

TROPICULTURA

2009 Vol. 27 N°2

Trimestriel (avril- mai- juin)

Driemaandelijks (april- mei- juni)

Se publica po año (abril- mayor- junio)



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

Editeur responsable/Verantwoordelijke uitgever: J. Vercruysse
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

Land Holding Rights of Fulani Pastoralists and its Effect on their Agropastoral Production System in Ogun State, Nigeria Droits des nomades Fulani d'affermir la terre et l'effet de ces droits sur le système de production agropastorale dans l'état d'Ogun au Nigeria Rechten van Fulani herders om zelf het land te beheren en het effect hiervan op het agropastoraal productiesysteem in de Ogun Staat, Nigeria Derechos de los nómadas Fulani de afirmar la tierra y el efecto de estos derechos sobre el sistema de producción agropecuaria en el Estado de Ogun en Nigeria C.I. Sodiya, M.O. Adedire & O.A. Lawal-Abebowale	65
Analyse des contraintes au développement de la production porcine au Cameroun Analyse van de remfactoren voor de ontwikkeling van de varkensproductie in Kameroen Análisis de las coacciones al desarrollo de la producción porcina en Camerún G. Ndébi, J. Kamajou & J. Ongla	70
Pollution of a Tropical Lagoon by the Determination of Organochlorine Coumpounds Pollution chimique d'une lagune tropicale par des composés organochlorés Chemische bezoedeling van een tropische lagune door organochlorine verbindingen Contaminación química de una laguna tropical por compuestos organoclorados S. Ouffoue Koffi, A. Ahibo Coffy, J.P. Villeneuve, D.E. Sess & Y.T. N'Guessan	77
Les glomales indigènes de la forêt claire à <i>Isobertinia doka</i> (Craib et Stapf) à Wari-Marou au centre du Bénin Inheemse glomales van een <i>Isobertinia doka</i> (Craib en Stapf) bos in Wari-Marou, Centraal Benin Los glomales indígenas de la formación boscosa de <i>Isobertinia doka</i> (Craib y Stapf) en Wari-Marou en el centro de Benin P. Hounnandan, R.G.H. Yemadje, A. Kane, P. Boeckx & O. Van Cleemput	83
Evaluation of Iron Toxicity on Lowland Irrigated Rice in West Africa Evaluation de la toxicité ferreuse en Afrique de l'Ouest Evaluatie van de toxiciteit van ijzer op in laagland geïrrigeerde rijst in West-Afrika Evaluación de la toxicidad ferrosa en la África del Oeste M. Chérif, A. Audebert, M. Fofana & M. Zouzou	88
Etude de l'oasis traditionnelle Ghenini Gabès dans le Sud-Est de la Tunisie Studie van de traditionele oase Chenini Gabès in het zuidoosten van Tunesië Estudio del oasis tradicional Ghenini Gabès en el sureste de la República de Túnez Karima Kouki & H. Bouhaouach	93
Systèmes maraîchers en milieux urbain et périurbain des zones Soudano-sahélienne et Soudano-guinéenne du Cameroun: cas de Garoua et Ngaoundéré Tuinbouw productiesystemen in de soudano-sahel en soudano-guinese agro-ecologische zones van Kameroen: het geval van Garoua en van Ngaoundéré Sistemas hortelanos en medios urbano y periurbano de las zonas Sudanesa-saheliana y Sudanesa-guineana de Camerún: casos de Garoua y Ngaoundéré I. Nchoutnji, E.J. Fofiri Nzossie, J.-P. Olin Bassala, L. Temple & A. Kameni	98
Influence des phosphates naturels sur la qualité et la biodégradation d'un compost de pailles de maïs Invloed van inheems fosfaat op de kwaliteit en de biologische afbraak van maïsstro compost Influencia de los fosfatos naturales en la calidad y la biodegradación de un compost de pajas de maíz F. Lompo, Z. Segda, Z. Gnankambary & N. Ouandaogo	105
Etude du lien entre prix agricole à la production et prix de consommation dans l'ex province de Butare/Rwanda Studie van de relatie tussen de landbouwproductie prijs en de consumptieprijs in de gewezen provincie van Butare, Rwanda Estudio de la relación entre precio agrícola al productor y precio al consumidor en la ex-provincia de Butare/Rwanda F. Niyitanga	110
Protection des cultures à l'aide de la haie morte et de la haie vive dans la région de Ségou, au Mali Bescherming van bebouwingen met behulp van dode en levende omheiningen in het gebied van Segou, in Mali Protección de los cultivos con barrera muerta y barrera viva en la región de Ségou, Mali Virginie Levasseur, A. Olivier & A. Niang	115
Amélioration de la croissance végétative et de la constitution des réserves en amidon des pêcheurs par les traitements avec la cyanamide d'hydrogène Verbetering van de vegetatieve groei en van de opbouw van zetmeelreserves bij perzikbomen na behandeling met waterstofcyanamide Mejoramiento del crecimiento vegetativo y de la constitución de reservas en almidón de los melocotoneros por tratamientos con cianamida de hidrógeno Soumaya Dbara & M. Ben Mimoun	119
DANS LES UNIVERSITES.../UIT DE UNIVERSITEITEN.../EN LAS UNIVERSIDADES	
Serological Markers for Improved Diagnosis of Porcine Cysticercosis L'utilisation de marqueurs sérologiques pour l'amélioration du diagnostic de la cysticercose porcine Serologische markers voor een verbeterde diagnose van varkenscysticercosea El uso de marcadores serológicos para el mejoramiento del diagnóstico de la cisticercosis porcina Nynke Deckers	123
LES ACTIONS DE LA DGCD/DE ACTIVITEITEN VAN DE DGIS/LAS ACTIVIDADES DE LA DGCD	125

ARTICLES ORIGINAUX

OORSPRONKELIJKE ARTIKELS

ORIGINAL ARTICLES

ARTICULOS ORIGINALES

Land Holding Rights of Fulani Pastoralists and its Effect on their Agropastoral Production System in Ogun State, Nigeria

C.I. Sodiya^{*1}, M.O. Adedire ² & O.A. Lawal-Adebowale¹

Keywords: Land- Land holding rights- Fulani pastoralists- Agropastoral production system- Area of settlement- Nigeria

Summary

The study focuses on land holding rights of the Fulani pastoralists and its effect on their agropastoral production system. It was discovered that among the land holding rights options available for land users in Yoruba communities where the Fulanis are settled, leasehold right was the viable option for the pastoralists. The implications of this is that the Fulani pastoralists cannot use the allotted lands for viable social and economic activities such as building of modern houses, establishment of small cottage industry and cultivation of permanent or cash crops such as Oil palm, Cacao, Kola etc since they are holding the land in their custody on a temporary basis. Therefore, their economic activities were limited to production of arable crops. From the average land size of about 5 ha available to majority of the pastoralist, between 0.5 and 1 ha are used for building livestock sheds, residential housing units and storage silos. Land size of about 1ha or more are cultivated for crop production and grazing pad. The situation of the pastoralists calls for government intervention in order to ensure that they have access to secured land rights. This is essential as it will make it possible for the pastoralists to become empowered to use allotted land for viable economic activities that would enhance their living status and meaningfully impact on the economy and development of their areas of settlement.

Résumé

Droits des nomades Fulani d'affermir la terre et l'effet de ces droits sur le système de production agropastorale dans l'état d'Ogun au Nigeria

L'étude porte sur le droit des Fulani nomades d'affermir la terre. Parmi les options de droit d'affermissement de terrain disponible aux usagers de terrain dans les communautés Yoruba où les Fulani sont installés, le droit de location était la seule viable pour les nomades. Ceci implique que les Fulani nomades ne peuvent pas se servir des terrains qui leur sont alloués pour des activités sociales et économiques viables telles que la construction de bâtiments modernes, l'établissement de petites entreprises, la culture de produits commerciaux tels que le palmier, le cacao, la kola, etc., puisque l'occupation de ces terrains est temporaire. Donc, les activités économiques de ces nomades ne se limitent qu'aux récoltes. D'une superficie moyenne de 5 ha de terre disponible pour la majorité des nomades, dont 0,5 à 1 ha est utilisée par des étables, des résidences ou des silos de stockage. Ils utilisent une superficie d'environ 1 ha ou plus de terre pour l'agriculture et le pâturage. La situation des nomades nécessiterait l'intervention du gouvernement afin de leur assurer un accès à des droits fonciers garantis et sûrs. Ceci est d'autant plus essentiel qu'il permettra aux nomades d'utiliser les terrains qui leur sont alloués pour des activités économiques viables qui amélioreraient leur condition de vie et qui auraient des effets remarquables sur l'économie et le développement de leurs communautés hôtes.

Introduction

Land is one of the natural resources which has witnessed, and has continued to witness ever increasing in demand for various uses. It is always in high demand for activities such as farming, location of industries, construction of residential quarters etc. This is borne out of the fact that land, as a single natural resource has the potential for providing several goods and services. Its productive use, according to Kirk (7), would however depends on the complementary resources such as water, soil quality, natural vegetation, and other embedded soil minerals or resources.

Although land is commonly referred to as "free gift of nature", it is never freely available as every land space is under the control of one or groups of persons known as feudal lords or land owners. The feudal lords, who by virtue of being the first set of people or descendants of the first set of people to settle on the land in their control, determine the extent and purpose for which the land can be used by any other intending users who are not members of the community descendants or indigene.

In addition to feudal lords control of land in a given area is the constituted authority or central Government of a state or nation. For instance, the Nigeria Government under the land-use decree of 1978 laid claim to all lands in the country thereby giving the Government the prerogative right to acquire, allocate and designate appropriate use of the land for the overall national development (15). In view of this, the need for land use can thus be sort from the Government at the federal, state and local levels across the country by the intending users.

The Fulani pastoralists who were traditionally known for moving from one place to another with their herds of cattle are beginning to settle down permanently, particularly outside their original place of abode in the semi-arid (northern) part of Nigeria. This development is as a result of a number of factors such as the long period of drought in the semi-arid and arid zones, the expansion of cultivated land in the sub-humid zones, and the loss of cattle routes as a result of increased land development (4, 5, 6, 11). The increase in the

¹Department of Agricultural Extension and Rural Development, University of Agriculture, P. M. B. 2240, Abeokuta, Nigeria. *sinaronke@yahoo.co.uk, Phone number: 234-8035702655

²Department of Forestry and Wild life Management, University of Agriculture, P. M. B. 2240, Abeokuta, Nigeria.

Received on 03.08.07 and accepted for publication on 29.07.08.

trend of settlement in the humid and subhumid agroecological zones of Nigeria has now further been enhanced by a less incidence of tsetse fly (*Glossina* sp) - a vector of the deadly cattle disease known as trypanosomiasis, due to the depopulation of wildlife harbouring trypanosomes, the successful tse-tse fly eradication programmes by the federal government of Nigeria, seasonal bush burning, deforestation and the abundantly available pasture for cattle for at least eight months of the year in the humid ecological zone of the country. Other possible explanation for the growing sedentary pastoral households in this area has been purely from an economic point of view and suggested that the Fulanis are only responding to changes in their economic environment. For instance, the pattern and location of the settlements of the Fulani pastoralists in this area has been in the peri-urban areas, in order to gain access to a regular market for their products, mainly, milk, cheese and meat (5, 12).

The settled life style of the Fulani pastoralists thus made it possible for them to be involved in other economic activities which they could not have possibly taken up while in migration. Such economic activities as crop and small ruminant livestock production, marketing of farm and livestock products, farm labour work etc serve to improve the economic condition and standard of living of the Fulani households (1, 9). However, the tenure ship of the land rights granted the Fulani pastoralists by their host communities would go a long way to determine whether or not the Fulani pastoralists will be able to sustain and improve their economic conditions and standard of living. Where the Fulani pastoralists have good control of the secured land in terms of outright gift, purchase or long years of use, they may be able to take up social and economic activities such as extensive crop cultivation, establishment of small scale crop and livestock products processing units, and construction of housing units, which would impact meaningfully on their standard of living. But where such kind of control is not possible, the Fulani pastoralists may not be able to improve and or to sustain their economic and living conditions. In the light of this, this study examined the kind of land holding rights of the Fulani pastoralists in their area of settlement and the effect of this on their pastoral production system. To achieve this, the following objectives were addressed.

1. Describe the demographic characteristics of the Fulani pastoralists in Ogun state;
2. Identify the type of land holding rights secured or granted by the Fulani pastoralists;
3. Identify the economic activities and production system of the Fulani pastoralists;
4. Examine land use pattern of the Fulani pastoralists.

Materials and methods

Study area: The study was conducted in Ogun State, Nigeria (Figure 1). The State, which has land area of about 16,726 square kilometers, largely falls within the rainforest zone and partly within the Southern Guinea Savanna zones of the country's agroecological belt. The agroclimatic conditions of the State is characterised by bimodal rainfall pattern, thereby making it possible for farmers to cultivate arable crops such as maize, rice, vegetables and spices at least twice a year.

The vegetation cover of the State which ranges from freshwater swamp within the mangrove forest in the southeast through the diverse forest communities to the woody Guinea savanna in the northwest, also make the state's environment conducive for livestock production, among which are cattle, sheep, goat, pig, poultry and other smaller farm animals. While the indigenous farmers mainly

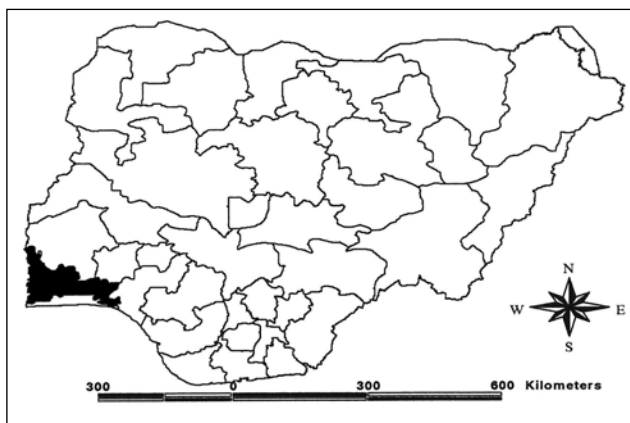


Figure 1: Map of Nigeria showing the position of Ogun State.

raised small farm animals alongside their cropping activities, the Fulanis are the main keepers and herders of cattle in the State. For political and administrative convenience, the state is structured into 20 Local Government Areas (LGAs) and four administrative zones (10). Out of these, the Fulani pastoralists are well settled in 5 of the LGAs, namely Abeokuta North, Odeda, Imeko-Afon, Yewa North and Ewekoro LGAs.

Sampling procedure and data collection: The population for the study consists of all the Fulani pastoralists who have permanently settled down in Ogun State. A sample frame consisting of the complete list of all agropastoral households presently settled in Ogun State was obtained from the survey conducted by Sodiya (14). The sample frame consists of about 679 of such agropastoralist households residing in 28 settlements across 5 Local Government Areas in the State. These are Imeko-Afon, Yewa North, Ewekoro, Odeda and Abeokuta North. The pastoralists normally live together; hence in each of these local government areas, the pastoral communities were interviewed. According to Mohammed (8), the production unit within the pastoral production system is the household, called Kraal or the *Ruga*. Primarily the family members undertake livestock and crop production activities and other off-farm and non-farm activities of the *Ruga*. Based on these and on the basis of the population frame, 60 percent of the population of the households from each Local Government area were randomly selected so as to give a wider coverage of the pastoral households in the state and that; a generalization about the result of the research could also be easily made. Based on the calculation, 60 percent of the agropastoral households selected gave rise to 407 agropastoral households randomly selected and included in the survey.

The primary data were collected directly from the respondents using structured interview guide, which had initially been validated using the test re-test method to elicit and record their responses. The structured interview guide was divided into four sections. The first section is on socioeconomic characteristics of the Fulani pastoralists and the second section is on the identification of land holding rights options available to the Fulani pastoralists. The third section attempted to determine the land use pattern of the Fulani pastoralists, while the last section identified the economic activities and production system undertaken by the Fulani pastoralists.

The unit of analysis is the household represented by the household head (father) and in some cases, women groups and herd boys were interviewed where necessary. The interview schedule was carried out by embarking on formal and informal visits to the households of settled pastoralists. Direct observation of the agropastoralists activities was

also employed as part of the data collection exercise. Other relevant information on land holding rights and agropastoral production system of Fulani pastoralists were obtained from secondary data sourced from past research and project reports in pastoral studies, monthly and annual reports of the Ogun State Agricultural Development Programme (OGADEP). This information was used to guide the focus of discussion of this study.

Data analysis: The data obtained was subjected to descriptive analysis such as frequency counts, and percentages with a view to establishing the summary results and make inferences that led to logical conclusion and policy recommendations for enhanced production performance and sustainable livelihood of the Fulani pastoralist households, not only in Ogun State, but across the humid regions of the tropics.

Results and discussion

Socioeconomic characteristics of the respondents

Based on the outcome of the data analysis, it was discovered that majority of the respondents fall within the age range of 41 and 50 years, with a mean age of 47.7 ± 0.5 years. This suggests that most of the pastoralists are still energetic with vigour to take up both economic and social activities that could enhance the livelihood status of their households. Most of the pastoralists, constituting about 74.5 percent, are married with an average household size of 8.1 members. The pastoralists keep such a large number of household sizes because they rely mainly on family labour for both crop and livestock production activities (2). About 32.4 percent of the pastoralists have been residing in different parts of Ogun State for upward of 11 – 15 years. However, the settlement has not really impacted on the educational status of the pastoralists as most of them do not have any form of education.

Land holding rights of the Fulani pastoralists

Table 1 shows the range of land size and land holding rights options available to the Fulani pastoralists in their settled environment. The available land size to the pastoralists varies between less than 5 and about 10 ha.

The available land size to each of the pastoralists depends on limited size of land expanse, number of people seeking for land within the same area and the cost at which lands are given per hectare in their settled environment. Although, more than 50 percent of them have access to land size of not more than 5 hectares for their various social and economic activities, all of them secured their land right on lease from member of their host communities on leasehold. This implies that they have a temporary holding of the lands allocated them and as such cannot lay claims of ownership

of the land. They can neither erect permanent structures such as brick houses nor cultivate permanent/tree crops on the lands, except if they do not mind losing greatly when the land is reclaimed from them by the indigenous Yoruba communities hosting them. To further establish that the pastoralists are tenants on the lands, they are made to pay certain amount of money, usually between 1 and 5 Euros per annum (depending on the size of the land), or certain amount of their farm produce as royalty to their hosts. This arrangement though, enables the pastoralists to operate under a relatively secured arrangement with no indications of tension between them and the indigenous Yoruba host communities. However, the arrangement poses a threat to an improved standard of living of the pastoralists because they cannot use the land to erect modern housing units, especially when they have the means to do so. Likewise, they cannot cultivate permanent crops such as cacao, kola, oil palm etc, or establish small cottage industry- such as crop and or livestock product processing unit which if allowed, would serve as additional sources of income for them and a basis for their economic empowerment. This observation is in line with previous studies, which indicates that insecure land for long term activities is one of the major threats to the survival of the evolving pastoral economy in southwest Nigeria (11). Other land holding rights options such as outright purchase, tenancy at government will and land right from land redistribution were not open to the Fulani pastoralist basically because their host communities did consider it inappropriate to sell their lands. Unwillingness of the community to dispose their land could be due to the traditional belief that community land is a sacred entity or commodity that must be protected and or sustained for future generation yet unborn. Similarly, the Fulani pastoralists could not obtain land from the state and or local government areas where they are settled because of legal, social and institutional factors that create barriers for them as non indigenes of their areas of settlements.

Land use pattern of the Fulani pastoralists

Owing to the limited available land space to the pastoralists in their areas of settlement, they apportion the land for various uses crucial to their livelihood. Proportionate use of the land, as shown in table 2 includes farming, land fallow/grazing, construction of livestock shed, residential housing units and silos. Between 45.3 and 16.6 percent of the respondents subjected land size of about 1 hectare or less to construct residential housing units, erection of local silos, which are used for storage of dried or processed crops, and livestock sheds where cattle are tied down at nights, after allowing them to graze during the day. This observation implies that minimal land space is enough for construction of housing units for accommodation of the pastoralists' household members (13).

Table 1
Land holding rights of the Fulani pastoralists (N=407)

Variables	Frequency	Percentage	Mean/mode
Land size (hectares)			
≤ 5	163	53.1	5 ± 0.9 ha
> 5 – 7	216	40.1	
> 7 – 9	25	6.1	
> 9	3	0.7	
Land holding right			
Leasehold	407	100	Lease holding right
Land tenure by rent	-	-	
Purchased/title hold	-	-	
Land tenure by gift/pledge	-	-	
Tenancy at will of govt	-	-	

Table 2
Land use pattern of the Fulani pastoralists

Variables	Farming	Livestock shed	Housing unit	Land fallow/ grazing	Erection of local silos	*Frequency	◆Percentage
Land use pattern							
≤ 0.5 ha							
0.6 – 1.0 ha	-	268	364	-	215	847	45.3
1.1 – 1.5 ha	-	76	43	-	192	311	16.6
1.6 – 2.0 ha	116	63	-	44	-	223	11.9
2.1 – 2.5 ha	96	-	-	51	-	147	7.7
2.6 – 3.0 ha	57	-	-	90	-	147	7.9
≥ 3.1 ha	65	-	-	53	-	118	6.3
	78	-	-	-	-	78	4.2

* Multiple responses

◆Percentage is based on the summation of the responses.

Similarly, it was however observed that the pastoralists use the largest proportion of their lands for crop cultivation and for land fallow, as the need may be. While about 11.9 and 7.9 percent of the respondents allotted land size between 1 and 2 ha for either crop cultivation or land fallow, about 7.7 to 6.3 percent use land size between 2.1 and 3 ha for the same purpose. About 4.2 percent of the respondents use land size of more than 3 ha for farm related activities. The allotted large land size to crop cultivation may have been borne out of the need for increased crop cultivation. Among the commonly cultivated crops are maize, guinea corn, cassava, yam, vegetable and spices. Larger proportion of the cultivated crops is however consumed at the household level. The need to ensure sustainable use of land could have informed the need for subjecting a considerable size of the land to bush fallow. By this practice, farm land that have been intensively cultivated for considerable number of years are allowed to be overgrown by vegetation with a view to allowing the farmland replenish its fertility naturally. Such farmlands are usually allowed to fallow for a minimum of 7 years before it is re-cultivated for crop production.

Economic activities and production system of the Fulani pastoralists

Although, the pastoralists are traditionally known for livestock herding, their sedentarised lifestyle has made

it possible for them to be ingrained in other economic activities such as crop production, merchandising, and farm labourer alongside their livestock herding activities. Obviously all the pastoralists are into production of livestock; about 96.3 percent of them cultivate the soil for crop production. The crops, which are mainly arable crops, like maize, cassava, sorghum, millet, soybean and yam are cultivated for consumption purposes at the household and in some cases, may be sold especially when they have excesses. Other economic activities of the Fulani pastoralists include farm paid labourer as indicated by 45 percent of them. They take up farm work such as land clearing, soil cultivation, weeding and harvesting on other farmers' farm for paid wages. This was done as means of additional income with which they can meet other non-farm needs. Merchandising is also noted among the pastoralists, particularly among the women, in which they sell milk and milk products, especially cheese. They are also engaged in the sales of farm products such as sorghum, millet, yam and so on (3, 14).

The arable crops, cultivated by the pastoralists, as indicated by 81.3 and 52.3 percent of them (Table 3) are usually cultivated in mixed form (mixed cropping) - such as maize/cassava; sorghum/cassava; maize/yam; sorghum/yam etc. However, sorghum, which is the most common crop among the pastoralists, is sometimes cultivated solely. It is mostly consumed by the Fulanis as a staple food. The

Table 3
Economic and production system of the Fulani pastoralists (N= 407)

Variables	Frequency	Percentage	Mean/mode
Economic activities	407	100.0	
Livestock production	392	96.3	Livestock production
Crop production	137	33.7	
Merchandising	183	45.0	
Farm labourer			
Crop production			
Arable crops	331	81.3	Arable crops
Biennial crops	213	52.3	
Permanent crops	-	-	
Cultivated crops			
Maize/cassava	156	38.3	Sorghum/cassava
Sorghum/cassava	197	48.4	
Maize/yam	91	22.4	
Sorghum/Yam	109	26.8	
Livestock raised			
Cattle	407	100.0	Cattle
Sheep	315	77.4	
Goat	168	41.3	
Poultry	73	17.9	

crop stem also serve useful purposes such as stakes for yam, for fencing or demarcation of their land areas, and for making seats and beds.

Cultivation of both arable crops, with little or no attempt at permanent crop cultivation, could have resulted from the type of land holding rights taken up by the Fulani pastoralists. The leasehold right implies that they are not owners of the land in their custody and thus, they could only use the lands for "temporary activities". This probably accounted for the reasons why their residential houses are constructed with mud, which does not cost as much as brick houses would have cost.

In addition to cattle production by the Fulani pastoralists, they also raise other smaller stocks such as sheep, goats, chicken, guinea fowl and ducks. While all the respondents raised cattle as major livestock, about 77.4, 41.3, and 17.9 percents of them raised other livestock such as sheep, goats and poultry respectively.

Among the livestock raised by the pastoralists, cattle served as the main source of income and cash reserves for the pastoralists and as such it is considered as the most valuable livestock among all other stocks. Poultry production on the other hand mainly serves consumption purposes. Sheep and goats however serve the dual purpose of income and consumption purposes for the pastoralists' household. Integrated crop-livestock production among the pastoralists thus helps them to have access to their household food needs as and when needed.

Conclusion and recommendations

The study into the land holding rights of the Fulani pastoralists across their settlement base in Ogun State, Nigeria shows that leasehold right is the viable option of land holding rights available to the pastoralists. This implies that the pastoralists could not develop the livelihood status to the point of building modern housing unit for accommodation or intensify crop enterprise production, which would have been possible if they have title holding of the lands in their custody. With this scenario, this study recommends that, government at the centre would have to come to the aid of the pastoralists with a view to making it possible for them to have land title holding for their social and economic activities. This can be achieved if the Government could embark upon land reform policies that would ameliorate the problems associated with land use by both pastoral and agricultural or host communities.

Secondly, Government should establish and develop more grazing reserves as a means of providing easy access to land for the pastoralists. Further more, the Government should promulgate decrees on the existence of such grazing reserves, thereby, declaring encroachment upon them by farmers or dwellers a recognizable offence; punishable by law. This action will not only ensure land security to the pastoralists, but would also serve as catalyst to pastoral development, facilitate development of economic and social activities of the communities involved and enhance the livelihood status of the inhabitants.

Literature

1. Aboki Y., 2003, Land use policies and legislative development in Nigeria. In: Gefu J. O. (ed) Land tenure systems in Nigeria: Evolving effective land use policy for poverty alleviation, 17-32.
2. Adedipe N.O. Tayo T. O. Fabiyi L.O. & Daramola M. A., 1995, Agricultural research strategy plan for Nigeria: resources in the South Western Zone, Abuja, Nigeria: National Agricultural Research project (NARP).
3. Ashimolowo R.O. Lawal-Adebowale O.A. Sodiya C.I. & Osamiluyi O. B., 2006, Sedentarisation and livelihood: the case of Fulani women in Abeokuta North, Ogun State, Nigeria. *Journal of Social Development in Africa*, 21, 2, 103 - 118.
4. Fricke W., 1979, Cattle Husbandry in Nigeria: A study of its ecological conditions & social-geographical differentiations. *Heideldenger Geographischen Arbeiten*, Hert 52, Geographischen Institute de Universitaet Heidelbes, West Germany.
5. Jabbar M.A., 1994, Evolving crop-livestock farming systems in the humid zone of West Africa. *Journal for Farming Systems Research and Extension*, 4,3, 47 -60.
6. Jahnke H.E., 1982, Livestock Production Systems and Livestock Development in Tropical Africa. *Kieler Wissenschaftsverlag Vauk*, Kiel, Germany. 273 p.
7. Kirk M., 2000, The context for livestock and crop-livestock development in Africa: The evolving role of the state in influencing property rights over grazing resources in sub-Sahara Africa, 23-54.
8. Mohammed T.A., 1990, Peri-urban cattle agropastoralism in the derived Savannah of Oyo State, South West Nigeria. Unpublished document. International Livestock Centre for Africa (ILCA). Humid Zone Programme, 54 p.
9. Nagido T., 2004, Reforming land rights in Africa. 2020, Africa conference brief 15. International Food Policy Research Institute. 6 pp.
10. Ogun State Agricultural Development Programme (OGADEP), 2004, Annual Reports – 2004, OGADEP. Abeokuta, Ogun State, Nigeria.
11. Omotayo A.M., 1999, The evolving sedentary lifestyle among nomadic pastoralists in the humid zone of Nigeria: implications for land-use policy. *International Journal of Sustainable Development and World Ecology*, 6, 220-228.
12. Omotayo A.M., 2002, A Land use system and the challenge of sustainable agro-pastoral production in southwestern Nigeria. *International Journal of Sustainable Development and World Ecology*, 9, 369-382.
13. Omotayo A.M., 2003, Ecological implications of fulbe pastoralism in southwestern Nigeria. *Land degradation and development*, 14, 445-457
14. Sodiya C.I., 2005, Assessment of agricultural extension service availability and needs in agropastoral production system in Ogun State, Nigeria. PhD Thesis, University of Agriculture, Abeokuta. 210 pp.
15. Sodiya C.I. Ashimolowo R.O. Lawal-Adebowale O.A. & Adamu C.O., 2006, Analysis of the roles and selected activities of Fulani women among sedentarised pastoral households in Ogun State, Nigeria. *Ogun Journal of Agricultural Sciences*, 4, 49 - 60.
16. University of Agriculture, Abeokuta (UNAAB), 1992, Draft report of the design and formulation of project document for the Joga-Orile National Land Development Authority (NALDA) project in Ogun State. University of Agriculture, Abeokuta (UNAAB). 143 pp.

C.I. Sodiya, Nigerian, PhD in Agricultural Extension and Rural Development with bias interest in agropastoral production and livelihoods.

M.O. Adedire, Nigerian, Associate Professor of Agroforestry with bias interest in farming systems and improvement of livelihoods of farming households.

O.A. Lawal-Adebowale, Nigerian, Masters degree in Agricultural Extension with special interest in extension issues and development communication.

Analyse des contraintes au développement de la production porcine au Cameroun

G. Ndébi¹, J. Kamajou² & J. Ongla²

Keywords: Technical knowledge- Herd management- Production performances- Constraints- Development- Cameroon

Résumé

Une évaluation des caractéristiques socio-économiques et techniques de 645 élevages porcins provenant des provinces septentrionales, des Hauts Plateaux de l'Ouest et de la Forêt Humide, principales zones de production porcine au Cameroun, réalisée entre mars et septembre 2005, a permis de déceler les principales entraves au développement de la production de cette espèce animale. Au regard des conditions indispensables au succès d'un élevage, l'étude a identifié le manque de connaissances techniques, d'une base alimentaire solide et d'objectifs de gestion des éleveurs, à quoi il faut ajouter l'absence des structures d'encadrement et de commercialisation appropriées, comme les contraintes majeures au développement de l'élevage porcin au Cameroun. Toutefois, les problèmes d'ordre pathologique et d'approvisionnement en matériel animal, le manque de capital ainsi que les vols et pertes d'animaux, etc., sont plutôt tributaires des méthodes d'exploitation et de gestion restées liées au mode de vie paysan. Par conséquent, l'élimination des contraintes suscitées n'est possible qu'à travers la volonté réelle de l'Etat et des producteurs à s'engager résolument au développement de l'élevage porcin par la mise sur pied des programmes politiques adéquats permettant de définir et d'orienter les axes d'amélioration de la production de cette espèce animale au Cameroun.

Summary

Analysis of Constraints to the Development of Pig Production in Cameroon

In order to identify the major constraints to the development of pig production in Cameroon, an evaluation of socio-economic and technical characteristics was carried out between march and september 2005 on 645 pig farms from the Northern, West Highlands and Humid Forest provinces, the main zones of pig production in Cameroon. On looking at the essential conditions to the success of this animal husbandry, the study identified the lack of technical knowledge, a sufficient feeding base and management objectives of the farmer, added to the absence of appropriate supervisory and marketing structures as the major constraints to the development of pig production in Cameroon. However, the problems of pathology, procurement of genetic material and financial resources as well as those relating to thefts or losses of animals, etc., depend upon management methods and farming techniques which still linked to the peasant way of life. The elimination of the above constraints cannot be possible without a real willpower on the part of the government and producers to resolutely engage in the development of pig husbandry by instituting adequate policy programs for defining and deciding on actions for improving pig production in Cameroon.

Introduction

La place du porc dans la consommation totale de viande est relativement faible sur le plan national (18). Elle est encore plus limitée à l'échelon villageois car, substituée par l'autoconsommation d'autres viandes provenant du petit élevage dans les provinces septentrionales et des Hauts Plateaux de l'Ouest et de la chasse et/ou de la pêche dans les provinces côtières et de la Forêt humide. La plupart de temps, le porc se consomme lorsqu'il est abattu aux fins des cérémonies. Or, cette espèce animale avec la volaille, est appelée à jouer un rôle important dans l'accroissement rapide de la production des protéines animales, compte tenu de leur potentiel de productivité élevé. Cependant, l'offre de porc destinée à ravitailler les grands centres de consommation provient en grande partie d'une multitude d'élevages de très petite taille disséminés presque sur toute l'étendue du territoire et dont les bases sont très mal connues. D'après le dernier recensement agricole de 1994 (11), le Cameroun comptait 149.432 exploitations porcines réparties entre les provinces septentrionales (3%), de la Forêt humide (25%) et des Hauts Plateaux de l'Ouest (70%). Mais, ces dernières années, la crise économique par le phénomène de la dévaluation, a bouleversé les comportements des agents économiques en réorientant nombre de personnes sans emploi en ville dans les productions animales. Beaucoup d'espoir a ainsi été mis sur l'élevage de porc et de volailles. Ce redéploiement de la main-d'œuvre a provoqué une augmentation sensible du nombre d'exploitations porcines surtout dans les provinces septentrionales et, où on a noté un accroissement des

effectifs de plus de 290,4% (12) parce que restées jusque-là à l'abri de la peste porcine africaine. Dès lors, la production du porc comme celle des autres espèces animales fait face à des problèmes de tous ordres allant de la production à la commercialisation et dont seule la maîtrise peut conduire vers un développement durable. Toutefois, les recherches consacrées à la problématique de l'élevage porcin à notre connaissance, se sont limitées à un inventaire exhaustif des problèmes des éleveurs (7, 16, 20). Ces auteurs soulignent que la pathologie, les ressources génétiques, l'alimentation, le logement, l'accès au crédit, la commercialisation, les vols ou pertes d'animaux, etc., constituent tous des facteurs limitant du petit élevage intensif de porcs et volailles. Or, une bonne maîtrise des causes de ces phénomènes peut permettre de mieux appréhender les véritables entraves au développement de la production du porc.

La présente étude est donc un essai d'identification des contraintes majeures au développement de la production de cette espèce animale au Cameroun, préalable à la mise en œuvre des moyens permettant de les éliminer. Afin de mieux appréhender les causes et conséquences de ces phénomènes, une évaluation des caractéristiques socio-économiques et techniques des élevages porcins s'avère nécessaire. De fait, l'environnement de la production joue un rôle clé, non seulement dans l'accroissement de la production mais également pour l'intégration réelle de la filière porcine dans l'économie nationale, en permettant notamment d'assurer un approvisionnement régulier des populations locales en protéines animales et de soutenir

¹Université de Dschang, Faculté d'Agronomie et des Sciences Agricoles, Département des Productions Animales, Dschang, Cameroun.

²Université de Dschang, Faculté d'Agronomie et des Sciences Agricoles, Département d'Economie Rurale, Dschang, Cameroun.

Reçu le 29.05.07 et accepté pour publication le 02.09.08.

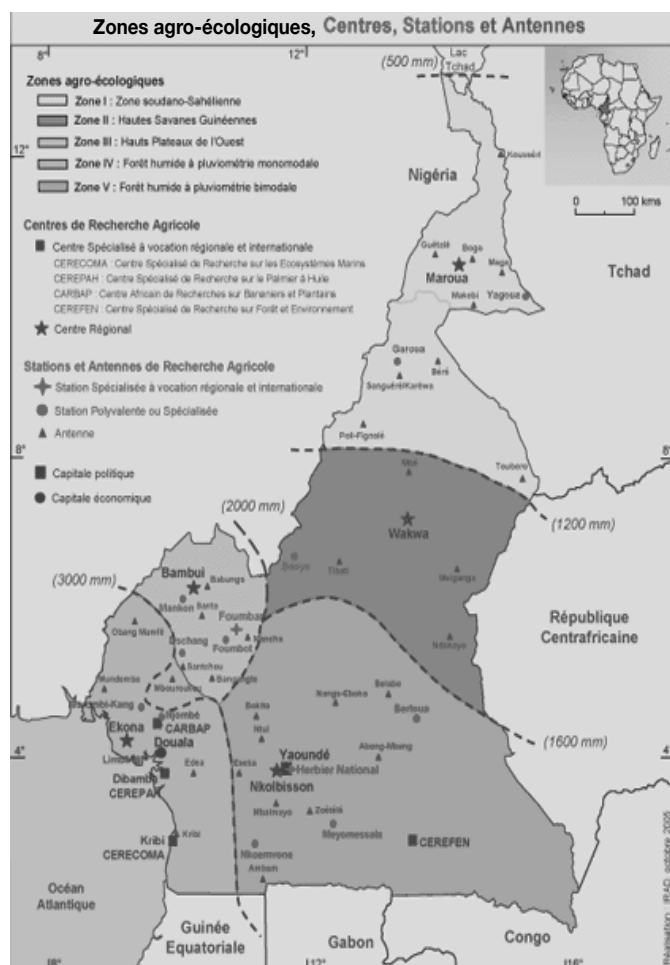


Figure 1: Diversité zoo-économique du Cameroun (IRAD 2006).

de façon durable les revenus aux producteurs dans le but d'améliorer le bien-être et la qualité de vie des populations.

1. Méthodologie et contexte de l'étude

L'environnement de la production a été évalué dans 645 élevages entre mars et septembre 2005 dont 357, 107 et 181 respectivement dans les provinces septentrionales, des Hauts Plateaux de l'Ouest et de la Forêt humide, considérées comme les plus grandes zones de production porcine au Cameroun (12), telles qu'illustrées à la figure 1.

Signalons que les caractéristiques géoclimatiques diffèrent d'une zone à l'autre. Dans les Hauts Plateaux de l'Ouest, le climat est de type soudano-guinéen modifié par l'altitude qui varie entre 1400-2000 m, avec des sols volcaniques par endroit. La température oscille entre 16 et 27 °C et, la pluviométrie de l'ordre de 1800-2000 mm par an, est répartie en une seule saison (mars-novembre). En zone de Forêt humide, le climat est de type guinéen avec des sols argileux. L'altitude varie entre 400-600 m et la température 20-34 °C. Les précipitations se situent entre 1500-2500 mm par an. Quant aux provinces septentrionales, le climat est de type soudano sahélien avec un relief tabulaire sur sol ferrugineux. La température varie entre 17-45 °C et les précipitations de 500 à 1200 mm par an. Pour mener nos enquêtes, les localités de Mbouda, Bafoussam et Bamenda dans les provinces des Hauts Plateaux de l'Ouest, Zouaye, Fighil et Yagoua dans les provinces septentrionales et Meyom-messala et Yaoundé dans les provinces de la Forêt humide ont été choisies sur la base de l'importance et de la fréquence des approvisionnements en amont des grands centres de consommation que sont Yaoundé et Douala (14)

et, les élevages en fonction de la disponibilité des éleveurs à répondre aux questions. Les informations recueillies à l'aide d'interviews directes et d'un questionnaire structuré, sont relatives aux caractéristiques socio-économiques et techniques des élevages ainsi qu'aux problèmes évoqués par les éleveurs de porc ou observés sur le terrain.

Les principales caractéristiques socio-économiques étudiées concernent le sexe, l'âge, le niveau d'éducation, l'activité principale et les sources de financement de l'éleveur, la formation en élevage, l'expérience professionnelle, la main-d'œuvre, la taille du troupeau de base, le taux de charge ou nombre d'animaux par unité de surface et le motif d'adoption du métier de poriculteur. Les techniques de production quant à elles ont trait au matériel animal, à la conduite du troupeau, aux systèmes d'alimentation et d'exploitation et au suivi sanitaire.

Après collecte et codification, les données recueillies, qualitatives pour la plupart, ont été analysées et comparées aux conditions indispensables au succès d'un élevage porcin (13) afin d'identifier les véritables contraintes au développement de cette filière. La séquence dans laquelle ces paramètres sont présentés n'indique pas nécessairement une hiérarchisation éventuelle entre elles mais, une présentation simplifiée pouvant rendre les réflexions plus claires.

2. Résultats et discussion

2.1. Caractéristiques socio-économiques des élevages porcins

Le tableau 1 présente les caractéristiques socio-économiques des élevages porcins dans les différentes zones de production concernées. De ce tableau, il ressort que l'élevage porcin est surtout exercé par les hommes dont la moyenne d'âge est située entre 30-50 ans. La représentation féminine en porciculture, bien qu'encore faible (environ 15% de l'ensemble des éleveurs), constitue néanmoins une dynamique pour le développement de cette filière et, il y a lieu de penser que des innovations technologiques tels que l'utilisation d'équipements modernes et des aliments complets d'une part et, les efforts de vulgarisation d'autre part, sont de nature à favoriser plus de vocation chez ces dernières. En outre, le fait que la majorité des éleveurs (74,2%) aient été à l'école et que la plupart d'entre eux soient des jeunes constitue un atout indispensable dans l'optique de la vulgarisation et de l'adoption des techniques de production modernes. Par contre, la plupart de ces éleveurs n'ont pas reçu une formation de base en élevage ce qui, évidemment, constitue un handicap dans la maîtrise des techniques de production nécessaires au succès d'une exploitation porcine. Force est de reconnaître cependant que l'absence des structures de formation en techniques d'élevage dans la majorité des zones de production étudiées oblige la majorité des éleveurs à acquérir quelques connaissances empiriquement acquises et devenir de bons amateurs en la matière.

En outre, la longue expérience (5 ans et plus) de la majorité de éleveurs, surtout des Hauts Plateaux de l'Ouest (81,3%) ne semble pas révolutionner la filière qui reste toujours une activité secondaire pour près de 90% d'entre eux. Les différentes raisons évoquées par ceux-ci tournent au tour des contraintes religieuses surtout en zone septentrionale à forte dominance musulmane et de la pression sanitaire dans les Hauts Plateaux de l'Ouest et la Forêt humide où la peste porcine est restée endémique. Dans toutes les zones de production visitées, la main-d'œuvre reste presque entièrement familiale avec l'essentiel des financements sur fonds propres. Toutefois, les aides familiales et tontines

Tableau 1
Répartition des élevages porcins en fonction des caractéristiques socio-économiques et zones de production (%)

Paramètre	Zones de production			
	Hauts Plateaux de l'Ouest (n= 107)	Forêt Humide (n= 181)	Provinces septentrionales (n= 357)	Moyenne (n= 645)
Sexe				
- Hommes	91,6	80,7	84,9	84,8 ± 4,5
- Femmes	08,4	19,3	15,1	15,2 ± 4,5
Age				
< 30	24,3	11,6	17,6	17,0 ± 5,2
30 – 50	59,8	57,5	54,6	56,3 ± 2,1
>50	15,9	30,9	27,7	26,7 ± 6,4
Niveau d'études				
- Néant	12,1	02,2	41,7	25,7 ± 16,9
- Primaires	37,4	44,2	32,2	36,5 ± 4,9
- Secondaires	40,3	50,8	21,3	32,7 ± 12,2
- Supérieures	10,2	02,8	04,8	05,1 ± 3,1
Formation en élevage				
- Oui	36,5	05,5	01,0	08,2 ± 15,8
- Non	63,5	94,5	99,0	91,8 ± 15,7
Expérience professionnelle				
1 – 5	18,7	39,8	48,2	40,9 ± 12,4
> 5	81,3	60,2	51,8	59,1 ± 12,4
Activité principale				
- Porciculteur	00,0	01,1	21,0	11,8 ± 9,6
- Agriculteur	64,5	62,4	18,8	38,6 ± 21,1
- Autres	35,5	36,5	60,2	49,6 ± 14,1
Source financement				
- Fonds propres	89,7	72,4	95,5	88,0 ± 9,8
- Crédit bancaire	00,0	00,5	00,0	00,2 ± 0,2
- Autres (tontines, aides, etc.)	10,3	27,1	04,5	11,8 ± 9,6
Main-d'œuvre				
- Familiale	98,1	92,8	98,3	96,7 ± 2,5
- Salariée	01,9	07,2	01,7	03,3 ± 2,5
Troupeaux de base				
1 – 5	98,0	56,8	55,2	62,7 ± 19,8
> 5	02,0	43,2	44,8	37,3 ± 19,8
Taux de charge	55,3	18,5	22,6	32,1 ± 14,2
Motifs d'adoption du métier				
- Diversification	14,9	59,1	52,9	48,4 ± 19,5
- Chômage	20,6	33,7	16,0	21,7 ± 7,5
- Vocation	64,5	07,2	31,1	29,9 ± 23,5

()= nombre d'exploitations visitées.

constituent également des sources de financement non négligeables, surtout en zones de Forêt Humide et des Hautes Terres de l'Ouest où les réunions familiales sont de rigueur. Le troupeau de base, dépassant difficilement 5 reproducteurs pour la plupart des éleveurs, est constitué essentiellement de femelles pour près de 90%; d'où la récurrence des locations ou prêts de verrats pour le croisement. Il en découle inéluctablement des mauvaises performances de reproduction compte tenu de l'hétérogénéité du troupeau et des risques de contaminations élevés. La limitation de la taille du troupeau de base, avec un faible taux de charge ou d'exploitation variant de 18% en Forêt humide à 55% dans les Hauts Plateaux de l'Ouest, pourrait être liée à la difficulté de subvenir aux besoins en alimentation et santé des animaux. Parmi les objectifs qui sous-tendent les motifs d'adoption du métier de porciculteur, la diversification des activités génératrices de revenus semble occuper une place de choix pour la majorité des éleveurs. Mais, ceci semble encore plus vrai en zone de Forêt humide où l'élevage est pratiqué en attendant de trouver «un métier plus

rémunérateur». Indifféremment des zones de production, l'élevage de porc se fait la plupart de temps en association avec d'autres espèces telles que la volaille, le mini-élevage, les petits ruminants, etc. Contrairement au chômage, la vocation semble moins accentuée dans les provinces septentrionales et de la Forêt Humide, comparée à celle des Hautes terres de l'Ouest où le porc joue plus un rôle social prépondérant dans la tradition, allant des offrandes aux sacrifices en passant par les funérailles, mariages et baptêmes. Toutefois, ces différentes motivations ont presque toutes pour finalité la constitution d'une épargne ou d'une trésorerie facilement mobilisable, la production exclusive pour l'autoconsommation ne concernant que moins de 2% des cas.

Les techniques de production porcine recensées et consignées au tableau 2 varient en fonction de la zone et de l'importance accordée à cette activité. La répartition des élevages par type génétique du troupeau de reproduction dans l'ensemble des zones révèle une forte proportion du tout-venant (48,7%) issu du croisement races améliorées

Tableau 2
Répartition des élevages porcins en fonction des techniques et zones de production (%)

Élément technique	Zones de production			
	Hauts Plateaux de l'Ouest (n= 107)	Forêt Humide (n= 181)	Provinces septentrionales (n= 357)	Moyenne (n= 645)
Type génétique				
- Race locale	15,3	53,1	21,0	29,0 ± 16,6
- Tout venant (croisé)	56,8	22,8	59,4	48,7 ± 16,7
- Race améliorée	27,9	24,1	19,6	22,3 ± 3,4
Conduite du troupeau				
- Clausturation permanente	84,8	24,4	05,6	24,0 ± 33,8
- Semi liberté	15,1	62,0	85,2	67,1 ± 29,1
- Divagation totale	00,1	13,6	09,2	08,9 ± 5,2
Système d'alimentation				
- Aliment complet	00,9	01,4	12,7	07,6 ± 0,2
- Sous produits + céréales	88,8	67,5	23,2	46,5 ± 0,0
- Sous produits uniquement	10,3	31,1	64,1	45,9 ± 22,1
Système d'exploitation				
- Spécialisation	45,8	00,0	31,5	25,0 ± 19,1
- Production mixte	54,2	100,0	68,5	75,0 ± 9,0
Suivi sanitaire				
- Agent vétérinaire	26,2	26,6	30,8	28,9 ± 9,0
- Eleveur lui même	73,8	73,4	69,2	71,1 ± 2,1

()= nombre d'exploitations visitées.

avec les races locales, suivi du porc local ou porc Bamiléké (29%) et enfin, de la race exotique ou améliorée (22,2%) en particulier le Large White et le Landrace.

Cependant, la prépondérance du tout-venant dans la plupart des exploitations des Hauts Plateaux de l'Ouest et des provinces septentrionales semble moins se justifier par un schéma classique de croisement précis que par la conformation des reproducteurs. Par contre, celle de la race locale en zone de Forestière semble moins liée à ses performances reproductives qu'à la préférence des éleveurs pratiquant l'élevage en divagation totale ou en semi-liberté. Force est de reconnaître que la race locale, malgré sa facilité d'adaptation aux conditions du milieu, constitue néanmoins un facteur limitant au développement de cet élevage, compte tenu de ses mauvaises performances de reproduction et de croissance (10). Il importe également de préciser que ces paramètres sont donnés à titre indicatif, compte tenu du degré de fiabilité des informations recueillies auprès des éleveurs et du temps imparti à l'enquête. Si dans l'ensemble 24% des élevages disposent d'une porcherie plus ou moins moderne permettant la clausturation permanente des animaux, moins de 10% pratiquent encore la divagation totale à l'exception de la Forêt humide où le gibier constitue

la principale source de protéines animales (11). Cependant, la majorité des éleveurs utilise encore des abris de nuit ou de pluies et enclos tous construits en matériaux sommaires et même des vérandas pour protéger leurs animaux. Ceci est encore plus vrai en zone des provinces septentrionales qui semble avoir une préférence pour l'élevage de plein air et un système de logement en semi-stabulation.

En ce qui concerne le système d'alimentation, les exploitations ont été classées en trois catégories telles que résumées au tableau 2. Il apparaît ici que la plupart des éleveurs (53%) recourent à l'utilisation des sous-produits agricoles et agro-industriels tels que les déchets de cuisine, résidus de récoltes, remoulages, sons, drêche des brasseries, etc. comme aliments de bétail. Ceci est encore plus vrai en zone septentrionale, comparée à celles de la Forêt humide et des Hauts Plateaux de l'Ouest où la complémentation aux céréales est très répandue. Très peu d'entre eux (7,6%) utilise des aliments complets ou provende, compte tenu de ses prix relativement élevés et parfois de l'éloignement des points de vente. Le suivi sanitaire par les agents vétérinaires, quant à lui, est presque inexistant dans les zones de l'étude du fait des exigences financières et logistiques des agents vétérinaires et du manque d'organisation des

Tableau 3
Répartition des élevages en fonction des contraintes de production (% du total)

Paramètre	Zones de production			
	Hauts Plateaux de l'Ouest (n= 107)	Forêt Humide (n= 181)	Provinces septentrionales (n= 357)	Moyenne (n= 645)
Pression sanitaire	78,3	64,4	47,9	50,2 ± 12,4
Alimentation	58,4	65,5	42,1	55,4 ± 9,7
Ressources génétiques	39,1	42,6	37,6	39,8 ± 7,1
Capital	66,2	85,7	72,2	74,7 ± 8,1
Commercialisation	14,5	05,9	75,0	45,6 ± 30,7
Connaissances techniques	00,3	02,1	02,2	02,9 ± 1,6
Structures d'encadrement	12,0	09,3	13,8	12,2 ± 1,8
Vois et pertes d'animaux	03,2	32,9	25,8	20,6 ± 12,6
Tabous	01,2	03,2	86,4	48,9 ± 39,7

()= nombre d'exploitations visitées.

producteurs. En effet, les descentes sur le terrain de ces agents sont rémunérées en fonction de la distance et, les produits à administrer aux animaux fournis par ces derniers. Il en découle une augmentation des coûts de production difficiles à recouvrer pour le producteur isolé pour la plupart des cas. Certains éleveurs respectent néanmoins les programmes de prophylaxie et normes d'hygiène minimales nécessaires à la prévention des principales maladies des animaux. Cependant, la majorité des soins apportés sont à base de plantes ethno-vétérinaires et d'antibiotiques et vermifuges à usage humain. L'observation des systèmes d'exploitation généralement pratiqués par les producteurs des zones de l'étude montre que la spécialisation en engraissement ou en reproduction ne concerne que les zones septentrionales et des Hauts Plateaux de l'Ouest, comparées à la Forêt humide où la pratique de la production mixte «reproduction-engraissement» est de rigueur. Ces résultats sont comparables à ceux observés dans le bassin du Logone et la plupart des localités au Cameroun (8, 10, 17).

2.2. Problèmes identifiés

Les problèmes évoqués par les producteurs au cours de nos investigations et retenus sur la base de leur fréquence sont présentés au tableau 3. Des analyses de ce tableau, il ressort que 60% des problèmes mentionnés dans la production de porcs ont trait au manque de capital, à la pression sanitaire, à l'alimentation et au matériel animal. La commercialisation, les tabous, vols et pertes d'animaux ainsi que l'absence des structures d'encadrement appropriées viennent en seconde position parmi les problèmes les plus fréquemment cités.

Ces contraintes varient d'une zone à l'autre exception faite du manque des ressources génétiques et financières relevé dans toutes les zones de l'étude. Les problèmes pathologiques et alimentaires sont apparemment plus sérieux en zones des Hauts plateaux de l'Ouest et de la Forêt humide, comparées aux provinces septentrionales où la pratique de l'élevage de plein air est plus répandue. Par contre, les tabous dont le porc fait l'objet ainsi que les problèmes de commercialisation ont été plus évoqués par les éleveurs de cette dernière zone où l'islam semble influencer une grande partie de la population. Les vols et pertes d'animaux quant à eux sont plus fréquents en zones septentrionales et de Forêt Humide, comparées à celle des Hautes Terres de l'Ouest où la pratique de la claustration permanente est plus répandue. Bien que n'ayant pas accepté de reconnaître l'importance d'une formation préalable en élevage, la majorité des producteurs affirment néanmoins que la maîtrise des connaissances techniques en matière de conduite et de gestion du troupeau reste la clé de voûte du succès de cette exploitation. Cependant, l'absence des structures de formation et d'encadrement dans la presque totalité des zones étudiées est préjudiciable au développement de la production porcine.

Dans l'ensemble, les problèmes évoqués par les éleveurs, bien que d'une importance certaine, ne sauraient être considérés tous comme entraves réelles au développement de la production porcine au Cameroun, nonobstant les conditions indispensables au succès d'une exploitation. La plupart de ces difficultés peuvent s'expliquer par le comportement ou mode de vie des producteurs. En effet, les études menées en vue de mieux cerner les stratégies utilisées par les éleveurs pour minimiser les risques du métier, démontrent que celles-ci ne visent pas toujours à maximiser la production à court terme dans la répartition de leurs ressources plutôt qu'à garantir une épargne facilement mobilisable en cas de nécessité et la subsistance alimentaire dans les conditions les plus défavorables (9).

2.3. Identification des contraintes de l'élevage porcin

La plupart des problèmes soulevés par les producteurs de porc ont été identifiés dans plusieurs travaux de recherche comme causes principales de la faible productivité de la filière (1, 7, 16, 20). Cependant, une analyse systémique de la production du porc peut nous permettre de mieux cerner, ceux qui constituent réellement des contraintes majeures au développement du petit élevage intensif de porc. Force est de reconnaître que l'augmentation des revenus du producteur passe, non seulement par la recherche des conditions optimales de production mais également, par une meilleure valorisation des produits sur le marché.

a) Contraintes liées à la production

Dans la production, les aspects tels que la disponibilité en matériel animal, la pathologie et le capital, constituent certes des points faibles du petit élevage intensif de porc et volaille (1, 3, 5). Cependant, leur impact est fonction de l'environnement de la production et du stade de développement infrastructurel de l'unité de production. De fait, les races améliorées de haute productivité et d'origine européenne ou nord américaine, sont sélectionnées avec comme critère, une croissance accélérée basée sur une alimentation équilibrée et un logement adéquat répondant aux normes recommandées pour une meilleure conduite de l'élevage et une transformation en viande optimale, le tout en fonction de l'âge et de l'état physiologique de l'animal. Or, l'amélioration de la productivité du porc ne semble pas suivie, dans l'ensemble des élevages enquêtés, d'une modernisation conséquente des équipements et méthodes de gestion qui restent proches de l'artisanat. Les problèmes pathologiques quant à eux sont nombreux et concernent généralement tous les stades de la production. L'amélioration des conditions de production reste liée au respect des normes d'hygiène et d'alimentation ainsi qu'au suivi sanitaire. Cependant, les conditions dans lesquelles s'effectue l'élevage de porcs constituent des facteurs aggravants de la pression sanitaire pour la plupart des fermes visitées. Outre, les conditions du milieu, l'alimentation des animaux est le facteur clé conditionnant le rendement de la production (6, 8). L'utilisation exclusive des sous-produits agricoles et agro-industriels observée dans la plupart de ces élevages, bien que variant en quantité et en qualité suivant la localité saison, est une méthode d'alimentation irrationnelle, incapable d'exploiter au maximum le potentiel génétique du porc (6).

Le manque de suivi et d'encadrement des producteurs en matière de santé animale, distribution des intrants, vulgarisation des technologies et commercialisation sont également autant de freins à l'augmentation de la production. L'insuffisance ou l'absence de coordination entre les services impliqués et des moyens opérationnels pour assurer leurs responsabilités en matière de suivi et d'encadrement des producteurs, découle d'un manque d'organisation matérielle et fonctionnelle adéquates de l'appareil de production (4). Cependant, les risques financiers inhérents au manque des structures d'encadrement sont parfois très élevés et concernent tous les niveaux de l'appareil de production. En outre, le fait que la majorité des éleveurs rencontrés soient toujours prêts à vendre leurs animaux en cas de prix intéressants sur le marché ou de besoins financiers pressants témoigne, apparemment chez ces derniers, d'un manque éventuel de rationalité économique et d'objectifs de gestion de leur troupeau.

L'insuffisance des ressources financières constitue, certes elle aussi, un handicap au développement du petit élevage intensif de porc. Cependant, force est de reconnaître qu'un bon management peut permettre une gestion rationnelle

et rentable d'une exploitation en donnant à l'éleveur, à partir des ventes de porcs de la première génération, des moyens d'investir dans l'alimentation, la santé et l'entretien nécessaires à la croissance des générations suivantes et, ceci de manière progressive. Ceci permettrait ainsi au producteur d'éviter, non seulement la dépendance vis-à-vis des organismes de crédit mais également, des dépenses improductives.

b) Contraintes relatives à la commercialisation

La non maîtrise des mécanismes propres à la commercialisation des produits de l'élevage définit les contraintes majeures à la sécurisation du bien-être du producteur. Celles-ci ont trait au fonctionnement des systèmes de distribution, au manque des débouchés stables et aux infrastructures commerciales adéquates. Le fonctionnement des systèmes de distribution du porc au Cameroun, comme d'ailleurs ceux des autres produits de l'élevage, est inefficace et profite surtout aux revendeurs (14, 20). L'absence des bases objectives sur lesquelles reposent les transactions et l'interaction directe des agents économiques dans des conditions obscures de la formation du prix du porc, constituent autant d'obstacles à la transparence du marché et en accusent son caractère spéculatif. Or, une bonne circulation de l'information, sur les prix et les quantités de produits est susceptible d'inciter les producteurs à prendre des risques pour acquérir des technologies appropriées et des mesures adéquates permettant de rendre plus performant leurs activités (2). D'une part, l'absence d'organisations matérielle et fonctionnelle adéquates est préjudiciable à la stabilité et régulation du marché permettant un écoulement facile du produit. D'autre part, les difficultés d'acheminement des produits pour causes d'enclavement contraignent le plus souvent des producteurs, isolés pour la plupart, soumis à des intermédiaires car, les prix leur sont imposés ou alors à se rapprocher des grands centres de consommation.

En définitive, la réussite de tout élevage dépend des moyens mis en jeu pour éliminer ou du moins réduire le plus de contraintes possibles à son développement. Mais à cela, il faut ajouter l'environnement socio-économique et politique qui joue, par le biais de la stabilité, un rôle crucial dans la volonté des éleveurs à accroître la production et partant, les revenus.

Conclusion et recommandations

L'enquête micro-économique par sondage, menée dans les trois grandes zones de production du porc au Cameroun a permis, à partir d'une évaluation des caractéristiques socio-économiques et techniques des élevages, d'identifier les

principales entraves au développement de cette espèce animale. De cette étude, il ressort que la production porcine au Cameroun possède déjà une base de développement non négligeable. Toutefois, les performances de cet élevage, d'un niveau déjà appréciable, peuvent encore être améliorées de façon substantielle par la mise en œuvre des moyens permettant d'éliminer ou du moins d'atténuer les effets de ses contraintes majeures que sont les connaissances techniques, les ressources alimentaires, les objectifs de gestion des éleveurs, les structures de commercialisation et d'encadrement adéquates. Les problèmes tels que la disponibilité en matériel animal, la pathologie, le capital, les vols et pertes d'animaux ainsi que les tabous relèvent tout simplement des conditions du milieu. Par ailleurs, la production de viandes à partir des ruminants et volailles à elle seule ne peut pas combler le déficit protéique croissant, compte tenu des contraintes actuelles et surtout futures liées à ces élevages. Il est évident que, si les conditions indispensables au succès d'une exploitation sont réunies, l'élevage de porcs offre à court terme des possibilités réelles d'accroissement des protéines animales. Par conséquent, la recherche des solutions aux problèmes évoqués ci-dessus permettant d'atteindre cet objectif le plus économiquement possible doit constituer une des priorités de l'heure.

Il y a donc lieu de penser que l'amélioration des conditions environnementales de la production porcine pourrait à court terme accroître la productivité dans cette filière. De fait, parallèlement aux mesures préconisées pour l'accroissement des productions animales, un appui au développement d'organismes professionnels compétents doit être apporté pour assurer la mise en place d'activités techniques durables et permettre aux principaux acteurs de la chaîne de production de participer à l'élaboration des politiques de développement de cette filière. Les programmes dynamiques de promotion du bien-être économique en matière d'élevage porcin devraient définir et orienter les axes d'amélioration de la production de cette espèce animale à travers le renforcement institutionnel en vue d'assurer la promotion d'une croissance soutenable de cet élevage.

Remerciements

Les auteurs de ce document tiennent à remercier tous les guides et éleveurs des zones de production visitées pour l'accueil, la disponibilité et la collaboration sans faille à la collecte des données de ce travail. Nos remerciements s'adressent également au Professeur Zoli P. André, Doyen de la Faculté d'Agronomie et des Sciences Agricoles, pour son soutien moral à la réalisation de cet article.

Références bibliographiques

1. Angel & Cu., 1981, Méthodologie de la planification: guide des enquêtes statistiques pour le suivi des opérations de développement rural. Sedes, France, 41-76.
2. Ansell D.J., 1971, Cattle marketing in Botswana. Reading. University of Reading. England, 179 p.
3. Awa O.N., Njaya Q., Ngo Tama A.C. & Ekue F.N., 1999, The health status of pigs in North Cameroon. Rev. Elev. Méd. Vét. Trop. 2, 93-98.
4. Barrier C., Bellot J.M., Sarniguet J. & Thomas P., 1996, La relance du secteur élevage dans les pays de la zone franc après la dévaluation. Ministère de la Coopération, Caisse Française Dév. Paris, France, 107 p.
5. Bublot G. & Marie Sallets-Defourny, 1987, Homme et animal, faim et développement. Tropicultura, 5, 1, 11-18.
6. Daccord R., 1968, L'engraissement du porc avec les déchets alimentaires. éd. F. Hoffmann-Laroche et Cie. Paris, France, 44 p.
7. Josserand H.P. & Sullivan G., 1980, La commercialisation du bétail et de la viande en Afrique de l'Ouest. Bénin, Ghana, Libéria, Togo. C.R.D.E., Université du Michigan. T.2.
8. Kossou M.O. & Duteurtre G., 2002, Les facteurs de compétitivité de la filière porcine dans le bassin du Logone. Communication au colloque «Systèmes agroalimentaires localisés». CIRAD, Montpellier, 11 p.
9. Lipton M., 1968, Theory of optimizing peasant. Journal of Development studies, 4, 3.
10. Manjeli Y., Tchoumboué J. & Teguia A., 1992, Quelques caractéristiques de l'élevage commercial dans les Hauts Plateaux de l'Ouest Cameroun. Cam. Bull. An. Prod. 1, 21-32.
11. Ministère de l'Agriculture, 1994, Recensement agricole. Secteur traditionnel. Yaoundé, Cameroun.
12. Ministère de l'Elevage, des Pêches et des Industries Animales, 1998, Etude du secteur élevage au Cameroun. Rapport provisoire. Yaoundé, Cameroun.
13. Moreaux P., 1990, Elevage porcin en Haïti: un choix difficile. Tropicultura, 8, 1, 31-35.

14. Ndébi G., Kamajou F. & Kamgnia Dia B., 2002, Effets des marges commerciales sur les équilibres du marché et de la production du porc au Cameroun. Thèse de M.Sc en Agri business. FSEG-Univers. Dschang, Cameroun, 123 p.
15. Ndébi G., Kamgnia Dia B. & Tchoumboué J., 2004, Etude des marges dans les circuits de commercialisation du porc au Cameroun. *Tropicultura*, **22**, 3, 104-109.
16. Ndébi G. & Ongla J., 2006, Fonctionnement des systèmes de distribution du porc au Cameroun. *Tropicultura*, **24**, 2, 73-81.
17. Pamo T.E., Tchoumboué J. & Onana S., 1997, Potentiel de développement du petit élevage comme stratégie de lutte contre la pression sur la faune sauvage autour de la réserve du Dja: cas de la région de Lomié. *Fac. Agro. Sci. Agric. Univers. Dschang, Cameroun*, 28 p.
18. R.C., 1998, Annuaire statistique du Cameroun. Ministère de l'Economie et des Finances. Direct. Stat. Compt. Nat. Yaoundé.
19. Scott G. & Griffon D., 1998, Prix, produits et acteurs: méthodes pour analyser la commercialisation agricole dans les pays en développement. CIRAD-CIP-KARTHALA. 528 p.
20. Tchoumboué J., 1983, Les facteurs limitants du petit élevage intensif de porc et volailles au Cameroun. *Rév. Elev. Méd. Vét. Pays Trop.* 36, 4, 409-413.

G. Ndébi, Camerounais, Ingénieur, M.Sc Agribusiness. Agroéconomiste, FASA-Université de Dschang, Cameroun.

F. Kamajou, Camerounais, Ph.D in Agricultural economics. Professeur. FASA-Université de Dschang, Cameroun.

J. Ongla, Camerounais, Ph.D in Agricultural economics. Professeur. FASA-Université de Dschang, Cameroun.

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.

Pollution of a Tropical Lagoon by the Determination of Organochlorine Compounds

S. Ouffoue Koffi^{1*}, A. Ahibo Coffy¹, J.P. Villeneuve³, D.E. Sess² & Y.T. N'Guessan¹

Keywords: Lagoon- Oysters- Pollution- Organochlorine- PCA- Ivory Coast

Summary

The lagoon system of Ivory Coast with 1,200 km² of area is one among the important in West Africa. In the context of national quality water assessment, study of chemicals has been carried out in the central basin and its surroundings. The samples taken in different stations have been extracted with hexane and purified on column of florisil deactivated at 5% at chemical treatment. The analysis by CPG/ECD has permitted to identify the organochlorine compound wastes such as the Lindane, Heptachlor, Dieldrin, Endrin, the metabolites of DDT (PP'DDD and PP'DDE) and PCBs. The PCA method showed the highest stations of contamination located to Abidjan, the main industrial and urban zones (PCB: 15-227 ng/g and DDT + DDD + DDE: 1.7-130 ng/g).

Résumé

Pollution chimique d'une lagune tropicale par des composés organochlorés

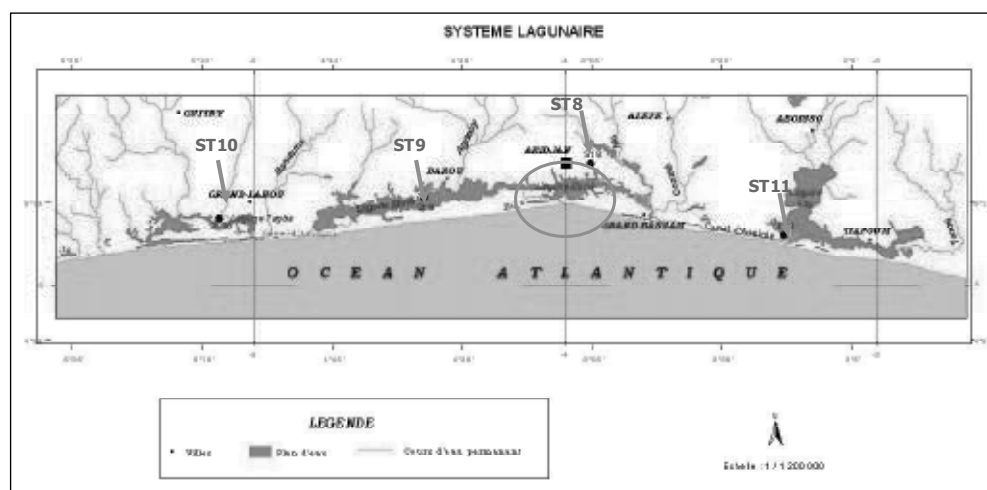
Le système lagunaire de Côte d'Ivoire avec 1.200 km² de superficie est l'un des plus importants de l'Afrique de l'Ouest. Dans le cadre du Réseau National de l'Observation de la qualité de l'eau, nous avons mené une étude sur le niveau de la pollution chimique. Cette étude s'est portée sur l'analyse des résidus de composés organochlorés. Les échantillons d'huîtres prélevés en différentes stations ont été extraits à l'hexane, purifiés sur colonne de florisil désactivé à 5%. L'analyse par Chromatographie en Phase Gazeuse avec Détecteur par Capture d'Electrons (CPG/ECD) a permis d'identifier des résidus de composés organochlorés tels le Lindane, l'Heptachlor, la Dieldrin, l'Endrin et les deux métabolites du DDT. La méthode de l'ACP a dégagé les stations les plus contaminées (PCB: 15-227 ng/g, DDT + DDD + DDE: 1,7-130 ng/g).

Introduction

Since about twenty years, the Ebrié lagoon of Ivory Coast (Figure 1), a West African tropical system is suffering the effect of the brutal degradation of the quality of its ecosystem. This degradation is largely caused by the drainage and the streaming of bad or non treated effluents coming from diverse origins. Recently, in august 19th 2006, 523 m³ of toxic hydrocarbon and mercaptan pollutants run in its natural surroundings.

The many studies carried out in this lagoon show its importance on economic, social and environmental field. The

first studies carried out in 1974 were essentially based on its morphology, climate and taxonomic composition as well as salt distribution in that area (4, 15, 19, 20). The studies on chemical pollution started only in 1982 when the problems of sanitation of the town of Abidjan appeared (3). Later, studies showed that the lagoon of Abidjan was contaminated by chemical pollutants coming from industries, agricultural and domestics' residues (7, 10). Among the different chemical compounds, organochlorines and heavy metals have been measured with high concentrations in the sediments



Zone of Abidjan: 7 stations (Bietry ST1, Banco ST2, Cocody ST3, Marcory ST4, Hôtel golf ST5, Parc a bois ST6, Adiopodoumé ST7)

Figure 1: Map of the 11 stations of oysters sampling (Centre National de Télédétection et d'Informations Géographiques de Côte d'Ivoire, CNTIG).

*Corresponding authors: S. Ouffoue Koffi, Laboratoire de Chimie Organique Structurale, UFR-SSMT Université de Cocody, BP. 582, Abidjan 22, Côte d'Ivoire, Tél: 00 225 08471780, skouffoue@yahoo.fr.

¹Laboratoire de Chimie Organique Structurale, UFR-SSMT, Université de Cocody, BP. 582, Abidjan 22, Côte d'Ivoire.

²Laboratoire Central de l'Environnement (LCE) du Centre Ivoirien Anti-pollution (CIAPOL) 20 BP. 650, Abidjan 20, Côte d'Ivoire.

³Marine Environmental Laboratory Study (MELS), IAEA, Monaco, France.

Reçu le 04.12.07 et accepté le 06.10.08.

and in the fish. These results motivated the setting up of a monitoring program since December 1992 to October 2004. We were interested in organochlorine pesticides and polychlorobiphenyls (PCBs), because of their toxicity and their persistence in the environment. Besides, those compounds are known as persistent organic pollutants and are officially prohibited. The method used permitted to identify and quantify the organochlorine compounds such as Lindan, Heptachlor, Dieldrin, Endrin, PP'DDD, PP' DDE and aroclor 1260 (Figure 2).

Methodology

1. Sampling

The oysters, *Crassostrea gasar* populating the Ebrié lagoon are flat bivalves living on sediments. They are characterized by their capacity to accumulate and concentrate the chemical substances contained in water and suspended matters. This makes them good indicators of punctual and diffuse contamination. This is why they are used in the study of the chemical pollution of the lagoon system (1, 17).

2. Treatment of samples

The samples of oyster are freeze-dried to -8 °C and dried sample is ground and transformed in a homogeneous powder after sieving on a stainless steel sieve (0.25 mm² of porosity). The powder is then stocked in small glass bottles and kept in a fridge at about -4 °C.

3. Extraction of samples

Oysters' powders are extracted with hexane with soxhlet during 8 hours. The temperature of the flasks is maintained at 75 °C and 80 °C. Extracts are purified, either on column of florisil partially deactivated with 5% of water, or by treatment with sulphuric acid or sodium hydroxide (6, 9, 13, 22).

4. Analysis by gas chromatography

After purification and concentration to 1 ml, 1 µl of purified extract is analyzed by Gas Chromatography (GC) with Capture Detector (ECD). The capillary column used, is made of fused silica coated with polyamide. The stationary phase is methyl and/or phenyl siloxane which is adapted to the separation of organochlorine pesticides and PCBs (Figure 2).

Analysis conditions of GC-ECD

- 1- Injector (Split/Splitless): temperature 210 °C
- 2- Detector (ECD 63^{Ni}): temperature 300 °C
- 3- Columns: Supelco SPB 602 (organochlorines pesticides) and SPB⁵ (PCB aroclor 1260)
- 4- Oven: temperature max 300 °C

5- Temperature program

100 °C $\xrightarrow{40\text{ °C/mn}}$ 150 °C $\xrightarrow{2\text{ °C/mn}}$ 230 $\xrightarrow{10\text{ °C/mn}}$ 250
1 min 5 min

6- Carrier gas and injector purge: H₂ flow rate 67 ml/mn

7- Make up gas: N₂ flow rate 7,5 ml/mn

8- Sensibility (range): 0.5

9- Intensity ECD (current): 0.5 mA

10- Duration of analysis 50 min

5. Statistical analysis

Principal Component Analysis (PCA), statistical method is essentially an exploratory tool. PCA is based on the linear transformation of correlated p-response variables (measurements) to pair wise uncorrelated components (unrelated functions of de responses). In different field of sciences such as chemistry, environment ..., PCA used by many authors to analyse correlational structures between a series of measured response (2, 8).

The mathematic expression is a matrix of correlation R of p-variables obtained from p x p data. For the equation, λ refers eigenvalue, $\hat{R}$ refers to the variance - covariance matrix for the p-variables and the element of eigenvector F are scaled to satisfy $F \times F = 1$.

$\hat{R}$ is a p x p square data matrix. The solution to this equation involves solving for the terms,

$$\hat{R} F = \lambda F$$

the eigenvalue and the eigenvector which satisfy this equation and the derivation of linear combination of p-measured variables $X_1, X_2, \dots$

X_p to produce indices or derivated variables as Principal Components or Factors (F).

$$F_i = \sum \alpha_{ij} X_j \text{ avec } i \neq j$$

The α_{ij} terms refer to the weights or loading for each variable within those principals' components or factors. The data of table 1a and 1b are used for the implementation of PCA within statistic modeling Statistgraphics Plus4 and Sigma Plot 2000.

Results and discussion

1. Quantitative and qualitative assessment

Tables 1a and 1b present the concentrations measured with their standard deviations. The unit used is in ng/g of dry weight.

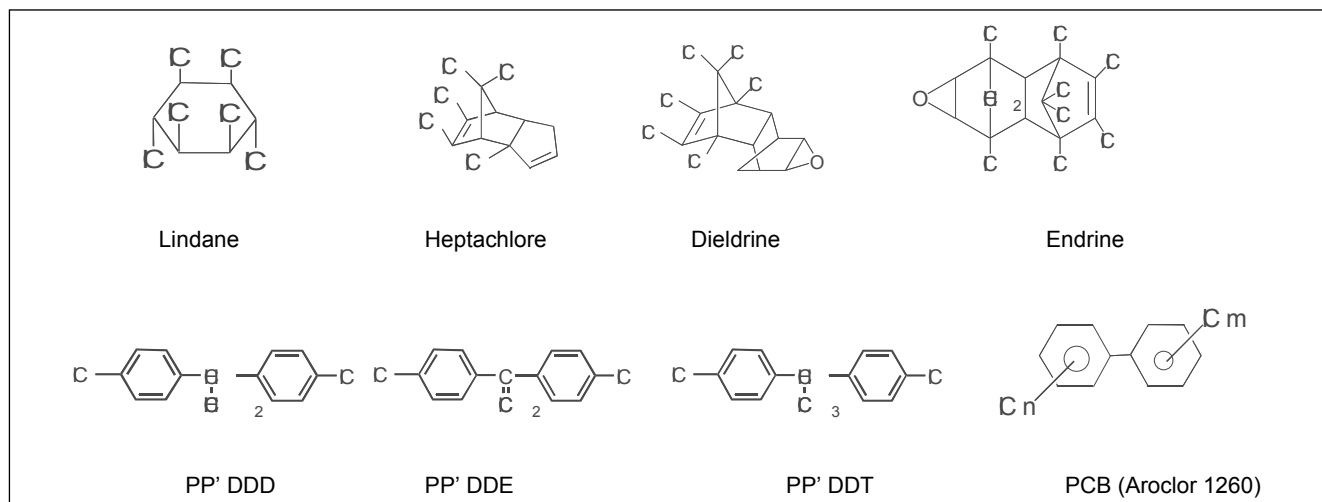


Figure 2: Formulas of organochlorine compounds studied (21).

Table 1a
Contamination by the organochlorines compounds of the oysters (December 1992 to October 2004) in the Ebrié lagoon stations, concentration in ng/g dry weight

Stations	Code	n	Lindan				Dieldrin				Endrin			
			Min	Mean	Max	σ	Min	Mean	Max	σ	Min	mean	Max	σ
Biétry	ST1	8	1.3	1.6	1.8	0.1	1.3	3.7	15.0	4.6	1.6	2.0	4.51	1.0
Banco	ST2	8	1.3	1.5	1.7	0.2	1.0	1.0	1.0	0.0	1.0	1.3	3.7	0.9
Cocody	ST3	5	1.6	1.8	2.1	0.2	1.7	6.5	8.1	2.7	3.0	4.2	6.3	1.2
Marcory	ST4	8	1.3	2.5	8.0	2.6	1.0	3.8	6.3	1.5	1.0	1.6	2.0	0.3
Hotel du Golf	ST5	7	2.3	3.0	4.4	0.8	1.7	2.8	4.2	0.8	1.0	1.0	1.0	0.0
Parc à Bois	ST6	6	1.6	1.9	2.6	0.4	2.5	3.8	5.6	1.0	1.0	1.4	2.0	0.4
Adiopodoumé	ST7	7	1.6	2.0	3.0	0.5	1.0	2.3	3.1	0.9	1.6	2.6	3.5	0.9
Bingerville	ST8	6	1.6	2.3	3.0	0.5	1.0	1.0	1.0	0.0	2.0	4.3	10.1	3.0
Jacquerville	ST9	8	1.3	3.4	5.0	1.1	1.0	1.7	3.0	0.8	1.0	1.0	1.0	0.0
Grand Lahou	ST10	8	3.0	5.1	20.0	0.3	1.0	1.0	1.0	0.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Assinie Mafia	ST11	8	1.3	1.3	1.3	0.0	1.0	1.0	1.0	0.0	1.0	1.0	1.0	1.0

Min: minimum, Max: maximum, σ : standard déviation.

n: number of sampling and monitoring programs of each station since December 1992 to October 2004.

10/10/ 1992 to 06/11/ 1992 16/08/ 1994 to 09/09/ 1994

21/07/ 1993 to 05/08/ 1993 05/12/ 1996to 04/12/ 1996

20/10/ 1993 to 26/10/ 1993 08/04/ 1999 to 30/04/ 1999

24/03/ 1994 to 07/04/ 1994 02/11/ 2004 to 10/11/ 2004

Table 1b
Contamination by the organochlorines compounds of the oysters (December 1992 to October 2004) in the Ebrié lagoon stations, concentration in ng/g dry weight

Stations	Code	n	Heptachlor				PP' DDD + DDE				PCB 1260			
			Min	Mean	Max	σ	Min	Mean	Max	σ	Min	Mean	Max	σ
Biétry	ST1	8	1.6	3.2	8.0	2.1	3.7	53.0	64.4	20.9	173.0	215.6	250.0	23.3
Banco	ST2	8	1.3	3.8	8.0	2.1	55.4	129.8	156.0	35.8	134.0	227.0	290.0	45.8
Cocody	ST3	5	1.6	2.4	4.3	1.1	33.7	51.6	66.0	11.7	200.0	24.0	240.0	16.7
Marcory	ST4	8	1.3	2.7	4.0	0.8	22.0	47.3	76.1	15.3	117.0	187.6	260.0	40.1
Hotel du Golf	ST5	7	2.0	3.3	4.0	0.9	4.7	7.7	10.2	2.1	15.0	36.4	50.0	13.4
Parc à Bois	ST6	6	1.3	1.0	4.4	1.1	39.5	43.5	45.6	2.1	140.0	184.0	200.0	27.7
Adiopodoumé	ST7	7	1.3	1.5	2.5	0.4	1.0	6.2	8.0	2.4	13.0	30.7	57.0	14.0
Bingerville	ST8	6	1.3	1.3	1.3	0.0	5.0	9.1	20.8	5.8	13.0	35.7	88.0	27.9
Jacquerville	ST9	8	1.3	3.5	7.5	2.1	1.0	1.9	8.9	2.6	13.0	14.8	25.0	4.2
Grand Lahou	ST10	8	1.3	5.2	12.0	3.6	5.0	13.1	18.9	14.5	12.0	31.5	85.0	26.2
Assinie Mafia	ST11	8	1.3	1.3	1.3	0.0	1.0	8.9	56.5	2.0	13.0	13.0	13.0	0.0

Min: minimum, Max: maximum, σ : standard déviation.

n: number of sampling and monitoring programs of each station since December 1992 to October 2004.

10/10/ 1992 to 06/11/ 1992 16/08/ 1994 to 09/09/ 1994

21/07/ 1993 to 05/08/ 1993 05/12/ 1996to 04/12/ 1996

20/10/ 1993 to 26/10/ 1993 08/04/ 1999 to 30/04/ 1999

24/03/ 1994 to 07/04/ 1994 02/11/ 2004 to 10/11/ 2004

Table 2
Comparison of measured concentration in oysters
(December 1992 to October 2004) and the value of
Maximum Limits Residues FAO/WHO

	LMR *(5, 11) (mg/kg) melt	Level** (mg/kg) Oysters lagoon (December 1992 to October 2004)	Level (µg/l) Waters lagoon (14)
Lindan	0.2	0.02	0.023
Dieldrin	0.2	0.01	0.011
Endrin	0.1	0.01	0.011
Heptachlor	0.2	0.01	0.034
DDT+DDD+DDE	5	0.12	0.101
PCB	3 (FDA)	0.22	0.011 (0.436)

*LMR: Limits of Maximal Residues (WHO/FAO)

** (ng/g) dry weight with 75% water in oysters flesh.

- Concerning the organochlorines pesticides Lindan, Dieldrin, Heptachlor, Endrin, it appears distinctly that high concentrations are found in Lahou (20 ng/g) and in the bay station of Marcory (8.0 ng/g). The lowest concentrations are detected in Biétry (1.8 ng/g) and Banco (1.7 ng/g). We notice that the concentrations of DDT metabolites are relatively higher than those of the four other compounds. The means reach 53 ng/g in Biétry and 130 ng/g in Cocody.
- Concerning the polychlorobiphenyls (PCB), highest concentrations are observed in the lagoon zone of Abidjan, in Banco (290 ng/g), Marcory (260 ng/g), Cocody (240 ng/g) and Biétry (200 ng/g). The relative values of the gaps observed put in evidence the fluctuating character of the measures during a same period and in a same station. Considering the important fluctuation margins, the indicated concentrations must be taken with a lot of precautions. The results don't allow us to

distinguish the most contaminated stations from the less contaminated ones.

2. Spatial distribution of the contamination

The previous results can be visualized to the help of Principal Component Analysis (PCA). PCA is a mathematic method that has ability to provide the global description and more details information on the system (15). In our study the system is constituted by pollutants and water resource. Moreover, the figure of ACP added Radar diagram and are more usefully than different histograms.

The total results (Tables 1a, b) have been submitted to ACP modeling. For each sample, we have selected six (06) variables such as concentration of Lindan, Heptachlor, Dieldrin, Endrin, DDT and PCB of measured along the 11 stations.

Globally, we have determined 80 inputs samples and outputs results show 480 variables in PCA matrix. The results of PCA implementation within Statistgraphics Plus4 and Sigma Plot 2000 have displayed the eigenvalues and the graph with two axes (F1 and F2) which describe the chemicals data set (14).

The output indicate that the first Factor F1 has the largest eigenvalue at 2.3 and account for 38.8% of data variation and the second Factor F2 has next largest eigenvalue at 1.4 and account 23.4% of data variation.

The two factors representing by axe F1 and axe F2 have been extracting with 62.2% total contribution (Figure 3).

Concerning the factor F1 representing 32.8% of the total variability of the organochlorines pollutants contamination, PCB and DDT have distinguished with coefficient α 0.90. That result means that the two pollutants are highly correlated to the factor F1.

Concerning the factor F2 representing by 23.5% of the variability, we notice morly the Heptachlor with the coefficient α 0.83.

Firstly, the previous observations show that the selective partition depending on the group of chemicals structures has been confirmed by the bioaccumulation properties of oysters. It appears two distinguished groups:

- The group of DDT and PCB and Heptachlor characterized by high value of factor of bioaccumulation (F_c), DDT (F_c 70.000), PCB (F_c 60.000) and Heptachlor F_c (17.500).
- The group constituted by Endrin (F_c 1.670-2.780), Dieldrin (F_c 2.070-5.550) and Lindan (F_c 60) is characterized by

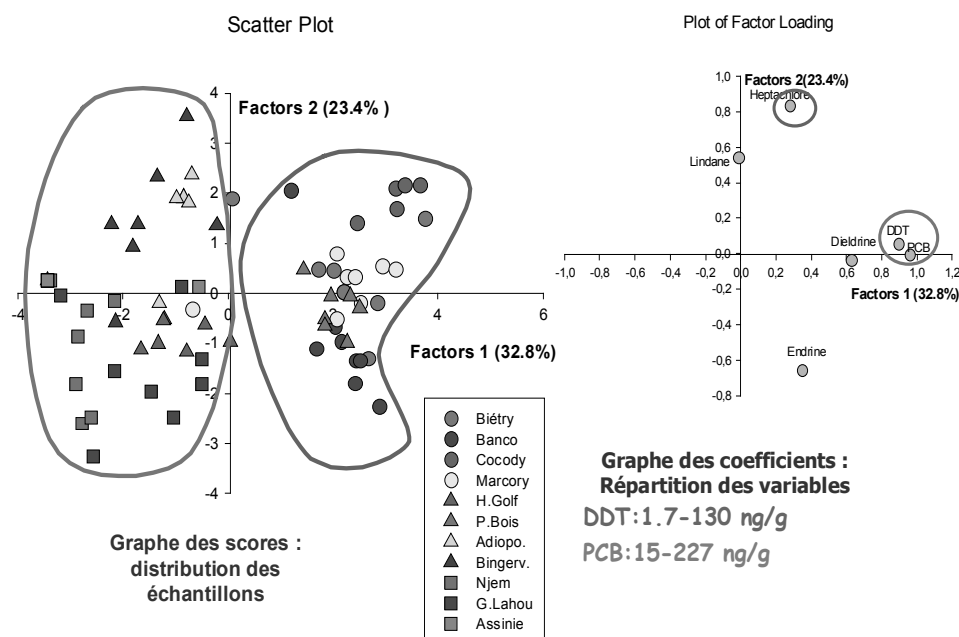


Figure 3: PCA score plot for Factor 1 and Factor 2 for contaminants measured in oysters taken on the bottom of lagoon system of Ivory Coast (STATISGRAPH plus4./SIGMA plot 2000).

low factor value.

Secondly these data let to interpret the graph of samples with two groups of stations which are clearly shown toward the main plan (factors F1- factors F2).

- The gathered points at the right side on the coordinates plan are showing stations of urban area of Abidjan that is considerably contaminated by the DDT and PCB.
- The scattered points on the left side of plan are mostly representing stations situated outside urban area of Abidjan. These areas are less contaminated by DDT and PCB and give prominence to significant concentration with Heptachlor (Adiopodoumé) and Endrin (Grand-lahou).

In partial conclusion, the use of the ACP has permitted to highlight the highest contaminated stations that are those of Abidjan, the main industrial and urban zones (PCB: 15-227 ng/g, DDT + DDD+DDE: 1.7-130 ng/g). These stations contain essentially PCB and metabolites DDD and DDE held simultaneously with the concentration relatively raised. The four stations situated out of Abidjan are less contaminated. The results observed would confirm that the lagoon of Abidjan area would be more vulnerable in reason of its geomorphology situation on one hand, and its urbanization and its industrialization degree on the other hand. However, this contamination appears less alarming in comparison with the rates of PCB, observed in Europe and in America (10).

It appears that the Lindan, the Heptachlor, the Dieldrin, and the Endrin are distributed in all stations. Their presence is marked in stations situated in the areas located out of Abidjan. The contamination by these organochlorines pesticides can be explained by molecule used in the agricultural farm situated in the catchment areas of the streams that communicate directly with the lagoon. About the lagoon of Abidjan the level of contamination would be caused essentially by the draining water from three rivers such as Comoé, Mé and Agnébi.

3. Impact of the contamination by organochlorine residues on the aquatic live

The previous studies about the lagoon contamination have brought out some case of depth and physiological trouble of aquatics organisms: regular observation of death of many fishes and size of some fishes species become more wittered in these bays. Interesting by oysters, the investigations showed that an individual consumes like a melt on average between 100 and 1000 g of oysters per day.

We have compared the values measured in oysters and waters with some value of MRLs FAO/WHO in melt (5, 11). The examination of data from table 2 indicates that the levels of concentration measured in oysters are under the MRLs values for each pollutant.

However according to waters, we notice high level concentration for heptachlor: 0.034 µg/l and PCB: 0.436 µg/l. In comparison to ecotoxicology data (20), the concentration of 0.1 µg/l would be harmful to the growth of algae and concentration between 0.10- 0.32 µg/l would product the same effect on young fishes and alevins. Regarding the effect of relationship between the concentrations of these compounds relatively high in some stations of the field of Abidjan, the persistence and the bioaccumulation properties of oysters, the consumption of the oysters appears to be critical.

Conclusion

This work shows the presence of organochlorine compounds (pesticides and PCB) in the Ebrié lagoon system with variable concentrations. Stations from the area of Abidjan are the most contaminated ones. Although the use of these compounds is forbidden, their residues are detected with significant concentrations that fluctuate and that are increased in the oysters populating this lagoon. These results, as well as those of works made on sediments, confirm the chemical stability and the persistence of these compounds in the aquatic systems (17, 18). This study shows that the tendency of this contamination would also be decreasing in general way. It appears again the consumption of the oysters must be controlled in order to prevent important doses susceptible to cause a food poisoning.

Literature

1. Bernard M., 1977, Echantillonnage et analyse du matériel biologique. Manuel des méthodes de la recherche sur l'environnement aquatique, 3^{ème} partie, FAO doc. Technique sur la pêche n°158, 132 p.
2. Bourouche J.M. & Saporta G., 1992, L'analyse des données. Presse Universelle de France (PUF) 5^{ème} édition.
3. Colcanap M. & Dufour P., 1982, Assainissement de la ville d'Abidjan, Rapport du ministère chargé de l'environnement, 8 p.
4. Dufour P., 1982, Les frontières naturelles et humaines du système lagunaire Ebrié. Incidence sur l'hydroclimat, l'hydrobiologie, 94, 105-120.
5. FAO 1999, Codex Alimentarius, Pesticides residues in food, maximum residues limits. Volume 2B, second edition, 568 p.
6. Grob R., 1987, Analyse des PCBs par chromatographie en phase gazeuse. RGE N°8 septembre pp. 55-62.
7. Kaba N., 1992, Résidus organochlorés dans les sédiments de la lagune Ebrié autour d'Abidjan (Côte d'Ivoire) J. Ivoir Océanol. Abidjan, 2, 1.
8. Malinowski E.R., 1991, Factor analysis in chemistry, 2nd Edn, Wiley, New York, 364 p.
9. Marchand M., 1983, Dosage des composés organochlorés; manuel des analyses chimiques en milieu marin Edition Jouve, France, pp. 367-380.
10. Marchand M. & Martin J.L., 1985, Détermination de la pollution chimique (hydrocarbures organochlorés, métaux, dans la lagune d'Abidjan (Côte d'Ivoire) par l'étude des sédiments. Océanographie tropicale, 20, 1, 25-39.
11. Marchand M., Abarnou A. & Marcaillou C.L., 1990, Les polychlorobiphényles (PCB) en milieu marin biogéochimie et écotoxicologie. Rapport scientifique et technique de l'IFREMER n°18, 162 p.
12. OMS, 1994, Directives de la qualité pour l'eau de boisson. Volume N° 1 Recommandation deuxième édition, 202 p.
13. Ouffoué K.S., 1995, Contribution à la mise au point d'une méthode d'analyse des pesticides organochlorés accumulés dans les huîtres. Mémoire de D.E.A des sciences physiques des structures. Université de Cocody, Côte d'Ivoire, 50 p.
14. Ouffoué K.S., 2004, Analyse des résidus de polluants organiques persistants (POPs) dans un environnement aquatique tropical: étude de la pollution du système lagunaire de Côte d'Ivoire par les composés organochlorés. Thèse de Doctorat d'Université de Cocody, Côte d'Ivoire.
15. Pages J., Lemasson L. & Dufour P., 1979, Éléments nutritifs et production primaire dans les lagunes de Côte d'Ivoire. Cycle annuel, Arch. Sci. Cent. Rech. Océanogr., Abidjan, 5, 1, 1-15.
16. Phillippeau G., 1992, Comment interpréter les résultats d'une analyse en composante principale? Collection STAT-ITCF-ISBN. 63 p.
17. PNUE, 1994, Programme de surveillance continue des contaminants utilisant des organismes marins: assurance de la qualité et bonnes pratiques au laboratoire. Méthodes de références pour les études de la pollution marine; n° 57, 25 p.
18. Sauvegrain P., 1981, Les micropolluants organiques dans les eaux superficielles continentales. Rapport n°2. Les pesticides organochlorés et autres; étude de synthèse AFEE (France), 236 p.
19. Tastet J.P., 1974, L'environnement physique du système lagunaire Ebrié,

- Doc. Uni. Abidjan, Dep. Sci. Terre. n°11, 2. 28 p.
20. Varlet F., 1998, Le régime de la lagune Ebrié (Côte d'Ivoire), Trav. Doc. ORSTOM, 83, 1-164.
21. Verschueren K., 1983, Handbook of environmental data on organic chemicals. Second edition copyright 1983 by Van Nostrand Reinhold, New York. 1310 p.
22. Villeneuve J.P., 1996, Document de cours de formation sur la détermination des pesticides organochlorés et des hydrocarbures pétroliers dans l'environnement; AIEA-MEL - MESL, 148 p.
- S. Ouffoue Koffi, Ivoirien, Docteur d'Université, Enseignant-Chercheur, Université de Cocody, Côte d'Ivoire. Sous-Directeur du Laboratoire Central de l'Environnement, CIAPOL, du Ministère de l'Environnement et des Eaux et Forêts.
- A. Ahibo Coffy, Ivoirien, Docteur d'Etat Sciences, Maître de conférences, Directeur du Laboratoire de Chimie Organique Structurale, Université de Cocody, Côte d'Ivoire.
- J.-P. Villeneuve, Français, Docteur d'Université, Chargé de Recherches, Directeur de la Formation MLS-AIEA, Monaco.
- D.E. Sess, Ivoirien, Docteur en Médecine, Professeur Titulaire de Biochimie Médicale, Université de Cocody-Abidjan, Ex-Directeur du CIAPOL, Directeur de l'INSP.
- Y.T. N'Guessan, Ivoirien, Docteur d'Etat, Professeur Titulaire de Chimie Organique, Université de Cocody, Côte d'Ivoire.

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.

Les glomales indigènes de la forêt claire à *Isoberlinia doka* (Craib et Stapf) à Wari-Marô au centre du Bénin

P. Houngnandan^{1*}, R.G.H. Yemadje^{1,2}, A. Kane², P. Boeckx & O. Van Cleemput³

Keywords: *Isoberlinia doka*- Wari-Marô- Glomalean- Diversity- Benin

Résumé

Cette étude décrit la diversité des glomales indigènes dans la forêt claire à *Isoberlinia doka* de Wari-Marô pour l'amélioration des pépinières de reboisement. A cet effet, les glomales sous *Isoberlinia doka* ont été piégées en serre sur du maïs (*Zea mays*) et un dispositif aléatoire complet à 16 répétitions et 7 traitements a été utilisé. Les données, traitées par analyse de variance à 5% de signification, ont révélé que les maxima pour les différents paramètres de mycorhization, sont enregistrés sur les sites sous cultures. Six espèces de glomales réparties en 2 genres (*Glomus* et *Scutellospora*), 2 familles (*Glomaceae* et *Gigasporaceae*) sont comptées dans l'ensemble de la forêt, parmi lesquelles *Scutellospora gregaria* (46,6%, 54,2%, 46,6%) et *Glomus aggregatum* (52,3%, 44,4%, 43,9%) respectivement en forêt, champ et jachère sont les deux espèces prédominantes dans les sols de la rhizosphère d'*Isoberlinia doka* dans toute la forêt. Les indices de diversité spécifique de Shannon et d'équitabilité de Pielou révèlent que les plus faibles valeurs sont obtenues à Wari-Marô en jachère et les plus fortes à Agbassa (champ et jachère). En conclusion, les meilleurs sites de production de plants d'*Isoberlinia doka* sont à Agbassa sur jachère et en bordure des champs.

Summary

Indigenous Glomales of *Isoberlinia doka* (Craib and Stapf) Woodland of Wari-Marô in Centre of Benin

This study described the indigenous glomalean diversity in *Isoberlinia doka* (Craib et Stapf) woodland of Wari-Marô for an amelioration of seedling for revegetation. To this end, the trap culture with *Zea mays* was undertaken using a 16 replicates and 7 treatments completely randomized design under greenhouse. The data obtained were calculated and statistically treated, at 5% of significance, and showed that the maxima of mycorrhizal root colonization and the number of spores were scored in soil under cultures. Six species of glomalean spores divided in 2 genera (*Glomus* and *Scutellospora*), 2 families (*Glomaceae* and *Gigasporaceae*) were counted and identified all around the forest. *Scutellospora gregaria* (46.6%, 54.2%, 46.6%) and *Glomus aggregatum* (52.3; 44.4%; 43.9%) respectively in forest, field and fallow are the two most prevalent species in the rhizosphere of *Isoberlinia doka*. The Shannon specific index of diversity and the equitability of Pielou indicated that the lowest values are obtained at Wari-Marô on fallow and highest one at Agbassa (fields and fallow). In conclusion, the best seedlings production sites of *Isoberlinia doka* are in Agbassa on fallow and in the fields.

Introduction

La régénération naturelle et la survie des plantations forestières dans la forêt classée de Wari-Marô (8°80 et 9°10N et 1°55 et 2°25E) sont fortement compromises par la dégradation poussée des terres et la déficience en éléments nutritifs, particulièrement le phosphore et l'azote (19), qui caractérisent les sols forestiers tropicaux humides et subhumides. La faiblesse de la régénération naturelle des espèces forestières de la forêt classée de Wari-Marô justifie l'un des objectifs du Projet d'Aménagement des Massifs Forestiers (PAMF) au Bénin, qui consiste à installer des pépinières et plantations forestières dans les zones dégradées de cette forêt.

Isoberlinia doka, une des espèces majeures de la forêt classée de Wari-Marô, est une essence indigène forestière, endémique à la zone géo-climatique soudano-guinéenne, et bien représentée dans la forêt classée de Wari-Marô avec 16,1% du spectre brut de la flore totale (12). Fort de ses caractéristiques, *Isoberlinia doka* est apte à un large éventail d'usages comme bois de chauffe, bois de poteau, et en pharmacopée. Dans un souci de reboisement des aires dégradées à sols carencés, cette essence forestière est actuellement cultivée en pépinière puis transplantée en milieu naturel dans la forêt classée de Wari-Marô au Bénin. Plusieurs études ont démontré que les glomales représentent la majeure partie de la flore microbienne du sol dans plusieurs écosystèmes (7) et jouent un rôle important chez les essences forestières (18, 24), principalement dans

la nutrition minérale, l'alimentation en eau, la résistance aux maladies et l'accumulation des nutriments et la survie après transplantation. Cependant, les études écologiques sur la diversité des champignons MA, qu'elles soient basées sur la caractérisation morphologique ou sur des techniques de biologie moléculaire sont généralement limitées aux espèces exotiques (10) et pas ou peu d'investigations restent disponibles sur les espèces indigènes.

L'objectif de la présente étude est de déterminer la biodiversité des glomales sous *Isoberlinia doka* et le potentiel mycorrhizogène des sols en fonction du niveau d'anthropisation dans différents écosystèmes agrosylvicoles en vue d'identifier les sites les plus appropriés pour une production de plants de qualité pour le reboisement et pour une amélioration de la conduite des pépinières et des plantations d'*Isoberlinia doka*. De façon spécifique, il s'agit, à travers cette étude: (a), d'étudier la biodiversité des champignons MA sous *Isoberlinia doka* en fonction de l'anthropisation de la forêt; (b), d'apprécier la distribution des divers taxa de champignons MA identifiés dans les diverses formations végétales et (c), d'évaluer les paramètres de mycorhization dans les différentes conditions.

Matériel et méthodes

Description physique du milieu d'étude

La forêt classée de Wari-Marô (1°40 'et 2°30'N et 8°25 'et

¹Laboratoire d'Ecologie Microbienne, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi (FSA/UAC), 01 B.P. 526, Cotonou, Bénin.

²Laboratoire Commun de Microbiologie IRD/ISRA/UCAD, Université Cheikh Anta Diop de Dakar Sénégal, BP.1386, Bel-air, Dakar, Sénégal.

³Laboratory of Applied Physical Chemistry of Ghent University, Coupure Links, 653, 9000 Gent, Belgium.

Corresponding author (*): P. Houngnandan¹, Laboratoire d'Ecologie Microbienne, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi (FSA/UAC), 01 B.P. 526, Cotonou, Bénin. Email: phoungnandan@yahoo.com

Reçu le 20.06.08 et accepté pour publication le 07.10.08.

9°15'E), située dans la zone soudano-guinéenne au Bénin, jouit de 1153 mm de pluie par an, d'une température annuelle de 21 °C (décembre-janvier) à 40 °C (février-avril) puis d'une humidité relative basse (10 à 40% de décembre à janvier) à forte (85 à 98% de juillet à août). Les sols sont ferrugineux en général (11).

Echantillonnage et analyses du sol

Deux sites de prélèvements ont été identifiés, pour leur niveau élevé d'anthropisation: Wari-Marô (au nord) et Agbassa (au sud). La forêt claire d'*Isoberlinia doka*; les cultures de maïs (mis en place à la suite de pieds d'*Isoberlinia doka* abattus); la jachère de trois ans (ancien emplacement de forêt d'*Isoberlinia doka* rasé pour l'installation de cultures) ont été considérés pour chaque site. Quatre placettes fixes (100 m x 100 m) ont été installées avec un espacement de 50 m environ pour chaque formation. Dans la placette, les prélèvements (24) sont effectués (1,5 m du pied et 0-20 cm de profondeur) autour de cinq pieds au hasard et un échantillon composite de sol est réalisé par placette. Les paramètres physico-chimiques (tableau 1) des divers substrats ont été déterminés (4).

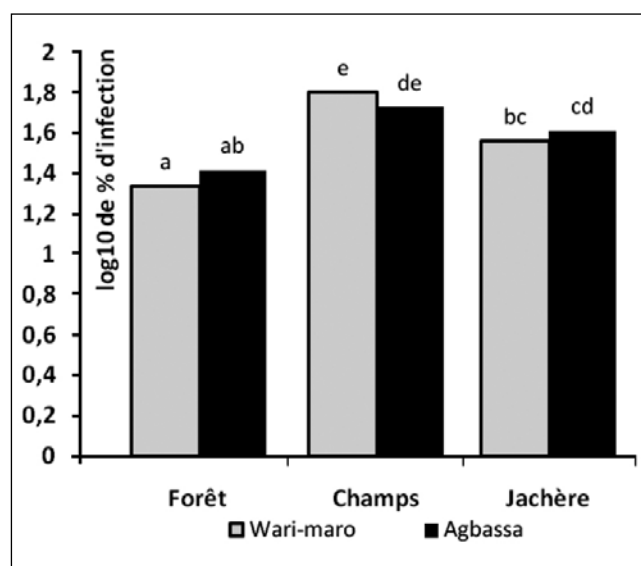


Figure 1: Fréquence de mycorrhization des racines de maïs inoculées avec les substrats contenant les spores de glomales.

Les barres sont des moyennes de 16 répétitions. Les valeurs de barres surmontées de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% par le test de comparaison de Newman-Keuls.

Piégeage des glomales (champignons mycorhiziens arbusculaires)

La méthode de piégeage en serre de Morton (22) a été utilisée avec les sept inocula (3) provenant de sols de formations suivantes: forêt de Wari-Marô (W-F); culture sous maïs de Wari-Marô (W-C); jachère de Wari-Marô (W-J); forêt de Agbassa (A-F); culture sous maïs de Agbassa (A-C); jachère de Agbassa (A-J); non inoculé (T). L'arrosage est quotidien, à la capacité au champ à l'eau distillée, et hebdomadaire avec la solution minérale de Long et Ashton (13). L'expérimentation a duré dix semaines avec 12 h de photopériode, la température moyenne de 29,5 °C [25 ° min et 34 ° max] et l'hygrométrie moyenne de 72,5% [67% min et 78% max].

Extraction, dénombrement des spores et fréquence de mycorhization

La méthode de tamisage humide (15) suivie de la séparation sur gradient de saccharose a été utilisée pour l'extraction suivie du dénombrement (17) des spores, puis de l'évaluation de la fréquence de mycorhization (25) des racines.

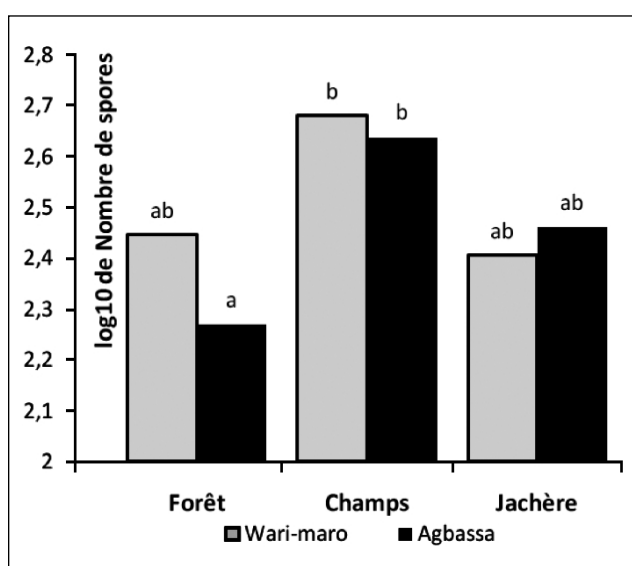


Figure 2: Densité de spores de glomales, pour 100 g de sol sec, sous maïs.

Les barres sont des moyennes de 16 répétitions. Les valeurs de barres surmontées de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% par le test de comparaison de Newman-Keuls.

Tableau 1
Propriétés physico-chimiques des sols de la forêt claire à *Isoberlinia doka* de Wari-Marô

	Wari-Marô			Agbassa			substrat de culture
	Forêt	Jachère	Champs	Forêt	Jachère	Champs	
pH	6.64 (0.10)	6.71 (0.20)	6.58 (0.15)	7.27 (0.21)	7.02 (0.30)	7.21 (0.35)	7.94 (0.05)
C (%)	2.59 (0.76)	1.87 (0.12)	0.23 (0.00)	3.77 (0.36)	2.03 (0.24)	1.44 (0.14)	0.04 (0.00)
N (%)	0.042 (0.0074)	0.029 (0.0171)	0.015 (0.0035)	0.084 (0.008)	0.064 (0.0012)	0.041 (0.0046)	0.01 (0.0000)
P (ppm)	189.34 (23.21)	151.94 (60.56)	77.13 (7.59)	457.20 (30.38)	156.54 (26.67)	132.95 (35.89)	32.41 (4.38)
P Bray (ppm)	12.98 (0.84)	7.47 (0.94)	8.28 (1.25)	31.21 (1.33)	4.97 (0.34)	6.11 (0.81)	2.54 (0.62)
Sable %	91.25 (0.93)	78.75 (0.62)	91.25 (0.99)	81.25 (0.83)	77.50 (0.61)	83.75 (0.27)	100 (0.00)
Argile %	0.5 (0.03)	0 (0.00)	5 (0.01)	6.75 (0.04)	2 (0.16)	2.75 (0.03)	0 (0.00)
Limon %	8.25 (0.19)	21.25 (0.24)	3.75 (0.21)	12 (0.69)	20.5 (0.19)	13.5 (0.12)	0 (0.00)

Les valeurs sont des moyennes de 3 répétitions ± (écart-type). C= teneur en carbone; N= teneur en azote total; P= teneur en phosphore total; P Bray= teneur en phosphore assimilable selon la méthode d'extraction de Bray.

Analyses statistiques et indices de diversité

Les données sont analysées, après transformation $\log_{10}$, par anova de Xlstat 6.1.9. La diversité des espèces est appréciée par l'indice de Shannon-Weaver et de Pielou (26).

Résultats

Fréquence de mycorhization et densités en spores de glomales

Tous les plants de maïs inoculés se sont révélés mycorhizés selon un gradient champ > jachère > forêt. A Wari comme à Agbassa, c'est dans les champs qu'on observe les fréquences de mycorhization les plus élevées (53,58 et 63,15%) et c'est sous les forêts que les fréquences de mycorhization sont plus faibles (23,12% et 40,91%) (Figure 1).

Le même gradient (champ > jachère > forêt) observé ci-dessus a été noté pour la densité en spores de glomales. Les densités de spores les plus faibles sont 258 à Wari-Marô (jachère) et 237 à Agbassa (forêt). Pour la fréquence de mycorhization et la densité de glomales, il n'y a pas de différence significative, au seuil 5%, entre Wari-Marô et Agbassa (Figure 2) mais, entre champs, jachère et forêt. Les densités de spores de glomales sont significativement ($p \leq 5\%$) positivement corrélées ($r = 0,632$) avec les fréquences de mycorhization et significativement ($p \leq 5\%$) négativement corrélées avec l'azote ($r = -0,44$), le phosphore total ($r = -0,46$) et le carbone ($r = -0,60$) dans le sol (Tableau 2).

Tableau 2

Coefficient de corrélation de Pearson entre la densité en spores et la fréquence de mycorhization, le phosphore total, l'azote et le carbone directement dosés dans les sols de la forêt claire à *Isoberlinia doka* de Wari-Marô

	Densité spores	(%) F	P (ppm)	N (%)	C (%)
Densité spores	-	0,632	-0,461	-0,444	-0,605
(%) F	0,632	-	-0,612	-0,556	-0,834
P (ppm)	-0,461	-0,612	-	0,844	0,897
N (%)	-0,444	-0,556	0,844	-	0,860
C (%)	-0,605	-0,834	0,897	0,860	-

Les valeurs significatives au seuil $\alpha = 0,050$ (test bilatéral). %F = Fréquence de mycorhization, P = phosphore total, N = teneur en azote, C = teneur en carbone.

Richesse spécifique et diversité en glomales de la forêt

Six espèces (*Glomus aggregatum* Schenck & Smith emend. Koske, et *Glomus* sp1, *Glomus* sp2, *Scutellospora gregaria* Schenck & Nicolson, *Scutellospora* sp1 et *Scutellospora* sp2) sont dénombrées, réparties en 2 genres, *Glomus* et

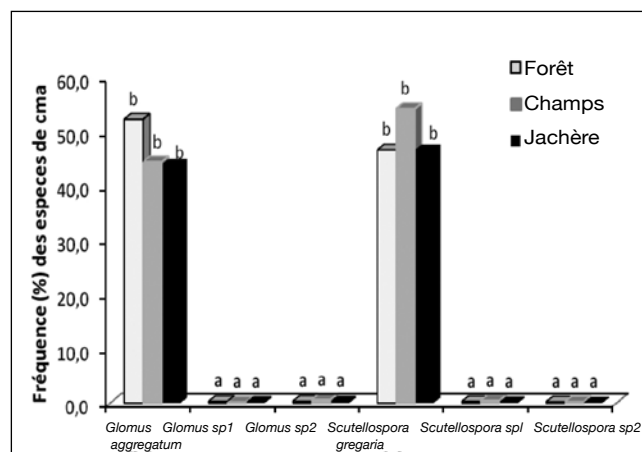


Figure 3: Fréquence relative (%) en fonction des espèces de glomales identifiées après culture sur le maïs utilisé comme plante piège.

Les barres sont des moyennes de 16 répétitions. Les valeurs de barres surmontées de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% par le test de comparaison de Newman-Keuls.

Scutellospora, et distribuées en 2 familles, Glomaceae et Gigasporaceae (Tableau 3). *Scutellospora gregaria* (46,6%; 54,2%; 46,6%) et *Glomus aggregatum* (52,3%; 44,4%; 43,9%) respectivement en forêt, champ et jachère sont les deux espèces prédominantes dans la rhizosphère d'*Isoberlinia doka* dans toute la forêt. Les autres espèces sont en trace avec des fréquences relatives variables, inférieures à 1% de l'ensemble d'une formation végétale à l'autre (Figure 3). *Scutellospora* est présent sur tous les sites par contre *Glomus* a une distribution plus discontinue (Tableau 3).

A Wari-Marô comme à Agbassa, la diversité est faible et pratiquement uniforme dans toutes les formations végétales. Seuls les champs à Agbassa présentent un pic de 6 espèces comptées. Les indices de diversité de Shannon H sont très faibles et varient de 0,678 (en jachère à Wari-Marô) à 0,764 (en champs à Agbassa). Les valeurs d'équitabilité de Pielou sont également faibles et varient de 0,378 (Wari-Marô en jachère) à 0,522 (Agbassa en jachère) (Tableau 3). Les plus faibles valeurs sont obtenues à Wari-Marô en jachère et les plus fortes à Agbassa (champs et jachère). Les formations végétales n'ont pas d'effet significatifs ($p > 0,05$) sur la diversité spécifique mais plutôt sur l'équitabilité de présence des spores (Tableau 3). Les plus fortes valeurs de l'équitabilité sont notées dans les jachères correspondant à la plus faible richesse spécifique (Tableau 3).

Tableau 3

Densité spécifique, richesse spécifique et indice de diversité des spores de glomales pour 100 g de sol sec dans les sols des différentes formations végétales étudiées

		<i>G. aggregatum</i>	<i>G. sp1</i>	<i>G. sp2</i>	<i>S. gregaria</i>	<i>S. sp1</i>	<i>S. sp2</i>	Richesse spécifique	H (Shannon)	E (Pielou)
Forêt	Agbassa	100,75 ab	1,25 a	0 a	111,5 a	0,5 a	0,25 a	5	0,746 a	0,464 c
	Wari-Marô	147,75 bc	0 a	1,75 a	105,75 a	0,75 a	0,75 a	5	0,726 a	0,451 bc
Champ	Agbassa	180,5 c	0,75 a	5 b	223,75 b	2 a	1 a	6	0,764 a	0,427 abc
	Wari-Marô	191,5 c	0,5 a	0,25 a	230,25 b	1,75 a	0,75 a	6	0,725 a	0,405 ab
Jachère	Agbassa	154,75 bc	0 a	0 a	126,75 a	1,5 a	0,5 a	4	0,723 a	0,522 d
	Wari-Marô	77,25 a	1,25 a	0,25 a	152,25 ab	0,5 a	1 a	6	0,678 a	0,378 a

Les chiffres suivis de la même lettre dans la même colonne ne sont pas significativement différents au seuil de 5% par le test de comparaison de Newman-Keuls.

Discussion

Densités et fréquences de mycorhization des glomales de la forêt de Wari-Marô

Nos résultats révèlent des densités variables qui pourraient être expliquées par les différences de composition et de degrés de couverture végétale et confirmer ainsi les travaux de Benjamin (5). Il est établi que la distribution naturelle des glomales est sous le contrôle de la composition floristique (17). Les champs constituent un environnement de rotation continue de cultures. Ce qui favorise, à long terme, une forte abondance de spores. En utilisant une technique de piégeage comparable pour estimer le nombre de propagules d'un sol agricole, Bâ *et al.* (3) ont révélé une viabilité variable des spores dont la plus élevée est de 83,3%. L'interprétation du nombre de spores dans nos conditions expérimentales ne tient pas compte de la viabilité des spores. Ces différences peuvent être également expliquées par les différences dans les propriétés physico-chimiques des substrats. Parmi les critères physico-chimiques étudiés, qui peuvent influencer l'abondance relative des spores, figure la nature du sol sableux qui se révèle supporter des populations élevées de glomales (9). Les sols de la forêt sont sableux (Tableau 1) et ceux de champs encore plus.

Les fréquences de mycorhization observées, en phase avec les densités de glomales, sont conformes à celles de Vivekanandan et Fixen (27), qui stipulent que les fréquences de mycorhization du maïs sont élevées sur les sols à faible taux de phosphore total. Les taux de phosphore les plus faibles sont en effet notés sur les sols provenant de champs et les plus forts taux sur substrats prélevés sous forêt. Les fréquences de mycorhization sont 1,5 fois supérieures à celles rapportées par Hounngandan et Sogansa (publication inédite) sur les sols sous plantations d'*Acacia* spp. au Bénin et environ deux fois supérieures à celles obtenues par Onguene (24) sur trois espèces forestières cultivées sur différents sols au Cameroun. Des fréquences de mycorhization intéressantes sont donc obtenues des sols provenant de la forêt classée de Wari-Marô sous *Isobertia doka*, donnant lieu à des projections à intégrer les glomales de la forêt classée de Wari-Marô dans le plan de reboisement de la forêt.

Diversité de glomales dans la forêt de Wari-Marô

La méthode (22) utilisée nous a permis d'obtenir 6 espèces de glomales, relativement importantes, indiquant une faible richesse spécifique dans la forêt de Wari-Marô et comparable à celle observée en forêt tropicale sèche et humide (23). En utilisant la même technique de piégeage pour estimer le nombre de spores et de propagules d'un sol de plantation d'*Acacia* en zone soudanienne, Bâ *et al.* (3) ont révélé 13 espèces de glomales. La densité de spores et la richesse spécifique étant naturellement corrélées (2), la faible richesse spécifique enregistrée dans la forêt de Wari-Marô pourrait être, à l'instar de la densité de spores, due: a- Aux différences de composition et de degrés de couverture végétale. La variabilité culturelle qui caractérise les champs crée un incubateur de multiplication du stock de glomales dans le sol, tandis que les sols de jachères connaissent une absence d'activité culturelle qui entraîne la dormance et l'arrêt de la sporulation. b- A la période d'échantillonnage. Il a été démontré que la sporulation des glomales est saisonnière (14). c- A la composition physico-chimique des substrats. Des investigations ont établi des corrélations positives (17) entre l'augmentation du carbone, de l'azote et la diversité des glomales. L'effet inverse est observé dans la forêt classée de Wari-Marô où la combinaison de faibles teneurs en carbone, azote et phosphore total correspond à une abondance relative (Tableau 1, Figure 2) et une diversité

plus importante de glomales. Des travaux antérieurs (3) confirment ces corrélations.

Distribution des glomales dans la forêt de Wari-Marô

Les résultats obtenus dans le cadre de cette étude reflètent certaines tendances. Dans la forêt classée, seuls sont présents les genres *Glomus* et *Scutellospora* à Wari-Marô et à Agbassa. Plus de 90% des spores récoltées sont attribuées aux espèces *Glomus aggregatum* et *Scutellospora gregaria* qui apparaissent être tolérantes à une large gamme de niches écologiques (forêt, champs, jachère). Ces espèces prédominent dans la forêt de Wari-Marô. *Glomus aggregatum* sporule bien sur des sols sableux et est majoritairement représenté dans de nombreuses niches (9). Cette large distribution du genre *Glomus* a été signalée par Bâ *et al.* (3). La prédominance de ces deux espèces dans les sols de la forêt de Wari-Marô peut être expliquée par le fait que ces espèces sont probablement distribuées dans des horizons profonds du sol (1). Pour cette raison, elles sont présentes dans toutes les niches, des plus stables (forêt) aux plus instables (champs). L'humidité et la température de sol à Wari-Marô semblent être dans la marge optimale pour le développement de ces deux espèces. La température optimale pour la germination et la sporulation peut être différente (20); elle est de 25-35°C pour *Scutellospora*. Cette gamme de température est habituellement celle que l'on rencontre dans la région de Wari-Marô. *Glomus* sp1, *Glomus* sp2, *Scutellospora* sp1 et *Scutellospora* sp2 sont rares dans l'ensemble de la forêt classée, toutefois plus ou moins mieux représentées en champs. Cette dernière tendance peut trouver explication dans la variabilité culturelle notée en champs comparée aux autres niches écologiques.

L'indice de Shannon H et l'équitabilité de Pielou viennent confirmer la faible richesse spécifique notée dans l'ensemble de la forêt de Wari-Marô. Les plus faibles valeurs de l'équitabilité sont observées dans les champs, sièges de la plus grande richesse spécifique, tandis que les plus fortes valeurs sont observées dans les jachères où la plus faible richesse spécifique est notée, indexant davantage la dominance d'une minorité d'espèces. L'installation des champs au détriment des forêts n'a pas réduit la diversité des glomales mais en augmente plutôt la densité. Nos résultats semblent être en contradiction avec ceux de Cuenca (8), qui a observé une baisse de la diversité sur sols tropicaux perturbés au Venezuela, mais sont en conformité avec ceux d'Onguene (25), confirmant les observations de rareté arbusculaires dans les racines d'essences en forêts néotropicales et tropicales humides (6).

Conclusion

Les meilleurs sites de production de plants d'*Isobertia doka* sont les sites d'Agbassa sur jachère et en champs. Des cultures monosporales de *Glomus aggregatum* et *Scutellospora gregaria* natifs de la forêt classée de Wari-Marô sont envisageables pour produire de l'inoculum en pépinière dans le cadre de la replantation de la forêt. Les glomales n'étant pas spécifiques à un seul hôte végétal, cet inoculum pourrait être utilisé sur d'autres plants forestiers pour pallier les carences minérales à la replantation.

Remerciements

Les auteurs remercient le projet VLIR "Restauration de la fertilité des sols au sud et au centre du Bénin" financé par la Belgique pour les équipements qui ont permis l'analyse des échantillons, mais aussi le Projet d'Aménagement des Massifs forestiers au Bénin pour avoir financé la bourse de recherches.

Références bibliographiques

1. An Z.Q., Hendrix J.W., Hershman D.E. & Henson G.T., 1990, Evaluation of the most probable number (MPN) and wet-sieving methods for determining soil-borne populations of *Endogonaceous mycorrhizal fungi*. *Mycologia*, 82, 576-581.
2. Anderson R.C., Liberta A.E. & Dickman L.A., 1984, Interaction of vascular plants and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi across a soil moisture-nutrient gradient. *Oecologia*, 64, 111-117.
3. Ba M., Dalpe Y. & Guissou T., 1996, Les glomales d'*Acacia holosericea* et d'*Acacia mangium*. *Bois et forêts des tropiques*, 250, 6-14.
4. Baize D., 2000, Guide des analyses en pédologie-2^{ème} édition revue et augmentée. INRA. Paris, 1-55, 257.
5. Benjamin P., Anderson R.C. & Liberta A.E., 1989, Vesicular-arbuscular mycorrhizal ecology of little bluestem across a prairie-forest gradient. *Can. J. Bot.* 67, 2678-2685.
6. Bereau M., Gazel M. & Garbaye J., 1997, Les symbioses mycorrhiziennes des arbres de la forêt tropicale de la Guyane française. *Can. J. Bot.* 75, 711-716.
7. Brundrett M., 1991, Mycorrhizas in natural ecosystems. *Adv. Ecol. Res.* 21, 171-313.
8. Cuenca G., De Andrade Z. & Escalante G., 1997, Diversity of glomalean spores from natural, disturbed and revegetated communities, growing on nutrient-poor tropical soils. *Soil Biol Biochem.* Vol. 30, 711-719.
9. Dalpé Y., 1989, Inventaire et répartition de la flore endomycorhizienne de dunes et de rivages maritimes du Québec, du Nouveau-Brunswick et de la Nouvelle-Ecosse. *Rev. Ecol. Syst.* 116, 219-236.
10. Ducousso M., 1991, Importance des symbioses racinaires pour l'utilisation des Acacias d' Afrique de l'ouest. Nogent-sur-Marne. CIRAD-foret/ISRA. Dakar-Sénégal. 105-105, 205.
11. Faure P., 1977, La carte pédologique de reconnaissance de la République Populaire du Bénin. Feuille de Djougou. ORSTOM. Paris-France. 10-12, 49.
12. Fonton N., 1996, Inventaire des massifs forestiers des Monts Kouffé, Wari-Marou et Agoua. Rapport D.F.R.N. Cotonou-Bénin, 15-50, 90.
13. Furlan V., 1981, Techniques et procédures pour la culture des champignons endomycorhiziens. Note technique. Québec-Canada, Université Laval, 54-65, 65.
14. Gemma J.N., Koske R.E. & Carreiro M., 1989, Seasonal variation in spore abundance and dormancy of *Gigaspora gigantea* and in *Mycorrhizal inoculum* potential of a dune soil. *Mycologia*, 80, 211-216.
15. Gerdemann J.W. & Nicholson T.H., 1963, Spores for mycorrhizal endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 46, 235-244.
16. INVAM., 2008, <http://www.Invam.caf.wvu.edu/>
17. Johnson N.C., Zak D.R., Tilman D. & Pfleger F.L., 1991, Dynamics of vesicular arbuscular mycorrhizae during old field succession. *Oecologia*, 86, 349-358.
18. Kadidia B.S., Amadou M., Ba & Dexheimer J., 1997, Mycorrhizal status of some fungi beneath indigenous trees in Burkina-Faso. *Forest. Ecology. Management*, 98, 61-67.
19. Kang B.T. & Wilson G.F., 1987, The development of alley farming as a promising agroforestry technology pp. 227-243, In: H.A. Steppeler and P.K.R. Nair (Eds. ICRAF) *Agroforestry: A decade of development*, Nairobi, Kenya 250 p.
20. Koske R.E., 1981, *Gigaspora gigantea* observations on spore germination of a VAM fungus. *Mycologia*, 73, 288-300.
21. Morton J.B., 1992, Problems and solutions for integrations of glomalean taxonomy. *Systematic biology, and the study of endomycorrhizal phenomena. Mycorrhiza*, 2, 97-109.
22. Musoko M., Last T. & Mason P., 1994, Populations of spores of vesicular arbuscular mycorrhizal fungi disturbed soils of secondary semi-deciduous moist tropical forest in Cameroon. *Forest. Ecology. Management*, 27, 359-377.
23. Onguene N.A., 2000, Diversity and dynamics of mycorrhizal associations in tropical rain forests with different disturbance regimes in south cameroon. PhD thesis, Wageningen University, Netherlands.
24. Onguene N.A., Tsimi J.P.M. & Balla M.J.E., 2002, Statut mycorrhizien de l'okoumé (*Aucoumea klaineana* Pierre) en régénération artificielle au sud Cameroun. *Tropicultura*, 20, 3, 104-108.
25. Staddon P.L., Thompson K., Jakobsen., Grime P.J., Askew A.P. & Fitter A., 2003, Mycorrhizal fungal abundance is affected by long-term climatic manipulations in the field. *Global. Change. Biology*, 9, 186-194.
26. Vivekanandan M. & Fixen P.E., 1991, Cropping systems effects on mycorrhizal colonisation, early growth and phosphorus uptake of corn. *Soil. Sci. Am. J.* 55, 136-140.

P. Hounnandan, Béninois, Ph.D, Enseignant chercheur au Département de Production Végétale. Directeur du Laboratoire d'Ecologie Microbienne (LEM) de la Faculté des Sciences Agronomiques du Bénin de l'Université d'Abomey-Calavi.

R. Yemadje, Béninois, Doctorant au Laboratoire d'Ecologie Microbienne (LEM) de la Faculté des Sciences Agronomiques du Bénin.

A. Kane, Sénégalais, Thèse de 3^{ème} cycle, Enseignant chercheur au Département de Biologie Végétale de la Faculté des Sciences et Techniques de l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar (UCAD), Sénégal.

P. Boeckx, Belge, Professeur, Laboratoire de la Physico-chimie appliquée de Faculté d'Agriculture et des Sciences biologiques appliquées de l'Université de Gand, Belgique.

O. Van Cleemput, Belge, Professeur, Laboratoire de la Physico-chimie appliquée de Faculté d'Agriculture et des Sciences biologiques appliquées de l'Université de Gand, Belgique.

Evaluation of Iron Toxicity on Lowland Irrigated Rice in West Africa

M. Chérif^{1*}, A. Audebert², M. Fofana³ & M. Zouzou¹

Keywords: *Oryza sativa*- Rice- Lowlands- Iron toxicity- Ivory Coast- Ghana- Guinea

Summary

In tropical areas, lowland rice (Oryza sativa L.) cultivation (with or without irrigation) is often hampered by iron toxicity. This edaphic stress is common in West African savanna and forest lowlands. It is a nutrient disorder associated with high iron concentrations in the soil solution. The reducing conditions of waterlogged lowland soils boost iron toxicity through solubilization of almost all iron in its ferrous form (Fe²⁺). This iron toxicity promoting edaphic features of lowland soils depends on the soil and climatic conditions, thus explaining the high spatiotemporal variability. The high quantity of ferrous ions in the soil solution upsets the mineral element balance in the rice and affects its growth. Ferrous iron (Fe²⁺) is abundantly taken up by the plant and becomes concentrated in the leaves, causing limb discoloration, reduced tillering, stunted growth, while substantially reducing yields. A survey was conducted to quantify the effects of iron toxicity on rice in three countries (Guinea, Ivory Coast and Ghana) in the West African subregion. It was confirmed that iron toxicity is a major edaphic constraint in cultivated lowlands as it affects more than 50% of lowlands and about 60% of cultivated rice plots on average. About 10% of lowland crop fields were even abandoned due to high iron toxicity stress. Studies have also shown that more than 55% of rice-growing areas are affected by excess iron. There is also a significant impact on yield since affected plots were found to have a mean 54% lower yield as compared to healthy plots.

Résumé

Evaluation de la toxicité ferreuse en Afrique de l'Ouest

En zone tropicale, la culture du riz (Oryza sativa L.) en condition de bas-fond (avec ou sans contrôle de l'eau) est souvent confrontée au problème de toxicité ferreuse. Cette contrainte de type édaphique est couramment observée, notamment dans les bas-fonds de savane et de forêt ouest africains. C'est un trouble nutritionnel associé à de fortes concentrations de fer dans la solution du sol. Les conditions réductrices que l'on rencontre couramment dans les sols engorgés de bas-fond sont précurseurs de la toxicité ferreuse par la solubilisation dans la solution du sol de la quasi-totalité du fer sous forme ferreux (Fe²⁺). Ces conditions édaphiques des sols de bas-fond, nécessaires à l'apparition de la toxicité ferreuse sont dépendantes des conditions pédoclimatiques expliquant ainsi la forte variabilité spatio-temporelle de cette contrainte. Cette grande quantité d'ions ferreux en solution entraîne chez le riz un déséquilibre en éléments minéraux. Ce fer ferreux (Fe²⁺) est absorbé en abondance, se concentre dans les feuilles, entraînant une décoloration des limbes, une réduction du tallage, de la taille des plants, et provoque une baisse importante des rendements. Cette contrainte a fait l'objet d'une étude dans trois pays de la sous région ouest africaine (Guinée, Côte d'Ivoire et Ghana) afin de quantifier ses effets sur la riziculture. L'étude confirme que la toxicité ferreuse est une des contraintes édaphiques majeurs des bas-fonds cultivés puisqu'en moyenne plus de 50% des bas-fonds et environ 60% des parcelles cultivées en riz sont affectés par cette contrainte. Dix pourcent de ces bas-fonds ayant même été abandonnés en raison d'une pression de toxicité ferreuse trop importante. Les études montrent également que plus de 55% des surfaces rizicoles sont affectées par l'excès de fer. L'impact sur le rendement est également significatif puisque les parcelles infectées peuvent perdre en moyenne jusqu'à 54% par rapport aux parcelles saines.

Introduction

Iron toxicity is one of the most common problems in West African lowland rice cropping systems. Many inland valley swamps and lowlands (rainfed lowlands, irrigated lowlands, mangrove swamps) have soil and water conditions that promote iron toxicity in rice (21). Excessive amounts of iron in the soil and reducing conditions (as generally prevail in lowland soil solutions) upset the nutrient balance in plants. These high iron concentrations are inherent to lowland soil (7), and also result of massive inputs of runoff-borne insoluble iron (Fe-III) derived from land at higher elevations (5, 9). Besides standard symptoms, i.e. browning and yellowing of leaves, iron toxicity can cause a 10-100% crop yield losses, depending on the iron concentration in the soil solution and the cultivar tolerance (1, 2, 14). Several strategies to overcome this constraint have been

evaluated, especially using tolerant cultivars (4, 19), in association with adapted cropping practices, e.g. using suitable fertilizers (5, 17, 19), etc. However, iron toxicity is influenced by multiple factors, thus complicating studies on this cropping constraint (18).

This constraint, which is widespread in West Africa, is presently only assessed qualitatively. Its actual impact on rice growing in West Africa both at the plot and production levels is not clearly known. Quantification of the impact of this constraint would, however, be essential for initiating research and development initiatives adapted to local conditions.

A field survey was conducted during the 2000 and 2001 rice cropping seasons to address this need. The objectives were primarily to evaluate rice cropping areas actually affected by

¹Laboratoire de Physiologie Végétale, UFR-Biosciences, Université de Cocody-Abidjan, 22, BP 582, Abidjan 22, Côte d'Ivoire.

²CIRAD, Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement, Département CA, TA 70/01, 34398 Montpellier Cedex 5, France.

³ADRAO, Association pour le Développement de la Riziculture en Afrique de l'Ouest, 01 BP 2551, Bouaké 01, Côte d'Ivoire.

*Corresponding Author:

Tel.: (225) 22 44 03 07 Fax: (225) 22 44 37 24 E-mail: cherifmamadou@hotmail.com

Received on 22.08.07 and accepted for publication on 05.12.08.

iron toxicity, the intensity of visual symptoms and the impact on rice production in the studied zones and, secondly, to create a georeferenced database on the constraint and determine its geographical distribution in the subregion.

Materials and methods

The study took place during the 2000 and 2001 rice cropping seasons in three West African countries (Ivory Coast, Ghana and Guinea). These countries were selected for their high rice production, ecological diversity and accessibility.

In each country, rice production region were identified by the National Agronomic Research System (NARS). Inside each region, the place head of department was selected like base site. Thus, a total of 33 base sites distributed in these three countries were selected so as to cover all rice production regions. All accessible lowlands in a radius of 50 km around each base site (study zone) were investigated. In Guinea, 5 base sites were in Guinée forestière, 2 in Guinée Maritime and 1 in Haute Guinée. In Ivory Coast, 13 base sites were covered, 6 in the forest zone, and 7 in the savanna zone (10). The 12 base sites selected in Ghana were all in the forest region. Interviewers were agents of the Centre National de Recherche Agronomique (CNRA) for Ivory Coast, the Institut de Recherche Agronomique de Guinée (IRAG) for Guinea and the Crops Research Institute (CRI) for Ghana. In each country, interviewers underwent training to learn how to identify and score the disease. There was also a training module on the use of global positioning system (GPS) technology.

Each interviewer had to georeference, using GPS, as many lowlands and most plots in the lowlands as possible within the study zone, irrespective of iron intoxication level. With these spatial data it was possible to draw maps at different scale: Base site scale (1/25.000), Country scale (1/1.500.000) and Sub-region scale (1/4.000.000). However the survey in Ghana was focused mainly on areas that CRI already knew were affected by iron toxicity.

For this exhaustive study, interviewers had to fill in a three-level questionnaire, including: i) the watershed level, questions related to the area, slope and land use, ii) the lowland level, including a description: area, soil type in FAO system (feeling with touched, grounds handle or grounds ribbon), its use (past and present) and characterization of the overall development patterns; iii) at the plot level, information related to areas and cropping practices (variety, preliminary cultivation, sowing type, fertilizer type and dosage), the extent of toxicity (presence and scoring of visual symptoms) and production. Surveys were conducted in two phases, the first between tillering and ripening onset (60-90 days after transplanting), which is the period when iron toxicity symptoms are more visible, and the second at harvest to estimate production. The constraint intensity, based on leaf symptoms, was defined on a visual scale ranging from 1 to 9, according to the intoxication level. A score of 1 indicated normal tillering

and growth, while 9 indicated that most of the plants were dead or withered (11).

Three intensity levels were defined on the basis of the iron toxicity level in each plot. Level 1 for scores between 1 and 3 (low intensity), level 2 for scores between 3 and 6 (intermediate intensity) and level 3 for scores above 6 (high intensity).

The statistical analysis was conducted using the SAS software package (20). The frequency of each intensity level was determined for each lowland and site. The most frequent score was considered as the iron toxicity level for a given lowland or site. Some questionnaire fields could not be filled in for various reasons, so the number of plots or lowlands or even sites sometimes varied according to the parameter being analyzed.

Results and discussion

The survey covered a total of 4,625 irrigated rice plots distributed in 757 distinct lowlands at 33 sites in the three countries. The study covered a total lowland rice cropping area of 3,880 ha. Some 2,145 ha of this area was affected by iron toxicity, i.e. 55.5% of the overall area. In 1987, Abu *et al.* (3) pointed out that the percentage of iron toxicity affected areas in 11 districts of Sierra Leone ranged from 34 to 61%. Thus, contaminated areas in Sierra Leone were in same proportion to those in the three studied countries.

These two studies were conducted more than 10 years apart. This consistency with respect to the proportion of area affected confirms the scope of this edaphic constraint for lowland rice cropping in West Africa.

1. Environmental and ecological characterization

Lowlands were divided into two categories according to the watershed slope: Type 1, where both slopes were less than 5%; and Type 2, with at least one slope greater than 5% (for practical reasons: easy to estimate by the interviewers). Generally, both lowland types were found in all the sites studied, but Type 2 was predominant (64% for the three countries). Three watershed types were distinguished according to the area: small watersheds (areas below or equal to 100 ha), intermediate watersheds (areas between 100 and 200 ha) and large watersheds (areas above 200 ha). In the studied area, most sites (84%) had small watersheds (below 100 ha) whereas only 6% had large watersheds.

The use of the watersheds during the study period is described in table 1. Generally, areas were cultivated (52%), with 87% under various crops and 13% under orchards. The remaining area was used for settlements and infrastructures (5%), or not directly cultivated and left as fallows (17%), or natural vegetation (26%). These proportions varied between countries. In Ivory Coast, less than half (43%) of the watershed areas were used, whereas in Guinea and Ghana cultivated areas represented 56 and 58% of the watershed areas, respectively.

Table 1
Watershed and Lowland use (%) during the years 2000-2001

Countries	Watershed			Lowland					
	Cultivation (%)	Settlements (%)	Non-exploited	Dry season			Rainy season		
				Rice	Other crops	Non-exploited	Rice	Others crops	Non-exploited
Ivory Coast	43.18	7.57	49.25	24.86	27.70	47.44	57.31	18.62	24.07
Ghana	57.85	0	42.15	2.04	10.11	87.85	49.05	2.56	48.39
Guinea	55.68	8.72	35.60	19.49	40.86	39.65	80.76	2.68	16.56
Total	52.24	5.43	42.33	15.46	26.22	58.31	62.37	7.96	29.67

Lowlands were also classified in three categories according to the half of watersheds area (each lowland has 2 watersheds): small lowlands (below 50 ha), intermediate lowlands (between 50 and 100 ha) and large lowlands (above 100 ha). Small lowlands predominated overall (12, 13, 15).

The lowlands studied were essentially used for rice cropping in the rainy season and for secondary crops (vegetable) in the dry season (Table 1). In all three countries, 62% of the lowland areas used in the rainy season were cropped with rice. This share reached as high as 80% in Guinea, a renowned rice-producing country. However, in the dry season, secondary crops such as vegetables, fruits and perennials (bananas, palm trees and raffia) were more widely cultivated (26%) than rice (15%). There was also a higher proportion of non-utilized areas in the dry season (58%) than in the rainy season (30%). The reduction in agricultural areas, particularly for rice cropping in the dry season was likely due to the scarcity of water and accrued pressure from biotic and abiotic stresses (rodents, insects, birds, wind, iron toxicity, etc.).

The level of development in cultivated areas was assessed at both the lowland and plot levels and three levels of irrigation in plots were considered: good, intermediate and low irrigation. Good irrigation meant that drains and overflow canals were available, well maintained, and that farmers controlled water level variations in their plots throughout the crop growth period. For low irrigation, the water level on the plot was irregular throughout crop growth (with excesses and shortages) due to a lack of infrastructures or inappropriate use of water. Intermediate irrigation corresponded to situations where infrastructures were more or less available and maintained, with inappropriate water management at the plot level.

Hence, even though the irrigation levels are considered (Table 2), it was noted that plots and lowlands were marked by a lack of infrastructures (low or intermediate irrigation). In fact, irrigation was good, intermediate and low, respectively, in 15, 34 and 51% of the studied plots, but there were marked differences between countries. In Ivory Coast, the proportion of plots with good irrigation was low (8%), whereas in Guinea and Ghana it was 24 and 35%, respectively. In Ivory Coast, after an active investment period that was launched in 1968, the government progressively withdrew from lowland development and maintenance until 1990 (10). Since then, farmers had to handle these tasks, which have been gradually abandoned due to the high costs involved. However, in recent years the government, in Guinea and particularly in Ghana, has been implementing a rice rehabilitation policy based on the modernization of production systems in order to reduce rice imports (16). There was considerable lowland development in these countries (8).

2. Iron toxicity distribution and intensity

There was high spatial variability in iron toxicity at various scales (between the three countries and within each country). For the three countries, the variation coefficient with respect to the visual symptom score is 67% (Table 2). This value was similar in Ivory Coast and Guinea (69 and 64%, respectively)

and lower in Ghana (46%) due to the prior selection of lowlands for the study. At each country scale, the stress intensity was not the same at all the studied sites (Figure 1). Hence, two neighboring sites (about 100 km apart) sometimes showed differences in terms of affected rice areas, e.g. Korhogo and Boundiali in Ivory Coast. However, some major zones could be defined. Haute Guinée lowlands were less affected by iron toxicity, whereas the stress was widespread in Guinée forestière.

In Ivory Coast, the Odienné, Bondoukou and Abengourou areas could be considered as not or only slightly intoxicated (most visual scores of 1). Inversely, the other sites seemed to be moderately or highly toxic (score of visual symptoms usually above or equal to 3). At sites like Korhogo and Gagnoa, there was high pressure from this stress (most lowlands had scores above 5). In Guinea, the stress was low in the center (Kissidougou, Guekedou and Kankan) and intermediate in the rest of the country. All sites in Ghana, except Anto-Dompem and Dawadawa, showed moderate or high iron toxicity. For the reasons mentioned above, this country had the greatest share of highly affected lowlands (60%).

The mean coefficient of variation per study zone was 54%. There could thus be substantial differences in stress pressure between two neighboring lowlands (about 10 km apart). This was the case with respect to Kindia and Nzérékoré in Guinea, Gagnoa and Soubre in Ivory Coast and Assin-Akonfudi in Ghana. The results also showed spatial variability at the lowland (mean CV of 50%) or even plot level. Most of the studied sites were only moderately toxic but this did not bar the fact that a few lowlands had high iron toxicity levels.

3. Iron toxicity impact on yield

Mean yields were low at the plot level. For healthy plots with no symptoms (visual score= 1), the mean yield was 1.7 t.ha⁻¹. For affected plots (visual score > 1), the mean yield was 1.5 t.ha⁻¹. The mean loss, considering all plots, was 11% relative to the mean yield of the healthy plots. For the overall study, this loss concerned 58% of the plots (2,689 plots).

Yield declined as a function of the intoxication level in plots (Figure 2), as well as the proportion of affected plots. Some 34% of slightly contaminated plots (visual score= 3) had a yield loss of 4% compared to healthy plots. About 19% of the plots had a visual score of 5, corresponding to a yield decrease of 12%. The 6% of remaining plots were highly intoxicated (visual score > 5) and showed a yield decrease of 55%. High iron toxicity stress considerably reduced the mean plot yield. These results corroborate the work of Audebert and Sahrawat (5), Sahrawat and Diatta (18), and Yoshida (22).

In the study zone, nine lowlands were reported to be abandoned by farmers due to iron toxicity. This abandonment occurred long ago for a number of sites (20 years in Ghana for the Dawadawa site and 10 years in Ivory Coast at the Danané site). However, some lowlands were abandoned more recently (less than 5 years earlier), namely at the Danané site.

Table 2
Irrigation levels and variability in iron toxicity visual scores of the selected areas within each country

Country	Irrigation			Iron toxicity visual scores		
	Good	Medium	Bad	Mean	Standard Deviation	C.V. (%)
Ivory Coast	8.29	40.05	51.66	2.61	1.80	69.09
Ghana	35.51	0.94	63.55	5.13	2.35	45.83
Guinea	23.73	27.42	48.82	2.97	1.89	63.54
Total	14.90	34.26	50.84	2.8	1.8	67.4

C.V.: coefficient of variation.

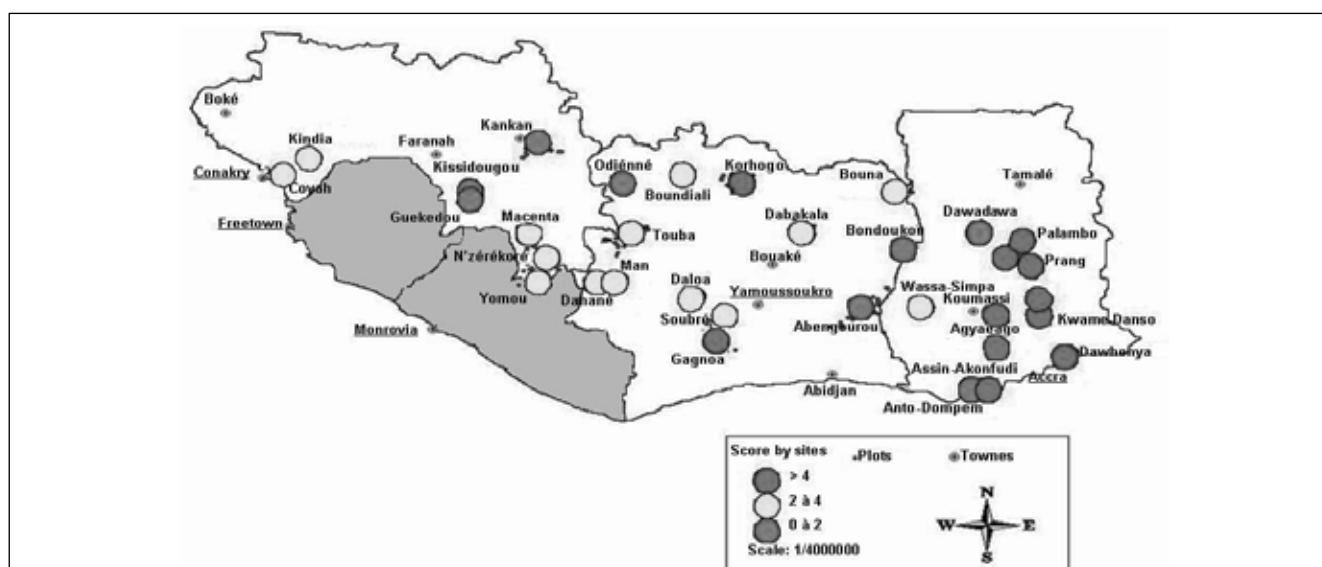


Figure 1: Map of iron toxicity symptoms per survey site. Years 2000-2001.

4. Cropping practices and iron toxicity

Two cropping practices were considered in this study: the type of sowing and irrigation level on the plot.

Three types of sowing were identified in the studied zone: no-till sowing (in rows) transplanting and broadcast sowing. Transplanting was the most commonly used technique in the sub-region (78.5% of plots). No-till and broadcast sowing were used only in 6 and 15.5% of plots, respectively. For each of the countries, no-till sowing was adopted only in a small number of delineated sites. With no-till and broadcast sowing, mean yields were significantly below those with transplanting both in healthy and intoxicated plots (Table 3). In the studied zone, half of the plots (51%), did not have good irrigation. The results showed that better irrigation boosted the mean yields of the plots. In addition, when irrigation was good, there was no significant difference between mean yields in healthy and contaminated plots. Similarly, other cropping practice such as fertilizer input significantly improved grain yield of rice under iron toxicity condition (5, 6, 18). However, there was still a significant difference in the yields between healthy and infected plots.

This analysis also helped to rank cropping practices. This ranking seemed independent of the iron toxicity pressure. Hence, irrigation seemed to be the factor for enhancing yield under the farming conditions encountered (8). Finally, in the farming conditions, the type of sowing could influence production, probably through the impact of sowing type or the initial vigor of the crop (weed competition).

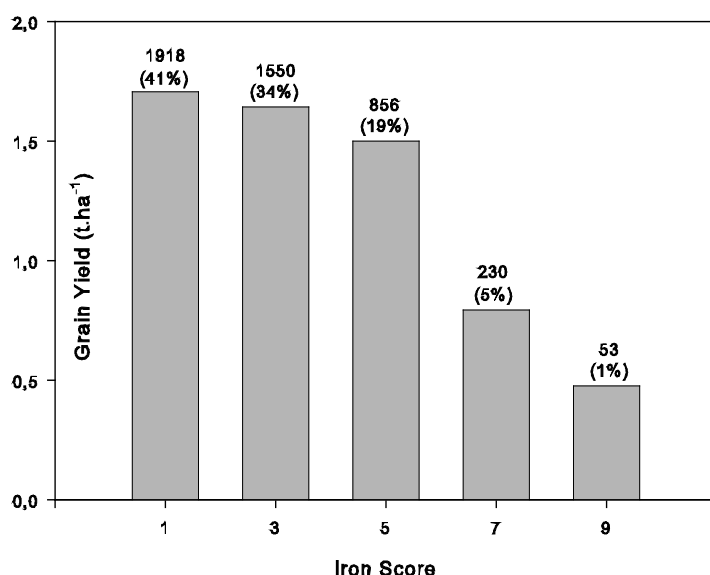


Figure 2: Plot yield and plot frequency according to iron toxicity symptoms. Years 2000-2001.

This survey, with the low observed yields, confirmed the fact that lowland rice cropping is not very intensified in West Africa. With such low yields (1.7 t/ha^{-1}), iron toxicity, when present, did not have a marked impact at the cropping intensity level in the subregion. This might not be the case with crop yields above 3 t/ha .

Table 3
Effects of iron toxicity on plot yield (t/ha) as a function of cropping practices

	Plot yield (t/ha)					
	Type of sowing			Irrigation		
	Transplanting	Broadcast	No-till	Good	Medium	Bad
Healthy plots	1.87 ax	1.38 bx	0.59 cx	2.65 ax	1.63 bx	1.51 bx
Infected plots	1.62 ay	1.14 by	0.79 cx	2.50 ax	1.35 by	1.31 by
Mean	1.72	1.25	0.69	2.55	1.44	1.42
Toxicity effect		**			**	
Types of sowing effect		**			-	
Irrigation effect		-			**	

**Significant at a the 5% threshold

a,b,c= horizontal comparisons

x, y= vertical comparisons

5. Factors favoring iron toxicity in lowlands

The results showed that the visibility and extent of the iron toxicity symptoms increased as the watershed slope increased (Table 4). The steepness of slopes directly influenced leaching and transport of mineral elements, including iron, from the upper to the lower part of the watershed. Iron (Fe-II) derived from upstream soil alteration was transported by runoff to the lowlands where it accumulated. The quantity of iron (Fe-II) drained from the upper to the lower parts of the watershed also depended on the slope conditions and the extent of watershed use. The size of the watershed or the total area used did not seem to be correlated with the iron toxicity pressure. However, major use of the soils seemed to promote iron toxicity in the lowlands (8). Table 4 shows that the visual symptoms were more marked in lowland rice plots as the extent of utilized watershed area increased. The continuous use of slopes changed the soil structure and texture, etc., thus causing accrued erosion and Fe-II leaching. Hence, steep slopes associated with high watershed use seemed to increase the iron toxicity risk in lowlands.

Table 4
Iron toxicity intensity in lowlands as a function of the watershed slope and use

Infection	High slopes (> 5%) (%)	Extent of watershed use (%)
Low	60	64
Medium	66	77
High	72	82

Conclusion

This study did not cover the entire West African subregion but it helped to gain insight into the extent of rice-growing areas actually affected by iron toxicity, its intensity in the studied zones and to establish a georeferenced database on the constraint.

In the farming conditions encountered during this study, iron toxicity did not appear to be a major constraint, when only considering yield. However, this constraint deserves greater attention in the light of the number of affected areas. The study highlighted the scope of the phenomenon but also opens research avenues on control methods to implement. There seem to be links with cropping practices at the plot, lowland and even watershed level. Ecologically, improved management of watersheds and tailored cropping practices (same sowing types and dates, good irrigation, same fertilizer types and dosages) in lowlands would probably help to minimize production losses due to iron toxicity. The diversity of varieties cultivated, generally known under local names, makes it difficult to estimate yield losses due to iron toxicity compared to the real potential of the crops. This study revealed links between cropping practices and iron toxicity. These hypotheses pave the way for new potential studies.

Acknowledgements

The authors wish to thank the 'Centre National de Recherche Agronomique'-CNRA- (Ivory Coast), the 'Institut de Recherche Agronomique de Guinée' -IRAG- (Guinea) and the Crops Research Institute -CRI- (Ghana) teams, which took part in the field work. This study would not have been possible without the financial support of the Inland Valley Consortium.

Literature

- Abifarin A.O., 1988, Grain yield loss due to iron toxicity. WARD A Technical Newsletter, **8**, 1, 1-4.
- Abifarin A.O., 1989, Progress in breeding rice for tolerance to iron toxicity. WARD A Annual report, 34-39.
- Abu M.B., Hilton-Lahai A.H. & Abifarin A.O., 1987, Etude sur la toxicité ferrique en Sierra Leone, Bulletin technique de l'ADRAO, **7**, 1, 12-14.
- Asch F., Becker M. & Kpongong D.S., 2005, A quick and efficient screen for resistance to iron toxicity in lowland rice. J. Plant Nutri. Soil Sci. **168**, 764-773.
- Audebert A. & Sahrawat K.L., 2000, Mechanisms for iron toxicity tolerance in lowland rice. Journal of Plant Nutrition, **23**, 1877-1885.
- Audebert A., 2006, Diagnostic du risque et approche de gestion de la toxicité ferreuse dans les bas-fonds rizicoles, pp. 6-17, In: Audebert A., Narteh L.T., Kiepe P., Millar D. et Beks B. (Editors.), Toxicité ferreuse dans les systèmes à base riz d'Afrique de l'ouest, Centre du riz pour l'Afrique (ADRAO) Cotonou, Bénin, 196 p.
- Becker M. & Asch F., 2005, Iron toxicity in rice-condition and management concepts. J. Plant Nutri. Soil Sci. **168**, 558-573.
- Cherif M., Fofana M., Audebert A. & Zouzou M., 2006, Significant aspects of iron toxicity in West Africa, pp. 141-148, In: Audebert A., Narteh L.T., Kiepe P., Millar D. et Beks B. (Editors.), Iron Toxicity in Rice-based Systems in West Africa, Africa Rice Center (WARD A), Cotonou, Benin 175 p.
- Diatta S., Audebert A., Sahrawat K.L. & Traoré S., 1998, Lutte contre la toxicité ferreuse du riz dans les bas-fonds. Acquis de l'ADRAO dans la zone des savanes en Afrique de l'Ouest. In: Aménagement et mise en valeur des bas-fonds au Mali, 21-25/10/1996, Sikasso, Mali, (Eds.) N. Ahmadi and B. Temé, CIRAD-CA, 363-371.
- Gbaka Tchétché H., 1994, Aspects de la riziculture de bas-fonds en Côte d'Ivoire. Rapport Annuel du Consortium Bas-Fonds, 58-60.
- IRRI, 1989, Standard evaluation system for rice, Third Edn. Manila, Philippines.
- Lavigne-Delville P. & Boucher L., 1998, Dynamiques paysannes de mise en culture des bas-fonds en Afrique de l'Ouest forestière 1998. In: Les rizicultures de l'Afrique de l'Ouest: actes du colloque international CNRS-CIRAD., Montpellier, 365-376.
- Lidon B. & Legoupil J.C., 1996, La mise en valeur des bas-fonds en Afrique de l'Ouest: les acquis du CIRAD et de ses partenaires. In: Rapport annuel 1995- Bouaké: CBF, p. 49-54.
- Masajo T.M., Alluri K., Abifarin A.O. & Janakiram D., 1986, Breeding for high and stable yields in Africa, in the wetlands and rice in sub-Saharan Africa, (Eds.) A.S.R. Juo and J.A. Lowe, Ibadan, Nigeria, 107-114.
- Raunet M., 1990, L'étude du fonctionnement d'un bas-fond rizicultivé "Enseignements méthodologiques d'une opération de recherche interdisciplinaire à Madagascar" In: Influence à l'échelle régionale des couvertures pédologiques et végétales sur les bilans hydriques et minéraux des sols. Action thématique programmée, rapport final, 1986-1989, Vachaud G. (ed.). Grenoble: Institut de Mécanique, 7-29.
- Roux B., 1998, Les enjeux de la politique rizicole en Guinée. In: Agriculture et développement, 19, 39-45.
- Sahrawat K.L., 1998, Flooding soil: a great equalizer of diversity in soil chemical fertility, Oryza, **35**, 4, 300-305.
- Sahrawat K.L. & Diatta S., 1994, Effet de la gestion des éléments nutritifs et de la saison sur la toxicité ferreuse. Rapport Annuel ADRAO, 34-35.
- Sahrawat K.L., Diatta S. & Singh B.N., 2000, Reducing iron toxicity in lowland rice through an integrated use of tolerant genotypes and plant nutrient management. Oryza **37**, 1, 44-47.
- SAS Institute Inc., 1989, SAS/STAT user's guide, version 6, 4th ed., vols. 1 and 2. SAS Institute, Inc., Cary, NC.
- Virmani S.S., 1979, Breeding rice for tolerance to iron toxicity. In: Second varietal improvement seminar, Monrovia, Liberia, WARD A, 156-173.
- Yoshida S., 1981, Fundamentals of rice crops science. International Rice Research Institute (IRRI), Manila, Philippines. pp. 270.

M. Chérif, Ivorian, Doctorant, Etudiant, Laboratoire de Physiologie Végétale UFR-Biosciences Université de Cocody-Abidjan, Côte d'Ivoire.

A. Audebert, French, Docteur, Chercheur, CIRAD, 34398 Montpellier, Cedex 5, France.

M. Fofana, Ivorian, Doctorant, Assistant de recherche, ADRAO, 01 BP 2551, Bouaké 01, Côte d'Ivoire.

M. Zouzou, Ivorian, Maître de conférence, Enseignant chercheur, Laboratoire de Physiologie Végétale UFR-Biosciences Université de Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire.

Etude de l'oasis traditionnelle Chenini Gabès dans le Sud Est de la Tunisie

Karima Kouki^{1*} & H. Bouhaouach²

Keywords: Oasis- Fertility- Salinity- Abandonment- Rehabilitation- Composting- Tunisia

Résumé

Cette recherche a été effectuée dans l'oasis de Chenini Gabès, située dans le Sud Est de la Tunisie. Le but est de caractériser son milieu physique, agronomique et socio-économique et de considérer l'opportunité d'y installer une unité de compostage des déchets. Une prospection de terrain et une enquête auprès des populations locales ont été réalisées. Trois cartes ont été élaborées: celle des sols, des occupations des sols et de la dynamique socio-économique des populations. Le point a été mis sur des problèmes de salinité, mauvais drainage, infertilité des sols et déséquilibre socio-économique à l'intérieur de l'oasis. Les zones Nord et Nord-Est ont été identifiées comme les plus prospères; le Sud comme ayant le plus de problèmes liés à la salinité élevée des sols, au morcellement accru des exploitations, et à la rentabilité faible de l'activité agricole, menant jusqu'à l'abandon des terres. Les sols de l'oasis ont des teneurs en matière organique très faibles ($\leq 0,5\%$), alors que plus de 5.700 tonnes de déchets organiques sont perdus annuellement par l'oasis. L'installation d'une unité de compostage adaptée au contexte oasien pourrait contribuer à augmenter la fertilité des sols dans le cadre d'une agriculture durable.

Summary

Study of the Traditional Oasis Chenini Gabès in the South East of Tunisia

This research was carried out in the oasis of Chenini Gabès, located in the South East of Tunisia. The objective is to characterize its physical, agronomic and socio-economic environments and to consider the advisability of installing there a composting unit to recycle waste. A field prospection and a population's investigation were carried out. Three charts were elaborated: that of the soils, the soils' occupations and the socio-economic dynamics of the populations. The point was put on the problems of salinity, bad drainage, infertility of the soils and the unbalance of the socio-economic dynamics inside the oasis. The zones North and North-East were identified as the most prosperous, the South as having the most problems of high salinity, the increased parcelling out of the exploitations, and the low profitability of the agricultural activity resulting in abandonment of farms in many cases. The soils' organic matter contents are very low ($\leq 0,5\%$), whereas more than 5,700 tons of organic waste are lost annually by the oasis. The installation of a composting unit adapted to the context of the oasis could contribute to increase the soil fertility in the respect of a sustainable agriculture.

Introduction

Les oasis en Tunisie sont situées dans le sud du pays dans les gouvernorats de Gabès, Kébili, Tozeur et Gafsa. Elles occupent à peu près une surface de 36.000 ha, ce qui représente 0,8% de la superficie agricole totale et 13% de la superficie totale des périmètres irrigués. L'effectif total des palmiers dattiers s'élève à 4.310.000 pieds avec un taux d'accroissement estimé à 3,5% par an (1). Les gouvernorats de Kébili et de Tozeur abritent la majeure partie des oasis avec respectivement 49% et 24% de la superficie totale (Tableau 1).

malheureusement contribué à appauvrir le sol vu, d'une part, les apports dérisoires de matière organique effectués chaque année et, d'autre part, les problèmes de salinisation de la couche arable survenus suite à l'irrigation à l'eau salée (résidu sec moyen= 3 g/l) et au drainage défectueux (4). L'appauvrissement du sol a provoqué des changements socio-économiques bouleversants qui ont amené certains propriétaires jusqu'à abandonner leurs parcelles (5). Dans le cadre du présent travail, nous faisons le point sur la situation dans l'oasis de Chenini Gabès concernant le sol,

Tableau 1
Distribution des superficies et des effectifs du palmier dattier en Tunisie (1)

Gouvernorat	Superficie (ha)	Importance relative	Effectif (palmiers)	Densité (pieds/ ha)
Kébili	15.960	49%	2.092.000	131
Tozeur	7.900	24%	1.584.000	201
Gabès	6.940	21%	445.000	64
Gafsa	1.860	6%	189.000	102
Total	32.660	100%	4.310.000	

Le gouvernorat de Gabès, en revanche, dans lequel se situe l'oasis de Chénini, lieu de notre étude, n'abrite que 10% de cet effectif. Les oasis de Gabès sont, en effet, caractérisées par des densités faibles de palmiers dattiers dont la moyenne est estimée à 64 pieds/ha, à l'opposé de celles de Kébili et Tozeur dont les densités s'élèvent respectivement à 131 et 201 pieds/ha. Ainsi, l'oasis de Gabès a vu l'importance du palmier dattier régresser considérablement en faveur du maraîchage intensif au fil des années. Cette pratique a

la vocation des sols et la dynamique socio-économique. Nous étudions ensuite l'opportunité d'y installer une station de compostage des déchets qui seraient valorisés dans la fertilisation des sols.

Matériel et méthodes

L'oasis de Chenini Gabès est l'une des plus importantes oasis du Sud-Est de la Tunisie. Elle s'étale sur le littoral du Golfe de Gabès: Latitude 33° 53 Nord; Longitude 10° 12,

Institut National Agronomique de Tunisie, 43 Avenue Charles Nicolle, 1002 Tunis Mahrajène, Tunisie.

*Tel: (00216) 71 289 431 / 71 892 785 Fax: 00216 71 799 39 e-mail: kouki_karima@yahoo.fr

²Faculté universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux, Laboratoire de recherche, Écologie Microbienne et Épuration des Eaux FuSAGx / Belgique.

Tél: 0032(0)489255025 Email:bouhaouach.h@fsagx.ac.be

Reçu le 17.09.08 et accepté pour publication le 09.12.08.

perpendiculairement à la côte d'Est en Ouest, avec une pente relativement faible. Son climat est du type méditerranéen aride, chaud en été et doux en hiver. La pluviométrie est faible et irrégulière avec une moyenne annuelle de 186 mm. Les températures sont élevées en été et atteignent 32,5 °C en août, sous l'influence des vents sahariens. Elles sont douces en hiver, et baissent jusqu'à 5 °C en décembre et janvier. Les vents sont très fréquents et leur vitesse peut atteindre 30 m/s. Entre décembre et avril, ce sont des vents froids, secs et porteurs de sable qui soufflent du secteur Nord, Nord-Est et parfois Sud-Est. A la fin du printemps et en été, le Sirocco peut souffler pendant 28 jours en moyenne par an. La durée d'insolation est en moyenne de 7 h/j au cours des mois de l'hiver, mais elle atteint 12 heures en juillet. L'évapotranspiration est estimée à 1.417 mm par an.

Les sols de la région de Gabès proviennent des dépôts continentaux et marins du quaternaire et forment une couche de 2 à 30 m selon les endroits (3). Ils ont été largement transformés par le travail des hommes, en particulier au sein de l'oasis de Chenini Gabès. La pratique du maraîchage intensif a fini par épuiser le sol et pousser les agriculteurs à utiliser excessivement les engrais chimiques. Le présent travail de recherche vise à faire le point sur la situation de l'oasis et à étudier l'opportunité de développer une agriculture oasienne durable, basée sur la valorisation de la matière organique. Il est mené en 3 étapes:

- La collecte de données générales sur l'oasis afin de la situer dans le contexte global des oasis tunisiennes.
- L'élaboration de trois cartes: pédologique, d'aptitudes culturales et de dynamique socio-économique pour étudier la situation actuelle de l'oasis et ses perspectives de développement.
- La discussion de l'opportunité d'installer une unité de compostage adaptée au contexte de l'oasis.

Pour l'élaboration des cartes, différentes sources d'information sont utilisées: les observations réalisées sur terrain; les résultats d'analyses physico-chimiques d'échantillons de sol analysés au laboratoire; le contact

direct avec les paysans, en particulier les plus expérimentés dits: «Fellahs sources».

Résultats

L'oasis de Chenini Gabès est parmi les rares oasis littorales dans le monde. Considérée pendant très longtemps comme une entité homogène, elle a été en réalité touchée par des mutations écologiques et environnementales parfois accentuées. Leurs traces, visibles dans le milieu physique, ont largement déterminé les aptitudes culturales, et la dynamique socio-économique de l'oasis.

1- Carte des sols

Le socle géologique de l'oasis de Chenini est constitué par des argiles gypseuses qui reposent sur les calcaires du Crétacé. En surface, on trouve plusieurs mètres de sable gypso calcaire sur lesquels se forme un encroûtement gypseux. La proportion de gypse est de 20 à 30%, alors que celle de calcaire est de 5 à 20%. Les sols sont battants en majorité et de faibles teneurs en matière organique. Des problèmes d'halomorphie et d'hydromorphie sont présents dans l'oasis et sont de plus en plus graves en allant vers la mer. L'irrigation presque généralisée dans l'oasis contribue progressivement à la salinisation des sols. On distingue ainsi trois grandes catégories de sols (Figure 1):

- Les sols les plus drainants et naturellement riches, situés en amont de l'oasis en bordure des deux principaux oueds. Ils sont alluvionnaires sableux non hydromorphes avec une nappe phréatique à plus de 2 m de profondeur.
- Les sols pauvres à tendance hydromorphe ou franchement hydromorphe, représentant la majorité des sols du Centre et du Nord Ouest de l'oasis. Ils sont peu drainés naturellement, mais leur salinité reste encore modérée. Leur hydromorphie de profondeur provoque la salure des horizons profonds et la précipitation du gypse.
- Les sols situés en aval de l'oasis, directement en bordure de mer, qui sont franchement hydromorphes et souffrent de la salinité élevée. La nappe est à moins de 1 m de profondeur.

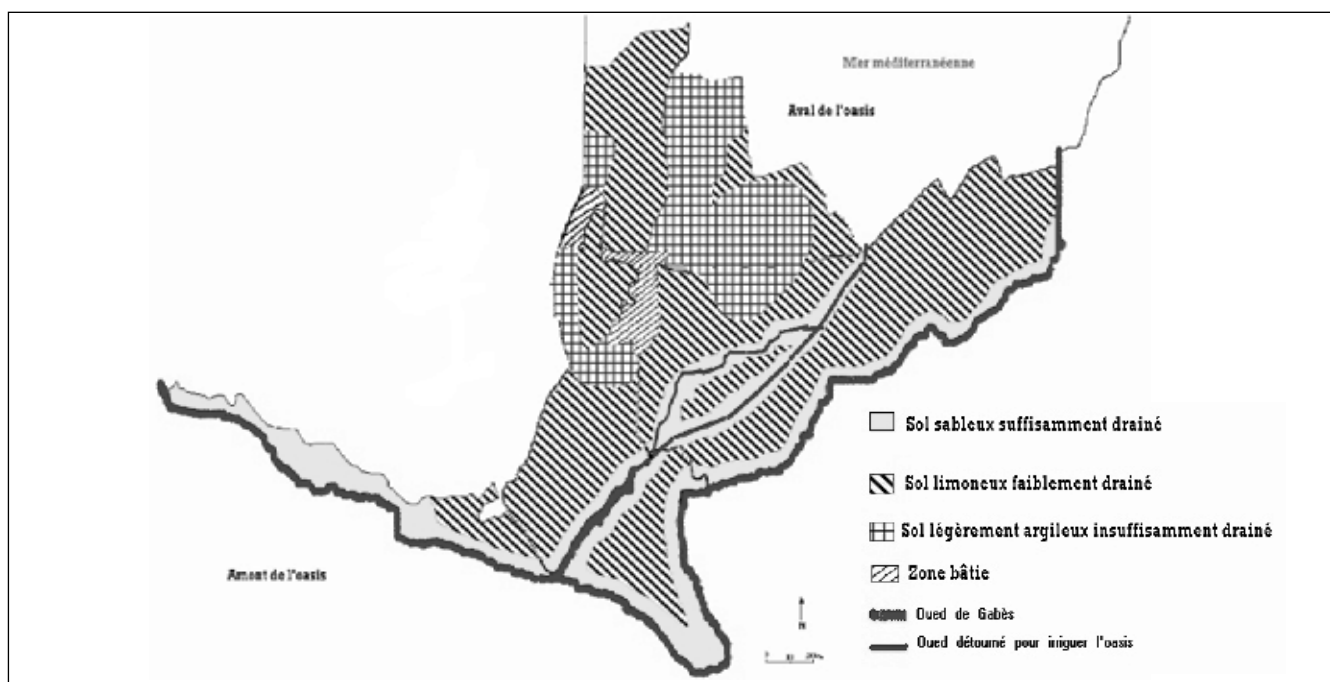
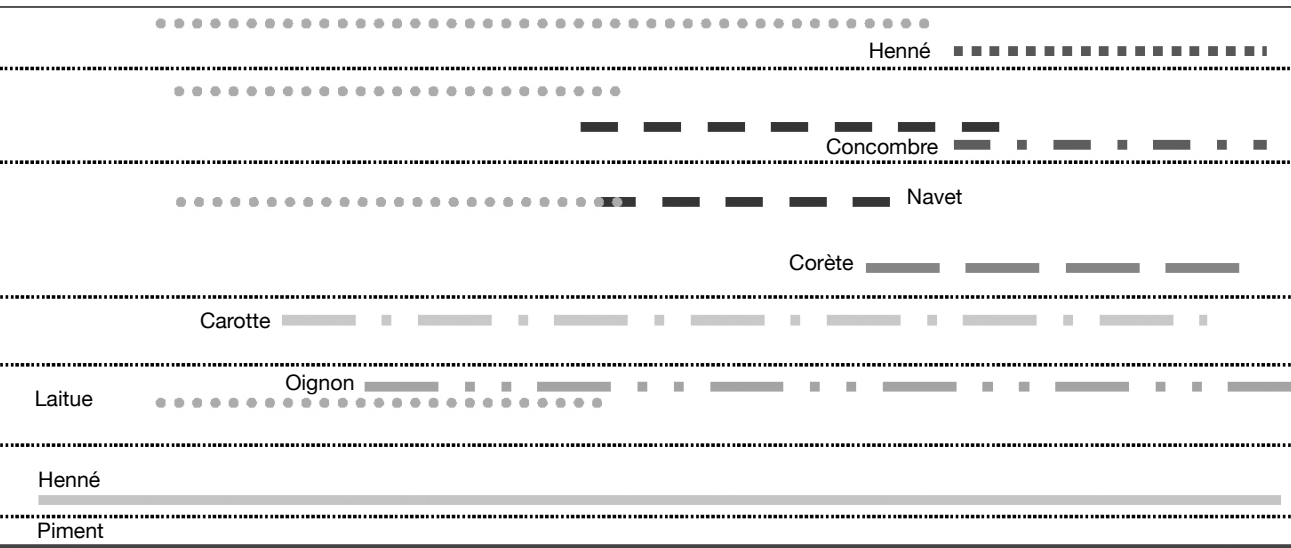


Figure 1: Carte des sols de l'oasis de Chenini Gabès.

Calendrier de l'occupation du sol par les principales cultures maraîchères pratiquées dans l'oasis de Chenini Gabès

Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	
												
							Henné					
						Concombre						
						Navet						
							Corète					
		Carotte										
Laitue					Oignon							

 Piment Navet Corète
 Laitue  Concombre  Henné
 Oignon  Carotte

2- Carte de l'occupation des sols

L'élaboration de la carte de l'occupation des sols (Figure 2) a permis de montrer différentes zones en rapport avec les conditions physiques et sociales du milieu. Les spéculations dominantes sont: le maraîchage, l'arboriculture fruitière et l'élevage associé aux cultures fourragères.

Le maraîchage est situé essentiellement dans les terres à tendance hydromorphe et/ou légèrement salées de l'oasis. Ces terres sont organisées en grandes parcelles après l'arrachage des palmiers et des arbres fruitiers pour procurer plus de soleil aux cultures basses. Le maraîchage est pratiqué de manière relativement intensive (Tableau 2) puisque plusieurs espèces peuvent se succéder dans la même parcelle au cours de la même année.

Concernant l'arboriculture fruitière, elle est localisée en amont de l'oasis dans la zone traditionnellement considérée comme la plus riche. Les espèces cultivées sont nombreuses: l'espèce principale est incontestablement le grenadier, qui peut être associé avec la vigne et les agrumes et, moins souvent, avec le figuier, le prunier, le pommier, le pêcher...etc. Le grenadier est aussi retrouvé seul, sans association avec d'autres espèces, sous forme de vergers. Dans les parcelles franchement maraîchères, le grenadier subsiste en bordure des jardins, avec les palmiers, vignes et figuiers.

Quant aux élevages ovins et caprins, ils sont distribués dans toute l'oasis avec une plus forte concentration dans la zone Ouest. L'alimentation des bêtes à base de luzerne, fait que la culture de cette dernière est très répandue dans toute l'oasis. Elle peut rester en place plusieurs années de suite

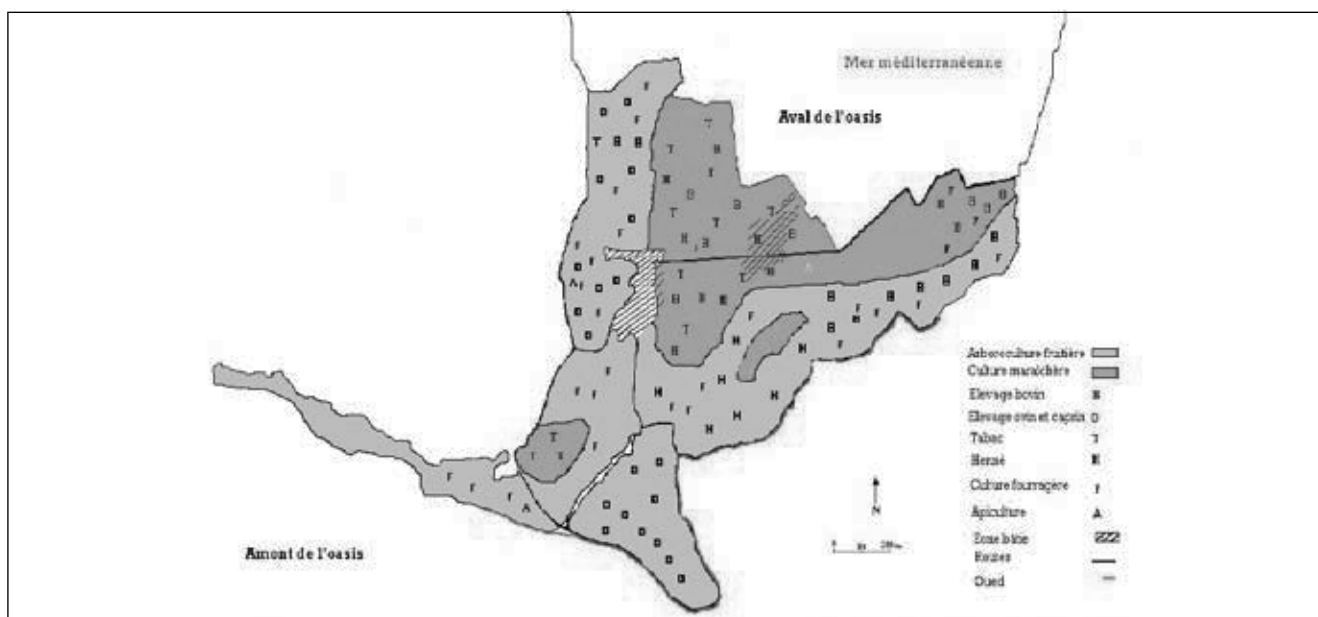


Figure 2: Carte de l'occupation des sols de l'oasis de Chenini Gabès.

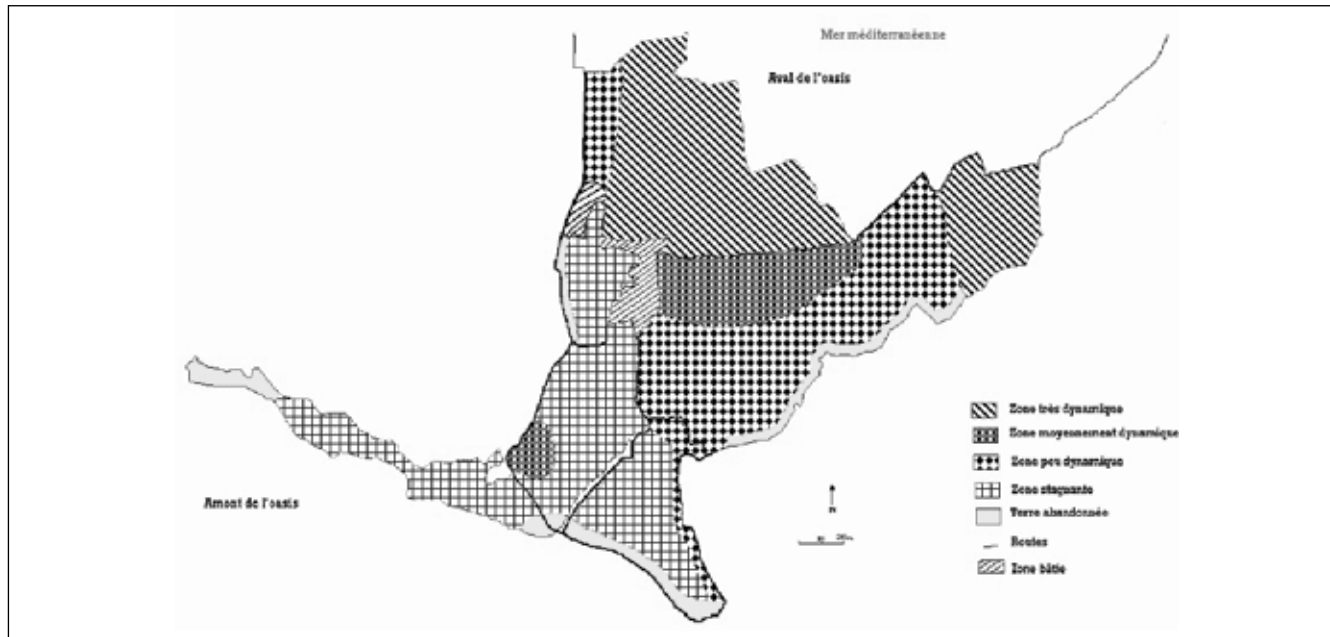


Figure 3: Carte de la dynamique socio économique de l'oasis de Chenini Gabès.

et permet de faire 10 à 12 coupes en moyenne par an. La luzerne sert en partie à nourrir le troupeau et procure au Fellah un complément de revenu grâce à sa vente dans les marchés hebdomadaires. Elle tolère très bien le sel, mais d'autres espèces le font assez bien aussi et sont assez présentes dans l'oasis; c'est le cas de l'avoine, de l'orge et du sorgho.

La luzerne occupe aussi une très grande place dans les exploitations du Nord-Est, devenues réputées pour leurs troupeaux de bovins laitiers. Ce type d'élevage n'était pas présent dans la tradition des oasis, mais son développement a fait écho aux changements alimentaires de la population, et a largement profité des subventions de l'Etat. De jeunes agriculteurs ont remis en état des parcelles abandonnées pour pratiquer ce type d'élevage.

Les cultures industrielles sont en perte de vitesse. Le henné est une plante pluriannuelle qui est, en général, cultivée en association avec d'autres cultures. Le tabac est planté chez des fellahs souvent âgés, qui pratiquent d'autres cultures en parallèle, comme le maraîchage. Cela est dû au fait que les prix (notamment pour le henné) sont en baisse et que l'entretien et la récolte des cultures sont pénibles et nécessitent une main-d'œuvre importante (ramassage, effeuillage, séchage). Il est à noter que l'apiculture est présente dans l'oasis et tend à se développer, ce qui va bientôt en faire une production à part entière. Les fellahs qui ont une activité apicole ont en moyenne 9 ruches, qu'ils placent en bordure des parcelles, à l'ombre des palmiers.

3- Carte de la dynamique socio-économique

La population de Chenini Gabès a connu une forte croissance démographique durant les trente à quarante dernières années. Elle s'est élevée à 14.152 habitants en 2004, ce qui a accentué les problèmes fonciers, compliqué le travail agricole et réduit la rentabilité des exploitations.

La population active travaille essentiellement dans le secteur industriel et tertiaire (75% de la population active). Seuls 20% ont une activité agricole, mais le plus souvent avec une autre activité parallèle. L'enquête a révélé que 8,6% de la population seulement est occupée dans l'oasis même, et le plus souvent à temps partiel. En effet, la majorité des jeunes ont délaissé le travail agricole pour de nouveaux emplois jugés plus valorisant en ville, tels que l'industrie chimique,

implantée dans les années soixante-dix. L'abandon des parcelles a été très important durant les dernières décennies car le manque chronique d'eau a rendu l'agriculture plus difficile. De même, le morcellement des parcelles, suite principalement à l'héritage, et la main-d'œuvre devenue rare et chère, ont accéléré ce phénomène. Aujourd'hui, plus de 15% des parcelles sont abandonnées. La figure 3 montre que l'activité socio-économique est dynamique dans la partie Nord de l'oasis, mais elle diminue de plus en plus en allant vers le Sud, zone dans laquelle beaucoup de terres sont complètement abandonnées.

Le secteur Nord est le plus prospère, vu qu'il dispose des sols de qualité qui offrent beaucoup de possibilités aux fellahs de pratiquer les cultures maraîchères intensives. Ce secteur est aussi le plus proche de la ville de Gabès et dispose d'un marché hebdomadaire de fruits et légumes. Néanmoins, dans ce secteur, on retrouve la plus forte densité de population installée dans des habitations souvent anarchiques construites au détriment des terres agricoles. Le secteur Nord de l'oasis est aussi le lieu de migration d'une partie de la population venant de toute part de l'oasis, à la recherche du travail.

Dans la zone médiane de l'oasis, c'est un problème de morcellement accru des parcelles qui se pose vu qu'historiquement, ce secteur représentait le cœur de l'oasis grâce à ses terres fertiles et à l'abondance de l'eau de surface. Suite à l'héritage, les terres ont été morcelées et les sols sont considérés aujourd'hui comme très épuisés après des décennies d'exploitation. Cette zone a été classée moyennement dynamique et ses richesses se limitent à l'arboriculture fruitière et à la culture du henné.

Dans le Sud de l'oasis, la situation est très critique et beaucoup de terres sont abandonnées. Les jeunes ont déserté les lieux, soit pour aller travailler en ville, soit pour émigrer à l'étranger.

4- Volume des déchets

Si on considère que l'effectif total des palmiers dattiers dans les oasis de Gabès est de l'ordre de 291.084 pieds (1) et qu'on estime à 22 le nombre de palmes enlevées annuellement par palmier dattier avec un poids moyen de 900 grammes, on pourrait évaluer à 5.763 tonnes la quantité de déchets secs fournie annuellement par les oasis de la région. Ce chiffre est très significatif pour estimer la masse

de matière organique perdue annuellement par l'oasis en absence de recyclage au profit du sol.

En effet, notre enquête n'a révélé, dans la tradition des paysans de l'oasis de Chenini, aucune forme de recyclage de cette matière organique en faveur du sol. La majeure partie des agriculteurs se débarrassent des palmes sèches en les incinérant ou en les utilisant pour la confection des clôtures. Les palmes accumulées avec le reste des déchets oasiens posent en outre un problème phytosanitaire vu qu'elles constituent un foyer de pathogènes.

Discussion

L'étude de l'oasis de Chenini a révélé la richesse écologique de cette oasis littorale, ainsi qu'un savoir-faire local riche et diversifié. Néanmoins, certaines composantes fondamentales du développement durable sont menacées, telles que le sol qui est appauvri en matière organique avec une tendance fortement hydromorphe, et la situation foncière des terres agricoles qui laisse apparaître un problème accru de morcellement et des cas fréquents d'abandon.

La détérioration de la qualité du sol est expliquée en grande partie par le recours abusif et irrationnel aux fertilisants chimiques au détriment de la matière organique, en l'occurrence le fumier qui était très utilisé dans la tradition des fellahs de l'oasis.

De même, le recours intensif à l'irrigation, face à la rareté chronique des eaux de ruissellement, a engendré des problèmes de salinisation de la couche arable.

Cette situation a poussé les fellahs de la région à changer leurs stratégies de valorisation des terres et ils ont commencé à cultiver en fonction de la vocation des sols, tenant compte des ressources naturelles disponibles dans chaque zone de l'oasis. Notre étude a fait ressortir une spécialisation locale, surtout pour les cultures maraîchères (laitue de Berguia, carotte de Ouled El Hajj, ail de Maïtta...). Cette nouvelle tradition de culture a été renforcée par l'existence, dans

chaque secteur, de «Fellahs Sources» qui servent d'appui aux jeunes agriculteurs qui les entourent. L'adoption de nouvelles traditions telles que l'élevage bovin et l'apiculture ont aussi contribué à la prospérité de certaines zones telles que, respectivement, le Nord-Est et le Sud-Ouest de l'oasis.

L'analyse de la situation de l'oasis permet de présager que l'installation d'un précurseur de réhabilitation de ce dernier, selon une filière intégrée de développement durable, permettrait de sauvegarder ce patrimoine dans un contexte rationnel.

Conclusions

Grâce à ce travail, nous avons pu montrer que l'oasis de Chenini constitue un lieu de diversification pour les activités agricoles. Cette diversification trouve son explication, d'une part, dans les ressources naturelles limitées et souvent contraignantes de l'oasis et, d'autre part, dans l'acharnement de la population à valoriser son savoir-faire traditionnel tout en restant réceptive aux innovations. Ainsi, les fellahs de l'oasis qui, pendant des décennies, ont misé plutôt sur le palmier, le grenadier, quelques fruitiers et le henné, sont aujourd'hui pour une partie des maraîchers confirmés dans le Nord de l'oasis, des éleveurs de bovins laitiers dans le Nord-Est, ou encore des producteurs de miel dans le Centre et le Sud. Ceci n'empêche pas que beaucoup de fellahs de la zone du Sud ont préféré désertier les lieux, à la recherche de travail dans la zone Nord de l'oasis ou même dans les villes voisines.

Un projet de gestion durable des ressources naturelles de l'oasis de Chenini, basé sur l'installation d'une station de compostage de déchets de palmiers, permettrait de produire de la matière organique de qualité qui servirait à améliorer le niveau de fertilité des sols. Ceci pourrait constituer une chance pour créer un noyau d'agriculture biologique dans l'écosystème oasien de Chenini, qui servirait de modèle pour le reste des oasis tunisiennes.

Références bibliographiques

1. Anonyme 1, 2003, Rapport d'activité annuel- enquête oasis, Groupement Interprofessionnel des Dattes (GID), 15 p.
2. Anonyme 2, 2006, Rapport d'activité annuel, Institut des Régions Arides (IRA) Gabès, 51 p.
3. Bachraoui A., 1980, La vie rurale dans les oasis de Gabès, thèse de doctorat de géographie, Université de lettres de Tunis, 301 p.
4. Gherairi R. & Said A., 1998, Contrôle du niveau de salure de la nappe superficielle de l'oasis de Gabès, CRDA Gabès, 42 p.
5. Rabhi P., 1995, Projet de réhabilitation économique et écologique de l'oasis de Chenini- Gabès, CRDA Gabès, 24 p.

Kouki Karima, Tunisienne, Doctorat, Maître- assistante, INAT.

H. Bouhaouach, Tunisien, Mastère, Doctorant, INAT.

Systèmes maraîchers en milieux urbain et périurbain des zones Soudano-sahélienne et Soudano-guinéenne du Cameroun: cas de Garoua et Ngaoundéré

I. Nchoutnji¹, E.J. Fofiri Nzossé^{2*}, J.-P. Olina Bassala¹, L. Temple³ & A. Kameni¹

Keywords: Periurban Agriculture- Production systems- Horticultural crops- Cameroon

Résumé

Une étude a été réalisée autour des villes de Garoua et Ngaoundéré en vue de caractériser les systèmes de production dans les périmètres maraîchers existants. Les enquêtes et observations auprès des acteurs révèlent que la production maraîchère est importante et occupe plus de 500 familles tout au long de l'année. Les principales productions portent sur les légumes de type européen (tomate, oignon, poireau, laitue...), et les légumes de type africain (oseille de Guinée, morelle noire...). A Garoua, les femmes sont plus impliquées (70%) dans la production des légumes de type africain et représentent 11% des producteurs. A Ngaoundéré, elles sont plus présentes (15,33%) dans tous les sites. L'activité est essentiellement menée par les allogènes: à Garoua, il s'agit des migrants venus de l'extrême Nord du pays alors qu'à Ngaoundéré, les maraîchers sont originaires de la province de l'ouest. Chaque périmètre est spécialisé dans un type de produit. On distingue trois catégories de producteurs: les pluriactifs, les itinérants et les saisonniers sédentaires. L'utilisation des insecticides est aléatoire et dépend de la disponibilité du produit. L'accès aux bas-fonds irrigables reste astreint aux disponibilités financières du producteur. La production maraîchère, manuelle dans l'ensemble, constitue néanmoins une source de diversification des revenus importante et complémentaire à la culture du coton et au petit commerce. En dehors de l'oignon et de la tomate qui sont acheminés par les grossistes dans les différentes villes du Cameroun et de certains pays voisins, les autres produits sont consommés localement.

Summary

Horticultural Production Systems in the Soudano-sahelian and Soudano-guinean Agro Ecological Zones of Cameroon: Cases of Garoua and Ngaoundéré

A study was carried out in Garoua (Soudano-Sahelian zone) and Ngaoundéré (Soudano-Guinean zone) to characterize horticultural production systems. Investigations revealed that more than 500 families cultivated horticultural crops yearly. Two types of legumes are concerned: European legumes (tomato, onion, cabbage...) and African legumes (oseille de Guinée, morelle noire...). In Garoua, all types are produced and African legumes are mostly (70%) by women. In Ngaoundéré where mainly European legumes are produced, women are about 15.3% of all producers. Producers are not from local origin and are organized in production areas according the type of legumes. In Garoua, there are essentially from the Far North province while those in Ngaoundéré are from the West province. There are of three types: those having many other activities, those cultivating in various lands according to seasons and those exploiting just one season of the year. Chemicals are used when available and doses are not respected. Only those who have financial means easily access to flooded lands. Horticultural crops production is by hand tools. It is an important source of income associated to cotton and small trading. Tomato and onion produced are carried to other town and in neighboring countries. Other crops are locally consumed.

Introduction

L'agriculture urbaine et périurbaine connaît un essor important depuis l'avènement de la crise économique au Cameroun. Elle est devenue une source de revenus non négligeable de nombreux ménages des zones soudano-sahélienne et soudano-guinéenne. Les jardins de très petites tailles, localisés dans les bas-fonds et les vallées marécageuses sont apparus à l'intérieur ou à la périphérie des agglomérations (11). C'est une activité qui valorise de plus en plus les zones inondables, peu propices à d'autres utilisations et qui procure un revenu à court terme à des petits producteurs sans investissement (6).

Le maraîchage urbain et périurbain dans la partie septentrionale du Cameroun concerne plusieurs types de produits: légumes (choux, laitues, oseille...), fruits (tomate, gombo...) qui accompagnent les céréales consommées, aliments de base de nombreux groupes ethniques du nord Cameroun. Les légumes feuilles traditionnels font partie des espèces africaines de grande diversité et à usages multiples, contribuant efficacement à la sécurité alimentaire et à la lutte contre la pauvreté en Afrique (1). Ce sont des espèces à croissance rapide et à haute valeur nutritive (2, 13), capables de générer sur de petites surfaces, des revenus supérieurs au salaire minimum mensuel des fonctionnaires (5) et dans un délai relativement court par rapport aux

céréales (12). Les produits du maraîchage contribuent à l'équilibre de l'alimentation soit dans la complémentation ou l'assaisonnement des sauces (gombo, oseille, tomate, oignon, persil, poireau...) ou dans la constitution des entrées (laitue, tomate, oignon). En termes de sécurité alimentaire, un Camerounais consomme en moyenne 17 kg de légumes par an, chiffre très inférieur aux normes recommandées pour une alimentation équilibrée (10). Les données mobilisables dans le nord Cameroun marquent des niveaux de consommation plus en dessous de ce chiffre. D'où la nécessité de comprendre le système d'organisation du maraîchage urbain et péri-urbain dans les villes de Garoua et de Ngaoundéré. Ces deux villes constituent les principales métropoles de la partie septentrionale du Cameroun où s'est développée depuis une dizaine d'années une intense activité maraîchère, en même temps qu'elles présentent des caractéristiques géographiques différentes (climat, relief, population).

Méthodologie

Une recherche de terrain conduite dans les villes de Ngaoundéré et Garoua respectivement chefs-lieux des provinces de l'Adamaoua et du Nord, a été organisée et

¹Institut de Recherche Agricole pour le Développement (IRAD) Garoua. BP 415, Garoua, Cameroun.

^{2*}Département de Géographie, Université de Ngaoundéré-FALSH, BP 454, Ngaoundéré, Cameroun. Tel + (237) 77538114, Email: fofiri_eric@yahoo.fr

³CIRAD, UMR MOISA Montpellier, F-34398, France.

Reçu le 30.10.08 et accepté pour publication le 03.02.09.

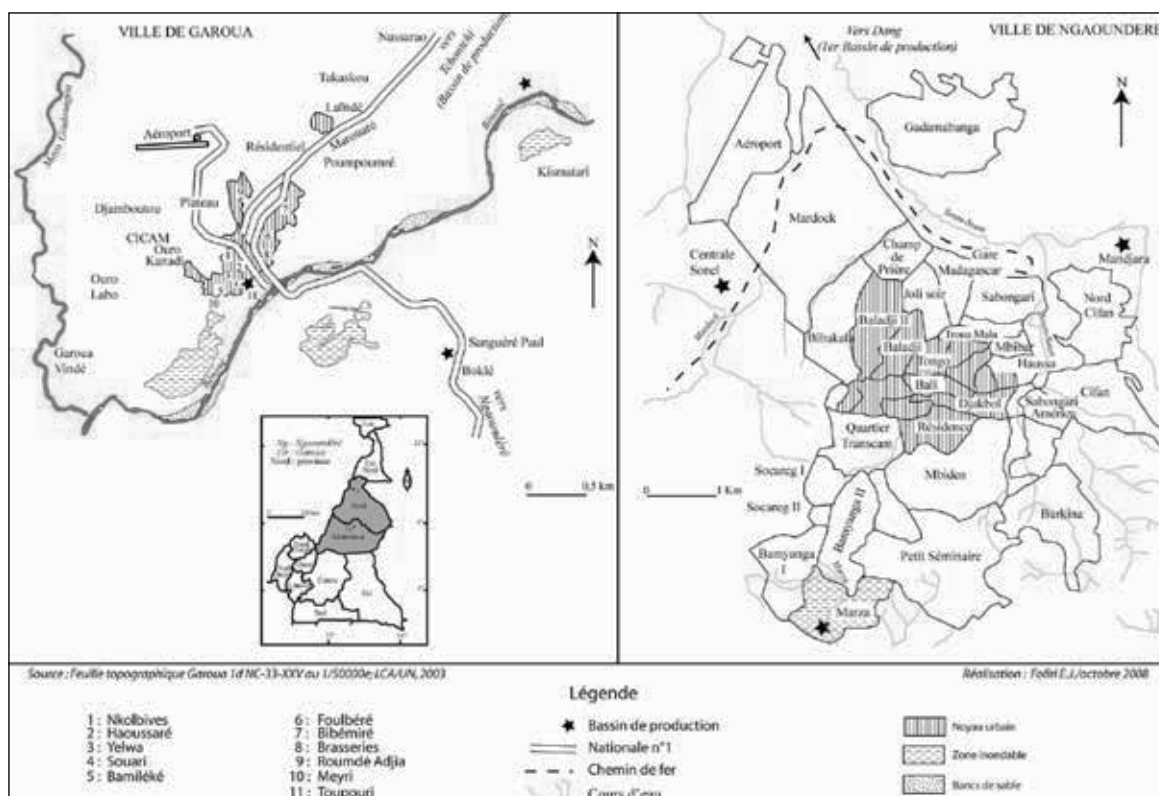


Figure 1: Bassins maraichers dans les villes étudiées.

effectuée en deux étapes : une identification des périmètres de production et un dispositif d'enquêtes réalisées auprès de 240 producteurs de mars 2005 à février 2006. Ces deux sources ont été précédées de l'exploitation des rapports d'activités dans les délégations de l'Agriculture du Nord, de l'Adamaoua et de divers documents (3, 9, 10). Des entretiens avec les détaillants des produits maraichers des marchés de Garoua et Ngaoundéré ont permis d'identifier huit principaux périmètres (ou bassins) de production à raison de quatre par ville. Il s'agit de Tchontchi, Pitoa-kismatari, Boklé et Souari pour Garoua; Dang, Marza, Mandjara et Centrale-Sonel pour Ngaoundéré (Figure 1).

L'échantillon était constitué de 30 producteurs en moyenne par bassin, soit un total de 240 producteurs. L'échantillonnage s'est effectué de façon aléatoire de manière à couvrir la zone étudiée. Les données collectées ont porté sur les itinéraires techniques pratiqués, la commercialisation des produits et les contraintes liées à cette activité. Ces données ont été enregistrées et analysées dans un tableur Excel. Une analyse des pratiques et une typologie des producteurs maraichers ont été effectuées.

Résultats et discussions

1. Caractéristiques de la demande alimentaire des villes de Garoua et Ngaoundéré

La population des principales villes du nord Cameroun à l'instar de Garoua et Ngaoundéré a connu au cours de ces

trois dernières décennies une augmentation remarquable. Cette situation est causée par la forte mobilité des populations tant nationales qu'étrangères. Ces deux villes constituent en effet deux points de passage obligatoires entre les parties septentrionale et méridionale du Cameroun. Le tableau 1 présente l'évolution de la population de ces deux villes.

Il est assez difficile d'évaluer le niveau de la demande des populations des deux villes en produits maraichers, en raison de l'existence de plusieurs circuits d'approvisionnement des ménages (vente directe du producteur au consommateur, offres à des proches, autoconsommation). Toutefois, les fluctuations des prix (Figure 2) suivant les saisons nous permettent d'avoir une idée des périodes de fortes demandes notamment à Garoua: août-septembre pour la tomate, octobre-novembre pour l'oignon et avril-juin pour les légumes feuilles.

Même si des variations de prix sont observées à Ngaoundéré, elles ne sont pas significatives, en raison de la taille relativement faible de sa population par rapport à celle de Garoua (Tableau 1) et surtout à cause des conditions climatiques et édaphiques plus favorables tout au long de l'année.

2. Caractéristiques socio-techniques des producteurs

Nous retenons quatre éléments sociologiques de caractérisation des périmètres (l'âge, le genre, le nombre d'exploitants et le mode de faire valoir). Le maraîchage reste une activité qui touche un large panel de tranches d'âge (de 16 à 63 ans). Le périmètre de Boklé compte le plus grand nombre de producteurs (200) de la ville de Garoua pour une

Tableau 1
Evolution de la population (habitants) de Garoua et Ngaoundéré (1970-2007)

Années	1970	1980	1990	2000	2004	2007
Villes						
Garoua	34000	87000	178000	215000	355409	405000
Ngaoundéré	24000	51000	95000	120000	160000	172000

Source: Division économique Nord et Adamaoua (7).

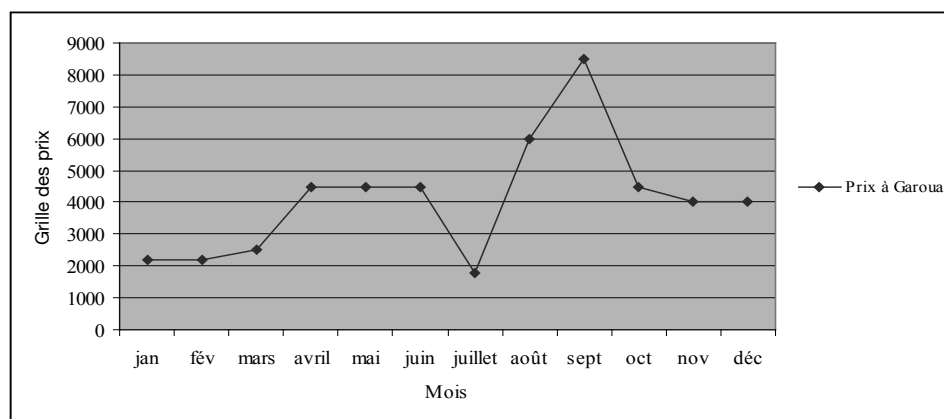


Figure 2 (a): Variations du prix de la tomate (FCFA) à Garoua au cours de l'année (carton de 35 kg).

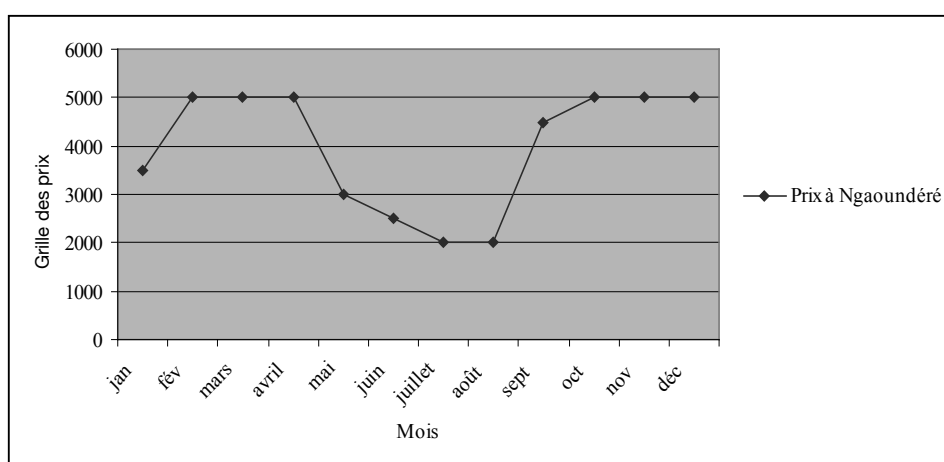


Figure 2 (b): Variations du prix de la tomate (FCFA) à Ngaoundéré au cours de l'année (carton de 35 kg).

superficie exploitée estimée à 15 ha, tandis que le périmètre de Souari n'en compte que 100, soit le plus faible effectif de tous les bassins de la ville. A Ngaoundéré, la zone Bini-Dang est exploitée par 295 personnes, suivi du bassin versant de la Marza (145 personnes), Mandjara (33 personnes) et Centrale-Sonel (17 personnes).

Les femmes sont faiblement impliquées dans l'activité, que ce soit à Garoua ou à Ngaoundéré. Dans la première ville, Bocklé est le seul périmètre où les femmes sont représentées et ne constituent que 11% des exploitants identifiés. A Ngaoundéré, elles sont plus présentes, et représentent 15,33% des exploitants répertoriés. On les retrouve dans tous les périmètres, bien qu'à faible proportion. Deux principales raisons expliquent cette situation: il s'agit d'une activité qui s'effectue au sein des Unités de Production Familiales (UPF) et des Unités de Production Collectives (UPC). Dans le premier cas, les femmes assistent généralement leurs époux et/ou leurs pères, tandis que dans le second cas, elles intègrent des organisations de producteurs (OP). Le regroupement des producteurs est de plus en plus encouragé dans le cadre de la Nouvelle Politique Agricole du Cameroun (NPA), avec un accent sur la représentativité des femmes au sein des groupes. Elle constitue de plus en plus un préalable à l'accès aux micro crédits accordés par les projets de développement notamment le FIMAC (Fonds d'Investissement de Micro réalisations Agricoles et Communautaires), le PARFAR (Programme d'Amélioration du Revenu Familial Rural dans les provinces septentrionales du Cameroun), le PA-PSSA (Projet d'Appui au Programme Spécial de Sécurité Alimentaire) dont la phase pilote est arrivée à son terme il y a deux ans. C'est ce qui explique la forte représentation des femmes dans

le périmètre de Mandjara (40%), mis en valeur par des OP financés. Il s'agit donc d'une activité presque essentiellement masculine.

En outre les producteurs sont propriétaires, locataires ou propriétaires-locataires des espaces mis en valeur. Ces trois modes de faire valoir se retrouvent aussi bien à Garoua qu'à Ngaoundéré. Les propriétaires-locataires sont des exploitants qui, du fait de la petitesse de leur propre parcelle, en loueront d'autres afin d'agrandir leur espace de culture. A Garoua ce groupe se rencontre dans le périmètre de Souari (20%). Les propriétaires sont plus impliqués dans l'activité dans les bassins de Bocklé, Souari et Tchontchi (plus de 40%), tandis que tous les espaces mis en valeur à Pitoa-Kismatari sont loués. Il s'agit d'un site spécialisé dans la production de la tomate et particulièrement convoité en saison sèche pour la culture du mouskwari (sorgho de contre saison). Les coûts de location sont fonction des périmètres et varient selon le propriétaire. Ils se situent entre 40 000 FCFA et 200 000 FCFA/ha/an dans toute la ville. La situation est un peu plus complexe à Ngaoundéré. Cette complexité est liée à la prédominance de l'activité pastorale d'une part et à l'origine ethnique des principaux exploitants que sont les Bamouns (originaires de l'Ouest Cameroun) d'autre part. Les bas-fonds constituent généralement les réserves de pâturage de contre saison pour les 'maîtres du sol' qui sont pour la plupart des éleveurs bovins. Il s'agit en effet des espaces très protégés et dont la forte demande par les maraîchers a donné lieu à un marchandage remarquable. A côté des trois modes d'accès à la terre énumérés ci-dessus, il en existe deux autres: la cession gratuite mais provisoire de la parcelle de culture qui s'inscrivait dans la politique sociale de l'église

catholique développée par feu Monseigneur Y. Plumey, et la cession provisoire de la parcelle le temps d'une campagne de production. Dans le second cas, la compensation se fait par abandon de la parcelle par l'exploitant après la récolte. Le propriétaire profite des effets résiduels des engrais dans le sol pour la culture du maïs, qui donne en ce moment de hauts rendements (4, 8). Ainsi, près de 85% d'exploitants de la ville sont locataires, les propriétaires n'ayant pas une culture agricole.

3. Caractéristiques agronomiques

Nous assistons à une sorte de spécialisation des périmètres en ce qui concerne les produits cultivés. Les légumes africains sont densément cultivés à Bocklé, les légumes européens à Souari, l'oignon à Tchontchi et la tomate à Pitoa-Kismatari pour ce qui est de Garoua. A Ngaoundéré, la zone de Bini-Dang est le pôle de production de la tomate. La production est assurée à plus de 90% par les Bamouns, peuple originaire de l'Ouest-Cameroun de vieille tradition maraîchère. La production de légumes africains est par contre assez faible dans la ville, elle est très souvent effectuée dans les campagnes proches par les femmes et acheminée sur les marchés. Le périmètre de Marza connaît une forte production de carottes, de choux, de laitue et de feuilles condimentaires en saison sèche (novembre-avril). Mandjara et Centrale-Sonel sont des bassins de productions relativement variées. L'absence de production de l'oignon à Ngaoundéré est liée au type de sol. Il s'agit en effet d'une culture favorable aux sols sableux et à un climat peu humide. Ngaoundéré connaît des précipitations annuelles d'environ 1400 mm, contrairement à la ville de Garoua où l'on se situe en deçà de cette moyenne (900 mm/an). Les noms locaux des différents légumes cultivés ainsi que leurs rendements dans les périmètres étudiés sont présentés au tableau 2.

Les principaux périmètres sont situés le long des cours d'eau: la Bénoué (Bocklé, Souari et Pitoa-Kismatari) et le Mayo-Oulo Golombé (Tchontchi). Les sols de la zone sont argileux à différents degrés. Les densités sont de 3500 m²/exploitant (Tchontchi); 770 m²/exploitant (Bocklé); 666 m²/exploitant (Pitoa-Kismatari) et 800 m²/exploitant (Souari). Les puits présents dans des parcelles permettent l'arrosage des cultures. La faible profondeur de la nappe phréatique facilite le creusement (Garoua est située dans la cuvette de la Bénoué, contrairement à Ngaoundéré qui se trouve sur le plateau de l'Adamaoua au-delà de 1000 m d'altitude).

L'eau est remontée des puits à l'aide des seaux (Bocklé et Souari) et des motopompes (Tchontchi). A Pitoa-Kismatari l'arrosage des cultures se fait essentiellement avec les eaux de la Bénoué grâce aux motopompes.

Tous les périmètres de production de la ville de Ngaoundéré sont situés le long des cours d'eau: le mayo¹ Bini (Bini-Dang), le mayo Marza (Marza), le mayo Mardock (Centrale-Sonel) et le mayo Soum-Soum (Mandjara). Ce sont des cours d'eau à écoulement régulier, d'où l'utilisation de leurs eaux pour l'arrosage des cultures. Seules quelques parcelles dans le bassin de Centrale-Sonel disposent des puits. Il faut préciser que la plupart des exploitants de ce bassin sont des agronomes en activité dans la ville. Le système de production y est par conséquent différent de celui observé ailleurs (formation des planches, respect des doses et du délai de rémanence des pesticides, choix judicieux des engrais et utilisation des eaux de puits traitées).

Même si des améliorations sont observées au niveau des techniques de production, l'activité garde encore des teintes traditionnelles. A Garoua, les cultures se font dans des casiers de 1 à 4 m² confectionnés à la houe (Bocklé) à la suite d'un labour à plat à la charrue (Tchontchi) ou sur des billons à l'intérieur des soles (Souari) ou encore sur des billons et des casiers, préalablement labourés à plat à la charrue (Pitoa-Kismatari). Les systèmes de culture pratiqués sont l'association et la rotation à Souari, la rotation à Bocklé, l'association avec les plantes pouvant servir de tuteur tels que le maïs (Pitoa-Kismatari), et la culture pure dans des parcelles entourées de haies d'épineux mortes parsemées d'arbres fruitiers (manguiers, goyaviers) et non fruitiers (Neem, Eucalyptus) (Tchontchi).

En outre, les semences utilisées sont soit produites localement, soit obtenues auprès des distributeurs agréés. Les prix sont bas pour les semences produites localement (oignon précoce, légumes de type africain et laitue) et varient avec les espèces de légumes. Une particularité se dégage tout de même à Ngaoundéré quant aux semences de tomate. Pour diminuer les coûts élevés des semences conditionnées, il s'est développé entre Ngaoundéré et Bafoussam, ville située dans l'Ouest du Cameroun, un commerce assez florissant d'intrants agricoles. Bafoussam est plus proche de la ville portuaire de Douala (environ 300 km) que Ngaoundéré (située au-delà de 1000 km). Les semences de tomate sont également prélevées des

Tableau 2
Les légumes rencontrés dans les différents périmètres de production (Garoua et Ngaoundéré)

Nom Scientifique	Famille	Nom en Français	Nom local (Foulfouldé)	Organe consommé		Rendement (kg/m ²)
<i>Hibiscus esculentus</i>	Malvacées	Gombo	Baskodjé	F	f	4
<i>Hibiscus sabdariffa</i>	Malvacées	Oseille de Guinée	Folléré	F	f	4
<i>Amaranthus hybridus</i>	Amarantacées	Amarante	Hako n'diam	F		4
<i>Corchorus olithorus</i>	Liliacées	Corète potagère	Lalo	F		3,5
<i>Solanum aethiopicum</i>	Solanacées	Aubergine	Quitadjé	F		5
<i>Solanum nigrum</i>	Solanacées	Morelle noire	Woulahada	F		3,5
<i>Ceratotheca sesamoides</i>	Pédaliacées	Chanvre de Guinée	Gouboudo	F		4
<i>Lactuca sativa</i>	Astéracées	Laitue		F		3,5
<i>Brassica oleracea</i>	Brassicacées	Chou		F		6
<i>Allium cepa</i>	Liliacées	Oignon	Tigné	F	b	4,5
<i>Lycopersicon esculentum</i>	Solanacées	Tomate			f	4
<i>Capsicum frutescens</i>	Solanacées	Piment	Tchita		f	3,5
<i>Allium porrum</i>	Liliacées	Poireau		F		4

F= feuilles, f= fruits, b= bulbes

¹ Mayo signifie rivière en foulfouldé, principale langue locale.

meilleures récoltes pendant une à deux campagnes agricoles avant d'être renouvelées par des semences importées. Le recours aux semences prélevées s'explique aussi par le faible taux de germination des semences importées (moins de 80%).

Par ailleurs, on distingue plusieurs modes de fertilisation des cultures selon la ville. A Garoua, les fertilisants minéraux utilisés sont l'urée (46%) et le NPKSB (15 20 15 6 1). Ces fertilisants destinés au cotonnier sont complétés par de la matière organique dans certains périmètres: la drèche à Bocklé et la bouse de bétail à Souari situés respectivement à proximité du dépôt de drèche des Brasseries et de l'abattoir municipal. A Ngaoundéré par contre où la SODECOTON n'assure pas la distribution des intrants agricoles, l'accès aux produits de synthèse est difficile. D'où le développement des circuits informels de distribution d'engrais et de pesticides destinés à la culture du cotonnier dans les provinces du Nord et de l'Extrême-Nord et du Tchad à bas prix, bien que ces pesticides soient peu recommandés pour la culture des légumes. L'usage du *Cypercal C 720 EC* importé par la société Cotontchad et détourné à la gare marchandise de Ngaoundéré, point de rupture de charge entre la voie ferrée et la voie routière, est très répandu.

L'insuffisance des produits de synthèse est compensée par l'utilisation des matières organiques: bouses de bœufs, fiente de poules (Bini-Dang et Marza), déchets ménagers (Marza), enfouissement des feuilles vertes dans le sol lors du labour. Le dépotoir des ordures ménagères de la ville de Ngaoundéré se trouve à proximité de Marza, ce qui a vu naître en ce lieu l'activité de compostage.

Ainsi les rendements moyens sont de 9.500 kg/ha pour l'oignon, 14.000 kg/ha pour la tomate et 34.100 kg/ha pour les légumes feuilles africains et les feuilles de laitue.

4. Stratégie des producteurs

La ville de Garoua appartient à une zone agro écologique marquée par une pluviosité faible (600 à 1200 mm), mais surtout irrégulière. Les principaux bassins maraîchers se localisent dans les vallées marécageuses. L'activité occupe les producteurs du début de la saison sèche (novembre) au retour des pluies (juin). Ceux situés sur des terrains non inondables commencent plus tôt (août), surtout pour l'oignon précoce. La production des légumes de type africain (cycle moyen de 45 jours) est continue et couvre toute la période. Plusieurs cultures peuvent ainsi se succéder sur une même parcelle pendant une campagne agricole. La production des légumes de type européen (cycle moyen de 35 jours) et de la tomate (cycle moyen de 3 mois) est échelonnée de telle sorte que les dernières récoltes aient lieu en avril, période pendant laquelle la contrainte thermique devient un facteur limitant. L'oignon quant à lui se cultive deux fois pendant la période: les semis précoces (août pour les récoltes de décembre) et les semis tardifs (octobre pour les récoltes de février-mars). Son cycle moyen est de 3 mois.

A Ngaoundéré, la pluviosité ne constitue pas une contrainte majeure, il pleut sensiblement six mois sur douze et de façon régulière. La principale contrainte reste l'accès aux zones marécageuses très souvent réservées au pâturage de contre saison, surtout pour les producteurs non musulmans originaires d'autres régions géographiques du Cameroun notamment de l'ouest.

Par ailleurs, en raison des difficultés financières auxquelles font face les producteurs, on assiste à une parfaite intégration entre agriculture et élevage dans certains périmètres (Marza et Bini-Dang). A Marza, les éleveurs parquent leurs bœufs sur des parcelles préparées pour recevoir des cultures un mois

durant. Ce qui permet d'enrichir les sols de bouses de vache et d'urine. A Bini-Dang, cette association tient à l'usage des fientes de poules versées dans les poquets qui serviront au repiquage des plants de tomate. L'usage des matières organiques permet ainsi de réduire les coûts d'acquisition des produits de synthèse. Autant les stratégies développées par les producteurs sont variées, autant ils appartiennent à plusieurs types.

5. Typologie des producteurs

On distingue trois types de producteurs: suivant la période et le lieu de culture, la nature de la main-d'œuvre utilisée. Des spécificités demeurent cependant selon la localité étudiée.

- Les pluriactifs

Ils se recrutent parmi les producteurs qui exploitent les bords des cours d'eau et autres zones marécageuses pendant la saison sèche. Avec l'arrivée des pluies entraînant les crues, ceux-ci se reconvertissent à d'autres activités et ne retournent à la terre et aux mêmes endroits qu'à la saison sèche suivante. Ils sont des employés de bureaux et des commerçants, vivent en ville, louent les terres et emploient une main-d'œuvre temporaire dans leurs parcelles maraîchères. Ils représentent plus de 70% des producteurs du périmètre de Pitoa-kismatari (à Garoua), l'une des grandes zones de production de tomate dans le nord Cameroun. Les pluriactifs de la ville de Ngaoundéré assurent la production tout au long de l'année. Ils se livrent au petit commerce ou à la conduite de moto taxi après le semis. En période de crue, ils cultivent sur des versants (Centrale-Sonel).

- Les itinérants

Il s'agit des producteurs qui exploitent les bords des cours d'eau et les bas-fonds en période d'étiage et poursuivent leurs cultures maraîchères ailleurs lorsque les cours d'eau sont en crue. Ils sont surtout présents dans le périmètre de Pitoa-kismatari (à Garoua) où la tomate de saison des pluies se cultive dans la localité de Mbilga. Ce sont des locataires qui utilisent une main-d'œuvre familiale. Ils représentent plus de 20% des producteurs de cette zone. A Ngaoundéré, on les retrouve dans tous les périmètres, mais en grand nombre à Bini-Dang et Marza.

- Les saisonniers sédentaires

Ce sont des producteurs qui exploitent les bords des cours d'eau pendant la saison sèche. Avec l'arrivée des pluies (crue des rivières) ceux-ci se reconvertissent à d'autres activités et ne retournent à la terre et aux mêmes endroits qu'à la saison sèche suivante. On les rencontre uniquement à Garoua dans les périmètres de Tchontchi (100%), Pitoa-kismatari (10%), Souari (100%), et Bocklé (90%). La main-d'œuvre est essentiellement familiale, et intervient généralement de la production à la commercialisation.

6. Commercialisation des produits récoltés

On distingue trois modes de commercialisation des produits cultivés: la vente «bord champ» ou achat sur pied, la vente en bordure des grands axes routiers et la vente sur les marchés de la ville.

Dans le cas de la vente «bord champ» l'acheteur participe directement à la récolte, ce mode concerne les détaillants des différents marchés des deux villes et les grossistes (nationaux et étrangers) acheminant les produits au-delà des villes de production. Cette pratique est fréquente dans les périmètres de Bocklé, Souari et Pitoa-Kismatari à Garoua, et Bini-Dang, Marza, Centrale-Sonel à Ngaoundéré. L'acheteur

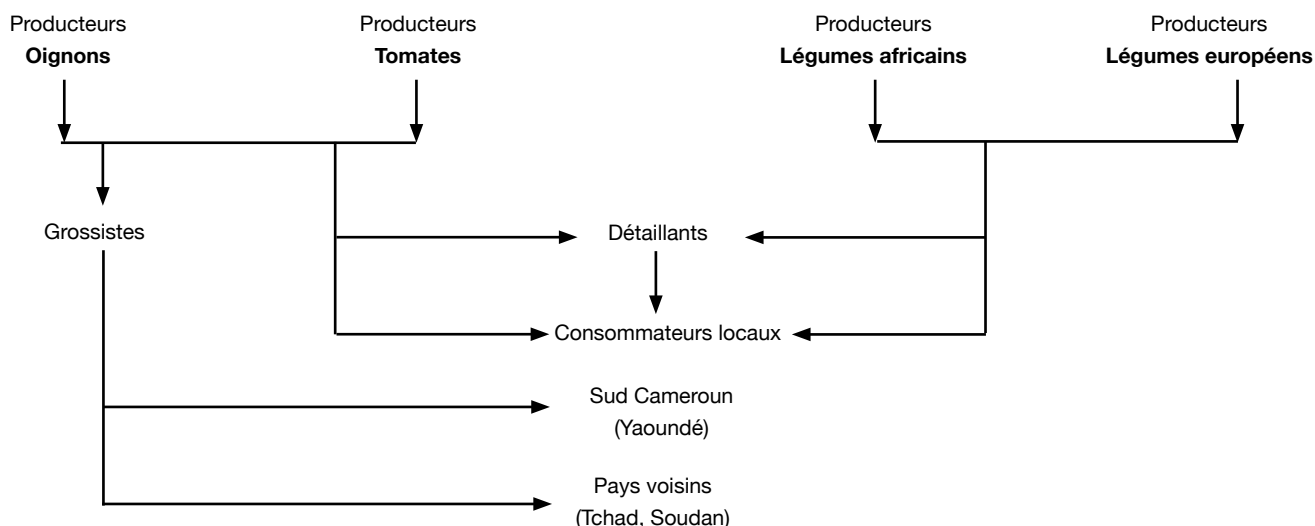


Figure 3: Circuit de commercialisation des produits maraîchers au Nord Cameroun.

peut participer physiquement à la récolte (c'est le cas des détaillants) ou il peut recruter une main-d'œuvre pour la tâche (le cas des grossistes). Pour faciliter le conditionnement des tomates produites à Ngaoundéré, certains grossistes fournissent des cartons vides servant à l'emballage de l'huile Dimaor produite par la Sodécoton ainsi que de la ficelle en nylon. Certains consommateurs préfèrent acheter directement dans les champs des quantités permettant de faire des réserves d'une à deux semaines. Ce cas s'observe auprès des producteurs connus comme techniciens de l'agriculture (Centrale-Sonel), en raison du respect des doses des produits de synthèse.

La vente en bordure des grands axes routiers se fait aux grossistes venus des autres villes ou des pays voisins, aux détaillants locaux et autres voyageurs (Tchontchi à Garoua et Bini-Dang à Ngaoundéré). Les produits concernent surtout la tomate, les choux et les légumes africains.

La vente sur les marchés de la ville est effectuée par certains producteurs ou par leurs épouses et/ou filles. Les produits sont généralement de petite quantité susceptible d'être vendue avant la fin de la journée. Ils concernent les légumes africains, la tomate, les carottes, les feuilles condimentaires. A Ngaoundéré, ces femmes sont présentes au marché de Bamyanga (à proximité du périmètre de Marza au Sud de la ville), au petit marché situé au centre de la ville et au marché périphérique de Dang situé à la sortie nord. A Garoua, on les retrouve surtout au marché central et au petit marché de Yelwah. Les feuilles de laitue et les carottes sont exposées dans des cuvettes et plateaux à travers les quartiers pendant la période du jeûne du Ramadan, et permettent de rompre le jeûne avant le premier repas du soir.

En outre, les prix sont assez variables suivant chaque spéculation et sont guidés par les rapports de l'offre et de la demande. Les produits maraîchers s'autorégulent sur les marchés. A Garoua, la production des légumes est maximale entre mai et juin, période de forte chaleur, pendant laquelle les

sources d'eau d'arrosage tarissent. Les légumes européens coûtent en général plus chers que les légumes africains. La tomate quant à elle atteint son prix plafond en septembre. Au cours de cette période le marché de Garoua est ravitaillé par les commerçants de Ngaoundéré, Maroua et Yaoundé. Juillet connaît une abondance de la production locale avec le retour des pluies et la disponibilité des intrants agricoles distribués par la Sodécoton pour la culture du coton, d'où une baisse remarquable des prix.

Les variations des prix de tomate observées dans les deux villes à des périodes différentes permettent la mise en place d'un système d'approvisionnement complémentaire. Ngaoundéré est ainsi approvisionné en partie par la production de Garoua au cours des périodes janvier-mars et octobre-décembre (Figures 2: a et b).

L'oignon, produit seulement à Garoua est vendu aussi bien à Ngaoundéré qu'au Sud-Cameroun et dans les pays voisins.

Ainsi, de tous les produits cultivés dans les deux zones étudiées, seuls la tomate et l'oignon font particulièrement l'objet des circuits longs (Figure 3).

Une évaluation de la marge brute par hectare entre les différentes productions (Tableau 3) souligne que la production de légumes africains (oseille de Guinée, morelle noire, chanvre de Guinée...) a la marge brute la plus élevée en raison principalement de la faiblesse des coûts de production monétaires (intrants, main-d'œuvre salariée). L'oignon est ensuite la spéculation la plus rentable mais implique des dépenses en intrants et main-d'œuvre salariée qui sont un facteur limitant pour des agriculteurs en situation de précarité. La tomate et les légumes européens ont la marge brute la plus faible des productions étudiées pour les raisons sus-évoquées, mais elle reste plus élevée que celle des productions céréalières alternatives. Ces résultats sont incomplets. Ils ne permettent pas de calculer

Tableau 3
Marges brutes dues au maraîchage dans les différents périmètres

Spéculations	Coût de production (FCFA/ ha)	Produit brut (FCFA/ ha)	Marge brute (FCFA/ ha)
Oignons	698 000	3 200 000	2 502 000
Tomates	310 000	2 400 000	2 090 000
Légumes de type africain	62 500	3 333 335	3 270 835
Légumes de type européen	867 500	2 500 000	1 632 500

la productivité du travail (marge brute/journée) en raison d'incertitudes sur la qualité des données concernant la main-d'œuvre familiale. Dans un contexte de forte pression démographique et de localisation des cultures maraîchères sur des terres périurbaines irrigables, on peut néanmoins poser pour hypothèse, que la productivité de la terre reste l'élément clé de pilotage des orientations productives.

Conclusion et suggestions

L'activité maraîchère autour des villes de Garoua et Ngaoundéré est une source de diversification et de revenus complémentaire importante à la culture du coton, au petit commerce et aux salaires de certains agents de l'Etat. C'est une activité qui occupe une faible proportion de la population à une période donnée de l'année. Sa pratique tout au long de l'année est rendue difficile par des aléas climatiques. Cependant, plusieurs cycles culturels peuvent se succéder

sur une même parcelle pendant la période de culture. La production maraîchère reste dans l'ensemble manuelle. La disponibilité d'une main-d'œuvre familiale, la présence des zones marécageuses et l'utilisation des intrants destinés au cotonnier font du maraîchage périurbain autour de ces villes une activité rentable et complémentaire à la culture du coton et autres secteurs d'activités. Un appui technique des maraîchers s'impose pour dynamiser ce secteur d'activité. Il porterait sur les itinéraires techniques appropriés pour chaque spéculation et la diversification des cultures. La construction des puits permanents s'avère indispensable pour améliorer la production maraîchère sur les versants. Il serait aussi nécessaire de sensibiliser les producteurs sur les dangers d'une mauvaise manipulation et d'une utilisation des pesticides inappropriés sur la santé de l'homme, et pour ce faire, il importe d'entreprendre une réflexion profonde sur l'organisation du commerce des intrants agricoles dans nos villes.

Références bibliographiques

1. Atterré F., 1999, Note introductive de l'atelier sur les légumes feuilles traditionnels. In: *Biodiversity of traditional leafy vegetables in Africa*. J.A. Chweya and P. Eyzaguirre (ed.), International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI) Via delle sette Chiese 14200145, Rome, Italie, pp.111-150.
2. Bailey J.M., 2003, Aliments du Pacifique: les feuilles vertes que nous mangeons. Version française du manuel de la CPS n° 31, 2000. Service de publication du secrétariat général de la communauté du pacifique (CPS), Graphoprint, Nouméa, Nouvelle Calédonie, 97 p.
3. D'Arondel J., Moustier P., Essang T. & Ngnido B., 1994, Maraîchage au Nord Cameroun: premier diagnostic agro-économique. Projet Garoua Phase II. 66 p.
4. Fofiri Nzossie E.J., 2004, Le maraîchage à Ngaoundéré: acteurs et stratégies des exploitants, mémoire de Maîtrise de Géographie, Université de Ngaoundéré, Cameroun, 80 p.
5. Gockowski J., Mbazo'o G., Mbah & Fouda Moulende T., 2003, African traditional leafy vegetables and the urban and peri-urban poor. In: *Food Policy*, 28, 221-235.
6. Kahane R., Temple L., Brat P. & De Bon H., 2005, Les légumes feuilles des pays tropicaux: diversité, richesse économique et valeur santé dans un contexte très fragile. In: *Agriculture et développement urbain en Afrique de l'ouest et du centre*. Recueil des résumés, Atelier international du 31 oct-03 nov. 2005. IRAD, INRAB, ISRA, CIRAD. Palais des Congrès, Yaoundé-Cameroun. 48 p.
7. Ndamé J.-P. & Brittey B., 2004, Croissance urbaine, mutations agricoles et dépendance alimentaire dans le Nord-Cameroun, in: *Recherches Africaines* N°3, octobre-décembre 2004, Faculté des Lettres, Langues, Arts et Sciences Humaines (FLASH), de l'Université de Bamako, Mali.
8. Simeu Kamdem M. & Fofiri Nzossie E.J., 2008, Le maraîchage à Ngaoundéré: contraintes de production et risques sanitaires, in: Parrot L. et al. (Eds), *Agricultures et développement urbain en Afrique Subsaharienne: environnement et enjeux sanitaires*, Harmattan, Paris, France, 161-168 p.
9. Temple L., 1999, Le marché des fruits et légumes au Cameroun: quantification des flux analyse des prix. Projet fruits et légumes IRAD.163 p.
10. Temple L., 2001, Quantification des productions et des échanges de fruits et légumes au Cameroun. Cahiers d'études et de recherches francophones / *Agricultures*. Volume 10, Numéro 2, 87-94, Etudes originales.
11. Valérie A.C., 1989, Initiatives collectives en Afrique tropicale: le rôle des associations spontanées et des coopératives dans la filière maraîchère périurbaine. Economie des filières des régions chaudes. Actes du X^{ème} séminaire d'économie et de sociologie. 11-15 sep. 1989, Montpellier, France, 597-603 p.
12. Watson J.W. & Eyzaguirre P.B., 2002, Home gardens and *in situ* conservation of plant genetic resources in farming systems. Proceeding of the second International Home Gardens Workshop 17-19 July 2001, Witzhausen, Federal Republic of Germany, 184 p.
13. Westphal E., Embrechts J., Ferwerda J.D., Van Gils-Meeus H.A.E., Mustsaers H.J.W. & Westphal-Stevens J.M.C., 1985, Les cultures potagères. Cultures vivrières tropicales avec référence spéciale au Cameroun, 321-463.

I. Nchoutnji, Camerounais, Ingénieur Agronome, Chercheur à l'Institut de Recherche Agricole pour le Développement (IRAD), BP 415, Garoua, Cameroun, Email: nt_ibrahim@yahoo.fr.

E.J. Fofiri Nzossie, Camerounais, Doctorant en Géographie, Université de Ngaoundéré /PRASAC, BP 454, Ngaoundéré, Cameroun. Email: fofiri_eric@yahoo.fr.

J.-P. Olina Bassala, Camerounais, Agronome Systèmes, Chercheur à l'Institut de Recherche Agricole pour le Développement (IRAD) Garoua, Doctorant, Université de Toulouse le Mirail, BP 415, Garoua, Cameroun. Email: olina_jp@hotmail.com.

L. Temple, Français, Economiste Agricole, CIRAD, UMR MOISA, Montpellier, F-34398 France. Email: ludovic.temple@cirad.fr.

A. Kameni, Camerounais, Technologue Alimentaire, Chercheur, Chef de Laboratoire de Technologie Alimentaire, IRAD-Garoua BP 415, Garoua, Cameroun. Email: anselmekameni@yahoo.com.

Influence des phosphates naturels sur la qualité et la biodégradation d'un compost de pailles de maïs

F. Lompo^{*}, Z. Segda, Z. Gnankambary & N. Ouandaogo

Keywords: Compost- Maize straw- Carbon mineralization- Rock phosphate- Burkina Faso

Résumé

La pauvreté des sols en matières organiques et en phosphore est une contrainte à l'intensification de la production agricole au Burkina Faso. En vue de proposer une méthode efficace de production de matières organiques de qualité, une étude a été réalisée en milieu contrôlé sur un sol Lixisol. Un suivi de la biodégradation des composts produits à partir de pailles de maïs, de phosphates naturels, de fumier et d'un inoculum de synthèse (IS) a été réalisé. Les résultats ont montré que les composts produits en présence de fumier, avec ou sans IS, ont eu des C/N respectifs de 19 et 18. L'influence de ces composts sur la production de CO₂ dépendait du type de compost et de l'apport ou non d'azote. On a enregistré un accroissement de 53% de CO₂ dû à l'apport d'azote dans un sol ayant reçu un compost produit avec le fumier et IS contre un accroissement de 118% obtenu avec celui produit avec le fumier, IS et les phosphates naturels. Les résultats obtenus permettent d'envisager une production de matières organiques de qualité à partir du compostage de pailles de maïs.

Summary

Influence of Indigenous Phosphate on Maize Straw Compost Quality and Biodegradation

Soil organic matter and phosphorus scarcities are the main constraints for intensification of crop production in Burkina Faso. To propose an adequate method to produce good quality organic matter, a study, in controlled conditions, was conducted using a Lixisol to evaluate the biodegradation of composts made of maize straw, rock phosphate, animal manure and a synthesis inoculum (SI). Composts obtained from composting maize crop residues + manure ± SI had C/N of 19 and 18, respectively. Influence of composts produced on soil CO₂ production was related to the type of compost and to nitrogen application. An increase of 53% of CO₂ production due to nitrogen application was observed when compost produced with manure and SI was incorporated in the soil. This increase was 118% with incorporation of the compost obtained with manure, SI and rock phosphate. These results suggest that there is potential to produce high quality organic inputs by composting maize straw in presence of rock phosphate.

Introduction

L'amélioration de la productivité agricole dans les pays africains au sud du Sahara est limitée par la pauvreté des sols en nutriments et en matière organique (1). La matière organique joue un rôle important dans le maintien de la fertilité des sols. En plus d'être source d'éléments nutritifs tels que l'azote, le phosphore, le potassium, le soufre et de plusieurs micronutriments, elle permet d'améliorer les propriétés physiques, chimiques et biologiques des sols et partant les productions agricoles.

Les travaux de Sédogo (12) ont montré l'importance que joue la matière organique dans l'amélioration de la fertilité des Lixisols au Burkina Faso. La production de cette matière organique est cependant limitée et se pose en termes de disponibilité de fumier ou de compost de bonne qualité. Pour les composts produits à partir de résidus culturels, un premier défi qui se pose aux exploitants agricoles est de les obtenir en un temps relativement court, tout en limitant les quantités d'eau nécessaires à leur production.

Le second défi, tout aussi important, est la carence quasi générale des sols en phosphore. La solution à ce défi est constituée par des apports d'engrais phosphatés plus ou moins solubles comme le superphosphate triple, le superphosphate simple et les phosphates naturels. Cependant les effets combinés du coût élevé de ces engrais, de leur indisponibilité, du faible niveau d'organisation du marché des engrais, et du niveau de pauvreté élevé de la plupart de producteurs, expliquent le faible niveau de consommation annuelle de fertilisants au Burkina Faso. La consommation en phosphore en particulier est très faible et ne représente que 0,05% de celle de l'Afrique.

Le paradoxe est que le Burkina Faso, comme beaucoup d'autres pays d'Afrique de l'Ouest, dispose d'importants gisements de phosphates naturels, dont la valorisation

pourrait contribuer à résoudre les problèmes de carence en phosphore des sols et donc améliorer la production agricoles. C'est ainsi que des travaux de recherche ont été conduits pour proposer des méthodes de fabrication de composts enrichis avec les phosphates naturels à partir essentiellement de pailles de sorgho et de paille de riz (8). L'ajout de phosphates naturels pendant le compostage a permis l'obtenir des phosphocomposts riches en phosphore disponible pour les plantes (8).

La présente étude se propose, d'une part, d'apprécier les caractéristiques de composts de pailles de maïs produits en présence de fumier, d'inoculum de synthèse et de phosphates naturels du Burkina Faso et, d'autre part, de suivre la biodégradation de ces composts suite à leur incorporation dans un Lixisol. Deux hypothèses sont à la base de cette étude: (i) l'addition de phosphates naturels pendant le compostage de pailles de maïs améliore la qualité du produit obtenu, et, (ii) la minéralisation du compost ainsi obtenu et incorporé dans un Lixisol est meilleure en présence d'azote comparativement à celle observée en absence d'azote.

Matériel et méthodes

Le sol utilisé dans notre étude provenait de prélèvements effectués dans l'horizon 0 - 20 cm dans un champ en milieu paysan, localisé à Saria (Latitude 12°16'N; Longitude 2°09'O) au Burkina Faso. Le sol est sablo-limoneux, de type Lixisol (6). Il est pauvre en matière organique (1,1 g.kg⁻¹) et en phosphore total (1 mg.kg⁻¹), et est faiblement acide (pH eau = 6,7).

Les pailles de maïs, le fumier d'étable, l'inoculum de synthèse (Micro 110) et les phosphates naturels ont été

Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA), 04 BP 8645, Ouagadougou 04, Burkina Faso.

*Auteur correspondant: Tel: +226 70 26 12 04; Fax: +226 50; Fax: +226 50 34 02 71; E-mail: lompoxa1@yahoo.fr

Reçu le 02.04.08 et accepté pour publication le 02.03.09.

Tableau 1

Caractéristiques chimiques du fumier, du micro 110 et des pailles brutes de maïs utilisés comme matériaux de compostage

	C	N	P	K	C/N
	g. kg ⁻¹				
Fumier	168	10,8	3,1	2,94	16
Micro 110	321	31	16,7	3,87	10
Pailles brutes de maïs	528	6,6	0,3	nd	80

nd: Non déterminé

utilisés comme matériaux de compostage (Tableau 1). Le Micro 110 est composé de micro-organismes et d'enzymes capables de dégrader la cellulose et la lignine. Il contient également des oligo-éléments. Les phosphates naturels utilisés proviennent du gisement de Kodjari, localisé dans la région Est du Burkina et contiennent en moyenne 25% de P₂O₅ (dont seulement 0,03% soluble dans l'eau) et 35% de CaO.

Quatre types de composts ont été fabriqués en utilisant les matériaux de compostage dans les proportions indiquées dans le tableau 2. La durée du compostage a été de 4 mois. La production des composts a nécessité un apport total d'eau estimé 7400 litres (37 fûts de 200 litres chacun) par tonne de matériaux de compostage. L'eau provenait d'un puits situé à proximité de l'aire de compostage. L'arrosage est effectué durant le processus de compostage à raison de 7 fûts (1400 litres) par tonne de matériaux de compostage au moment du remplissage des fosses et le reste tous les trois jours, selon les besoins.

Les tests respirométriques ont été conduits, pendant 21 jours, en laboratoire à la température de 25 °C. Cent grammes de sol séchés à l'air et tamisés à 2 mm auxquels ont été ajoutés 1,7 g de compost finement broyé par kg de sol, ont été humidifiés aux 4/9 de leur capacité maximale de rétention en eau et incubés dans un bocal à fermeture hermétique. Le CO₂ dégagé est piégé par la soude (NaOH 0,1N) et précipité par du chlorure de baryum (BaCl₂) à 20%. L'excès de NaOH est dosé par l'acide chlorhydrique (HCl) 0,2N. Un témoin constitué uniquement de bûchers de soude et d'eau distillée permet de tenir compte de la carbonisation initiale de la soude et de l'air contenu dans le bocal.

Pour évaluer l'effet de l'azote sur la décomposition des différents types de composts, nous avons utilisé un dispositif factoriel comprenant deux facteurs et répété trois fois:

1. Le facteur 'Compost' à trois niveaux: (i) sol sans apport de compost; (ii) sol + compost C3; et (iii) sol + compost C4.
2. Le facteur 'Azote' à deux niveaux de doses d'apport : 0 et 75 mg N.kg⁻¹ de sol. L'azote est apporté sous forme d'urée.

Tableau 3

Caractéristiques chimiques des composts de pailles brutes de maïs après 4 mois de compostage

Composts	pH eau	C Total (%)	N Total (%)	C/N	P Total (%)	Ca (%)	Mg (%)	K (%)	Somme des bases
Compost C1	7,5 ^a	25,6 ^b	0,9 ^a	29 ^b	0,5 ^a	0,1 ^a	0,02 ^a	0,3 ^a	0,42 ^a
Compost C2	7,5 ^a	22,5 ^a	1,2 ^a	18 ^a	0,7 ^a	0,1 ^a	0,05 ^a	0,3 ^a	0,45 ^a
Compost C3	7,4 ^a	21,6 ^a	1,1 ^a	19 ^a	0,6 ^a	0,1 ^a	0,03 ^a	0,3 ^a	0,43 ^a
Compost C4	7,5 ^a	20,6 ^a	1,0 ^a	22 ^a	3,4 ^b	0,2 ^b	0,03 ^a	0,3 ^a	0,53 ^b

C1: Compost de pailles brutes de maïs

C2: Compost du mélange pailles brutes de maïs + fumier

C3: Compost du mélange pailles brutes de maïs + fumier + Micro 110

C4: Compost du mélange pailles brutes de maïs + fumier + Micro 110 + phosphates naturels

Dans une même colonne, les valeurs suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes à p < 0,05 suivant le test de Tukey.

Tableau 2

Quantités de matériaux (pour 100 kg de pailles de maïs) entrant dans la fabrication des différents types de compost

	Paille brutes de maïs (kg)	Fumier (kg)	Micro 110 (g)	Phosphates Naturels (kg)
Compost C1	100	0	0	0
Compost C2	75	25	0	0
Compost C3	75	25	50	0
Compost C4	75	25	50	8

Les paramètres suivants ont été utilisés pour apprécier l'aptitude à la biodégradation de ces composts: (i) les dégagements journaliers de CO₂; (ii) les quantités cumulées de CO₂ dégagé; (iii) le taux de minéralisation complémentaire (TMC) qui s'obtient par la formule suivante :

$$TMC (\%) = 100 \times [C \text{ dégagé (sol + compost)} - C \text{ dégagé (sol seul)}] / C \text{ introduit}$$

Les analyses chimiques ont été réalisées selon les procédures décrites par Walinga *et al.* (15). Le pH est mesuré dans une solution de rapport compost: eau de 1:5. Les teneurs en matière organique ont été déterminées par la méthode de la calcination à 550 °C pendant cinq heures. Pour la détermination des éléments totaux (N, P, K, Ca et Mg), les échantillons ont été minéralisés par un mélange H₂SO₄-Se-H₂O₂ à 450 °C pendant 4 heures. Puis les teneurs en N et P ont été déterminées par colorimétrie, tandis que celles en K, Ca et Mg ont été déterminées à l'aide d'un spectrophotomètre d'absorption atomique à flamme.

Le logiciel STATITCF a été utilisé pour effectuer une analyse de variance (ANOVA) des données collectées. Les différences sont significatives lorsque p < 0,05 suivant le test de Tukey.

Résultats

Pour l'analyse des effets des phosphates naturels sur le compostage de pailles brutes de maïs en présence ou non d'inoculum, l'étude s'est intéressée aux caractéristiques chimiques des composts obtenus et à leur cinétique de minéralisation.

Caractéristiques chimiques des substrats organiques

Le tableau 3 présente les caractéristiques des composts obtenus après 4 mois de compostage.

Le compostage a réduit significativement le rapport C/N qui est passé de 80 pour les pailles brutes non compostées, à 29 pour les pailles seules compostées (Compost C1). Les rapports C/N les plus bas ont été obtenus avec les composts produits en présence de fumier, avec ou sans Micro 110 (C3 et C2, respectivement). Avec des C/N respectifs de 19 et 18, ces composts peuvent être considérés comme

mûrs si l'on se réfère aux critères de maturité de compost proposés par Mustin (10). Les composts produits avec les phosphates naturels du Burkina ont eu des rapports C/N variant entre 21 et 23 et sont à la limite de la maturité. Les teneurs en phosphore ont été nettement plus élevées dans les composts obtenus avec les phosphates naturels et les activateurs de maturation (fumier et Micro 110).

Le compostage a entraîné une perte en bases échangeables. La somme des bases a été, en moyenne, de $0,43 \text{ cmol.kg}^{-1}$ pour le compost de paille seule (C1), le compost produit en présence de fumier (C2) et celui obtenu avec l'ajout au fumier du Micro 110 (C3). L'apport combiné du Micro 110 et de phosphates naturels a amélioré la somme des bases ($0,53 \text{ cmol.kg}^{-1}$) des composts obtenus (C4). Il est à noter l'augmentation importante du calcium dans les composts suite à l'apport de phosphates naturels. Le compostage a augmenté de façon significative le pH qui est passé de 7,1 pour les pailles brutes à, en moyenne 7,5 pour les composts.

Cinétique de minéralisation des composts

- Minéralisation du carbone

Comparativement au témoin, l'application de composts a augmenté la biomasse du sol, qui s'est traduite par l'accroissement du dégagement de CO_2 (Figures 1 et 2). Le dégagement journalier de CO_2 a montré une différence

significative durant la période d'incubation et aussi en fonction des traitements ($p < 0,001$).

L'examen des courbes d'activité respiratoire (Figure 1) a laissé apparaître deux parties très nettes. La première est caractérisée par un dégagement très important de CO_2 . Le maximum de dégagement est apparu dès le premier jour pour tous les traitements. A cette date, les productions les plus élevées de CO_2 ont été observées avec les composts C3 et C4 ($1,7 \text{ mg CO}_2\text{.j}^{-1}$). Après cette phase de minéralisation rapide, une deuxième, caractérisée par une décroissance progressive, a été observée pour tous les traitements. Le niveau de production de CO_2 pendant cette phase est, en moyenne, de $1,5 \text{ mg CO}_2\text{.j}^{-1}$ pour le témoin (sol sans apport de compost), et de $1,7 \text{ mg CO}_2\text{.j}^{-1}$ lorsque l'incubation est réalisée avec les composts C3 et C4. La décroissance de la production du CO_2 durant cette phase est plus ou moins rapide et plus ou moins continue selon les traitements. Ainsi avec le sol seul, la baisse a été plus rapide et est allée jusqu'au 6^e jour. Avec les autres traitements, la baisse a été entrecoupée de pics à partir du 3^e jour pour C3, et du 4^e jour pour C4. En fin d'expérimentation (21^e jour), les dégagements journaliers de CO_2 ont été, très faibles avec le témoin ($0,01 \text{ mg CO}_2\text{.j}^{-1}$) et avec C4 ($0,02 \text{ mg CO}_2\text{.j}^{-1}$), mais nettement plus élevés avec C3 ($0,32 \text{ mg CO}_2\text{.j}^{-1}$).

L'apport d'azote a augmenté significativement la respiration des microorganismes du sol ($p < 0,01$). Ainsi, au 1^{er} jour de

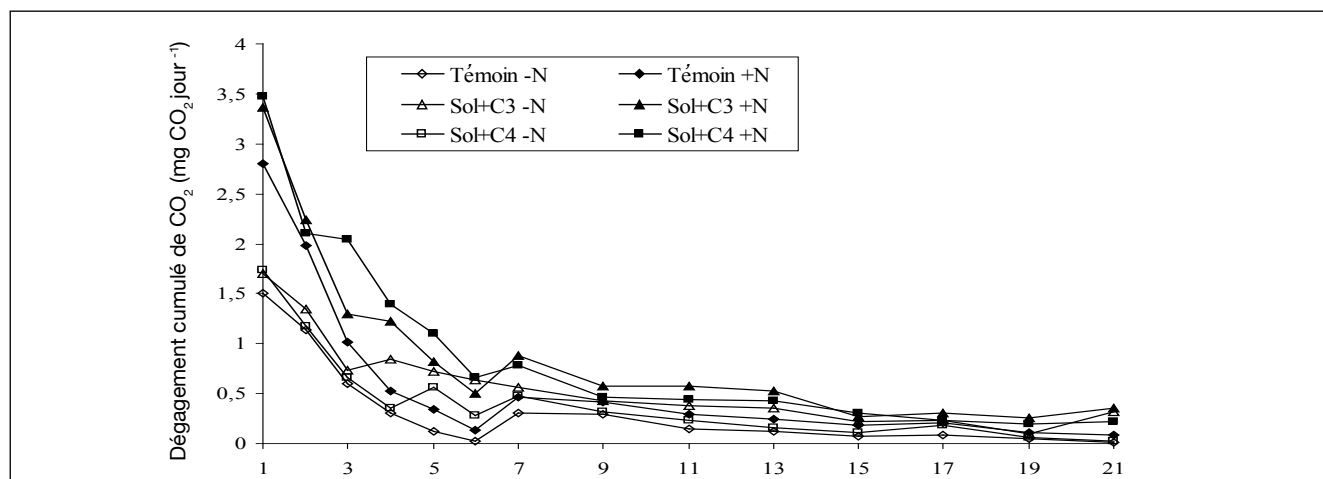


Figure 1: Evolution du dégagement journalier de CO_2 . Temps (jours)

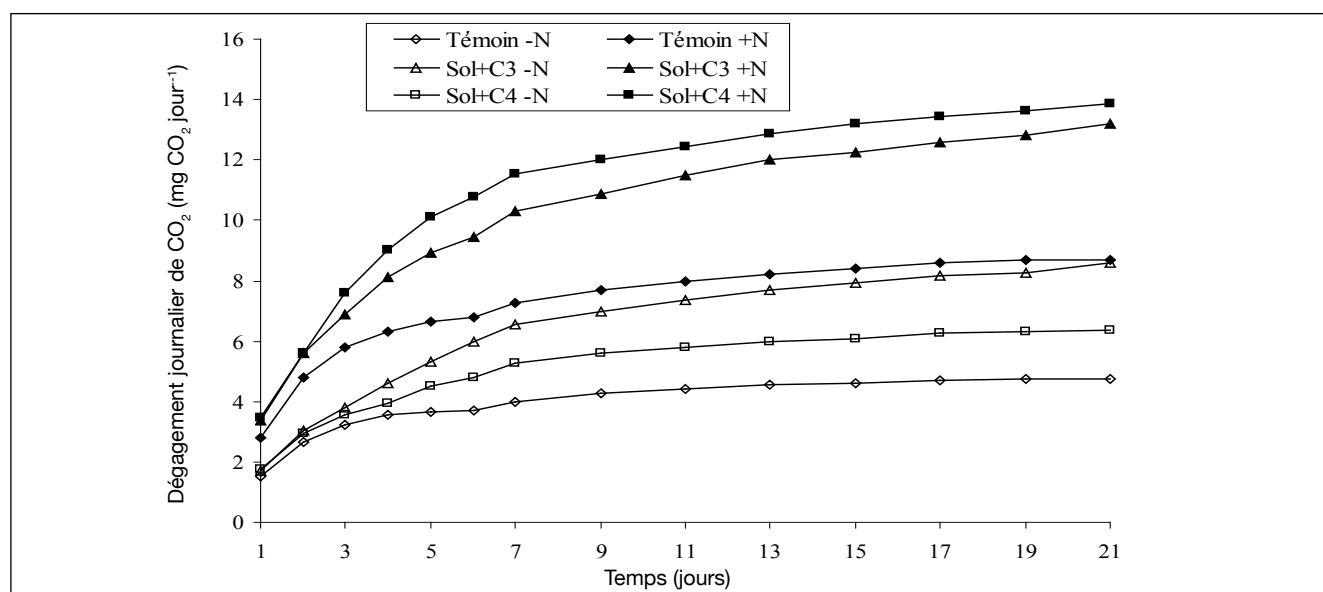


Figure 2: Evolution cumulée de CO_2 dégagé.

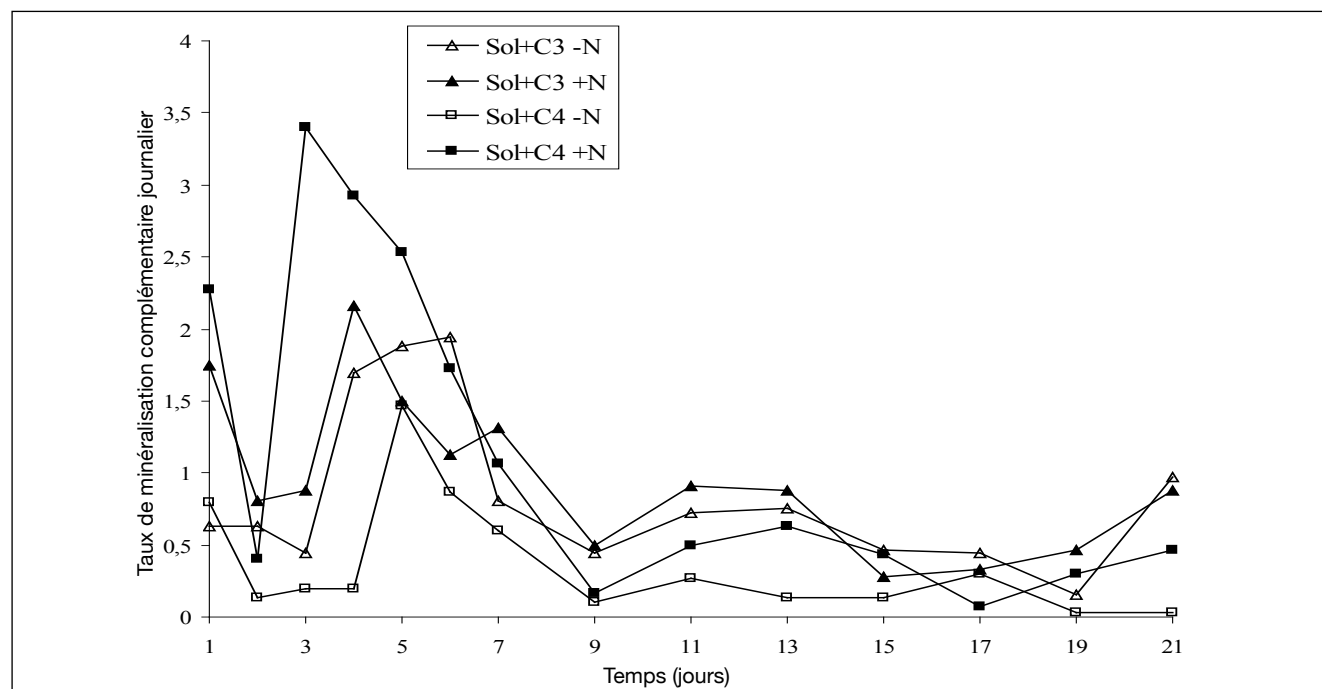


Figure 3: Taux de minéralisation complémentaire (TMC) journalier.

l'expérimentation, l'apport d'azote a presque doublé le dégagement de CO_2 pour tous les traitements (Figure 1). Pour le témoin, le dégagement a été de 2,8 mg avec azote, soit une augmentation de 87% par rapport au témoin sans azote pour lequel la production de CO_2 était de 1,5 mg. Avec les composts C3 et C4, les dégagements de CO_2 sont passés respectivement de 1,70 et 1,74 mg CO_2 à 3,36 et 3,48 mg CO_2 pour C3 et C4 respectivement, suite à cet apport d'azote, soit des augmentations respectives de 98 et 100%.

- Production cumulée de CO_2

D'une manière générale, le dégagement cumulé de CO_2 (Figure 2), a eu une allure exponentielle avec trois phases caractéristiques. La première a été ascendante, à forte pente; elle a duré 1 jour pour le témoin et 2 jours pour C3 et C4. La deuxième, toujours ascendante, a été rapide d'abord et plus lente jusqu'au 6^e ou 7^e jour, selon le traitement. La dernière est caractérisée par un accroissement beaucoup plus lent, sinon un plateau.

Les émissions chez les témoins ont plafonné à 4,76 mg CO_2 sans azote et à 8,70 mg CO_2 en présence d'azote, soit une augmentation de 83%. Les productions cumulées sont passées de 8,58 mg de CO_2 sans azote à 13,19 mg CO_2 en présence d'azote, soit un accroissement de 54% pour le traitement avec le compost C3. Cet accroissement a été de 118% avec le compost C4. L'augmentation générale de la production de CO_2 suite à l'apport de compost, a constitué l'observation la plus importante. En absence d'azote, le compost C3 (C/N= 19) a minéralisé plus que le compost C4 (C/N= 22). En présence d'azote, c'est le contraire qui a été observé.

- Effet des phosphates naturels sur le taux de minéralisation complémentaire

Le compost fabriqué sans addition de phosphates naturels (compost C3) a eu un taux de minéralisation complémentaire plus élevé que le compost produit avec addition de phosphates naturels (compost C4). L'addition d'azote pendant l'incubation a augmenté le taux de minéralisation complémentaire des composts, comparativement à celui obtenu sans ajout d'azote (Figure 3). Pour le compost C3,

les taux de minéralisation complémentaire journalier ont été de 12% et 14% respectivement sans azote et avec azote. Pour le compost C4, ces valeurs sont de 5% et 17%, respectivement.

Discussions

Les tests respirométriques ont permis de mettre en évidence l'effet des phosphocomposts sur l'évolution de la matière organique du sol. Le dégagement de CO_2 traduit la réponse biologique à une modification du milieu.

L'incorporation des composts de pailles de maïs a augmenté et stimulé la biomasse microbienne du sol, comparativement au témoin (3). En effet, les coefficients de stimulation de l'activité biologique tels que définis par Tardieux-Roche (13), et qui représentent les rapports entre les productions cumulées de CO_2 des traitements avec incorporation de composts et celles du témoin, sont de 1,3 et 1,80 en absence d'azote pour les composts C4 et C3 respectivement. Des teneurs plus élevées en carbone plus facilement biodégradables dans les composts, conduisant ainsi à une plus grande croissance de la population microbienne dans les sols amendés, expliquent ce phénomène (14).

Les dégagements élevés de CO_2 au début de l'incubation (1^{ère} semaine) ont aussi été rapportés par plusieurs auteurs avec différents types de matière organique tels que les composts (14), le fumier (12) et la litière (4). Ceci pourrait être attribué en partie aux microorganismes zymogènes, connus pour leur prompt réponse aux apports de substrats riches en énergie. Cette phase de croissance correspondrait également à une dégradation intense des composés les moins stables, en particulier les glucides hydrosolubles et hydrolisables (7,12).

Après cette augmentation importante de production de CO_2 du fait de la croissance de la population de microorganismes responsables de la décomposition des molécules riches en énergie, la phase de décroissance progressive de dégagement de CO_2 pourrait s'expliquer par non seulement l'épuisement des composés facilement biodégradables, mais aussi par la présence de composés récalcitrants pouvant inhiber la croissance microbienne (9). L'apparition ultérieure de pics de minéralisation s'explique par la minéralisation de composés hydrosolubles, de celluloses,

de lignines et de produits néoformés.

La différence de teneur en phosphore total pourrait expliquer les différences en TMC des composts C3 et C4. En effet, la forte teneur en P du compost C4, consécutive à l'apport des phosphates naturels pendant le compostage, a induit un excédent de P nécessaire à l'assimilation du carbone et de l'azote par les microorganismes. En conséquence, ces derniers pourraient avoir synthétisé des enzymes (nitrogénase) pour minéraliser l'azote indispensable à l'utilisation du phosphore, plutôt qu'à se multiplier. Cette hypothèse est supportée par le dégagement de CO₂ et le TMC qui sont plus faibles avec le compost C3 qu'avec le compost C4 (Figure 3).

L'effet positif de l'addition d'azote sur la minéralisation du carbone a été rapporté par plusieurs auteurs, particulièrement lorsque des substrats organiques à C/N élevé sont incorporés dans des sols pauvres en azote (11). L'addition d'azote a stimulé le dégagement de CO₂ comparativement au traitement sans apport de cet élément, confirmant que dans les sols du Burkina Faso, l'azote est un facteur limitant pour la production agricole (1) et pour l'activité microbienne (5). Cet effet positif pourrait aussi s'expliquer par le fait que l'azote apporté ait réagi avec les polyphénols récalcitrants, neutralisant ainsi leurs effets inhibiteurs du processus de décomposition des composts (2).

L'addition d'azote a aussi induit une minéralisation plus importante du compost C4 (riche en P), comparativement au compost C3. Cette augmentation de l'activité microbienne confirme les résultats des travaux effectués au Burkina

Faso et ailleurs en Afrique sur le fait que le phosphore est également un facteur limitant dans la plupart des sols aussi bien pour la production (1) que l'activité biologique de ces sols (4).

Conclusion

La présente étude a montré la possibilité de produire des matières organiques non seulement de qualité, mais dans un délai de trois à quatre mois. Comparé au compost de pailles seules, celui produit en présence de phosphates naturels et de fumier a permis d'obtenir un compost à C/N= 21, à la limite de la maturité. Les teneurs en phosphore, en calcium et dans une moindre mesure en azote, ont été améliorées. Le fumier et l'inoculum Micro 110 employés en combinaison ont eu des effets positifs sur les teneurs en azote des composts et surtout sur l'accélération du processus de leur maturation. L'étude de l'aptitude à la biodégradation des composts, suite à leur incorporation dans le sol, a permis de mettre en évidence une augmentation de l'activité globale de la microflore totale du sol. Cette augmentation est fonction du type de compost et d'apport ou non d'azote.

Ces résultats devront permettre d'améliorer la qualité des composts qui sont produits en milieu paysan, depuis le lancement au Burkina Faso, de «l'Opération 2 000 000 de fosses fumières». Cela nécessitera cependant (i) une disponibilité des phosphates naturels dans toutes les zones de production agricole, (ii) une meilleure intégration agriculture-élevage pour rendre le fumier disponible pour la production des composts, (iii) la localisation des compostières à proximité d'une source d'eau.

Références bibliographiques

1. Bationo A., Lompo F. & Koala S., 1998, Research on nutrient flows and balances in West Africa: state-of-the-art. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 71, 19-35.
2. Berg B. & Matzner E., 1997, Effect of N deposition on decomposition of plant litter and soil organic matter in forest ecosystems, *Environ. Rev.* 5, 1-25.
3. Calderon F.J., McCarty G.W., Van Kessel J.S. & Reeves III J.B., 2004, Carbon and nitrogen dynamics during incubation of manured soil, *Science Society of America Journal Soil*, 68, 1592-1599.
4. Gnankamary Z., Bayala J., Malmer A., Nyberg G. & Hien V., 2007, Decomposition and nutrient release from mixed plant litters of contrasting quality in an agroforestry parkland in the south-Sudanese zone of West Africa, *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 82, 1-13.
5. Gnankamary Z., Ilstedt U., Nyberg G., Hien V. & Malmer A., 2008, Nitrogen and phosphorus limitation of soil microbial respiration in two tropical agroforestry parklands in the south-Sudanese zone of Burkina Faso: the effects of tree canopy and fertilization. *Soil Biology and Biochemistry*, 40, 350-359.
6. Iuss, Isric, FAO, 2006, World reference base for soil resources, a framework for international classification, correlation and communication, 145 p.
7. Kotto J.S., 1980, Contribution à l'étude de la biodégradation de différents types d'apports organiques dans un sol ferrallitique sableux; Interférence sur les mécanismes d'agrégation, Thèse de Doctorat-Ingénieur, Université de Nancy, INPL, France, 133 p.
8. Lompo F., 1989, Effet des phosphocomposts sur la dynamique du phosphore assimilable dans quatre sols du Burkina et sur la production de matière sèche du mil, Mémoire de DEA d'Ecologie Tropicale, Option Ecologie Végétale, FAST, Université Nationale de Côte d'Ivoire, 94 p.
9. Marstorp H., 1996, Interactions in microbial use of soluble plant components in soil. *Biology and Fertility of Soils (Historical Archive)*, 22, 45.
10. Mustin M., 1987, Le compost: gestion de la matière organique, Paris, France, François Dubux, 1^{ère} édition, 954 p.
11. Sakala W.D., Cadisch G. & Giller K.E., 2000, Interactions between residues of maize and pigeonpea and mineral N fertilizers during decomposition and N mineralization. *Soil Biology and Biochemistry*, 32, 679-688.
12. Sédogo P.M., 1993, Evolution des sols ferrugineux tropicaux lessivés: incidence des modes de gestion sur la fertilité, Thèse de Doctorat ès sciences, FAST, Université Nationale de Côte d'Ivoire, 285 p.
13. Tardieux-Roche A., 1966, Contribution à l'étude des interactions entre phosphates naturels et microflore du sol. 1^{ère} et 2^{ème} parties, *Ann. Ago.* 17, (4), 403-471.
14. Thuriès L., Pansu M., Larré-Larrouy M.-C. & Feller C., 2002, Biochemical composition and mineralization kinetics of organic inputs in a sandy soil. *Soil Biology and Biochemistry*, 34, 239-250.
15. Walinga I., Vark W., Houba V.J.G. & Lee J.J., 1989, Soil and plant analysis, Part 7, Department of Soil Science and Plant Nutrition, Wageningen Agricultural University, Wageningen, The Netherlands.

F. Lompo, Burkinabè, Docteur d'Etat, Directeur Adjoint chargé des Programmes de l'Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA).

Email: lompoa1@yahoo.fr

Z. Segda, Burkinabè, Doctorat Unique en Sciences Biologiques Appliquées, Attaché de recherches, Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA), 04 BP 8645, Ouagadougou 04, Burkina Faso. Email: zacharie.segda@messrs.gov.bf

Z. Gnankamary, Burkinabè, PhD, Enseignant à l'UFR SVT/SEA de l'Université de Ouagadougou, Burkina Faso. Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA), 04 BP 8645, Ouagadougou 04, Burkina Faso. Email: gnank_zach@hotmail.com

N. Ouandaogo, Burkinabè, Master of Science en ingénierie, Responsable technique du Laboratoire Sol-Eau-Plante du Département de Recherche Gestion des Ressources Naturelles / Système de Production. Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA), 04 BP 8645, Ouagadougou 04, Burkina Faso. Email: ouandaogo_noufou@yahoo.fr

Etude du lien entre prix agricole à la production et prix de consommation dans l'ex province de Butare/Rwanda

F. Niyitanga*

Keywords: Agricultural chain- Eggplant- Bean- Sorghum- Agricultural production price- Consumption price- Rwanda

Résumé

Ce travail consiste à l'étude de la transmission des prix dans trois filières: aubergine, haricot et sorgho. Cette étude a pour objectif de caractériser le sens des causalités entre prix agricole à la production et prix de consommation. Ce travail utilise les séries temporelles de prix extraites de la base de données du CRISER (Centre de Recherche et d'Information en Socio-Economie Rurale) sur la commercialisation des produits agricoles dans l'ex province de Butare. L'utilisation des méthodes de cointégration montre qu'il y a de la transmission de prix de l'amont (production) vers l'aval (consommation). Les variations du prix à la production se répercutent donc au prix de consommation. Les élasticités de transmission sont en général faibles pour toutes les filières. Elles varient en moyenne de 0,19% à 0,22%. L'élasticité de transmission est relativement faible (0,19%) pour la filière aubergine alors qu'elle est relativement élevée (0,22%) pour la filière haricot.

Summary

Study of the Relationship between Agricultural Production Price and Consumption Price in Ex Province of Butare/Rwanda

This work consists of the study of price transmission in three agricultural chains: eggplant, bean and sorghum. This study has the objective of characterizing causalities between agricultural production price and consumption price. It uses time series extracted from the database of the CRISER (Centre for Research and Information in Rural Socio-Economy). This database is composed of data on commercialization of agricultural products in Butare ex-province. The use of cointegration methods shows that there is price transmission from production level to consumption level. Variations in production price do affect consumption price. The transmission elasticities are generally low for all agricultural chains. They vary, on average, from 0.19% to 0.22%. The elasticity of transmission is relatively low (0.19%) for eggplant agricultural chain and relatively high (0.22%) for bean agricultural chain

Introduction

Face à l'insécurité alimentaire et à la pauvreté, le Rwanda préconise une politique de développement économique orientée vers le marché. La ligne directrice est d'évoluer vers une agriculture transformée et moderne dont la production ne doit plus être destinée seulement à l'autoconsommation, mais de plus en plus tournée vers le marché.

Le marché joue un rôle important dans ce processus de transformation et de modernisation de l'agriculture car il permet de transférer le surplus du secteur agricole aux autres secteurs de l'économie, condition d'une croissance rapide. Selon Hayami et Ruttan «le système de marché est plus efficace en ce sens qu'il permet d'augmenter la production et de transférer des gains de productivité aux autres secteurs de l'économie» (6).

Les marchés ruraux périodiques, types de marchés nombreux au Rwanda, constituent des lieux privilégiés où s'amorcent l'économie d'échange et le processus de la commercialisation agricole. Il est dès lors impératif de développer en parallèle du secteur agricole en croissance, un système de marchés efficace, dynamique et intégré qui permet à son tour de développer le commerce, moteur de la croissance économique. L'absence d'un tel système de marché est à la base de la stagnation du développement du secteur agricole, surtout quand la production est suffisante pour dégager un surplus. En effet, la commercialisation du surplus agricole se fait difficilement à des prix bas qui ne permettent pas d'obtenir la rémunération des efforts investis (facteurs de production matériels, humains et financiers) et les producteurs n'ont pas des incitations à produire de nouveau et davantage.

Des réactions des acheteurs et des vendeurs aux impulsions qui viennent des marchés agricoles ruraux périodiques par une analyse des mouvements des prix et des quantités sur ces marchés permettraient d'assurer le bon fonctionnement des marchés agricoles. Dans cette optique, un Centre de

Recherche et d'Information en Socio-Economie Rurale (CRISER) de la Faculté d'Agronomie à l'Université Nationale du Rwanda a, depuis 2001, organisé une enquête sur la commercialisation des produits agricoles représentant un potentiel important (production ou importation) pour l'approvisionnement des différents marchés agricoles ruraux périodiques (marchés de production: Ntyazo, Musha, Nyaruteja, Rugogwe, Viro, Ruhuha, Kabuga et Kizi et marchés de consommation: Ngoma, Nyanza et Rwanza) de l'ex province de Butare pour constituer une base de données contenant des informations sur les prix, les quantités des produits, l'origine et la destination des produits et le nombre de vendeurs par produit sur un marché pour différentes filières agricoles importantes dans l'agriculture rwandaise. Le présent travail a alors pour objectif d'étudier la transmission des prix dans les filières d'aubergine, de haricot et de sorgho. Comme hypothèse, le prix à la production «cause» le prix de consommation. La revue de la littérature sur des études pareilles en Afrique permet de conclure qu'il y a de la transmission de prix de la production à la consommation pour certaines filières agricoles (surtout la filière céréalière) alors qu'il n'en existe pas pour d'autres (filiale lait).

Matériel et méthodes

Les données utilisées dans l'analyse sont des séries de prix d'aubergine, de haricot et de sorgho tirées de la base de données du CRISER. Les données sont transformées en logarithme afin d'interpréter les coefficients associés au logarithme des variables explicatives comme des élasticités au cas où la relation de long terme existe. Le logiciel Eviews est utilisé dans le traitement des données.

Les méthodes consistent en:

a) **Tests de racine unitaire et stationnarité** pour mettre

*Faculté d'Agronomie, Université Nationale du Rwanda, B.P. 117, Butare, Rwanda.

Reçu le 27.11.08 et accepté pour publication le 18.03.09.

en évidence le caractère stationnaire ou non des séries de prix et pour les rendre stationnaire. Trois modèles servent de base à la construction de ces tests:

$$1) \Delta y_t = \rho y_{t-1} - \sum_{j=2}^p \varphi_j \Delta y_{t-j+1} + \varepsilon_t$$

$$2) \Delta y_t = \rho y_{t-1} - \sum_{j=2}^p \varphi_j \Delta y_{t-j+1} + \alpha + \varepsilon_t$$

$$3) \Delta y_t = \rho y_{t-1} - \sum_{j=2}^p \varphi_j \Delta y_{t-j+1} + \alpha + \beta_t + \varepsilon_t$$

On estime par les moindres carrés ordinaires les trois modèles et on teste l'hypothèse $H_0: |\varphi| = 1$ contre l'hypothèse $H_1: |\varphi| < 1$. Si H_0 est retenue dans l'un de ces trois modèles, la série est alors non stationnaire.

b) **Test de la cointégration des variables** permettant d'identifier la relation véritable entre deux variables. On met ce test en place en utilisant l'algorithme en deux étapes de Engle et Granger (4, 5).

1^{ère} **étape: Tester l'ordre d'intégration des variables:** une condition nécessaire de cointégration est que les séries doivent être intégrées de même ordre. A cet effet, un test de Dickey et Fuller (2) est mené pour connaître l'ordre d'intégration des séries de prix (1).

2^{ème} **étape: Estimation de la relation de long terme:** si la condition nécessaire est vérifiée, on estime par les moindres carrés ordinaires la relation de long terme entre les variables: $y_t = \alpha_1 x_t + \alpha_0 + \varepsilon_t$. Si le résidu $e_t = y_t - \hat{\alpha}_1 x_t - \hat{\alpha}_0$ issu de cette régression est stationnaire, la relation de cointégration existe. Comme ce test porte sur les résidus estimés à partir de la relation statique, on utilise des tables de MacKinnon (7) dépendant du nombre d'observations et de variables explicatives figurant dans la relation statique (8).

c) **Estimation par les moindres carrés ordinaires du modèle à correction d'erreur**

$\Delta y_t = \alpha_j \Delta x_t + \alpha_j e_{t-1} + u_t$, $\alpha_j < 0$ pour déterminer le sens de la causalité des prix (4, 5). Y doit être remplacé par les séries de prix de consommation et x par les séries de prix à la production. Pour valider le modèle à correction d'erreur, le terme à correction d'erreur ($\alpha_j e_{t-1}$) doit être négativement significatif.

d) **Statistique de Fisher** permettant de tester la significativité globale des modèles à correction d'erreur. Il s'agit de tester l'hypothèse nulle $\alpha_j = 0$ et $\alpha_j = 0$ (3). Le rejet de l'hypothèse nulle implique la causalité des prix. L'Eviews donne directement la valeur de la statistique de Fisher lors de l'estimation des modèles à correction d'erreur.

Résultats et discussions

1. Etude de la stationnarité des séries de prix

Les tableaux (1, 2 et 3) suivants présentent les résultats de l'étude de la stationnarité des séries de prix d'aubergine (ca, ka, ma, ha, va, ta, ga, ja, za, wa et ba), de haricot (ch, kh, mh, hh, vh, th, gh, jh, zh, wh et bh) et sorgho (cs ks, ms, hs, vs, ts, gs, js, zs, ws et bs) en niveau.

Le test de Dickey-Fuller Augmenté réalisé sur les séries de prix montre que toutes les séries de prix en niveau possèdent une racine unitaire; elles sont donc non stationnaires (cfr tableaux en fin de texte). Les résultats de ce test montrent que quelque soit le modèle utilisé pour chaque série de prix, les valeurs calculées de la statistique Dickey-Fuller Augmenté sont supérieures aux valeurs critiques. Il est par

Tableau 1
Test de racine unitaire sur les séries de prix d'aubergine en niveau

Type de modèle	Statistiques de Dickey-Fuller Augmenté										
	ca	ka	ma	ha	ja	za	ga	wa	ta	ba	va
Modèle 1	-0,15	+2,31	-0,20	-0,72	-0,67	-0,57	-0,28	-0,24	-1,44	-0,23	-0,15
Modèle 2	-3,00	+0,94	-2,09	-3,33	-2,97	-3,24	-2,93	-3,12	-3,43	-3,29	-2,53
Modèle 3	-3,34	-1,76	-2,46	-3,52	-3,09	-3,30	-3,19	-3,44	-3,79	-3,26	-3,20

Valeurs critiques : -2,60 pour le modèle 1; -3,51 pour le modèle 2 et - 4,04 pour le modèle 3.

Tableau 2
Test de racine unitaire sur les séries de prix de haricot en niveau

Type de modèle	Statistiques de Dickey-Fuller Augmenté										
	ch	kh	mh	hh	jh	zh	gh	wh	th	bh	vh
Modèle 1	-0,68	+0,64	-0,42	-0,61	-0,42	-0,15	-0,54	-0,68	+0,72	+0,79	+0,02
Modèle 2	-2,25	+0,39	-1,76	-1,82	-1,88	-1,70	-1,98	-2,08	-0,26	-0,32	-1,43
Modèle 3	-2,85	-2,54	-2,77	-2,64	-2,87	-2,46	-2,75	-2,84	-1,19	-1,80	-2,77

Valeurs critiques : -2,60 pour le modèle 1; -3,51 pour le modèle 2 et - 4,04 pour le modèle 3.

Tableau 3
Test de racine unitaire sur les séries de prix de sorgho en niveau

Type de modèle	Statistiques de Dickey-Fuller Augmenté										
	cs	ks	ms	hs	js	zs	gs	ws	ts	bs	vs
Modèle 1	-0,07	-0,06	+0,06	-0,03	-0,10	-0,14	+0,16	+0,18	-0,14	+0,12	+0,21
Modèle 2	-1,74	-1,84	-1,54	-1,72	-0,91	-0,79	-1,49	-1,65	-1,80	-1,61	-1,36
Modèle 3	-2,20	-2,24	-1,99	-2,12	-2,26	-2,14	-1,89	-1,91	-2,21	-2,11	-1,82

Valeurs critiques: -2,60 pour le modèle 1, -3,51 pour le modèle 2 et - 4,04 pour le modèle 3.

Tableau 4
Test de racine unitaire sur les séries de prix en différence première

Série de prix	Statistiques de Dickey-Fuller Augmenté										
Aubergine	-5,61	-4,18	-4,94	-15,11	-9,89	-3,77	-10,01	-10,11	-14,87	-4,99	-4,20
Haricot	-8,57	-10,16	-14,74	-7,18	-6,38	-6,98	-7,69	-13,78	-13,00	-11,24	-12,39
Sorgho	-5,71	-5,42	-12,93	-6,33	-5,49	-7,67	-13,28	-7,02	-12,52	-6,85	-13,55

Valeur critique: -2,60 (seuil de significativité de 1%).

conséquent nécessaire de mener l'étude de la stationnarité des séries en différence première afin de déterminer leur ordre d'intégration.

Le modèle sans constante ni tendance est la meilleure spécification pour toutes les séries de prix. On constate

que toutes les séries de prix sont stationnaires en différence première. Ceci permet de conclure que toutes les séries de prix sous l'analyse sont intégrées d'ordre 1 càd I (1). Comme l'a montré Bourbonnais (1), ceci montre à priori qu'il y a un risque de la cointégration (relation de long terme).

a) Filière aubergine

$$-\log ba_t = .13 \log va_t - .06 \log ta_t + .11 \log ga_t + .24 \log ja_t + .04 \log ma_t + .05 \log ka_t + .14 \log ca_t + 2.37 + e_t$$

(2.04) (-1.53) (1.74) (3.53) (0.75) (-2.32) (2.41) (12.83)

$$R^2 = 0.57$$

$$-\log za_t = .2 \log va_t - .26 \log ta_t + .23 \log ga_t + .32 \log ja_t + .13 \log ma_t + .09 \log ka_t + .42 \log ca_t + .01 + e_t$$

(-2.27) (-4.71) (2.44) (3.46) (1.83) (-3.15) (4.99) (.06)

$$R^2 = 0.57$$

$$-\log wa_t = .26 \log va_t - .11 \log ta_t + .17 \log ga_t + .03 \log ha_t + .11 \log ma_t - .03 \log ca_t + 1.41 + e_t$$

(3.51) (2.45) (2.21) (0.43) (1.88) (-.41) (6.49)

$$R^2 = 0.56$$

b) Filière haricot

$$-\log bh_t = .24 \log vh_t - .35 \log th_t + .1 \log gh_t + .07 \log hh_t + .07 \log mh_t + .01 \log kh_t + .11 \log ch_t + .83 + e_t$$

(4.04) (-6.34) (2.8) (1.41) (-1.30) (1.75) (1.89) (8.79)

$$R^2 = 0.95$$

$$-\log wh_t = -.09 \log vh_t + .11 \log th_t + .11 \log gh_t + .27 \log ja_t + .18 \log mh_t - .03 \log kh_t + .38 \log ch_t + .25 + e_t$$

(-1.38) (1.67) (1.98) (3.37) (2.77) (-2.74) (5.52) (2.27)

$$R^2 = 0.94$$

$$-\log zh_t = -.07 \log vh_t - .3 \log th_t + .26 \log gh_t + .13 \log ja_t + .12 \log hh_t + .08 \log mh_t + .01 \log ch_t + .28 + e_t$$

(-1.24) (-6.65) (4.99) (1.88) (2.07) (1.37) (.03) (2.88)

$$R^2 = 0.96$$

c) Filière sorgho

$$-\log bs_t = .23 \log vs_t - .08 \log ts_t + .25 \log gs_t + .1 \log hs_t + .08 \log ms_t + .09 \log ks_t + .2 \log cs_t + .45 + e_t$$

(4.83) (-2.05) (5.49) (2.2) (1.78) (2.34) (3.33) (6.59)

$$R^2 = 0.96$$

$$-\log zs_t = .08 \log vs_t - .14 \log ts_t + .32 \log gs_t + .15 \log ja_t + .11 \log hs_t + .06 \log ms_t + .16 \log cs_t - .19 + e_t$$

(1.29) (2.46) (5.31) (2.23) (1.70) (1.02) (2) (-2)

$$R^2 = 0.95$$

$$-\log ws_t = -.12 \log vs_t + .19 \log ts_t + .14 \log gs_t + .16 \log js_t + .06 \log hs_t + .27 \log ms_t + .04 \log ks_t + .26 \log cs_t + .23 + e_t$$

(-1.98) (3.24) (2.18) (2.24) (0.95) (4) (0.69) (2.31) (2.39)

$$R^2 = 0.94$$

Tableau 5
Test de la stationnarité des résidus

Filière	Statistiques de Dickey-Fuller Augmenté		
Aubergine	-7,48	-9,04	-9,00
Haricot	-6,94	-9,78	-6,03
Sorgho	-8,66	-8,43	-10,01

2. Estimation de la relation de long terme

L'étude de la stationnarité du résidu e_t pour chaque équation estimée donne les résultats suivants.

a) Filière aubergine

$$-\Delta \log b a_t = -4,5e_{t-1} + 0,04\Delta \log k a_t + 0,07\Delta \log g m a_t + 0,08\Delta \log h a_t + 1,8\Delta \log j a_t + 0,06\Delta \log g a_t + 0,06\Delta \log t a_t - 0,07\Delta \log v a_t + \hat{u}_t$$

(-7.15) (0.69) (1.52) (1.28) (3.57) (1.2) (1.26) (-1.58)

$$F = 9.50$$

$$-\Delta \log z a_t = -5,7e_{t-1} + 0,35\Delta \log c a_t + 0,03\Delta \log k a_t + 0,05\Delta \log g m a_t + 0,1\Delta \log h a_t + 0,23\Delta \log j a_t + 0,12\Delta \log t a_t - 0,29\Delta \log v a_t + \hat{u}_t$$

(-8.17) (4.59) (0.33) (0.71) (0.12) (3.11) (1.88) (-3.63)

$$F = 11.60$$

$$-\Delta \log v a_t = -6,6e_{t-1} - 0,03\Delta \log c a_t + 0,06\Delta \log k a_t + 0,07\Delta \log g m a_t - 0,07\Delta \log h a_t + 0,04\Delta \log j a_t + 0,04\Delta \log g a_t + 2,1\Delta \log t a_t + 1,4\Delta \log v a_t + \hat{u}_t$$

(-8.47) (-0.48) (0.72) (1.21) (-0.92) (-0.70) (0.62) (3.54) (2.01)

$$F = 8.98$$

b) Filière haricot

$$-\Delta \log b h_t = -4,6e_{t-1} + 0,09\Delta \log c h_t + 0,03\Delta \log k h_t - 0,06\Delta \log g m h_t + 0,07\Delta \log h h_t - 0,1\Delta \log j h_t + 0,06\Delta \log g h_t + 2,2\Delta \log t h_t + 0,08\Delta \log v h_t + \hat{u}_t$$

(-7.08) (2.13) (1.29) (-1.60) (1.89) (-0.28) (1.58) (4.82) (1.96)

$$F = 14.29$$

$$-\Delta \log z h_t = -6,6e_{t-1} + 0,09\Delta \log c h_t + 0,06\Delta \log k h_t + 1,5\Delta \log g m h_t + 1,2\Delta \log j h_t + 1,4\Delta \log g h_t + 2,8\Delta \log t h_t - 0,1\Delta \log v h_t + 2,04 + \hat{u}_t$$

(-9.12) (1.63) (2.1) (1.22) (2.91) (2.47) (2.86) (4.60) (-2)

$$F = 19.70$$

$$-\Delta \log v h_t = -8,63e_{t-1} + 4,85\Delta \log c h_t + 4,77\Delta \log k h_t + 12,19\Delta \log g m h_t + 3,26\Delta \log h h_t + 1,863\Delta \log j h_t + 1,448\Delta \log g h_t + 3,45\Delta \log t h_t + \hat{u}_t$$

(-8.9) (5.3) (1) (1.5) (0.4) (2.4) (1.9) (0.4)

$$F = 16.56$$

c) Filière sorgho

$$-\Delta \log b s_t = -5,3e_{t-1} + 1,3\Delta \log c s_t + 0,06\Delta \log k s_t + 0,03\Delta \log g m s_t + 1,1\Delta \log h s_t + 0,02\Delta \log j s_t + 2,2\Delta \log g s_t - 0,1\Delta \log t s_t + 0,09\Delta \log v s_t + \hat{u}_t$$

$F = 15.60$ (-7.8) (2.3) (2.2) (0.7) (2.7) (0.5) (4.7) (-0.3) (2)

$$-\Delta \log z s_t = -5,3e_{t-1} + 0,09\Delta \log c s_t + 0,09\Delta \log k s_t + 1,6\Delta \log g m s_t + 0,03\Delta \log h s_t + 1,1\Delta \log j s_t + 1,1\Delta \log t s_t + 0,04\Delta \log v s_t + \hat{u}_t$$

(-7.9) (1.2) (2.2) (3) (0.6) (2) (3.5) (2)

$$F = 15.71$$

$$-\Delta \log v s_t = -7,7e_{t-1} + 1,4\Delta \log c s_t - 0,04\Delta \log k s_t + 2,2\Delta \log g m s_t + 1,6\Delta \log h s_t + 1,9\Delta \log j s_t + 1,5\Delta \log g s_t + 1,9\Delta \log t s_t - 1,6\Delta \log v s_t + \hat{u}_t$$

(-9.4) (1.6) (-0.8) (3.5) (2.5) (2.9) (2.4) (3.1) (-2.1)

$$F = 20.05$$

3. Estimation des modèles à correction d'erreur des prix

Les résultats des estimations des modèles à correction d'erreur de prix montrent que tous les termes à correction d'erreur sont tous négativement significatifs au seuil de 1%, 5% et 10%. Ceci permet de valider la présentation à correction d'erreur pour toutes les filières (aubergine, haricot et sorgho). La significativité des termes d'erreur au seuil de 1%, 5% et 10% confirme l'existence réelle de la relation de cointégration entre le prix agricole à la production et prix de consommation.

4. Causalité entre prix agricole à la production et prix de consommation

Les modèles à correction d'erreur de prix présentés au point 3 sont tous globalement significatifs au seuil de 1% (voir statistiques de Fisher). Ce constat permet de conclure que le prix agricole à la production «cause» le prix de consommation pour toutes les filières.

Ce test de la stationnarité des résidus montre que les résidus sont stationnaires, ce qui signifie qu'il existe une relation de long terme entre prix agricole à la production et prix de consommation. Il est donc nécessaire d'estimer les modèles à correction d'erreur des prix pour caractériser le sens de la causalité des prix. Y doit être remplacé par les séries de prix de consommation et x par les séries de prix à la production.

En considérant les marchés de production comme un seul marché de production approvisionnant les trois marchés de consommation (Ngoma, Nyanza et Rwanza), une hausse de 1% du prix à la production dans chaque filière entraînerait en moyenne une hausse du prix de consommation du pourcentage repris dans le tableau suivant.

Il ressort de ce tableau que l'élasticité de transmission du prix à la production vers le prix de consommation est relativement plus élevée sur le marché de Nyanza et plus bas sur le marché de Ngoma. Les sites de ces marchés par

Tableau 6
Hausse du prix de consommation suite à la hausse de 1% du prix à la production

Filière	Marchés		
	Ngoma	Rwanza	Nyanza
Aubergine	0,14%	0,18%	0,25%
Haricot	0,20%	0,22%	0,26%
Sorgho	0,16%	0,21%	0,19%

rapport aux marchés de production peuvent expliquer cette situation. En effet, malgré que ces deux marchés soient localisés dans les villes où il y a beaucoup de demandeurs de produits agricoles, le marché de Ngoma présente un avantage d'être localisé dans la grande ville de Ngoma où la demande est relativement forte. Cela peut pousser, en cas d'augmentation du prix à la production, les commerçants à choisir d'approvisionner relativement beaucoup plus le marché de Ngoma où ils espèrent d'écouler vite leurs stocks et moins le marché de Nyanza où l'écoulement de stock peut prendre plus de temps. Ainsi donc, la pénurie de produits sur ce marché de Nyanza entraîne une hausse de prix relativement élevée. L'élasticité de transmission sur le marché de Rwanda est aussi relativement moins élevée par rapport au marché de Nyanza. Cela peut s'expliquer par le fait que ce marché est proche de celui de la ville de Butare (Ngoma). En effet, les commerçants peuvent préférer y acheminer les produits agricoles en espérant, au cas où leur écoulement connaîtrait un retard, de les envoyer directement sur le marché de Ngoma. Le coût de transport est moindre entre les marchés.

En considérant les marchés de consommation comme un seul marché de consommation et les marchés de production comme un seul marché de production, l'élasticité de la transmission du prix à la production vers le prix de consommation est en moyenne de 0,19% pour la filière aubergine, de 0,19% pour la filière sorgho et de 0,22% pour la filière haricot. L'élasticité de transmission du prix à la production au prix de consommation est relativement faible dans les filières d'aubergine et de sorgho d'une part et est relativement forte dans les filières de haricot d'autre part. Le cycle cultural et l'importance accordée à chacun de ces produits agricoles dans le panier alimentaire de la population peuvent expliquer cela. En effet, il apparaît que lorsque le prix à la production varie à la hausse pour une culture de cycle cultural court, le prix de consommation varie relativement moins car les demandeurs sont moins sensibles à la pénurie de ce produit. Une augmentation très forte du prix de consommation entraînerait donc l'arrêt de son achat du fait que les demandeurs espèrent que le prix va baisser lors de la récolte suivante. La consommation de ce produit peut être donc substitué à un autre produit en attendant la récolte suivante qui peut provoquer la chute de prix. C'est le cas de l'aubergine dont le cycle cultural

est court. La périssabilité de ce produit peut aussi expliquer cette faible élasticité.

Une exception à ces cultures de cycle cultural court peut être constatée lorsque le produit occupe une place importante dans le panier alimentaire de la population. Le prix de consommation de haricot connaît l'élasticité relativement forte malgré son cycle cultural court (3 mois en moyenne) car il occupe une place importante (il est la source principale des protéines) dans le panier alimentaire de la population rwandaise. Cependant, lorsque le cycle cultural est plus ou moins long et que le produit n'a pas de place importante dans le panier alimentaire de la population, la hausse de prix de consommation peut être moins élevée. C'est le cas du sorgho dont le cycle cultural arrive en moyenne à 5 mois.

Conclusion

L'étude du lien entre prix agricole à la production et prix de consommation montre qu'il y a de la transmission du prix de l'amont vers l'aval dans les filières d'aubergine, de haricot et de sorgho. Les variations du prix à la production se répercutent donc au prix de consommation. Autrement dit, le prix à la production «cause au sens de Granger» le prix de consommation. Les élasticités de transmission du prix à la production au prix de consommation varient en moyenne de 0,19% à 0,22% pour ces filières d'aubergine, de haricot et de sorgho. L'élasticité de transmission est relativement faible pour la filière aubergine alors qu'elle est relativement élevée pour la filière haricot.

Ces résultats montrent entre autres que les mesures visant à stabiliser les prix agricoles devraient s'orienter plus au niveau du prix à la production, ce qui implique la stabilité de prix de consommation. Aussi, la stabilisation de prix aiderait les producteurs à mieux planifier la production agricole à travers la diminution de la variabilité excessive de revenu agricole et les consommateurs à mieux faire la prévision du budget à consacrer à l'achat des produits agricoles.

Les mesures pourraient inclure entre autres la mise en place des dispositifs d'information sur le prix agricole permettant aux acteurs sur les marchés et surtout aux producteurs (étant donné qu'ils sont en général les moins informés) de bien suivre et d'interpréter l'évolution des prix sur différents marchés.

Références bibliographiques

1. Bourbonnais R., 2006, *Econométrie, manuel et exercices corrigés*, 6^e Edition, Dunod. Dickey D.A. & Fuller W.A., 1981, The likelihood ratio statistics for autoregressive time series with a unit root, *Econometrica*, 49, 1057-72.
2. Enders W., 1995, *Applied Econometric Time Series*, John Wiley and Sons, New-York.
3. Engle R.F. & Granger C.W.J., 1987, Cointegration and error correction: representation, estimation and testing, *Econometrica*, 55, 251-276.
4. Granger C.W.J., 1969, Investigating causal relationships by econometric models and cross spectral methods, *Econometrica*, 37, 424-438.
5. Hayami Y. & Ruttan V.W., 1998, *Agriculture et développement, une approche internationale*, Editions INRA.
6. MacKinnon J.G., 1991, Critical values for cointegration tests. In: Long run equilibrium relationships (Engle R.F. & Granger C.W.J., eds.) pp. 267-76 Oxford: Oxford University Press.
7. Thomas R.L., 1996, *Modern econometrics, an introduction*, British Library Cataloguing-in-Publication Data.

F. Niyitanga, Rwandais, Diplôme d'Etudes Spécialisées (DES) en économie rurale, Enseignant, Faculté d'Agronomie, Université Nationale du Rwanda, B.P.117, Butare, Rwanda.

Email: niyitanga@yahoo.fr

Protection des cultures à l'aide de la haie morte et de la haie vive dans la région de Ségou, au Mali

Virginie Levasseur¹, A. Olivier^{2*} & A. Niang³

Keywords: Fence- Labour- Market garden- Plot protection- Tree- Mali

Résumé

Dans la région de Ségou, au Mali, on assiste à un accroissement de la production maraîchère de contre-saison. Or, ce type de production nécessite une protection contre les animaux d'élevage qui divaguent librement durant la saison sèche. Trois types de haies sont utilisés par les paysans pour ce faire: la haie morte, constituée de résidus de culture ou de branches d'arbres et arbustes épineux; la haie vive traditionnelle, généralement constituée d'euphorbes plantées à de très faibles écartements; et la haie vive améliorée, composée d'arbres à usages multiples, généralement épineux. Une étude a été réalisée dans onze villages afin d'analyser la contribution de ces différents types de haies à la protection des cultures, ainsi que certaines contraintes liées à leur utilisation. Les résultats indiquent que trois quarts des unités de production agricole (UPA) utilisent un des types de haies durant la saison sèche. Trois UPA sur dix le font même durant la saison des pluies. Malgré la protection limitée qu'elle offre, la haie morte paraît bien adaptée au système agraire des paysans. La haie vive améliorée, pour sa part, fait face à de nombreuses contraintes, notamment en ce qui a trait à l'organisation du travail des membres de l'UPA.

Summary

Crop Protection with the Help of Dead and Live Fences in the Segou Region, in Mali

In the Segou region, in Mali, market crop production during the dry season is increasing. This type of production needs to be protected from livestock, which roams freely during the dry season. Three types of fences are used by farmers in order to protect their plots: dead fence, which is made of crop residues or branches from thorny trees and shrubs; traditional live fence, most often consisting of euphorbia planted close to one another; and improved live fence, composed of multipurpose trees and shrubs, usually thorny. A study was conducted in eleven villages in order to analyse the contribution of these different types of fences to the protection of crops, as well as some constraints related to their use. Results show that three quarters of the agricultural production units (APU) use one of the crop protection techniques during the dry season. Three out of ten APU even use one type of fences or the other during the rainy season. Although the protection it offers is limited, the dead fence seems well adapted to the farmer's agrarian system. The improved live fence, for its part, faces many constraints, especially with regard to labour organization of the members of the APU.

Introduction

Au cours des dernières décennies, le Mali a vu sa population urbaine augmenter de façon considérable, suscitant de nombreuses inquiétudes quant à la capacité du pays à assurer la sécurité alimentaire de ses habitants. Or, malgré les difficultés rencontrées, les paysans sont parvenus à offrir aux citadins des produits vivriers en quantité suffisante et à des prix raisonnables (4, 7). Pour y arriver, ils ont toutefois dû modifier certains éléments de leur système de production agricole. On a notamment assisté à un véritable essor des cultures maraîchères en saison sèche.

Or, les cultures de contre-saison doivent être protégées contre les animaux d'élevage, qui divaguent librement dans les champs durant la saison sèche. Habituellement, les paysans érigent pour ce faire des clôtures faites de branches d'arbres épineux ou de résidus de culture, les haies mortes. Même si la grande majorité des parcelles cultivées sont consacrées à des cultures pluviales et ne comportent donc généralement pas de haies mortes, ces structures font à présent partie du paysage malien. Cependant, la protection offerte par les haies mortes est restreinte. Attaquées par les termites et subissant les assauts du bétail, elles sont rapidement endommagées et doivent par conséquent être remplacées chaque année.

Pour contrer ce problème, certains paysans utilisent la haie vive, une clôture constituée d'arbres plantés à très faible écartement autour de la parcelle à protéger. Au Mali, la haie vive traditionnelle est le plus souvent constituée d'euphorbes. Depuis quelques années, cependant, diverses institutions,

à l'instigation de l'ICRAF (World Agroforestry Centre) et de l'IER (Institut d'Economie Rurale), proposent aux paysans une haie vive dite améliorée, qui est composée d'arbres à usages multiples, généralement épineux. Les espèces proposées sont le *Ziziphus mauritiana* (jujubier), l'*Acacia nilotica*, l'*Acacia senegal*, le *Lawsonia inermis* (henné) et le *Bauhinia rufescens*. La haie vive améliorée offre une protection durable trois à cinq ans après son installation (10). Elle fournit aussi aux paysans divers produits secondaires (5), tout en diminuant la pression subie par les arbres du terroir.

Au-delà de sa contribution à la protection des cultures de contre-saison, la haie vive améliorée joue un rôle de premier plan dans l'appropriation des parcelles cultivées (6). Au Mali, l'arbre planté est un important marqueur foncier, qui affirme les droits du planteur sur une parcelle. La haie vive améliorée peut donc être vue comme un moyen de matérialiser les limites de cette parcelle. Elle participerait ainsi à une individualisation croissante de l'espace cultivé, entraînant une parcellisation du terroir et de ses ressources (6).

Malgré les avantages que présente la haie vive améliorée, son taux d'adoption par les paysans demeure faible. La présente étude vise à faire la lumière sur la contribution de la haie morte, de la haie vive traditionnelle et de la haie vive améliorée à la protection de différents types de cultures dans la région de Ségou, au Mali, et à identifier certaines contraintes liées à leur utilisation.

¹Université de Moncton, Campus d'Edmundston, Edmundston (NB), E3V 2S8, Canada.

²Département de phytologie, Université Laval, Québec (QC), G1K 7P4, Canada. Téléphone: 1 (418) 656-2131 poste 3601; télécopieur: 1 (418) 656-7856; courriel: alain.olivier@fsaa.ulaval.ca

³Centre OMD – Afrique de l'Ouest et du Centre, B.P. 320, Bamako, Mali.

Reçu le 28.03.08 et accepté pour publication le 06.04.09.

Méthodologie

La collecte de données a été réalisée de novembre 2000 à novembre 2001 dans 11 villages du Cercle de Ségou, au Mali: Brambiela, Bougounina, Dakala, Djigo, Dougoukouna, N'Tobougou, Pendia Were, Sama, Sikila, Tesseribougou et Zogofina. Dans chaque village, des rencontres préliminaires ont d'abord eu lieu avec des groupes de paysans afin de mieux connaître les cultures et les pratiques d'élevage sur le terroir, les modes d'accès à la terre et aux ressources naturelles, les modes de délimitation des champs, les produits et usages des arbres et leurs modes de tenure, les modes de protection des cultures utilisés en saison sèche, etc.

Un questionnaire portant sur les cultures pratiquées par les paysans au cours de la saison des pluies et de la saison sèche, le nombre de parcelles et les cultures protégées par des haies, ainsi que les espèces ligneuses utilisées dans ces haies, a ensuite été administré à 186 unités de production agricole (UPA), ou *chiké gwa*, en langue bamana. Une UPA regroupe une partie ou l'ensemble des membres du groupe familial, vivant ou non sous le même toit, qui cultivent des champs en commun.

Enfin, 31 entretiens semi-structurés ont été menés avec 25 hommes et 6 femmes provenant de 6 villages. Ces entretiens portaient sur l'organisation du travail agricole, ainsi que sur les perceptions des paysans concernant les différents types de haies, les avantages et les inconvénients qui se rattachent à leur utilisation et les motifs et les conséquences de cette utilisation.

Résultats et discussion

Les cultures de contre-saison

Les données recueillies confirment l'importance de la pratique des cultures de contre-saison. En effet, 145 des 186 UPA ayant participé à l'enquête (78,0%) possèdent au moins une parcelle cultivée en saison sèche. La protection des parcelles contre les animaux d'élevage se fait généralement par le biais de haies. Les principales cultures concernées sont les cultures maraîchères, le manioc et les arbres fruitiers.

Au moment de l'enquête, 74,7% des UPA poursuivaient, sous la responsabilité exclusive des femmes, des activités de maraîchage. Trente-neuf pourcent des UPA produisaient par ailleurs, sous la responsabilité exclusive des hommes, au moins une parcelle de manioc. Enfin, 19,9% des UPA possédaient au moins une parcelle comportant des arbres fruitiers. Les hommes fournissent la majeure partie du travail effectué dans les vergers, dont les manguiers sont les arbres les plus fréquents.

Le besoin de protection

La protection des cultures contre les animaux d'élevage semblait, a priori, ne s'adresser qu'aux UPA ayant une production de saison sèche. L'enquête a effectivement révélé que 97,3% de ces UPA (76,9% de l'échantillon) utilisent une forme ou une autre de protection pour leurs parcelles. Mais elle a également montré que 30,6% des UPA protègent aussi des cultures au cours de la saison des pluies. Cela est particulièrement vrai pour les UPA qui possèdent des parcelles situées à proximité d'un passage d'animaux, ce qui est le cas pour 50,5% d'entre elles. Pendant la saison de culture, en effet, les enfants ont la tâche de guider quotidiennement les animaux vers des pâturages, en empruntant des routes qui passent nécessairement à proximité de champs cultivés. Ces champs peuvent donc à l'occasion subir des dommages causés par le broutage des animaux. Aussi, 60,6% des UPA ayant au moins une

Tableau 1
Mode de protection des parcelles de cultures de contre-saison

Mode de protection	Nombre de parcelles	Fréquence (%)
Haie morte	129	43,7
Haie vive améliorée	53	18,0
Haie vive traditionnelle	8	2,7
Clôture grillagée	46	15,6
Aucun	59	20,0

n= 295 parcelles.

parcelle située aux abords d'un passage d'animaux (30,6% de l'échantillon) ont choisi de la protéger à l'aide d'une haie. Le besoin de protection des cultures n'est donc pas lié uniquement à la transhumance. Il est en fait ressenti tout au long de l'année.

Malgré cela, 59 des 295 parcelles recensées en saison sèche (20,0%) n'étaient pas protégées. La plupart de ces parcelles étaient des vergers, mais quelques-unes comportaient du manioc ou des cultures maraîchères. Selon le chef du village concerné, les UPA en question feraient partie des moins nanties. Elles ne disposeraient ni de charrettes pour le transport des branches d'arbres collectées dans la brousse ni de main-d'œuvre suffisante pour construire les haies.

Les techniques de protection

Quatre types de protection ont été observés dans les villages de l'étude (Tableau 1). Le plus répandu est la haie morte. Le second type, que l'on retrouve autour de certains périmètres maraîchers, est la clôture grillagée. On retrouve également un petit nombre de haies vives traditionnelles, de même que des haies vives améliorées dans les villages où l'ICRAF a réalisé des activités de diffusion.

La clôture grillagée est sans doute la forme de protection la plus efficace. Cependant, en raison de son coût élevé, elle est difficilement accessible, à moins que les UPA se regroupent pour en faire l'achat.

La haie vive traditionnelle, qui est constituée d'*Euphorbia* spp. ou de *Jatropha curcas*, est surtout utilisée pour délimiter les vergers. Sa faible popularité semble liée au fait qu'elle n'offre qu'une protection limitée.

La haie morte, quant à elle, est largement utilisée par les paysans, même si plusieurs intervenants oeuvrant dans les projets d'appui au monde rural estiment qu'elle favorise le

Tableau 2
Espèces ligneuses recensées dans les haies mortes

Noms scientifiques	Nombre de haies
<i>Combretum micranthum</i>	93
<i>Guiera senegalensis</i>	69
<i>Ziziphus mauritiana</i>	29
<i>Anogeissus leiocarpus</i>	13
<i>Acacia seyal</i>	9
<i>Faidherbia albida</i>	5
<i>Lawsonia inermis</i>	3
<i>Terminalia</i> spp.	3
<i>Vitellaria paradoxa</i>	3
<i>Acacia nilotica</i>	3
<i>Pterocarpus lucens</i>	2
<i>Securinega microcarpa</i>	1
<i>Pterocarpus erinaceus</i>	1
<i>Prosopis africana</i>	1
<i>Bauhinia reticulata</i>	1
<i>Diospyros mespiliformis</i>	1

n= 129 parcelles.

déboisement. Idéalement, quelques branches bien solides servent de charpente à la haie morte. Les branches fines de différentes espèces épineuses servent à colmater les brèches, la rendant impénétrable. Cependant, lorsque la matière ligneuse se fait rare, la haie morte, bien souvent, ne contient pas de grosses branches. Sa solidité laisse alors à désirer et la protection offerte reste médiocre. Son attaque par les termites et les assauts du bétail obligent donc les paysans à les reconstruire chaque année.

Le tableau 2 présente l'ensemble des espèces utilisées pour la fabrication des haies mortes. Trois espèces sont particulièrement mises à contribution, soit le *Combretum micranthum*, le *Guiera senegalensis* et le *Ziziphus mauritiana*. La prépondérance de ces espèces confirme la préférence des paysans pour les branches d'arbres épineux, alors que les essences au bois plus solide comme le *Vitellaria paradoxa* sont, de nos jours, très peu utilisées dans la confection des haies mortes.

Il convient par ailleurs de mentionner que la haie morte constitue un mode de protection qui paraît accepté par tous les villageois. En fait, elle paraît parfaitement intégrée aux pratiques des paysans et à l'organisation du travail au sein de l'UPA. D'une part, les travaux nécessaires à sa confection sont effectués à un moment où la main-d'œuvre est généralement disponible. D'autre part, il s'agit d'une structure temporaire dont l'utilisation ne pose aucun problème à la collectivité en ce qui a trait aux aspects fonciers de l'utilisation du territoire (6). Malgré cela, divers intervenants sont préoccupés par le prélèvement de matière ligneuse occasionné par sa construction. C'est dans ce contexte qu'est née la haie vive améliorée.

L'utilisation de la haie vive améliorée

Dans notre échantillon, 53 haies vives améliorées ont été implantées par 51 UPA différentes. La plus petite superficie protégée était de 0,10 ha et la plus grande de 4,25 ha. Ces superficies sont comparables à celles rapportées lors d'une étude sur l'adoption de la haie vive améliorée au Burkina Faso (2).

Le manioc est la principale culture protégée (Tableau 3). La superficie moyenne des parcelles concernées (0,51 ha) est toutefois plus petite que celle des parcelles de manioc en général, ce qui semble indiquer que les paysans n'ont pas cherché à protéger la totalité de leur manioc, peut-être parce qu'ils voulaient tester la haie vive améliorée avant de l'adopter de façon définitive. Quelques haies vives améliorées protègent également des banques fourragères (17,0%) ou des cultures maraîchères (13,2%). Seules trois haies vives améliorées (5,7%) protègent des vergers, ce qui n'est pas tellement surprenant dans la mesure où moins du tiers de ceux-ci bénéficient d'une protection, et sachant qu'une telle protection n'est nécessaire, aux dires des paysans, qu'au cours des deux ou trois premières années de croissance des arbres fruitiers.

Il est intéressant de souligner que 17,0% des parcelles protégées comprenaient des céréales ou de l'arachide, qui

Tableau 3
Cultures protégées par une haie vive améliorée

Cultures protégées	Nombre de parcelles	Superficie moyenne (ha)
Manioc	24	0,51
Banque fourragère	9	0,33
Maraîchage	7	0,21
Vergers	3	1,92
Céréales	8	0,47
Arachide	1	0,51
Aucune	1	0,25

n= 53 parcelles.

sont pourtant des productions d'hivernage. Ces parcelles étaient toutes situées près d'un passage d'animaux ou d'une route. Un tel phénomène revêt un intérêt particulier dans la mesure où les adoptants potentiels visés par l'ICRAF étaient les paysans produisant des cultures durant la saison sèche (3). Le spectre des utilisateurs potentiels de la haie vive améliorée est donc plus large qu'attendu.

Il convient également de noter que les spéculations encloses par la haie vive améliorée ont le plus souvent une valeur marchande pour l'UPA, comme cela a également été observé au Burkina Faso (1) et au Sénégal (9). L'amélioration du rendement des cultures au sein des périmètres protégés, ainsi que la vente de produits secondaires provenant des arbres, contribuent de façon significative au revenu des paysans. Dans notre étude, deux tiers des chefs d'UPA ont effectivement affirmé avoir intensifié ou diversifié leur production à l'intérieur de la parcelle protégée par une haie vive améliorée.

L'utilisation de la haie vive améliorée transforme toutefois considérablement l'organisation du travail des membres de l'UPA. Alors que les travaux nécessaires à la mise en place d'une haie morte ont normalement lieu d'octobre à janvier (ou en mai et juin pour les femmes qui font du maraîchage), c'est-à-dire à une période où la main-d'œuvre est généralement disponible, une grande partie de ceux qui concernent la mise en place de la haie vive améliorée surviennent au début de la saison des pluies, qui est une période beaucoup plus chargée. Cependant, les travaux commencent dès mars ou avril avec la culture des plants en pépinière. Les hommes choisissent souvent pour ce faire le petit périmètre maraîcher des femmes, puisqu'il est protégé et comprend une source d'eau. Ils en profitent à l'occasion pour déléguer les travaux d'arrosage et de désherbage des sachets à celles-ci, qui doivent donc assumer un surcroît de travail.

Idéalement, la transplantation doit être effectuée aussitôt que possible au début de la saison des pluies. Or, l'essentiel des ressources de l'UPA est alors mobilisé pour le semis du mil dans les champs collectifs. Dans la réalité, on assiste donc le plus souvent à une plantation tardive, après que toutes les cultures aient été désherbées au moins une fois. Or, le taux de survie des jeunes arbres est fortement réduit quand leur mise en terre est tardive.

Une fois transplantés, les jeunes arbres ont besoin de protection. Les animaux, mais aussi les travaux de désherbage, notamment lorsqu'ils impliquent le passage de charrues tirées par des bœufs, peuvent en effet leur infliger des dommages. Il est donc conseillé de construire une haie morte autour de la haie vive améliorée immédiatement après son implantation. Cependant, ce travail est rarement effectué. Le manque de temps est la principale raison invoquée par les paysans pour l'expliquer. Or, il est bien rare que les plants de la haie vive améliorée survivent à une saison sèche sans protection. Selon les paysans, les animaux d'élevage seraient la principale cause de mortalité des jeunes arbres.

L'installation d'une haie vive améliorée, depuis les séances de formation jusqu'à la construction de la haie morte, demande donc beaucoup de temps. Dans une étude réalisée au Sénégal, le manque de main-d'œuvre s'est avéré une contrainte importante à l'adoption de la haie vive (8). Certes, la charge de travail diminue avec les années. Cependant, l'année de son établissement demeure critique. Lorsque la main-d'œuvre fait cruellement défaut, ce qui peut être le cas en particulier pour les petites UPA, il est difficile de se lancer dans une telle entreprise.

Conclusion

La haie vive améliorée a été développée dans l'espoir d'obtenir une protection efficace et durable des cultures, en remplacement de la protection incomplète et temporaire offerte par les haies mortes. Malgré sa simplicité apparente, cette technique fait cependant face à d'importantes contraintes. La disponibilité de la main-d'œuvre, en particulier, apparaît comme un facteur déterminant dans la décision d'opter ou non pour l'utilisation de la haie vive améliorée. Cela est d'autant plus vrai que les UPA apprécient déjà la haie morte, malgré l'efficacité toute relative de la protection qu'elle offre.

À moyen terme, l'adoption de la haie vive améliorée semble toutefois avantageuse pour les paysans. Ceux-ci apprécient la protection qu'elle offre si l'on prend soin de procéder à des tailles d'entretien et au colmatage des trouées, de même que la diminution globale du temps de travail comparativement à celui qui est nécessaire pour la construction de la haie morte. Ils apprécient aussi les produits secondaires qu'elle fournit (5).

Cela dit, la haie vive améliorée ne constitue évidemment pas la seule technique à privilégier pour qui veut favoriser la

plantation d'arbres dans la région de Ségou. L'implantation de quelques-unes de ses espèces les plus appréciées en bordure des champs ou près de la concession pourrait également procurer des avantages aux paysans. Elle permettrait notamment de fournir une partie des matériaux nécessaires à la construction des haies mortes, facilitant ainsi leur récolte et diminuant la pression exercée sur les ressources ligneuses du parc arboré. Il convient en effet de noter que la haie morte ne risque guère de disparaître rapidement du paysage, d'autant plus qu'elle constitue un mode de protection particulièrement approprié pour des UPA n'ayant pas de droit sur la terre, et pour qui la plantation d'arbres s'avère donc problématique.

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier les paysans et paysannes qui ont participé à cette étude. Merci à Mr. Z. Sao pour son travail d'enquêteur et d'interprète, ainsi qu'à tout le personnel de l'ICRAF et de l'IER, au Mali, pour son soutien. Cette étude a été rendue possible grâce à la contribution financière du Centre de recherches pour le développement international (CRDI).

Références bibliographiques

1. Ayuk E.T., 1996, On measuring the economic importance of live hedges to household economies in the central plateau of Burkina Faso. ICRAF, Nairobi, 15 p.
2. Ayuk E.T., 1997, Adoption of agroforestry technology: the case of live hedges in the Central Plateau of Burkina Faso. *Agr. Syst.* 54, 189-206.
3. Bonkougou E., Djimé M., Ayuk E.T., Zoungrana I. & Tchoudjeu Z., 1998, Taking stock of agroforestry in the Sahel- harvesting results for the future: end of the phase report 1989-1996. ICRAF, Nairobi, 58 p.
4. Erenstein O., Sumberg J., Oswald A., Levasseur V. & Koré H., 2006, What future for integrated rice-vegetable production systems in West African lowlands? *Agr. Syst.* 88, 376-394.
5. Levasseur V., Djimé M. & Olivier A., 2004, Live fences in Segou: an evaluation by their early users. *Agroforest. Syst.* 60, 131-136.
6. Levasseur V., Olivier A. & Niang A., 2008, Aspects fonciers liés à l'utilisation de la haie vive améliorée. *Bois et forêts des Tropiques*, 297, 3, 55-64.
7. Péliissier P., 2000, Les interactions rural-urbain: circulation et mobilisation des ressources. B. APAD 19, 7-19.
8. Sanogo D., 2000, La haie vive dans le Sud bassin arachidier du Sénégal: adoption et conséquences agro-écologiques. Thèse. Université Cheikh Anta Diop, Dakar, 121 p.
9. Satin M.S., 1998, A socioeconomic evaluation of live fencing and windbreak agroforestry technologies in Kaolack, Senegal. Mémoire (M.Sc.). West Virginia University, West Virginia (États-Unis), 255 p.
10. Yossi H., Kaya B., Traoré C.O., Niang A., Butare I., Levasseur V. & Sanogo D., 2006, Les haies vives au Sahel. État des connaissances et recommandations pour la recherche et le développement. ICRAF Occasional Paper n° 6. World Agroforestry Centre, Nairobi, 52 p.

Virginie Levasseur, Canadienne, Ph. D., Professeure, Campus d'Edmundston, Université de Moncton, Edmundston, Nouveau-Brunswick, Canada.

A. Olivier, Canadien, Ph. D., Professeur, Faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation, Université Laval, Québec, Canada.

A. Niang, Sénégalais, M. Sc., Directeur général, Centre Objectifs du Millénaire pour le Développement – Afrique de l'Ouest et du Centre, B.P. 320, Bamako, Mali.

Amélioration de la croissance végétative et de la constitution des réserves en amidon des pêchers par les traitements avec la cyanamide d'hydrogène

Soumaya Dbara^{1,2,*} & M. Ben Mimoun¹

Keywords: Hydrogen Cyanamid- Vegetative growth- Shoot- Starch- Tunisia

Résumé

Le phénomène de dénudement des pêchers est dû essentiellement à un débourrement partiel des bourgeons végétatifs. Pour limiter ce phénomène plusieurs produits chimiques ont été essayés. C'est dans ce cadre, que l'essai de la cyanamide d'hydrogène a eu lieu sur deux variétés de pêcher. Le traitement des pêchers 40 jours avant le débourrement naturel a permis d'améliorer le débourrement des bourgeons végétatifs, la longueur des pousses végétatives et les réserves en amidon de la variété Queen Crest. Pour la variété May Crest uniquement une amélioration des réserves en amidon a été notée aux deux dates de traitements (45 et 32 jours avant le débourrement naturel).

Summary

Vegetative Growth and Starch Reserve Improvement in Peach Trees Using Hydrogen Cyanamid Treatments

Hydrogen cyanamid use was investigated as a means of improving vegetative growth and starch content in peach trees. Results given that the treatments 40 days before natural bud break was increased the vegetative growth, starch content and shoot extension especially in the earliest cultivar (Queen Crest). For the latest cultivar May Crest all treatments (45 and 32 days before natural bud break) was ameliorated only the starch content.

Introduction

Dans les régions à hiver doux, l'irrégularité du débourrement des bourgeons est attribuée essentiellement à l'insuffisance de la quantité du froid hivernal accumulé. Plusieurs variétés de pêchers cultivées dans ces régions présentent des perturbations au niveau de leurs cycles de développement à savoir: un retard de débourrement, une chute des bourgeons, une floraison étalée, une récolte échelonnée, une variabilité de calibre des fruits à la récolte et un dénudement de l'arbre (1, 4, 5).

Pour résoudre ces problèmes, les traitements chimiques ont été adoptés et plusieurs produits ont été essayés (DNOC, la thio-urée, la cyanamide d'hydrogène...) (4). Ces derniers ont donné des résultats très différents liés à l'espèce, à la variété, à la région et à la date de leur application (3, 4, 8, 9). Pour la cyanamide d'hydrogène, il est apparu que son application sur les bourgeons en phase de post dormance permet d'augmenter la précocité, le taux et l'homogénéité du débourrement. Ces effets sont facilement observables sur la végétation (7).

Des essais de traitement hivernal de pommiers avec 2% de la cyanamide d'hydrogène ont permis d'améliorer la vigueur des arbres grâce à l'accroissement de la quantité de feuillage et du nombre de nouvelles pousses (9).

Sur le poirier (*Pyrus serotina*), les traitements par la cyanamide d'hydrogène avec une concentration de 3% ont nettement accéléré la croissance des pousses végétatives par rapport au témoin. Le suivi de la croissance végétative a démontré qu'à la même date les pousses des arbres traités ont présenté entre 5 et 8 feuilles alors qu'aucune feuille pour le témoin (6).

Le présent travail propose d'étudier l'effet de la date de traitement par la cyanamide d'hydrogène d'une part sur le développement des bourgeons végétatifs de deux variétés précoces de pêcher. D'autre part, sur la constitution des réserves en amidon vu que ces réserves présentent en partie les produits de l'assimilation photosynthétique influencée à son tour par l'importance de développement végétatif.

Matériels et méthodes

1. Le matériel végétal

L'essai a été effectué dans un verger commercial recevant les techniques habituelles de production (irrigation, traitement phytosanitaire, désherbage...) âgé de 8 ans avec une densité de 666 arbres/ha dans la région de M'hamdia (Tunisie). Cette région est caractérisée par un climat semi-aride supérieur avec une pluviométrie de l'ordre de 450 mm et une température hivernale moyenne de 12 °C.

Deux variétés précoces de pêcher ont été utilisées: la Queen Crest et la May Crest greffées sur le GF677. Les deux variétés sont originaires de la Californie et présentent un intérêt commercial en raison de leur précocité puisque leur maturité se situe entre le 15 et le 30 mai dans la région de Morneg (située à 20 km du lieu d'essai). La variété Queen Crest est la plus précoce des deux (7).

2. La méthodologie

2.1. Le dispositif expérimental

Le dispositif expérimental choisi est en bloc aléatoire. Pour chaque variété trois blocs de 9 arbres contenant chacun trois traitements différents avec trois répétitions ont été mises en place.

2.2. Les traitements

Les deux variétés ont subi les mêmes traitements par la cyanamide d'hydrogène pendant l'hiver 2003 à deux dates différentes. Un témoin n'a pas été traité (Tableau 1).

Le produit utilisé sous la forme commerciale Dormex contient 52% de matière active. Les traitements ont été effectués avec un pulvérisateur mécanique (SEPIM). La dose utilisée est de 2% de produit commercial. L'Agral, un mouillant est ajouté à 0,5%.

2.3. Les paramètres suivis

Le suivi a porté sur quatre rameaux par arbre. Ils ont été répartis d'une façon équivalente sur les quatre points cardinaux de l'arbre, soit un rameau par orientation.

- **La détermination du taux de débourrement des**

¹Laboratoire d'arboriculture fruitière, Institut National Agronomique de Tunisie, 43 Avenue Charles Nicolle, 1082, Tunis Mahrajène, Tunisie.

Téléphone: (00216)71289431 Fax: (00216)71799391 Soumayadbara@yahoo.fr

²Centre régional des recherches agronomiques, Sidi Bouzid, Tunisie.

Téléphone: (00216)76621950 Fax: (00216)76621950

Reçu le 05.02.09 et accepté pour publication le 20.04.09.

Tableau 1
Les traitements appliqués

Traitement	Date de traitement	Date par rapport à la date de débourrement naturel des bourgeons floraux
T0	Témoin	-
T1	15 janvier 2003	40 jours avant le débourrement naturel de la variété Queen Crest et 45 jours avant celui de la variété May Crest.
T2	28 janvier 2003	27 jours avant le débourrement naturel de la variété Queen Crest et 32 jours avant celui de la variété May Crest.

bourgeons végétatifs

Il s'agit de déterminer le pourcentage des bourgeons végétatifs développés par rapport au nombre total.

- La mesure de la longueur moyenne des pousses végétatives

Après la récolte, cinq pousses végétatives par direction pour chaque arbre ont été mesurées à l'aide d'un mètre ruban.

- La détermination du niveau de l'amidon

Ce dosage permet de savoir l'effet des traitements sur la restitution des réserves au niveau des arbres. Après la récolte, cinq rameaux par arbre ont été prélevés séchés à l'étuve et broyés. Trois échantillons par traitement ont été mesurés trois fois. La teneur en amidon a été déterminée par la coloration bleue obtenue suite à l'action de l'iode (méthode de Neilson).

Les teneurs en amidon sont déterminées par correspondance des valeurs obtenues avec la courbe étalon reliant l'absorbance (675 nm) à la teneur en amidon (1 à 20 mg). Ensuite la quantité trouvée est ramenée à 100 mg de matière sèche du bois.

- Les analyses statistiques

L'analyse statistique a été effectuée à l'aide du logiciel «Statistica» version 05.

Résultats

1. Le taux de débourrement des bourgeons végétatifs

La détermination du taux de débourrement des bourgeons végétatifs de deux variétés de pêcher a révélé qu'il y a des différences significatives entre certains traitements (Figure 1).

En effet, pour la variété Queen Crest les arbres recevant le traitement par la cyanamide d'hydrogène quelle que soit la date d'application (T1 et T2 respectivement 40 et 27 jours avant le débourrement naturel) ont montré un débourrement végétatif plus important que le témoin (sans traitement). La comparaison des traitements (T1 et T2) a révélé que le

traitement le plus tardif qui correspond à 27 jours avant le débourrement naturel de la variété Queen Crest a donné un taux plus élevé (90%) alors que celui réalisé 40 jours avant le débourrement naturel est moins intense (60%).

Par contre pour la variété May Crest, la différence de débourrement des bourgeons végétatifs entre les traitements n'est pas significative. En effet, les arbres recevant les traitements par la cyanamide d'hydrogène T1 et T2 (respectivement 45 et 32 jours avant le débourrement naturel) ont présenté un taux de débourrement des bourgeons végétatifs proche de celui du témoin T0 (sans traitement). Ces derniers ont donné un taux proche de 80%.

Notons aussi que, pour cette variété, les taux de débourrement de tous les traitements (même le témoin sans traitement) ont été supérieurs à celui du témoin de la variété Queen Crest (et aussi à T1).

2. La longueur moyenne des pousses végétatives

La détermination de la longueur moyenne des pousses végétatives a montré qu'il y a des différences significatives entre les traitements uniquement pour la variété Queen Crest (Figure 2). En effet, la longueur moyenne des pousses végétatives la plus importante a été observée au niveau des arbres recevant le traitement le plus précoce T1. Pour le traitement tardif T2, aucune amélioration de la croissance n'a été notée. Sachant que ce traitement a donné un taux de débourrement des bourgeons végétatifs très important, il apparaît que ces paramètres sont inversement proportionnels pour la variété Queen Crest.

Pour la variété May Crest, aucune différence significative entre le traitement précoce T1 (40 jours avant le débourrement naturel) et le témoin (sans traitement) n'a été remarquée. Les arbres traités tardivement (T2: 32 jours avant le débourrement naturel) ont, par contre présenté des pousses végétatives moins développées par rapport au témoin.

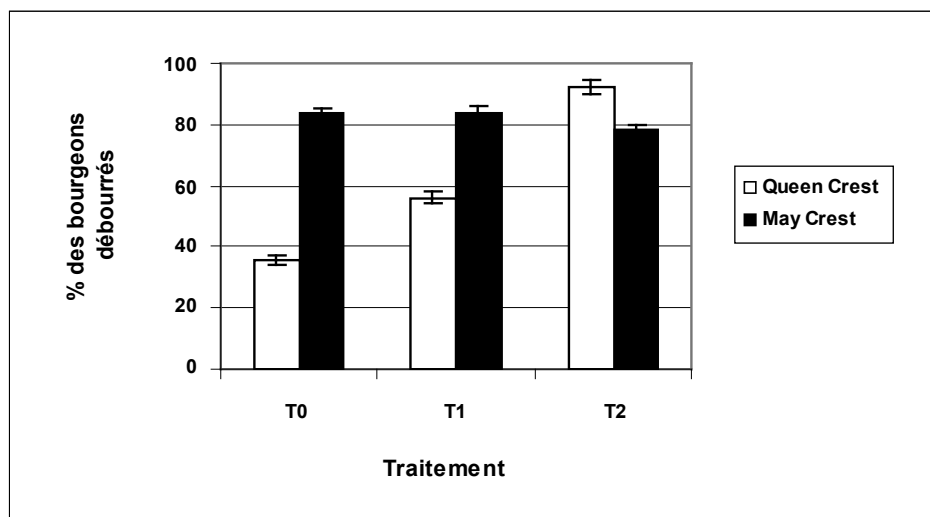


Figure 1: Suivi de débourrement des bourgeons végétatifs de deux variétés de pêcher (Queen Crest et May Crest) le 19/03/03.

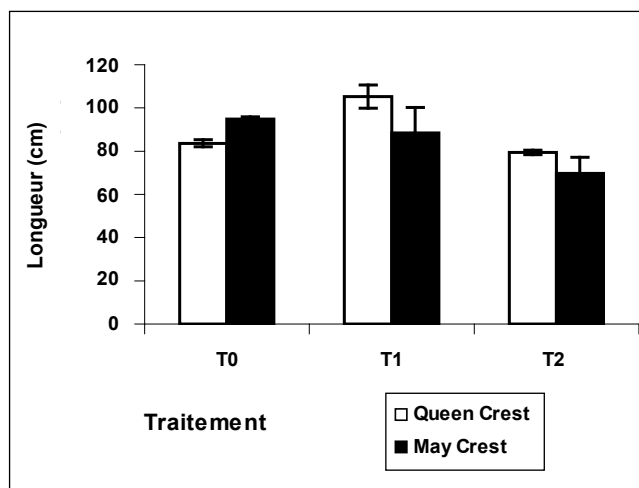


Figure 2: Longueur des pousses végétaives de deux variétés de pêcher (Queen Crest et May Crest) après la récolte (Juillet 2003).

3. La teneur en amidon des pousses végétaives

Le dosage de la quantité d'amidon contenue dans le bois après la récolte a montré des différences significatives entre les traitements (Figure 3).

Pour la variété Queen Crest, le traitement tardif T2 (27 jours avant le débourrement naturel) a augmenté les réserves en amidon. De même celui précoce T1 (40 jours avant le débourrement naturel) a donné une teneur plus importante par rapport au témoin.

Pour la variété May Crest, les arbres recevant les traitements à deux dates T1 et T2 (respectivement 45 et 32 jours avant le débourrement naturel) ont présenté une teneur en amidon plus élevée que le témoin.

Notons aussi que les mesures concernant les témoins (sans traitement) de deux variétés ont montré des valeurs égales. De même, les teneurs en amidon des traitements précoces T1 (respectivement 40 et 45 jours avant le débourrement naturel de la variété Queen Crest et la variété May Crest) apparaissent identiques.

Discussion

Comme il a été mentionné, les traitements par la cyanamide d'hydrogène à deux dates différentes ont amélioré le taux de débourrement des bourgeons végétatifs de la variété Queen Crest avec un pourcentage plus important au niveau du traitement tardif T2 (27 jours avant le débourrement naturel). Par contre pour la variété plus tardive May Crest, aucune différence significative entre les traitements n'a été notée.

Les différences des résultats entre les deux variétés peuvent s'expliquer par la différence de la date de leur débourrement naturel et rappelle l'importance du choix de la période d'application du produit. Aussi, il est à signaler que la réponse des bourgeons végétatifs au traitement par la cyanamide d'hydrogène est très différente à celle des bourgeons floraux. Dans les mêmes conditions (2), l'étude de l'effet de traitement par la cyanamide d'hydrogène sur le débourrement des bourgeons floraux de deux variétés Queen Crest et May Crest était différent surtout pour la variété May Crest. En effet, les traitements à deux dates montraient une précocité par rapport au témoin pour les deux variétés. Ces traitements présentaient des taux de presque de 100% de débourrement pour la variété Queen Crest et entre 80 et 90% pour la variété May Crest au début du mois de mars.

Le suivi de la floraison avait révélé que seul les traitements

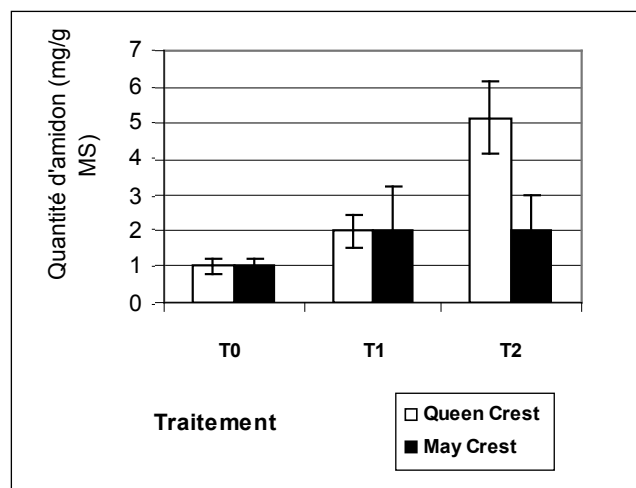


Figure 3: Quantité d'amidon dans les pousses de deux variétés de pêcher (Queen Crest et May Crest) après la récolte (Octobre 2003).

précoces T1 (respectivement 40 et 45 jours avant le débourrement naturel de la variété Queen Crest et May Crest) avaient avancé la floraison par rapport aux témoins (2). A la fin de la deuxième décennie du mois de mars les pourcentages des fleurs Queen Crest étaient de 95%, 50% et 45% respectivement pour les traitements T1, témoin et T2. Pour May Crest et à la même date, les comptages ont donné 90%, 20% et 15% respectivement pour les traitements T1, témoin et T2.

A la fin du suivi, les arbres traités présentaient une floraison totale alors qu'elle était partielle chez les témoins de deux variétés (90% et 80% respectivement pour les variétés Queen Crest et May Crest).

Pour la variété Queen Crest, l'importance de débourrement des bourgeons végétatifs au niveau des arbres recevant le traitement tardif T2 (27 jours avant le débourrement naturel) est dû au développement limité des structures florales précité à la même date. On parle donc de la concurrence entre les structures à se développer. Or, ce n'est pas le cas au niveau de la variété la plus tardive May Crest qui n'a pas montré de différences significatives de taux de débourrement des bourgeons végétatifs. Ceci peut être dû à la non accumulation de la quantité partielle du froid hivernal nécessaire puisqu'il a été démontré par Fuchigam *et al.* (4) qu'un traitement pendant le dernier stade de l'endodormance avec une accumulation partielle du froid permet d'avancer le débourrement des bourgeons. Alors que l'application du produit ne répond pas au besoin en froid mais stimule la croissance après qu'un minimum de froid se soit accumulé (4). Le traitement de nashi aux alentours de 3 semaines avant le débourrement naturel avec 3% de cyanamide d'hydrogène a avancé le développement des pousses végétaives de 14 jours (6).

De même, il a été démontré que la cyanamide d'hydrogène appliquée sur les bourgeons de la vigne en phase de post dormance permet d'augmenter le taux et l'homogénéité du débourrement et d'accroître, selon la période d'application la précocité (8).

Dans d'autres travaux, il a été affirmé que l'application de 2% de la cyanamide d'hydrogène sur deux cépages de vigne (Thompson seedless et Cabernet Sauvignon) avance le débourrement des bourgeons (10).

La détermination de la longueur moyenne des pousses végétaives a révélé qu'uniquement au niveau de la variété Queen Crest, seul le traitement précoce T1 (40 jours avant le débourrement naturel) a amélioré la croissance sachant que ce traitement a présenté un taux de débourrement

végétatif plus faible. Donc, la croissance des pousses végétative apparaît inversement proportionnelle au taux de débourrement des bourgeons.

Des essais d'application de cyanamide d'hydrogène en hiver réalisés sur la vigne ont montré que ce produit a régularisé la croissance des pousses (8).

Concernant le dosage de l'amidon, on a noté que pour les deux dates de traitement par la cyanamide d'hydrogène la teneur en amidon des rameaux est plus importante que pour les témoins.

Pour la variété Queen Crest, le traitement tardif (27 jours avant le débourrement naturel) a donné une quantité d'amidon plus importante puisque c'est une variété précoce dont la récolte est précoce et les arbres ont pris plus du temps pour accumuler les réserves.

Concernant la variété May Crest, les deux traitements avec la cyanamide d'hydrogène (45 et 32 jours avant le débourrement naturel) ont favorisé une accumulation des réserves plus importante que les témoins.

La comparaison entre les deux variétés révèle que la variété Queen Crest accumule des réserves plus importantes que la variété la plus tardive surtout au niveau du traitement le plus tardif (27 jours avant le débourrement naturel). Ce traitement a présenté un débourrement total des bourgeons

végétatifs qui a favorisé un accroissement de la surface photosynthétique (source de métabolites qui s'accumuleront dans les rameaux).

Conclusion

Cette expérience a permis d'étudier l'effet de traitement de deux variétés de pêcher par la cyanamide d'hydrogène à deux dates différentes sur la végétation et la teneur en amidon des rameaux. Les résultats ont donné des effets très recherchés par l'arboriculteur notamment l'amélioration de débourrement des bourgeons végétatifs afin de limiter le phénomène de dénudement des arbres. En fait, dans cet essai, la période qui apparaît plus adéquate au traitement est située vers 40 jours avant le débourrement naturel de la variété Queen Crest. Ce traitement a en effet augmenté le taux de débourrement des bourgeons végétatifs et a amélioré la croissance des pousses, ce qui pourrait améliorer la production de l'année suivante. Aussi, une amélioration de la teneur en amidon des rameaux a été notée qui font des réserves en énergie en prévision de la prochaine production. Pour la variété May Crest, les traitements par la cyanamide d'hydrogène n'ont amélioré que les réserves en amidon, ceci peut être dû à la non adéquation de la période des traitements.

Références bibliographiques

1. Crossa-Raynaud P., 1960, Problème d'arboriculture fruitière en Tunisie. Ann de l'INRAT. 33, 17-18.
2. Dbara S., 2004, Incidence de la cyanamide d'hydrogène sur des espèces à pépins et à noyaux après deux années consécutives d'essai. Mémoire de maîtrise, INAT, Tunisie, 102 p.
3. Durquety P.M., Dommerc J.C. & Houbart J.P., 1988, Mauvais débourrements: les solutions se précisent. Conduite de la vigne. INRA Bordeaux, 4 p.
4. Fuchigami L.H. & Nee C.C., 1987, Degree growth stage model and rest-breaking mechanisms in temperate woody perennials. Hortscience, 22, 836-850.
5. Hilaire C. & Jannot I., 2002, Chute des bourgeons floraux de pêcher: le froid n'était pas au rendez vous. Infos-Ctifl. 178, 37-40.
6. Klinac D.J., Rohitha H. & Peveral J.C., 1991, Use of hydrogen cyanamid to improve flowering and fruit set in nashi. New Zealand journal of crop and horticultural science, 19, 87-94.
7. Mlika M., Jraidi B., Aouini S. & Ben Abdellali N., 2002, Les variétés fruitières recommandées en Tunisie. Annale de l'INRAT. 95-149.
8. Murisier F., Jelmini G., ferretti M. & Madonna A., 1990, Amélioration du débourrement du Merlot au moyen de la cyanamide d'hydrogène. Revue. Suisse. Vitic. Arboric. Hortici. 22,6, 399-402.
9. Williams W.T. & Taxtzoc B.A., 1990, Preliminary observation on the effects of hydrogen Cyanamid on breaking dormancy and harvest of apples in Guatemala. Acta. Hort. 279, 399-407.
10. Zelleke A. & Kliewer M., 1989, The effect of hydrogen cyanamide on enhancing the time and amount of budbreak in young grape vineyards. Am. J. Enol.Vitic. 40, 1, 47-51.

Soumaya Dbara, Tunisienne, Mastère (Thèse de doctorat en cours), Attachée de recherche agricole, Centre régional des recherches agronomiques, Sidi Bouzid (Institut de l'olivier), Tunisie.

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

DANS LES UNIVERSITES...

UIT DE UNIVERSITEITEN...

IN THE UNIVERSITIES...

EN LAS UNIVERSIDADES...

Serological Markers for Improved Diagnosis of Porcine Cysticercosis

Nynke Deckers

Keywords: *Taenia solium*- Pig- Antigen and antibody response- SELDI-TOF mass spectrometry- Recombinant single domain antibodies- Immunodiagnosis

Promoters: Professor Dr. P. Dorny^{1,2} & Professor Dr. J. Vercruysse²

Taenia solium taeniosis/cysticercosis is an important (re)emerging zoonotic helminth infection in developing countries. Man is the definitive host, harboring the adult tapeworm in the small intestine. The natural intermediate host is the pig, but humans can also become infected with the larval stage, the cysticerci. In humans, cysticerci tend to lodge in the central nervous system, causing neurocysticercosis, which is a major cause of epilepsy in endemic countries.

Different serological tests are available for diagnosis of cysticercosis both in pigs and humans. Measuring antibody or antigen responses provides different information on the course of infection. In general, antibody detection assays only reflect exposure to the parasite whereas antigen detection assays indicate the presence of living parasites. The **first objective** of this thesis was to link serological data (antibody and antigen responses) to parasitological findings in experimentally infected pigs in order to study the host-parasite relationship.

The current monoclonal antibody based antigen-ELISA detects circulating parasite antigens, which indicate the presence of living cysts. However, no information is available on whether this test has potential for quantitating the number of viable cysts present or whether it is merely a qualitative measurement. Hence, the **second objective** was to study the relationship between number of cysts and titer of circulating antigen in pigs in order to develop a quantitative diagnostic test.

Diagnostic tests for porcine cysticercosis were recently validated based on a Bayesian approach. In a recent report by FAO, WHO and OIE, the development of more sensitive and specific diagnostic tests for use in pigs was stated as one of the research priorities for taeniosis/cysticercosis. For one, there is no test available that can distinguish between infections with viable cysts (active cysticercosis) and infections with degenerated cysts (inactive cysticercosis). Therefore, the **third objective** was to identify novel biomarkers in serum of infected pigs that can distinguish between active and inactive cysticercosis, using surface enhanced laser desorption and ionization time-of-flight mass spectrometry (SELDI-TOF MS).

Another gap in the diagnosis of porcine cysticercosis is the fact that the use of the antigen-ELISA in pigs is hampered by cross-reactions with other taeniid species. Hence, the **last objective** was to produce Nanobodies (camelid derived single domain antibody fragments) specific for *T. solium* that can be used for diagnosis of porcine cysticercosis.

In the first study, antibody and antigen levels were determined in experimentally infected pigs and linked to the parasitological outcome of infection. In the experimental model, 3 groups of pigs aged respectively 1, 3 and 5 months at infection were infected with a full proglottid. The 1-month old animals developed mainly viable cysts, the 5-month old animals mainly degenerated cysts, whereas the 3-month old animals showed an intermediate profile. All animals harboring viable cysts at necropsy had high antigen levels, whereas animals harboring no cysts or only degenerated cysts, had low or nil antigen levels. Antigen levels increased more rapidly in 1-month old animals harboring viable cysts than in 5-month old animals harboring viable cysts. Also, the antigen levels reached were higher in the animals infected at 1 month of age compared with animals infected at 3 and 5 months of age. Serum antibody levels appeared to follow a reverse kinetics compared with circulating antigen. Antibody titers were highest in animals infected at 5 months of age. In the animals infected at 1 and 3 months of age, antibody levels increased slowly and remained substantially lower compared with the older age group. These results indicate the presence of an age-dependent immune response: an efficient antibody response in older animals prevents the establishment of fully developed viable cysts whereas in younger animals the immune system cannot adequately react to the infection resulting in the establishment of viable cysts (accompanied by high circulating antigen levels).

In the second part of this study, a quantitative ELISA for measuring the concentration of circulating antigen was constructed using a reference standard curve of serial dilutions of ES products of *T. saginata*. A significant correlation between the number of viable cysts and the concentration of circulating antigen was found. This result is promising in view of the development of an assay to quantify the progress of an active *T. solium* infection.

In the second study, serum samples from the same experimentally infected pigs were analyzed by SELDI-TOF MS to identify biomarkers that can distinguish between infections with viable cysts and infections with degenerated cysts. Thirty discriminating biomarkers were found: 13 specific for the viable phenotype, 9 specific for the degenerated phenotype and 8 specific for the infected phenotype (either viable or degenerated cysts). Five biomarkers were identified as clusterin, lecithin-cholesterol acyltransferase (LCAT), vitronectin, haptoglobin and apolipoprotein A-I.

An attempt was made to validate the biomarkers by analyzing serum samples from naturally infected pigs. Only 3 of the biomarkers were also significant in the field samples; however, the peak profiles were not consistent among the two sample sets. Thus, it was not possible to validate the biomarkers.

¹Department of Animal Health, Institute of Tropical Medicine Antwerp, Belgium.

²Laboratory of Parasitology, Faculty of Veterinary Medicine, Ghent University, Belgium.

In the last study, Nanobodies were cloned following immunization of 2 dromedaries with *T. solium* cyst fluid and 8 *T. solium* specific Nanobodies were selected after phage display and biopanning. Their binding characteristics and potential for the diagnosis of porcine cysticercosis were investigated.

The Nanobodies were highly specific for *T. solium* and no cross-reactions with *T. hydatigena*, *T. saginata*, *T. crassiceps* and *T. spiralis* were observed. Western blotting of *T. solium* cyst fluid and immunodetection with the Nanobodies was performed. After transfer to a PVDF membrane and N-terminal sequencing of the proteins in the bands corresponding to the bands recognized by the Nanobodies, the target antigen was identified as 14-kDa diagnostic glycoprotein (Ts14), belonging to the 8-kDa protein family. Immunodetection was also assessed of four synthetic peptides belonging to this protein family (Ts14, Ts18var, TsRS1 and TsRS2). The Nanobodies preferably reacted with Ts18var1, only 2 Nanobodies also reacted with Ts14 and TsRS2. The complementation epitope groups of Nanobodies were investigated in competition ELISA. This way, the Nanobodies could be categorized in four different epitope-binding groups. Antigen capturing was assessed by testing the Nanobodies in various combinations in sandwich ELISA. The Nanobodies were able to distinguish between *T. solium* and *T. hydatigena* cyst fluid, however, there was no clear distinction between serum samples from *T. solium* infected pigs, *T. hydatigena* infected pigs and negative pigs. Next, the Nanobodies were tested in inhibition ELISA for the detection of circulating antigen. One Nanobody (Nbsol52) was able to differentiate between the different serum samples.

These results indicate the high potential of the selected Nanobodies for species-specific diagnosis of *T. solium* cysticercosis, after further assay optimization and validation.

The results of the present thesis demonstrate the feasibility to identify serological markers that can lead to improved diagnosis of porcine cysticercosis. The availability of an improved antigen detection assay provides clear prospects for epidemiological and immunological studies, follow-up of intervention studies and clinical monitoring in humans. In epidemiological studies, it can provide accurate information on sites of active transmission and risk factor assessment. Follow-up of cyst longevity is possible in immunological studies monitoring of control programs. In clinical cysticercosis in humans, it is a valuable decision making tool to start anthelmintic treatment and for follow-up of treatment efficacy.

To further elucidate host-parasite interactions and identify alternative target antigens for diagnosis, more fundamental research should be conducted. Therefore, the immune response in *Taenia* infections should be investigated, as well as comparative mapping of the parasite's proteome.

Acknowledgments

Nynke Deckers received a predoctoral grant from the Institute for the Promotion of Innovation through Science and Technology in Flanders (IWT-Vlaanderen). Additional financial support was provided by the Institute of Tropical Medicine Antwerp (ITM) and Research Foundation – Flanders (FWO). We are grateful to the staff of the ITM Animal Health Department, the Laboratory of Cellular and Molecular Immunology (Vrije Universiteit Brussel), the National Reference Centre for Parasitology (McGill University), the School of Veterinary Medicine (University of Zambia), the School of Veterinary Medicine (San Marcos University, Lima) and everyone who contributed to this work.

List of articles published from thesis results

1. N. Deckers, D. Saerens, K. Kanobana, K. Conrath, B. Victor, J. Vercruysse, S. Muyltermans, U. Wernery & P. Dorny, 2009, Nanobodies as a tool for species specific diagnosis of *Taenia solium* cysticercosis Int. J. Parasitol. 39,5; 625-633.
2. N. Deckers, P. Dorny, K. Kanobana, J. Vercruysse, A.E. Gonzalez, B. Ward & M. Ndao, 2008, Use of ProteinChip technology for identifying biomarkers of parasitic diseases: the example of porcine cysticercosis (*Taenia solium*). Exp. Parasitol. 120(4): 320-329.
3. N. Deckers, K. Kanobana, M. Silva, A.E. Gonzalez, H.H. Garcia, R.H. Gilman & P. Dorny, 2008, Serological responses in porcine cysticercosis: a link with the parasitological outcome of infection. Int. J. Parasitol. 38,10; 1191-1198.

Nynke Deckers, Belgian, Veterinary Medicine (Ghent University, 2003), Master of Science in Tropical Animal Health (Institute of Tropical Medicine Antwerp, 2004) Doctoral degree in Veterinary Science (Doctor in de Diergeneeskundige Wetenschappen) (Ghent University, 12-02-09), ndeckers@itg.be

LES ACTIONS DE LA DGCD

DGDC'S ACTIVITIES

DE ACTIVITEITEN VAN DE DGOS

LAS ACTIVIDADES DEL DGCD

ACADEMIE ROYALE DES SCIENCES D'OUTRE-MER KONINKLIJKE ACADEMIE VOOR OVERZEESE WETENSCHAPPEN ROYAL ACADEMY OF OVERSEAS SCIENCES

Règlement

1. Objectifs, conditions et instructions

1. En vue de promouvoir la recherche scientifique de haute qualité relative à des matières propres aux régions d'outre-mer, l'Académie Royale des Sciences d'Outre-Mer (ARSOM) organise des concours annuels.
2. Les trois Classes de l'Académie, à savoir la 1^{ère} Classe: Sciences morales et politiques, la 2^e Classe: Sciences naturelles et médicales, et la 3^e Classe: Sciences techniques, formulent des questions sur des sujets spécifiques, constituant ainsi un total de six questions ouvertes au concours.
3. Chaque ouvrage primé au concours annuel est doté d'une prix de 1 000 EUR.
4. Le concours est accessible aux scientifiques du monde entier sans aucune restriction d'âge. Les membres de l'Académie ne peuvent y prendre part.
5. L'ouvrage soumis au concours annuel de l'ARSOM doit être un manuscrit scientifique original, récent et inédit, atteignant au moins le niveau d'une thèse de PhD.
6. Seront pris en considération par l'Académie les travaux écrits en français, en néerlandais, en allemand, en anglais ou en espagnol.
7. Structure, références et notes infrapaginales doivent répondre au modèle standard de la discipline correspondante. Aucune limitation du nombre de pages n'est requise.
8. Cinq copies sont exigées. Seules les copies papier seront acceptées pour le corps de texte, références incluses. Concernant les annexes et les illustrations, les versions digitales (CD-Rom) seront autorisées.
9. Les auteurs des ouvrages destinés au concours peuvent garder l'anonymat. Dans ce cas, ils joindront à leur travail un pli cacheté contenant leur nom et adresse, un signe distinctif ou une devise, reporté(e) en tête de l'ouvrage. Ce pli sera ouvert après l'attribution du prix.
10. L'Académie se réserve le droit de publier les ouvrages couronnés. En cas de publication, les droits d'auteur reviennent automatiquement à l'Académie.

2. Organisation du Concours

Sélection des questions

1. Les Classes déterminent les matières. Pour chacune de celles-ci, deux membres formulent des questions.
2. Après concertation au sein des Classes, le texte définitif des questions soumises est approuvé.

Sélection des lauréats

1. Les Classes désignent trois membres chargés de faire rapport sur les ouvrages présentés pour chaque question.
2. Dix jours avant la réunion du jury, les rapports sont soumis au secrétariat de l'Académie. Tous les membres peuvent prendre connaissance des rapports ainsi que des manuscrits.
3. Les prix sont attribués par la Classe concernée au mois de mai ou, exceptionnellement, à la séance suivante, après lecture et approbation des rapports.
4. Si l'une des Classes décide qu'il n'y a pas lieu de décerner le prix, elle peut attribuer une mention honorable. Cette distinction n'autorise pas celui qui en est l'objet à prendre le titre de lauréat de l'Académie.

Reglement

1. Doelstellingen, voorwaarden en richtlijnen

1. Om het wetenschappelijk onderzoek van goede kwaliteit i.v.m. problemen eigen aan de overzeese gebieden te bevorderen, organiseert de Koninklijke Academie voor Overzeese Wetenschappen (KAOW) jaarlijkse wedstrijden.
2. De drie Klassen van de Academie, namelijk Klasse 1: Morele en Politieke Wetenschappen, Klasse 2: Natuur- en Geneeskundige Wetenschappen, en Klasse 3: Technische Wetenschappen, stellen elk twee vragen over specifieke onderwerpen, wat in totaal zes thema's voor de wedstrijd oplevert.
3. Elk in het kader van de jaarlijkse wedstrijd bekroonde werk ontvangt een prijs van 1 000 EUR.
4. Aan de wedstrijd kunnen alle wetenschappers wereldwijd, zonder enige leeftijds- beperking, deelnemen. De leden van de Academie mogen dit niet.
5. Het voor de jaarlijkse wedstrijd van de KAOW ingediende werk moet een origineel, recent en nog niet gepubliceerd wetenschappelijk manuscript zijn dat minstens het niveau van een PhD- thesis heeft.

6. De Academie zal werken in het Nederlands, het Frans, het Duits, het Engels of het Spaans in overweging nemen.
7. Structuur, referenties en voetnoten moeten aan de standaardmodel van de overeenkomstige discipline beantwoorden. Er wordt geen enkel voorbehoud gemaakt wat het aantal bladzijden betreft.
8. Vijf kopieën zijn vereist. De Academie aanvaardt enkel papieren kopieën van de tekst, inclusief de referenties. Van bijlagen en illustraties worden digitale versies (CD-Rom) aanvaard.
9. De auteurs van de voor de jaarlijkse wedstrijd ingediende werken mogen anoniem blijven. In dat geval moeten zij bij hun werk een verzegelde omslag voegen met hun naam en adres en voorzien van een duidelijk herkenbaar teken of motto dat ook aan het begin van hun werk terug te vinden is. Deze omslag wordt opengemaakt na de toekenning van de prijs.
10. De Academie behoudt zich het recht voor de bekroonde werken te publiceren. In geval van publicatie worden de auteursrechten automatisch aan de Academie overgedragen.

2. Organisatie van de Wedstrijd

Selectie van de vragen

1. De Klassen bepalen de onderwerpen. Voor elk onderwerp formuleren twee leden de vragen.
2. Na overleg in de Klassen, wordt de definitieve tekst van de voorgelegde vragen goedgekeurd.

Selectie van de laureaten

1. De Klassen duiden drie leden aan belast met het opstellen van een verslag over de voor elke vraag ingediende werken.
2. Tien dagen vóór de vergadering van de jury worden de verslagen aan het secretariaat van de Academie voorgelegd. Alle leden kunnen inzage nemen van zowel verslagen als manuscripten.
3. De prijzen worden door de betrokken Klasse toegekend in mei of, bij wijze van uitzondering, tijdens de volgende zitting, na lezing en goedkeuring van de verslagen.
4. Indien een bepaalde Klasse beslist geen prijs toe te kennen, kan zij een eervolle vermelding toekennen. Deze onderscheiding geeft de begunstigde niet het recht de titel van laureaat van de Academie te dragen.

Rules for Annual Competitions

1. Aims, Conditions and Instructions

1. In order to stimulate high-quality scientific research regarding problems inherent to overseas regions, the Royal Academy of Overseas Sciences (RAOS) organizes annual competitions.
2. The three Sections of the Academy, namely Section 1: Moral and Political Sciences, Section 2: Natural and Medical Sciences, and Section 3: Applied Sciences, put two questions forward on specific subjects. This gives a total of 6 topics open for competition.
3. Each award-winning work in the annual competition is granted a prize of 1,000 EUR.
4. The competition is open to all scientists worldwide without any age restriction. Members of the Academy are not allowed to participate in the annual competition.
5. The work submitted for the annual competition of the RAOS should be an original, recent and unpublished scientific manuscript, reaching at least the level of a PhD thesis.
6. The Academy will consider works written in Dutch, French, German, English or Spanish.
7. Structure, referencing and footnotes should be organized as standard for the corresponding discipline. There are no restrictions on the number of pages.
8. Five copies are required. The Academy only accepts hard copies (paper) for the body of the text, including the references. For annexes and illustrations digital versions (CD-Rom) are accepted.
9. The authors of works intended for the competition may remain anonymous. In this case, they should add to their submission a sealed envelope containing their name and address and bearing a distinctive sign or motto reproduced at the beginning of their work. This envelope is opened after awarding the prize.
10. The Academy reserves the right to publish award-winning works. In case of publication, the copyright is automatically transferred to the Academy.

2. Organization of the Competition

Selection of the questions

1. The Sections determine the topics. For each of these topics two members formulate the questions.
2. After consulting the Sections, the final text of the questions submitted is approved.

Selection of the prize-winners

1. The Sections appoint three members in charge of making reports on the works presented for each question.
2. Ten days before the jury meets, reports are submitted to the secretariat of the Academy. All members may examine both reports and manuscripts.
3. The prizes are awarded by the Section involved in May or, exceptionally, at the following meeting, after reading and approving of the reports.
4. If a particular Section decides that the prizes should not be granted, it may award an honourable mark. This distinction does not allow the holder to bear the title of prize-winner of the Academy.

ACADEMIE ROYALE DES SCIENCES D'OUTRE-MER

Questions du concours 2010

Première question. — On demande une étude au sujet de la politique linguistique menée par la métropole dans une ancienne colonie, prenant en considération les motivations, la législation et les applications sur le terrain. Une approche comparative entre territoires ayant un système colonial différent et l'étude de la poursuite de la politique linguistique après l'indépendance sont souhaitées.

2^e question. — On demande une étude anthropologique à l'échelle microsociale portant sur la transformation des rapports hommes-femmes dans le contexte actuel de changement économique.

3^e question. — On demande une étude sur l'apport de la biologie moléculaire à l'épidémiologie et au contrôle des maladies parasitaires tropicales humaines et/ou vétérinaires.

4^e question. — On demande une recherche sur la gestion des risques naturels en milieu tropical.

5^e question. — On demande une étude sur la gestion et le traitement des produits de dragage dans les régions tropicales.

6^e question. — On demande une étude sur le développement des corridors de transport en région tropicale.

Les ouvrages présentés au concours doivent parvenir au secrétariat de l'Académie avant le 1^{er} mars 2010.

Des renseignements complémentaires peuvent être obtenus au secrétariat de l'Académie, rue Defacqz 1 bte 3, B-1000 Bruxelles (Belgique).

☎ en Belgique: 02.538.02.11
☎ de l'étranger: +32.2.538.02.11
Fax en Belgique: 02.539.23.53
*de l'étranger: + 32.2.539.23.53
E-mail: kaowarsom@skynet.be
Web: <http://www.kaowarsom.be>

KONINKLIJKE ACADEMIE VOOR OVERZEESE WETENSCHAPPEN

Vragen voor de wedstrijd 2010

Eerste vraag. — Men vraagt een studie over de taalpolitiek door het moederland gevoerd in een voormalige kolonie met vermelding van de motivaties, de betreffende wetgeving en de toepassingen te velde. Een vergelijking tussen territoria met verschillend koloniaal systeem en de verdere ontwikkeling van de taalpolitiek na de onafhankelijkheid zijn wenselijk.

2^{de} vraag. — Men vraagt een antropologische studie op microsociaal niveau over de verschuivende man-vrouwrelaties in de huidige context van economische verandering.

3^{de} vraag. — Men vraagt een studie over de bijdrage van de moleculaire biologie tot de epidemiologie en de controle van tropische parasitaire ziektes van mens en/of dier.

4^{de} vraag. — Men vraagt een onderzoek naar het beheer van natuurrisico's in een tropisch milieu.

5^{de} vraag. — Men vraagt een studie van het beheer en de behandeling van baggerspecie in tropische gebieden

6^{de} vraag. — Men vraagt een studie over de ontwikkeling van transportcorridors in tropische gebieden.

De werken die voor de wedstrijd ingediend worden, moeten op het secretariaat van de Academie toekomen vóór 1 maart 2010.

Bijkomende inlichtingen kunnen verkregen worden op het secretariaat van de Academie, Defacqzstraat 1 bus 3, B-1000 Brussel (België).

☎ in België: 02.538.02.11
☎ vanuit het buitenland: + 32.2.538.02.11
Fax in België: 02.539.23.53
*vanuit het buitenland: + 32.2.539.23.53
E-mail: kaowarsom@skynet.be
Web: <http://www.kaowarsom.be>

ROYAL ACADEMY OF OVERSEAS SCIENCES

Questions for the 2010 Competition

First question. — A study is requested on the language policy of the homeland in a former colony, with particular attention to the motivations, legislation and applications on the ground. Comparison between territories with different colonial system and the further development of the language policy after independence is recommended.

2nd question. — An anthropological study on a microsocial scale dealing with the transformation of men / women relationships in the present context of economic change, is requested.

3rd question. — A study is requested on the contribution of molecular biology to the epidemiology and the control of tropical parasitic diseases of man and/or animal.

4th question. — A research is requested on the management of natural risks in tropical environment.

5th question. — A study is requested about the management and treatment of dredged material in tropical areas.

6th question. — A study is requested on the development of transport corridors in tropical regions.

The studies must reach the secretariat of the Academy before 1st March 2010.

Additional information may be obtained from the secretariat of the Academy, rue Defacqz 1, box 3, B-1000 Brussels (Belgium).

☎ in Belgium: 02.538.02.11
☎ from abroad: +32.2.538.02.11
Fax in Belgium: 02.539.23.53
*from abroad: + 32.2.539.23.53
E-mail: kaowarsom@skynet.be
Web: <http://www.kaowarsom.be>

ACADEMIE ROYALE DES SCIENCES D'OUTRE-MER

Questions du concours 2011

Première question. — On demande une étude sur les relations économiques et politiques entre la Belgique et l'Empire ottoman au 19^e siècle.

2^e question. — On demande une monographie sur les musiques (instrumentale ou vocale) de la région andine.

3^e question. — On demande une étude des relations sol-plante en milieu tropical.

4^e question. — On demande une étude sur les impacts, en milieu tropical, des particules fines, organiques ou inorganiques sur la santé.

5^e question. — On demande une contribution à l'étude de la composition chimique, minéralogique et biologique des boues de dragage des fleuves tropicaux, y compris les estuaires et les zones portuaires, en vue de réduire le déversement des polluants à leur source et/ou de leur valorisation ou de leur stockage dans des conditions protégeant l'environnement de manière durable.

6^e question. — On demande une étude sur les impacts positifs et négatifs de la construction de barrages sur des rivières dans les pays en voie de développement. Très souvent, pendant une partie importante de l'année, le manque d'eau freine leur développement. Les effets possibles des changements climatiques peuvent encore aggraver la situation.

Les ouvrages présentés au concours doivent parvenir au secrétariat de l'Académie avant le 1^{er} mars 2011.

Des renseignements complémentaires peuvent être obtenus au secrétariat de l'Académie, rue Defacqz 1 bte 3, B-1000 Bruxelles (Belgique).

☎ en Belgique: 02.538.02.11
☎ de l'étranger: +32.2.538.02.11
Fax en Belgique: 02.539.23.53
*de l'étranger: + 32.2.539.23.53
E-mail: kaowarsom@skynet.be
Web: <http://www.kaowarsom.be>

KONINKLIJKE ACADEMIE VOOR OVERZEESE WETENSCHAPPEN

Vragen voor de wedstrijd 2011

Eerste vraag. — Men vraagt een studie over de economische en politieke relaties tussen België en het Ottomaans Rijk in de 19^{de} eeuw.

2^{de} vraag. — Men vraagt een monografie over de (instrumentale of vocale) muziek van het Andesgebied.

3^{de} vraag. — Men vraagt een studie van de bodem-plantenrelatie in een tropische omgeving.

4^{de} vraag. — Men vraagt een studie over de weerslag van organische of anorganische deeltjes op de gezondheid in een tropische omgeving.

5^{de} vraag. — Men vraagt een bijdrage aan de studie van de scheikundige, mineralogische en biologische samenstelling van slib dat uit tropische rivieren, met inbegrip van estuaria en havengebieden, wordt gebaggerd, met als doel het dumpen van verontreinigende stoffen aan de bron te beperken en/of het slib opnieuw te gebruiken of te slaan met oog voor een duurzame bescherming van het milieu.

6^{de} vraag. — Men vraagt een studie over de positieve en negatieve gevolgen van het bouwen van stuwdammen op rivieren in ontwikkelingslanden. Vaak is er in die landen gedurende een groot gedeelte van het jaar een watertekort dat de ontwikkeling afremt. Mogelijke effecten van de klimaatverandering kunnen de problemen verergeren.

De werken die voor de wedstrijd ingediend worden, moeten op het secretariaat van de Academie toekomen vóór 1 maart 2011.

Bijkomende inlichtingen kunnen verkregen worden op het secretariaat van de Academie, Defacqzstraat 1 bus 3, B-1000 Brussel (België).

☎ in België: 02.538.02.11
☎ vanuit het buitenland: + 32.2.538.02.11
Fax in België: 02.539.23.53
*vanuit het buitenland: + 32.2.539.23.53
E-mail: kaowarsom@skynet.be
Web: <http://www.kaowarsom.be>

ROYAL ACADEMY FOR OVERSEAS SCIENCES

Questions for the 2011 Competition

First question. — A study is requested about the economic and political relations between Belgium and the Ottoman Empire during the 19th century.

2nd question. — A monograph on (instrumental or vocal) music of the Andean regions is requested.

3rd question. — A study of soil-plant relationships in tropical environment is requested.

4th question. — A research is requested on the repercussions on health of organic or inorganic small particles in tropical environment.

5th question. — A contribution is requested to the study of the chemical, mineral and biological composition of dredged material extracted from tropical riverbeds, including estuaries and harbour areas, so as to reduce pollutant dumping at their source and/or re-use or store dredged material in such a way that the environment is protected on a permanent basis.

6th question. — A study is requested about the positive and negative impacts of dams' construction on rivers in developing countries. Their development is quite often hindered by lack of water for a large part of the year. Possible effects of climate changes are likely to make the situation worse.

The studies must reach the secretariat of the Academy before 1st March 2011.

Additional information may be obtained from the secretariat of the Academy, rue Defacqz 1, box 3, B-1000 Brussels (Belgium).

☎ in Belgium: 02.538.02.11
☎ from abroad: +32.2.538.02.11
Fax in Belgium: 02.539.23.53
*from abroad: + 32.2.539.23.53
E-mail: kaowarsom@skynet.be
Web: <http://www.kaowarsom.be>

ORGANISATION

Concept of editors and objectives of TROPICULTURA

Agri-Overseas is an association created in order to establish common-interest professional relationships between people working on overseas rural development. It publishes the scientific and information publication «Tropicultura» which covers rural problems in developing countries. This publication is published every three months with the financial support of the «Directorate- General for Development Cooperation (D.G.D.C.), Federal Public Service Foreign Affairs, Foreign Trade and Development Cooperation Belgium». It benefits from the scientific patronage of the Belgian Royal Academy for Overseas Sciences (RAOS) and the «Région Bruxelles-Capitale».

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

Board

The Board of Agri-Overseas is as follows: Professor Dr J. Vercruysse, President; Professor Dr Ir G. Mergeai, Administrator; Dr E. Thys, Secretary; Professor Dr B. Losson, Treasurer; Dr S. Geerts, member and Honorary Professor Dr Ir J. Hardouin, member.

Editorial Staff

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

Publication secretariat

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

Distribution

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

SCOPE OF THE PUBLICATION

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

INSTRUCTIONS TO AUTHORS

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

TROPICULTURA

2009 Vol. 27 N° 2

Four issues a year (April - May - June)

ORIGINAL ARTICLES

CONTENTS

Land Holding Rights of Fulani Pastoralists and its Effect on their Agropastoral Production System in Ogun State, Nigeria (<i>in English</i>) C.I. Sodiya, M.O. Adedire & O.A. Lawal-Abebowale	65
Analysis of Constraints to the Development of Pig Production in Cameroon (<i>in French</i>) G. Ndébi, J. Kamajou & J. Ongla	70
Pollution of a Tropical Lagoon by the Determination of Organochlorine Coumpounds (<i>in English</i>) S. Ouffoue Koffi, A. Ahibo Coffy, J.P. Villeneuve, D.E. Sess & Y.T. N'Guessan	77
Indigenous Glomales of <i>Isoberlinia doka</i> (Craib and Stapf) Woodland of Wari-Maró in Centre of Benin (<i>in French</i>) P. Houngnandan, R.G.H. Yemadje, A. Kane, P. Boeckx & O. Van Cleemput	83
Evaluation of Iron Toxicity on Lowland Irrigated Rice in West Africa (<i>in English</i>) M. Chérif, A. Audebert, M. Fofana & M. Zouzou	88
Study of the Traditional Oasis Chenini Gabès in the South East of Tunisia (<i>in French</i>) Karima Kouki & H. Bouhaouach	93
Horticultural Production Systems in the Soudano-sahelian and Soudano-guinean Agro Ecological Zones of Cameroon: Cases of Garoua and Ngaoundéré (<i>in French</i>) I. Nchoutnji, E.J. Fofiri Nzossié, J.-P. Olin Bassala, L. Temple & A. Kameni	98
Influence of Indigenous Phosphate on Maize Straw Compost Quality and Biodegradation (<i>in French</i>) F. Lompo, Z. Segda, Z. Gnankambary & N. Ouandaogo	105
Study of the Relationship between Agricultural Production Price and Consumption Price in Ex Province of Butare/Rwanda (<i>in French</i>) F. Niyitanga	110
Crop Protection with the Help of Dead and Live Fences in the Segou Region, in Mali (<i>in French</i>) Virginie Levasseur, A. Olivier & A. Niang	115
Vegetative Growth and Starch Reserve Improvement in Peach Trees Using Hydrogen Cyanamid Treatments (<i>in French</i>) Soumaya Dbara & M. Ben Mimoun	119
IN THE UNIVERSITIES...	
Serological Markers for Improved Diagnosis of Porcine Cysticercosis (<i>in English</i>) Nynke Deckers	123
DGDC 'S ACTIVITIES	125

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

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

