instaurer une organisation des échanges agricoles internationaux

beaucoup plus équitable et beaucoup plus efficace que celle d'aujourd'hui (4, 5). Une nouvelle organisation dont les principes seraient les suivants:

- établir de grands marchés communs agricoles régionaux, regroupant des pays ayant des productivités agricoles du même ordre de grandeur (Afrique de l'Ouest, Asie du Sud, Asie de l'Est, Europe de l'Ouest, Amérique du Nord...);
- protéger ces marchés régionaux contre toute importation d'excédents agricoles à bas prix par des droits de douane variables, garantissant aux paysans pauvres des régions défavorisées des prix assez élevés et assez stables pour leur permettre de vivre et de se développer;
- négocier, produit par produit, des accords internationaux fixant de manière équitable le prix d'achat et la quantité exportable consentie à chaque pays.

Relever les revenus plutôt que de faire des cadeaux

Ce relèvement des prix agricoles devra être suffisamment progressif pour limiter ses effets négatifs sur les consommateurs-acheteurs pauvres.

Malgré cela, il sera sans doute nécessaire d'instaurer pendant quelque temps des politiques alimentaires. Mais, au lieu de fonder ces politiques sur la distribution de produits à bas prix, ce qui entretient la misère paysanne et réduit le marché intérieur, il conviendra de fonder ces politiques sur le soutien du pouvoir d'achat alimentaire des consommateurs acheteurs pauvres, afin, au contraire, d'élargir le marché intérieur: on pourra par exemple, comme aux États-Unis, distribuer aux acheteurs nécessiteux des bons d'achat alimentaires financés par les budgets publics ou par l'aide internationale (7). De plus, comme le relèvement des prix agricoles ne suffira pas, à lui seul, pour porter la production à la hauteur des besoins et pour promouvoir un développement agricole équilibré des différentes régions du monde, des politiques de développement agricole seront également nécessaires: accès à la terre et sécurité de la tenure (réforme agraire, statut du fermage, lois anti-cumul, aides à l'installation...); accès au crédit, aux intrants et aux équipements productifs; accès au marché (infrastructures de transport et de commercialisation); accès au savoir (recherche, formation, vulgarisation appropriées aux besoins et aux moyens des différentes régions et des différentes catégories de producteurs, à commencer par les plus désavantagées).

Références

1. Collomb P., 1999, Une voie étroite pour la sécurité alimentaire. Paris: FAO Economica, 1999.
2. FAO, Faostat, CDROM.
3. FAO. L'état de l'insécurité alimentaire dans le monde. FAO, Différents rapports annuels.
4. Griffon M., 2002, *In*: Révolution verte, révolution doublement verte. Mondes en développement, tome 30. Bruxelles: Cekoeduc, 2002: 39-44.
5. Mazoyer M. & Roudart L., Histoire des agricultures du monde, du Néolithique à la crise contemporaine. Paris: Editions du Seuil, 1997, 1998; nouvelle édition Points Histoire, Seuil, 2002.
6. Mazoyer M. & Roudart L., 2005, La fracture agricole et alimentaire mondiale. Nourrir l'humanité aujourd'hui et demain. Paris: Universalis, 2005.
7. Roudart L., 2002, *In*: L'alimentation dans le monde et les politiques publiques de lutte contre la faim, mondes en développement, tome 30. Bruxelles: Cekoeduc, 2002: 9-2.

M. Mazoyer, Ingénieur agronome, Professeur émérite à AgroParisTech <marmaz2@tele2.fr>

LES ACTIONS DE LA DGCD

DE ACTIVITEITEN VAN DE DGOS

DGDC'S ACTIVITIES

LAS ACTIVIDADES DEL DGCD

Femme-agronomie-développement: le cas du Burundi

Adélaïde Niyonkuru

La femme africaine joue un rôle important dans le secteur agricole, surtout en milieu rural. En Afrique de l'Ouest, la riziculture pluviale est parfois un travail entièrement féminin. En pays peul, c'est l'élevage qui lui est confié. Dans l'Afrique occidentale, quelques travaux sont pratiqués tant par l'homme que par la femme, mais certains d'entre eux sont l'apanage de cette dernière.

Au Burundi, la femme fournit l'essentiel de la force de production dans le secteur de l'agriculture: 97,4% (FAO, 2002) des femmes en âge d'activité exercent dans ce secteur qui reste l'activité dominante de l'économie burundaise et qui rapporte, en valeur ajoutée, plus de 50% du PIB. Ces indicateurs montrent le rôle potentiel des femmes dans la contribution à la croissance économique. Aider les femmes dans le secteur agricole devient une nécessité pour faire progresser l'agriculture de subsistance, secteur dominant dans l'économie du continent africain. Avec le passage progressif d'une agriculture de subsistance à une agriculture de marché utilisant des intrants extérieurs à l'exploitation, la productivité agricole augmente, créant un excédent ou surplus qui peut être utilisé pour développer les secteurs non agricoles. Il apparaît donc aujourd'hui essentiel de moderniser ce secteur afin qu'il puisse jouer un rôle positif dans le développement du reste de l'économie.

La femme et l'agriculture au Burundi

La femme burundaise s'occupe en majorité des activités champêtres: le labour, le semis, le sarclage, la récolte, le transport, la conservation, la transformation et la commercialisation des produits agricoles. Mais elle n'a ni accès au contrôle des bénéfices, ni pouvoir de décider de leur utilisation. Elle se fait aider quelquefois par l'homme et par les enfants mais le gros du travail lui revient. L'homme intervient surtout dans les cultures industrielles qui génèrent un revenu consistant à la vente. La situation difficile de la femme est encore aggravée par un manque d'accès aux technologies adaptées. Elle utilise par exemple des outils archaïques, outils qui la fatiguent davantage.

Accès aux facteurs de production limité**LA TERRE**

La terre, base de la production agricole, revient à l'homme. En vertu de la tradition, la femme n'a en effet pas le droit d'en être propriétaire. Même si c'est elle qui est la principale actrice des travaux champêtres, non seulement la femme n'a pas droit à la terre mais elle n'a pas non plus de droit de décision sur les revenus provenant de cette terre. Il est néanmoins intéressant de signaler qu'un projet de loi sur les successions, les régimes matrimoniaux et les libéralités existe mais n'est pas encore adopté.

Lorsque la femme n'a pas accès à la terre et qu'elle doit assumer une bonne partie des travaux des champs et des tâches domestiques, le seul facteur sur lequel elle a une influence est sa progéniture, laquelle constitue une assurance pour le présent et pour le futur. Pour alléger sa charge de travail et réduire sa vulnérabilité, la femme fait donc beaucoup d'enfants. Il s'agit là d'une stratégie de défense qui a, malheureusement, de lourdes conséquences sur la santé reproductive de la femme et l'économie du pays.

LE CRÉDIT

L'accès au crédit est un problème épineux. Pour améliorer leur productivité, les femmes ont besoin d'intrants et de technologies plus performantes. Pour ce faire, elles ont besoin de crédit. Mais l'emprunt étant conditionné par la possession d'un compte bancaire, par des garanties et par un apport personnel important, la majorité des femmes s'en voient d'office écartées. Elles se tournent donc vers des modes informels de prêts avec taux usuraire.

LA VULGARISATION

La vulgarisation a trop longtemps été conçue au simple bénéfice des hommes, tout comme les programmes de développement en général. Les causes en sont multiples, le facteur temps constituant l'élément principal. Les femmes travaillent en moyenne 17 heures par jour pour subvenir aux besoins de leurs familles. Ce sont elles, en effet, qui, tous les jours, doivent faire face à la diminution des ressources naturelles, ce qui leur demande un surcroît de travail: aller puiser de l'eau, ramasser le bois, etc. Elles ont donc du mal à concilier les travaux ménagers et productifs avec les réunions de vulgarisation. Par ailleurs, le taux d'analphabétisme est encore plus élevé chez les femmes que chez les hommes: respectivement 73% contre 52% d'après la base de données sur le genre au Burundi. Le support écrit peut donc être un obstacle. Enfin, les programmes de vulgarisation concernent surtout les cultures de rente, c'est à dire celles dont s'occupent principalement les hommes. Ainsi, alors que c'est elle qui exerce la plupart des activités, la femme n'a pas accès à l'information agricole.

Valoriser le rôle des femmes

Pour amorcer le développement du pays, il est important de valoriser le rôle potentiel des femmes rurales en leur

assurant l'accès aux ressources de production et, notamment, à la terre, aux intrants agricoles, au crédit et à la vulgarisation, sans oublier de promouvoir le marché des produits vivriers.

Alléger aussi les travaux ménagers et champêtres des femmes par l'introduction de technologies appropriées (adductions d'eau, foyers améliorés, moulins,...) est une nécessité pour permettre l'amélioration de leurs conditions de vie.

Adélaïde Niyonkuru, Chargée de projets, Agence de Renforcement des Capacités et d'Appui pour le Développement rural et l'Environnement - ARCADE, Burundi — adelaniyo@yahoo.fr

Ingénieur agronome, titulaire d'un DES en Économie et Sociologie rurales (FUSAGx-UCL), formation pour laquelle elle a bénéficié d'une bourse de la CUD en 2003-2004.

À l'origine, attachée au Ministère burundais de l'Action sociale et de la Promotion de la Femme, elle est aujourd'hui Chargée de projets au sein d'une ONG burundaise basée à Bujumbura: ARCADE, l'Agence de Renforcement des Capacités et d'Appui pour le Développement rural et l'Environnement, à travers laquelle, parmi de nombreux projets, un appui particulier est dirigé vers les petits projets féminins avec l'objectif de promouvoir le statut de la femme.

ARCADE : 3e appartement , Immeuble Kwa NGOMA 56, rue du Progrès Centre Ville, Bujumbura BP 2183 Bujumbura – Burundi.

L'amélioration de la production halieutique des systèmes traditionnels de pisciculture au Bénin: le cas des «whedos» (trous à poissons) du delta de l'Ouémé

I. Imorou Toko

Depuis 2005, au Bénin, l'importation de poisson congelé dépasse la production halieutique nationale si bien que la promotion de l'aquaculture apparaît aujourd'hui capitale. Dans le cadre de sa recherche doctorale, Ibrahim Imorou Toko, boursier doctorant de la CUD, s'est penché sur le potentiel du développement d'une filière de production piscicole dans les whedos, ces trous creusés par les pêcheurs traditionnels dans les plaines d'inondation et destinés à piéger les poissons lors de la décrue.

Contexte et justificatif de l'étude

Les poissons, de par leur croissance et leur composition en nutriments, jouent un rôle déterminant dans la fourniture de protéines animales, surtout dans les pays menacés par des crises alimentaires. Au Bénin, la consommation de poisson est actuellement estimée à 9 kg/personne/an alors que la quantité recommandée est supérieure à 30 kg/personne/an. Cette consommation déjà faible est encore menacée de baisse sous les effets conjugués d'une diminution de la production halieutique nationale et de la croissance galopante de la population, ce qui fait recourir à de grandes importations de poissons congelés dont le volume annuel dépasse la production nationale depuis 2005. Dans ce contexte, il devient donc indispensable de promouvoir le développement de l'aquaculture afin, non seulement, d'assurer une plus grande disponibilité des produits de pêche, mais aussi de diminuer l'exploitation des ressources halieutiques naturelles et l'importation des produits congelés qui crée une dépendance dangereuse vis-à-vis de l'extérieur.

La pisciculture de type classique (en étang contrôlé avec alimentation artificielle) introduite au Bénin dans les années 1958-1960 a connu très peu de succès malgré l'investissement de l'État et des partenaires du développement dans le domaine de la pêche et de l'aquaculture. Cependant, l'augmentation de la production halieutique nationale par le biais de l'amélioration des techniques piscicoles déjà existantes telles que les whedos (trous à poissons) revêt une importance capitale.

La technique des whedos, très développée dans la vallée du fleuve Ouémé, est une forme de pisciculture traditionnelle imaginée par les pêcheurs continentaux du sud Bénin pour tirer profit de la succession des crues et décrues dans les plaines d'inondation. Ces trous creusés dans les plaines d'inondation piègent les poissons qui suivent les courants de reflux durant le retrait des eaux. À la décrue du fleuve (chaque année, de décembre à juin), l'exploitation de ces trous, qui consiste à dégager progressivement la végétation envahissante et à capturer les poissons sauvages qui y sont piégés, vient combler la période morte des pêcheurs qui attendent la maturation de leurs cultures de décrue.

Objectifs et méthodologie générale

Notre recherche s'inscrit dans la perspective de développement d'une filière de production piscicole, notamment des poissons-chats *Clarias gariepinus* et *Heterobranchus longifilis*, dans les whedos, juste après leur exploitation naturelle et avant la prochaine inondation de la plaine. Ceci devrait permettre aux pêcheurs propriétaires de ces whedos de mieux valoriser ces trous, tout au moins après leur exploitation, afin d'améliorer leur rendement et, *in fine*, leurs conditions de vie.

Dans un premier temps, nous avons évalué le mode actuel de gestion des whedos à travers une série d'enquêtes socio-économiques menées auprès des pêcheurs propriétaires de whedos dans la vallée de l'Ouémé. Nous avons également étudié la qualité physico-chimique et biologique de l'eau des whedos afin d'identifier les espèces

piscicoles locales pouvant y être élevées. Des essais d'élevage des poissons-chats *C. gariepinus* et *H. longifilis* ont donc, par la suite, été conduits, avec la collaboration des groupements de pêcheurs du village de Gangban, dans des compartiments de whedos afin de déterminer la densité optimale de mise en charge de ces poissons en whedos.

Compte tenu de la faisabilité de l'élevage de ces poissons-chats dans les whedos, la production d'un grand nombre de juvéniles de ces espèces nous est parue nécessaire pour une promotion efficace de leur élevage en whedos. En effet, bien que les techniques de base de l'élevage de ces poissons-chats, depuis le stade larvaire jusqu'à la taille marchande, soient maîtrisées, l'acquisition de connaissances précises sur l'alimentation à base des sous-produits disponibles localement est encore nécessaire pour une optimisation des performances de croissance et de survie, aussi bien au stade larvaire que juvénile. C'est dans ce contexte que nous avons examiné en bassins hors-sol, chez les juvéniles de ces espèces, les performances de différents régimes à base de tourteaux de coton et de soja, localement disponibles, en substitution à la farine de poisson importée et de qualité irrégulière et souvent douteuse.

Résultats

Les premières approches de nos investigations montrent que, sur le plan socio-économique, l'augmentation de la productivité des whedos s'avère nécessaire pour l'amélioration des conditions de vie des pêcheurs dans la vallée de l'Ouémé. En effet, avec le mode actuel de gestion des whedos, le rendement de ceux-ci varie entre 1 et 2 tonnes/ha/an avec des revenus nets allant de 182 000 à 572 000 Fcfa/ha (soit de 277 à 872 €). Il représente actuellement environ 27% des revenus totaux de la pêche par ménage. Par contre, avec la mise en charge et l'alimentation artificielle d'espèces piscicoles adaptées, telles que les poissons-chats africains, on a pu obtenir des rendements annuels de 3 à 36 tonnes/ha en fonction des densités d'élevage (respectivement de 4 à 24 poissons/m³). Les revenus nets provenant d'une telle gestion sont assez importants et peuvent varier en fonction de la densité de mise en charge, entre 1 664 000 et 31 675 000 Fcfa/ha (soit de 2 537 à 48 288 €). Par ailleurs, l'élevage en whedos n'étant possible que durant une courte période de l'année (de février à juin), la maximisation des capacités de production dans ces structures semble nécessaire pour assurer suffisamment de revenus aux pêcheurs du delta de l'Ouémé, qui passent généralement toute la période de crue (juillet à décembre) à ne pratiquer que la seule activité de pêche dans la plaine inondée. On pourrait donc espérer, à travers les revenus générés par l'élevage en whedo, une diminution de l'exode rural, ou toute autre forme de désespoir, au sein de ces communautés pour lesquelles les périodes de crues sont synonymes de ralentissement économique, vu la réglementation de plus en plus sévère des engins et techniques de pêche et la diminution des captures dans le milieu naturel.

Il ressort également des études nutritionnelles que le tourteau de soja est plus efficace que celui de coton dans l'alimentation des juvéniles des poissons-chats. Cependant, la présence de facteurs antinutritionnels, notamment l'acide phytique, qui n'est pas détruit par la chaleur, limite les niveaux d'utilisation de ces tourteaux dans les régimes, étant donné que, chez les juvéniles, des réductions significatives des teneurs corporelles en minéraux, notamment en phosphore, zinc et manganèse, ont été observées avec les régimes contenant jusqu'à 60% de ces tourteaux. Néanmoins, en ce qui concerne la croissance, la survie et l'utilisation des aliments, l'utilisation de ces tourteaux comme alternative à la farine de poisson importée s'est avérée très rentable.

Perspectives

Les principaux objectifs de cette étude ont été atteints. Cependant, des étapes pilotes de validation des résultats à des échelles plus grandes de production sont indispensables afin d'assurer une meilleure transposition des acquis au développement réel de la production piscicole dans les whedos. Vivement donc que les décideurs politiques et techniques des différents maillons du développement agricole puissent conjuguer leurs efforts pour l'aménagement des plaines de la vallée de l'Ouémé en de vastes systèmes agro-piscicoles intégrés. L'intégration de la pisciculture à la production végétale, notamment de légumes (piment, tomate, épinard, etc.) déjà produits dans la vallée de l'Ouémé, permettrait non seulement d'améliorer les rendements mais, surtout, de valoriser les déchets issus des différentes productions tout en maîtrisant les flux d'énergies dans le système.

Ibrahim Imorou Toko, Docteur en Sciences biologiques, Boursier doctorant de la CUD iimorou_toko@hotmail.com
Recherche doctorale menée par Ibrahim Imorou Toko dans le cadre d'une collaboration entre les FUNDP (Unité de Recherches en Biologie des Organismes – Prof. Patrick Kestemont) et l'Université Abomey-Calavi (Unité de Recherche sur les Zones humides – Dr Émile D. Fiogbé) et financée par une bourse de doctorat de la CUD (Actions-Nord).

Ibrahim Imourou Toko a défendu publiquement et avec succès sa thèse le 13 décembre 2007 aux FUNDP. Plusieurs articles ont déjà été publiés par lui dans de grandes revues internationales d'aquaculture. D'autres contributions sont en cours d'évaluation ou en voie d'être publiées.

Development Cooperation Prize

The Development Cooperation Prize is annual incentive prize - financed by the Belgian Development Cooperation (DGDC) and organized by the Royal Museum for Central Africa - for students and young researchers, from Belgium or developing countries, whatever their discipline. The prize is awarded to scientific works that contribute significantly to knowledge that can be applied to development in the South. Sustainable development is to be their principal aim and poverty alleviation a priority. The prizes are attributed to Bachelor's and Master's theses, postgraduate papers, Ph.D. theses, or publications in scientific journals.

In the course of the years of the prize existence, the fields represented among the participants has remained more or less stable: the majority of files represent the exact sciences - with a very large share originating from the agricultural and applied biological sciences, followed by the human sciences and biomedical and veterinary sciences.

The prize is granted to maximum 14 students and 6 researchers and consists of an award of 1,250 € for students and 2,500 € for young researchers. Since 1998 the awards have been handed over by the Minister for Development Cooperation during a ceremony in the Royal Museum for Central Africa. The laureates from abroad are invited to Belgium especially for this occasion. Many use their stay in Belgium to establish or renew contacts with the Belgian academia in their fields of interest.

One abstract regarding the accomplishment of laureate from Belgium awarded in 2007 are presented below.

“Evaluation of the interaction of bean genotypes, rhizobacteria and environmental factors in Cuba”

Lara Ramaekers

The study of Lara Ramaekers deals with the improvement of the production of the common bean (*Phaseolus vulgaris*), an edible legume commonly grown by many small farmers in Latin America and Africa, and a very rich, inexpensive source of protein. In traditional farming, where input is low, bean crops are small because of biotic and abiotic constraints, in spite of an original property: the plant's ability to fix atmospheric nitrogen thanks to its symbiosis with bacterial strains of the *Rhizobium* genus. Unfortunately, that symbiosis may be negatively affected by edaphic conditions, particularly low phosphorus concentrations, characteristic of many tropical soils.

The objective of the present research, conducted in collaboration with the International Center for Tropical Agriculture (CIAT, Colombia), the La Renée institute for soil, and the Center for Microbial and Plant Genetics (CMPG, KULeuven), is to improve nitrogen fixation by the bean under phosphorus-deficient conditions. This fixation may be affected by a number of factors such as bean variety, inoculation with strains of *Rhizobium*, or co-inoculation with *Rhizobium* and a rhizobacterium improving growth in the host plant (*Azospirillum brasilense*), and input of mineral nitrogen. These factors all interact, but optimization of treatments requires consideration of the environment and of farmers' limited resources. Trials were conducted in an experimental station and actual farms in two Cuban provinces. The results corroborate varietal differences in this legume's response to mineral nitrogen fertilization and microbial treatments. Findings show a potential for improving bean production by simultaneously inoculating seed with *Rhizobium* and *Azospirillum*, as well as the necessity of selecting genotypes that respond well to microbial inoculation. A survey of 95 local producers of this bean in three regions of the country shows, first, differences in producers' perception of microbial inoculation, and second, the importance of determining producers' varietal preferences, as well as their farming practices.

This study tends toward the objective of food security and the implementation of sustainable farming. The experimental method used is a harmonious combination of trials in an experimental station and on actual farms. This research deserves being pursued through trials in other parts of Cuba.

*Belgian, Bio-engineer in Cell and Gene Biotechnology, 2006. Master of Science in Tropical Agriculture, 2007. Katholieke Universiteit Leuven, Belgium.
lara.ramaekers@biw.kuleuven.be
(report: Prof. J.-P. Baudoin, Tropical Phytotechnology and Horticulture Unit, Faculté universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux, Belgium).

ORGANIZACIÓN

Naturaleza de la entidad responsable de la publicación y el asunto de la revista TROPICULTURA.

Agri-Overseas a.s.b.l. es una asociación creada con el objetivo de establecer relaciones profesionales de interés común entre todos aquellos quienes obran para el desarrollo rural en los países del Sur. Esta asociación publica la revista científica y de información "Tropicultura" dedicada a los problemas rurales en los países en desarrollo. Esta revista es publicada trimestralmente con el apoyo financiero de la Dirección General de la Cooperación al Desarrollo (DGCD), Servicio Público Federal de Asuntos exteriores, Comercio Exterior y Belgas Cooperación al Desarrollo, y aquel de la región de Bruselas-Capital; quienes reciben auspicio científico de la Academia Real de Ciencias de Ultra Mar (ARSOM).

Agri-Overseas a.s.b.l. se compone de miembros individuales y de miembros de las instituciones belgas siguientes: la Academia Real de Ciencias de Ultra Mar (ARSOM), la Comisión Universitaria para el Desarrollo del Consejo Interuniversitario de la Comunidad Francesa (CUD-CIUF), la instancia de la Cooperación Universitaria al Desarrollo del Consejo Interuniversitario de la Comunidad Flamenca (VLIR-UOS), las cuatro Facultades en Ciencias agronómicas de Bélgica (Gembloux, Gent, Leuven y Louvain- La- Neuve), las dos Facultades en Medicina veterinaria (Gent y Liège), el Departamento de Salud animal del Instituto de Medicina tropical de Embres (Antwerpen), la Sección *interfacultaria* de Agronomía de la Universidad Libre de Bruselas, las Facultades Universitarias de Nuestra Señora de la Paz (Namur), El Departamento de Ciencias y gestión del medio ambiente de la Universidad de Liège (Arlon), la Dirección General de la Cooperación al Desarrollo (DGCD).

Consejo de administración

El consejo de administración de Agri-Overseas se compone del Profesor Dr J. Verduyck, Presidente; del Profesor Dr Ir G. Mergeai, Administrador Delegado; del Dr E. Thys, Secretario; del Profesor Dr B. Losson, Tesorero; del Dr S. Geerts, miembro; del Profesor Honorario Dr Ir J. Hardouin, miembro.

Comité de redacción

El comité de redacción se compone del Profesor Dr Ir G. Mergeai, Redactor en jefe, y de los siguientes redactores delegados: el Profesor Dr J.-P. Dehoux de «la Producción pecuaria y la Gestión de la fauna», el Dr D. de Lame de «la Sociología», el Profesor Honorario Dr F. Malaisse de «Ciencias forestales y la Ecología», el Profesor Emérito Dr J.-C. Micha de «la Pesca y la Piscicultura», el Profesor Dr Ir E. Tollens de «Economía rural», el Profesor Dr Ir P. Van Damme de «Agronomía y la », el Profesor Dr E. Van Ranst de «Ciencia del suelo », el Profesor Dr J. Verduyck y Dr E. Thys para «la Salud animal» y Ir. F. Maes, colaborador científico. La secretaria trata directamente los otros temas en lo que posee competencia (economía, sociología,...).

Secretaría de redacción

11, Rue d'Egmont, B- 1000 Bruxelles – Bélgica
Teléfono: ++32.(0)2.540 88 60/ 61; Fax.: ++32.(0)2.540 88 59
Email: ghare.tropicultura@belgacom.net , mjdesmet.tropicultura@belgacom.net
Website: <http://www.bib.fsagx.ac.be/tropicultura/>

Distribución

La distribución de la revista TROPICULTURA es gratuita y puede ser obtenida con un simple pedido escrito, dirigido a la secretaria de redacción.

ALCANCE DE LA REVISTA

TROPICULTURA publica artículos originales, informes de investigación y síntesis, resúmenes de libros y tesis, así como informes de películas y soportes audiovisuales en lo que concierne a todas las áreas vinculadas al desarrollo rural: producciones vegetales y animales, ciencias veterinarias, ciencias forestales, ciencias del suelo y de la tierra, Ingeniería rural, ciencias del medio ambiente, bioindustrias, industria agro-alimentaria, sociología y economía.

INSTRUCCIÓN A LOS AUTORES

Los temas de los artículos publicados en la revista Tropicultura conciernen todo lo es vinculado al desarrollo rural y la gestión sostenible del medio ambiente de las regiones cálidas del planeta. Se dará la prioridad a los artículos que presentan asuntos originales, abarcando un ámbito lo más amplio posible, es decir cuyo contenido concierne sobre todo aspectos metodológicos transferibles en un conjunto amplio de medios ambientes y regiones del mundo.

De igual manera, se dará una atención particular en la fiabilidad de las informaciones publicadas, es decir, cuando se trata de resultados experimentales, en el número de repeticiones de los ensayos, en el tiempo y en el espacio, que son al origen de los datos obtenidos.

Los manuscritos serán inéditos y no habrán sido sometidos a una publicación anteriormente o simultáneamente. Se pueden redactar en uno de los cuatro idiomas siguientes: inglés, español, francés y holandés. Los manuscritos están dirigidos al redactor en jefe a través del servicio postal, en tres ejemplares, en forma de documento en papel o directamente a la dirección electrónica de la secretaria de redacción, en forma de archivos adjuntos. Se redactarán en cara simple, en doble espacio (27 líneas de 60 caracteres por página en formato DIN A4), con un margen de 3,5 cm mínimo alrededor de la superficie imprimada. Ellos contendrán un máximo de diez páginas de texto (excluyendo la primera página, los resúmenes y las referencias bibliográficas).

La primera página llevará: el título, el título abreviado (máximo 55 caracteres), los apellidos y nombres completos de los autores, la dirección profesional completa de cada uno, los agradecimientos eventuales. El apellido del autor corresponsal será marcado mediante un "*" y su dirección completada por sus números de teléfono y telecopia y de su dirección electrónica.

Las páginas siguiendo la primera página presentarán: (i) los resúmenes (max 200 palabras) en el idioma del manuscrito y en inglés, precedidos del título traducido y seguidos de un máximo de seis palabras claves dentro de cada uno de los dos idiomas; (ii) el texto principal; (iii) la bibliografía; (iv) se admitirán solamente tres cuadros numerados por medio de cifras árabes; (v) las ilustraciones identificadas sin ambigüedad por un número al verso; (vi) las leyendas de los cuadros y las ilustraciones. Todas las páginas serán numeradas en continuo. Se aceptarán tres figuras, dibujadas de manera profesional. Las fotografías serán proporcionadas no montadas, bien contrastadas sobre papel brillante.

Solamente los coautores, quienes habrán manifestado por escrito su acuerdo para que su nombre figura en un manuscrito, aparecerán en la versión final del artículo publicado en Tropicultura. Los acuerdos escritos de los coautores concerniendo este punto podrán ser transmitidos al Comité de redacción en forma de correo postal o electrónico. La aprobación del organismo de tutela de los autores es supuestamente adquirida para todo artículo que se publica en Tropicultura. Agri-Overseas declina toda responsabilidad en esa materia.

El primer depósito de un artículo a la redacción podrá hacerse en forma impresa o en forma electrónica. En la medida de lo posible, después de la aceptación del artículo para publicación, el autor dará su última versión, revisada y corregida, sobre un disquete (o en forma de archivo adjunto). El software Word es recomendado pero una versión ASCII o RTF de los archivos es aceptada.

El texto estará generalmente dividido en introducción, material y método, resultados, discusión, conclusiones. La subdivisión del texto no sobrepasará de dos niveles. Los subtítulos, muy concisos serán conformados en minúsculas y jamás no serán subrayados.

Las referencias estarán citadas dentro del texto por medio de números ubicados entre paréntesis. En caso de citación de varias referencias, sus números se sucederán por orden ascendente.

Las referencias bibliográficas serán clasificadas por orden alfabético de apellidos de autores y por orden cronológico para un autor dado. Ellas estarán numeradas en continuo, comenzando por la cifra 1.

Para los artículos de revistas, las referencias comprenderán: los apellidos de los autores seguidos de las iniciales de los nombres, el año de publicación, el título completo del artículo en el idioma de origen, el nombre de la revista, el número del volumen subrayado, los números de la primera y de la última página separadas por un guión.

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

Para las monografías, los elementos siguientes son esenciales: los apellidos de los autores seguidos de las iniciales de los nombres, el año de publicación, el título completo de la obra, el apellido del editor, el lugar de edición, la primera y la última página del capítulo citado, el número total de páginas de la obra. Los informes de conferencias se tratan como monografías, además, ellos mencionarán si es posible el lugar, la fecha de la reunión y el (los) editor(es) científico(s).

Ejemplo: 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.

Una comunicación personal será mencionada en el texto por las iniciales del nombre, seguidas del apellido, comunicación personal y el año. Ejemplo (W.R. Allan, comunicación personal, 1988). Esta referencia no se volverá a tomar dentro de las referencias bibliográficas.

Las referencias anónimas serán mencionadas numéricamente en el texto y en las referencias bibliográficas. Anónimo (año). Título. Fuente (donde las informaciones pueden ser encontradas.)

El comité de redacción se reserva el derecho de rechazar todo artículo no conforme a las prescripciones mencionadas en la parte superior.

Los artículos están sometidos a uno o a varios lectores escogidos por la redacción y esos lectores se mantendrán anónimos por los autores.

En caso de aceptación del artículo, la redacción exigirá un compromiso de los diferentes autores a ceder sus derechos de publicación a TROPICULTURA.

TROPICULTURA

2009 Vol. 27 N° 4

Four issues a year (October, November, December)

CONTENTS

ORIGINAL ARTICLES

- Technology Adoption and Productivity Difference among Growers of New Rice for Africa in Savanna Zone of Nigeria (*in English*)
S.A. Tiamiyu, J.O. Akintola & M.A.Y. Rahji 193
- Use of Aquatic Plants, mainly as Soil Amendment, in the Thua Thien Hue Province, Central Vietnam. 2. Field Practices, Survey among Farmers, and Possible Impact on the Tam Giang Lagoon Ecology (*in French*)
P.-Y. Ancion, Hoang Thi Thai Hoa, Ton That P., Pham Khanh T., Chiang C.N. & J.E. Dufey 198
- Costal Upwelling Impact on the Abundance and Sizes of Blue Marlins (*Makaira nigricans*, Lacepède, 1802) Captures by Artisans Fishers in the Offing of Ivory Coast (*in French*)
Y. Soro, K. N'Da & K.D. Koffi 205
- Resource Use Efficiency among Urban Vegetable Farmers in Akwa Ibom State, Nigeria (*in English*)
U.E. Okon & A.A. Enete..... 211
- Analysis through Cost Frontier Function of Technical Efficiency for Cereals Processing Units (*in French*)
R.M.-P. Medjigbodo 218
- Use of Correlation Relationships to Enhance Understanding of Pedogenic Processes and Use Potential of Vertisols and Vertic Inceptisols of the Bale Mountain Area of Ethiopia (*in English*)
B.P.K. Yerima, E. Van Ranst & A. Verdoodt 223
- Effect of Seed Treatments on the Germination of Iron Tree *Prosopis africana* (Guill., Perrot. et Rich.) Taub. (*in French*)
L.E. Ahoton, J.B. Adjakpa, M'po Ifonti M'po & E.L. Akpo 233
- Physicochemical of Rains in Southern Forest Cameroon (*in French*)
Yvette Clarisse Mfopou Mewouo, J.R. Ndam Ngoupayou, M. Yemefack & V. Agoumé 239
- The Agricultural and World Food Situation: Causes, Consequences, Perspectives (*in French*)
M. Mazoyer 246
- DGDC 'S ACTIVITIES 253

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

