

# TROPICULTURA

2004 Vol. 22 N° 2

Trimestriel (avril – mai – juin)

Driemaandelijks (april – mei – juni)

Se publica por año (abril – mayo – junio)



Récolte de piment dans la région de Guntur, Andhra Pradesh, Inde: les fruits sont triés selon leur qualité. Crédit: Patrick Van Damme.

Editeur responsable / Verantwoordelijke uitgever:

J. Vercruysse

Square du Bastion 1A Bolwerksquare  
1050 Bruxelles / Brussel

Avec les soutiens de la

Direction générale de la Coopération au Développement DGCD  
[www.dgdc.be](http://www.dgdc.be)

Service public Fédéral Affaires étrangères, Commerce extérieur  
et Coopération au Développement  
[www.diplobel.fgov.be](http://www.diplobel.fgov.be)

et la Région Bruxelles Capitale

Met de steunen van

Directie-Generaal Ontwikkelingssamenwerking DGOS  
[www.dgdc.be](http://www.dgdc.be)

Federale Overheidsdienst Buitenlandse Zaken, Buitenlandse Handel  
en Ontwikkelingssamenwerking  
[www.diplobel.fgov.be](http://www.diplobel.fgov.be)

en van het Brusselse Gewest

BUREAU DE DEPOT - AFGIFTEKANTOOR  
BRUXELLES X / BRUSSEL X



## SOMMAIRE / INHOUD / SUMARIO

### ARTICLES ORIGINAUX/OORSPRONKELIJKE ARTIKELS/ARTICULOS ORIGINALES

#### The Effect of Short Rotation *Desmodium distortum* Planted Fallow on the Productivity of Ultisols in Centre Cameroon

Effet d'une courte jachère plantée au *Desmodium distortum* sur la productivité des sols ferrallitiques au Centre Cameroun

Het effect van een korte braakligging met *Desmodium distortum* beplanting op de productiviteit van ijzerhoudende bodems in Centraal Kameroen

Efecto de un barbecho breve (mínimo) de *Desmodium distortum* sobre la productividad de los suelos lateríticos en el Centro de Camerún

**F. Kaho, M. Yemefack, B.A.K. Nguimgo & C.G. Zonkeng** ..... 49

#### Comparative Evaluation of Physico-chemical Characteristics of Flours from Steeped Tubers of White Yam (*Dioscorea rotundata* Poir), Water Yam (*Dioscorea alata* L.) and Yellow Yam (*Dioscorea cayenensis* Lam.)

Evaluation comparative des caractéristiques physico-chimiques de farines rouies de tubercules d'igname blanche (*Dioscorea rotundata* Poir), d'igname ailée (*Dioscorea alata* L.) et d'igname brune (*Dioscorea cayenensis* Lam.)

Vergelijkende evaluatie van de fysico-chemische eigenschappen van geweekte bloem van witte jamknollen (*Dioscorea rotundata* Poir), gevleugelde (*Dioscorea alata* L.) en gele jamwortels (*Dioscorea cayenensis* Lam.)

Valoración comparativa de las características físico-químicas de harinas elaboradas en base a enriadas de tubérculos de ñame blanco (*Dioscorea rotundata* Poir), ñame de agua (*Dioscorea alata* L.) y ñame amarillo (*Dioscorea cayenensis* Lam.)

**C.I. Iwuoha**..... 56

#### Evaluation de la productivité des ovins périurbains à Maroua dans l'extrême-nord du Cameroun

Evaluatie van de productiviteit van peri-urbane schapen in Maroua (Verre Noorden van Kameroen)

Evaluación de la productividad de los ovinos suburbanos en Maroua, en el norte extremo de Camerún

**S. Killanga, B. Faye & Z.L. Obounou** ..... 64

#### Modélisation de la déshydratation de la pulpe des fruits du *Canarium schweinfurthii* Engl.

Modellering van de uitdroging van de pulp van de vruchten van *Canarium schweinfurthii* Engl.

Modelos para la deshidratación de la pulpa de la fruta del *Canarium schweinfurthii* Engl.

**G.B. Noumi, S. Laurent, E. Ngameni, C. Kapseu, Y. Jannot & M. Parmentier** ..... 70

#### Propriétés physico-chimiques de l'amidon de gingembre (*Zingiber officinale roscoe*) de Côte d'Ivoire

Fysico-chemische eigenschappen van gember zetmeel (*Zingiber officinale roscoe*) in Ivoorkust

Propiedades físico-químicas del almidón del jengibre (*Zingiber officinale roscoe*) de Costa de Marfil.

**N'G.G. Amani, F.A. Tetchi & Aissatou Coulibaly**..... 77

#### Essai comparé de production d'asticots dans les fientes de poule et dans la bouse de vache

Vergelijkende proef over de productie van wormen in kippen- en runderuitwerpselen

Ensayo comparativo de la producción de gusanos en la gallinaza y en el estiércol vacuno

**M. Mpoame, A. Téguia & Edwige Laure Nguemfo** ..... 84

### NOTES TECHNIQUES/TECHNISCHE NOTA'S/NOTAS TECNICAS

#### Faiblesse de la main-d'œuvre familiale et diversification des activités dans les exploitations agricoles de la zone cotonnière en Centrafrique

Zwakte van de familiale werkracht en diversifiëring van de activiteiten in landbouwbedrijven van de katoenzone van de Centraal Afrikaanse Republiek

Debilidad de la mano de obra familiar y diversificación de las actividades en las explotaciones agrícolas de la zona algodonera en República Centroafricana

**E. Mbétid-Bessane**..... 88

### DANS LES UNIVERSITES.../UIT DE UNIVERSITEITEN.../ EN LAS UNIVERSIDADES...

#### Optimisation and Rationalisation of Cattle Immunisation against *Theileria parva* in Eastern Zambia

Optimisation et rationalisation de l'immunisation du bétail de la Zambie de l'est contre *Theileria parva*

Verbetering en rationalisatie van de immunisatie van het vee tegen *Theileria parva* in Oost Zambia

Utilización óptima y racionalización de la inmunización del ganado en Zambia del Este contra *Theileria parva*

**T. Marcotty** ..... 93

**BIBLIOGRAPHIE/BOEKBESPREKING/BIBLIOGRAFIA**..... 95

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

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

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

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

## ARTICLES ORIGINAUX

## OORSPRONKELIJKE ARTIKELS

## ORIGINAL ARTICLES

## ARTICULOS ORIGINALES

## The Effect of Short Rotation *Desmodium distortum* Planted Fallow on the Productivity of Ultisols in Centre Cameroon

F. Kaho<sup>1</sup>, M. Yemefack\*<sup>1</sup>, B.A.K. Nguimgo<sup>1</sup> & C.G. Zonkeng<sup>1</sup>

Keywords: Maize rotation- *Desmodium distortum*- Natural fallow- Forest zone- Forest- Savannah transition zone

### Summary

In order to investigate the effect of short rotation *Desmodium distortum* planted fallow on maize grain yield and soil properties, an experiment was conducted over four consecutive years (1995-1998) at two locations (Minkoameyos in the humid forest zone and Ntui in the forest-savannah transition zone) in Centre Cameroon. The experimental design for each year was made of four replications and three treatments: i) Natural Fallow used as control (NF), ii) *Desmodium* Fallow (DF) and iii) Soybean (*Glycine max*) Rotation (SR). Maize (*Zea mays*) was used as plant test and was planted each year in the first cropping season (March-June) followed by each treatment from July to February. The analysis of variance and mean separation (Tukey's HSD) were used to evaluate the effects of treatments on maize yield and soil chemical properties at the end of the experiment. No treatment could produce relatively more than the first year of the experiment where maize yields were based on 7-8 year-old natural fallow in both sites. However, in Minkoameyos, there was a significant difference ( $p=0.043$ ) between the treatments in the fourth year. *Desmodium* plots out-yielded both natural fallow and soybean plots. In Ntui, there was a highly significant difference ( $p=0.000$ ) among treatments in the third and fourth years. *Desmodium* plots also out-yielded both natural fallow and soybean plots; while natural fallow plots out-yielded soybean plots. The general trend of productivity was ranked as: DF > NF > SR. Apart from the available P that has shown a highly significant difference ( $p=0.000$ ) compared to the initial value and to other treatments, no other significant difference was noticed with other soil properties in both sites. However, the general trend is that most soil chemical properties tended to decrease excepted pH water and available phosphorus. The

### Résumé

**Effet d'une courte jachère plantée au *Desmodium distortum* sur la productivité des sols ferrallitiques au Centre Cameroun**

Dans le but d'étudier l'effet d'une courte jachère de *Desmodium distortum* sur les rendements de maïs et les propriétés du sol, une étude a été conduite pendant quatre années consécutives (1995-1998) dans deux localités du Centre Cameroun. Les deux localités étaient situées l'une en zone de forêt humide (Minkoameyos) et l'autre dans la zone de transition forêt-savane (Ntui). Le dispositif expérimental reproduit chaque année était constitué de quatre répétitions et de trois traitements: (i) Jachère naturelle (JN) utilisée comme témoin, (ii) Jachère plantée au *Desmodium distortum* (JD), et (iii) Rotation avec le soja (*Glycine max*) (RS). Le maïs (*Zea mays*) a été utilisé comme plante test, planté chaque année en première campagne agricole (mars-juin), suivi par chaque traitement de juillet à février. L'analyse de la variance et la séparation des moyennes (méthode Tukey's HSD) ont été utilisées pour évaluer les effets des traitements sur le rendement du maïs grain et sur les propriétés chimiques du sol à la fin de l'essai. Au cours de l'essai, aucun traitement dans les deux sites n'a pu produire plus de maïs grain que la première année où le champ dérivait directement d'une jachère de 7-8 ans. Cependant, à Minkoameyos, une différence significative ( $p=0,043$ ) a été observée entre les traitements à partir de la quatrième année. A Ntui, les traitements ont présenté des différences hautement significatives ( $p=0,000$ ) en troisième et quatrième années. Dans les deux cas, les parcelles JD ont produit plus que JN et RS. La tendance générale de la productivité des parcelles était: JD > JN > RS. Parmi les propriétés du sol testées, seul le P assimilable a

<sup>1</sup> Institute of Agricultural Research for Development (IRAD), P.O. Box 2067, Yaounde, Cameroon.

\* Address for correspondence: C/o ITC, P.O. Box 6, 7500 AA Enschede, The Netherlands.

Tel : +31 53 487 4227, Fax: +31 53 487 4336

Email : [yemefack@itc.nl](mailto:yemefack@itc.nl) or [myemefack@hotmail.com](mailto:myemefack@hotmail.com)

Received on 12.09.03. and accepted for publication on 15.12.03.

study has shown that, in forest-savannah-transition zone (Ntui), *Desmodium distortum* had highly significant effect on maize grain yield from the third year while in the forest zone (Minkoameyos), the effect of *Desmodium* was significant from the fourth year. This therefore, suggests that the *Desmodium* shrub has a potential for improving plant nutrient availability in these soils when used in short rotational fallow system.

présenté dans les deux sites des différences hautement significatives ( $p=0,000$ ) entre les traitements. Cependant, la tendance générale de l'évolution de ces propriétés était à la diminution des valeurs initiales, sauf pour le pH et le P assimilable. L'étude a montré qu'en zone de transition forêt-savane plus qu'en zone de forêt humide, *Desmodium distortum* dans les conditions de cet essai était d'un grand potentiel pour l'amélioration de la disponibilité des éléments nutritifs du sol lorsqu'il est utilisé en système de courte jachère en rotation avec le maïs.

## Introduction

Traditionally in the humid tropics, agricultural output was maintained through a long fallow cycle (>10 years) in which the self-regenerating woody vegetation recycled nutrients, maintained soil organic matter and protected the soil from erosion and runoff (11, 13). With the ever-increasing population pressure in many parts of the humid tropics of Cameroon, this practice of long fallow is no longer feasible. In some areas, the fallow cycle has even been reduced to less than five years, leading to declining soil productivity (4, 12).

It was thought that the need for a long fallow period to maintain soil productivity in the tropics could be overcome by the use of mineral fertilizers. With this regards, some previous studies had reported the maintenance of soil productivity under continuous cultivation with a judicious use of fertilizer (16). However, some recent reports indicated that soil productivity in the tropics declines even with supplementary fertilizer use (20, 21). In either case, resource poor farmers are seldom able to apply fertilizer at the recommended rate and at the appropriate time because of high cost, lack of credit, delivery delays, and low and variable returns (15). This has led to intensive research on alternative sources of soil nitrogen for crop growth. Fixing nitrogen biologically using leguminous trees and shrubs has proved to be one of the most viable and sustainable alternatives to improve soil productivity and to shorten the fallow period (7, 8, 10, 15, 19).

Short term fallows of leguminous trees and shrubs such as *Calliandra*, *Gliricidia*, *Leucaena*, *Sesbania*, *Tephrosia*, *Desmodium*, and *Crotalaria* are being extensively introduced for use in agroforestry systems in Centre Cameroon. To be acceptable, any plant species used in a short fallow management technology should be adapted to soil environment and should yield higher levels of limiting nutrients than the natural bush fallow. This paper reports the results of an experiment carried out over four consecutive years at two locations in Centre Cameroon with the objective to study the possible role of planted *Desmodium distortum* in improving the productivity of maize. *Desmodium distortum* is a nitrogen-fixing shrub legume characterized by the following attributes: fast

growth, easily degradable biomass, compatibility with maize crops (no allelopathy to cereals), but a selective adaptability to soil and climatic conditions.

## Materials and methods

### Experimental sites and design

The study was conducted from 1995 to 1998 at two sites in Centre Cameroon:

- Minkoameyos, a semi-deciduous forest zone, located 3°51' N and 11°26' E, at 700 m asl.
- Ntui, a forest-savannah-transition zone, located 4°26' N and 11°40' E, at 560 m asl.

The climate in both sites is characterized by two rainy seasons (March-June and September-November). The mean annual rainfall varies from 1500 to 1800 mm in Minkoameyos and from 1200 to 1500 mm in Ntui. The average annual temperature is 24 °C in Minkoameyos and 26 °C in Ntui. Soils in both sites are highly weathered soils grouped to ultisols according to soil taxonomy (17). However, soils of Minkoameyos site have a relative slightly acidic pH (5-5.5) and high content of clay particle size (30% from topsoil compared to 15-20% in Ntui soils).

The agricultural land use system is based on shifting cultivation practices for subsistence food crop production. This fallow-based agricultural system (shifting cultivation) is characterized by two years of mixed food cropping without any fertilizer use, followed by a fallow period of variable duration ranging from 3 years to more than 15 years. The short-fallow vegetation is usually dominated by *Chromolaena odorata* in the semi-deciduous forest zone, and by grass vegetation in the forest-savannah-transition zone.

The experimental design was a randomised complete block with three treatments and four replications per site. The study was conducted during four consecutive years (1995-1998). The three treatments were based on seasonal rotation of three-month maize cropping in the first season (March-June) followed by nine-months short planted-legume-fallow (July-February) of different types:

- T1: maize/natural fallow rotation (control);
- T2: maize/*Desmodium* fallow rotation;
- T3: maize/ soybean crop rotation.

The experimental plots of 8 m x 6 m were organized in randomised complete block design separated by 1 meter within block and 2 meters between blocks in each experimental site. Each study site was then made of 12 experimental units. An experimental unit or plot refers here to the land portion to which a treatment is applied.

### Cultural practices, crop management and sampling

At the beginning of the first cropping season of 1995 (March-June), a natural bush fallow (7-8 year-old) plot was cleared at both sites, and burnt. The experimental plots were laid out according to the randomised complete block design as described above. Each experimental plot was planted with maize (*Zea mays*), (var. CMS 8501) at 0.75 m between rows and 0.5 m within row; two seeds per hill. Weeding was done manually with hoe at the fourth and eight weeks after maize planting. After the second weeding, seeds of *Desmodium distortum* legume shrub were evenly broadcasted in the field at 15 kg.ha<sup>-1</sup> in the treatment T2. After maize harvesting (ten weeks after planting), *Desmodium* was allowed to grow freely until the next cropping season in treatments T2; and natural fallow vegetation in T1. For treatment T3, soybean (*Glycine max*; a local variety) was sown at 0.5 m x 0.25 m spacing at the beginning of the second cropping season (September). In March 1996 (one year later), the nine-month-old *Desmodium* and natural fallow plots were cleared by cutlass and soybean harvested. Each plot was then hand-tilled with hoe and the residues incorporated. Maize was then planted and managed in the same way as in 1995. The same activities were

repeated on the same plots at both sites in 1997 and 1998.

At maturity of maize, the four middle rows of each plot were harvested and grain yield adjusted to 15% moisture content.

Prior to the establishment of the experimental plots in 1995, composite soil samples were collected at 0-15 cm depth at each site (each constituting of 10 cores made at random points throughout the whole experimental site). In 1998, soil samples were similarly collected under each of the 24 experimental units at the same depth.

### Soil laboratory determinations and statistical analysis

All the soil samples collected were analysed for pH, organic carbon, total nitrogen, exchangeable cations and available phosphorus. pH water was determined with soil/water ratio of 1:2.5. Organic carbon was determined by the Walker & Black method, and the total nitrogen by the Kjeldahl digestion method. Exchangeable bases were determined using the percolation method of extraction, and available P by Bray-II method. All these methods are described in Anderson and Ingram (2).

The analysis of variance and mean separation (Tukey's HSD) were used to evaluate the effects of treatments on maize yield and soil properties at the end of the experiment. For all the statistical analyses, the Syststat Software Package (18) was used. The relative changes in soil characteristics between 1995 and 1998 were calculated as follows:  $X\% = 100 \times (X_{1998} - X_{1995}) / X_{1995}$ , where X is the soil characteristic dealing with. The size of *Desmodium* and soybean treatment effects was computed as the yield difference between natural fallow rotation and these treatments.

**Table 1**  
**Maize grains yield at Minkoameyos and Ntui from 1995 to 1998.**  
**Each value is the Least Square Mean (kg.ha<sup>-1</sup>) of n= 4 replications**

Treat	Minkoameyos					Ntui				
	Year					Year				
	1995	1996	1997	1998	Mean	1995	1996	1997	1998	Mean
NF	4446	3131	4408	2454b	3610	3310	2355	2490b	2526b	2670
DF	4449	3382	4511	2966a	3827	3496	2494	2921a	3127a	3010
SR	4576	3097	4232	2393b	3575	3428	2153	2133b	1782c	2374
Mean	4490	3203	4384	2604	3671	3411	2334	2515	2478	2685
SE	232	232	232	232	112	137	137	137	137	112
CV%	9	12	11	19	23	8	15	18	25	25

Keys: Treat= Treatments; NF= Natural Fallow plot; DF= *Desmodium* Fallow; SR= Soybean Rotation; SE= Standard Error; CV%= Coefficient of Variation;

Characters with the same letter are not significantly different at 95% confidence interval, compared with the other treatments for the same year. Number of samples for an annual mean= 12; Number of samples for a treatment mean in four years= 16; Number of samples for a site four-year mean (mean of means)= 48.

## Results and discussions

### Evolution of maize grain yield with time

Maize grain yields for each treatment during the four years of the experiment are shown in table 1.

At the beginning of the experiment in 1995, maize grain yield was recorded from each experimental land unit that was to support treatments. The results in table 1 show no significant difference between these experimental units in both sites. The coefficients of variation (CV) were rather the lowest (8-9%) in the first year (1995) compared to the following years (12 to 25%). This led to conclude that there was no significant gradient in soil fertility within experimental sites, and all the treatments could be evaluated on the same basis for maize yield as well as for soil properties changes.

From this first year and onwards, Minkoameyos site has shown to be significantly ( $p=0.000$ ) more productive in maize grain yield ( $4490 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) than Ntui site ( $3411 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) in the first year, and  $3671 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  and  $2693 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  for overall mean in four years. This highly significant difference is hard to explain because there was no significant difference between soil chemical properties of the two sites. However, some slight climatic difference exists between the two sites (see section on the experimental sites). Some soil physical properties also may play a role in the productivity of the two sites since Minkoameyos soil was more clayey than the Ntui soil. However, no soil physical property was monitored in this study to allow a right conclusion.

The maize yields in table 1 show that no treatment could produce relatively more than the first year of the experiment (1995) where maize yields were based on 7-8 year-old natural fallow in both site. Maize yields of the second year (1996) were lower than that of the two following years in both sites. This may suggest that the effect of treatments was only effective as from the third year. However, during the fourth season (1996) maize yield was also slightly affected by a dry spell that occurred at the silking stage at Minkoameyos.

### Effects of treatments on maize grain yield

The effects of the treatments (DF and SR) on maize grain yield were evaluated from the second year (1996) to the fourth year (1998) of the experiment as compared to the control (NF). The effects of different treatments are presented in tables 1 and 2.

The general trend of productivity could be ranked as:  $\text{DF} > \text{NF} > \text{SR}$  at the end of the experiment.

In Minkoameyos, no significant difference was observed among treatments in the second and third years (1996 and 1997). In the fourth year (1998), there was a significant difference ( $p=0.043$ ) among treatments. *Desmodium* plots out-yielded natural fallow plots by 25% and soybean plots by 28%. There was no significant difference between NF and SR, even

Table 2

Size of *Desmodium* and soybean treatment effects (in  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) as compared to natural fallow rotation. Values in brackets show the effects in percentage (%)

	Minkoameyos		Ntui	
	DF	SR	DF	SR
1996	251 (8)	-34 (-1)	139 (6)	-202 (-9)
1997	103 (2)	-176 (-4)	431 (17)	-357 (-14)
1998	512 (21)	-61 (-3)	601 (24)	-744 (-29)
Mean	217 (6)	-60 (-2)	340 (13)	-296 (-11)

Keys: DF= *Desmodium* rotation; SR= Soybean rotation.

though SR produced 5% less than NF (Table 2). The significant increase in maize yield only from the third year indicated that the effect of the treatments was not immediate in the conditions of Minkoameyos. The three treatments were then more efficient as resulting from an accumulative residual effects from the previous seasons. Synchronisation of nutrients release and plant take up may have played an important role in improving crop yield. This result however, corroborates early study by Tonye *et al.* (19) who found that *Cajanus cajan* used in the similar conditions was effective only in the third year in improving maize grain yield around the Minkoameyos areas.

In Ntui, highly significant differences occurred among the treatments in the third year ( $p=0.009$ ) and in the fourth year ( $p=0.000$ ). *Desmodium* plots out-yielded NF by 50% and SR by 52% (Table 2), while NF plots produced more maize grain yield than SR plots. These changes in maize grain yield in Ntui followed the same pattern as noticed at Minkoameyos, but with a higher productivity rate (Table 2). The *Desmodium* fallow rotation appeared to be more productive at the Ntui conditions.

Similar results reported by Balasubramanian and Nguimgo (3) indicated that grain yield of maize in the following season was 89% higher with *Mucuna* and 52% with *Crotalaria* compared to maize grain yield ( $827 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) after natural fallow in Rwanda. Also in Nigeria, *Tephrosia candida* plots produced more maize grain and stover yields than natural bush fallow plots (5), and maize/cowpea rotation treatment produced the lowest maize grain yield compared to natural and *Leucaena* fallows (9). The lowest yield obtained in SR plots at both sites may be attributed to the difference in the quantity of vegetal biomass incorporated in soil during cropping. In fact, DF and NF plots could produce more biomass than SR plots. This shortage of incorporated biomass may result to a rapid deterioration of soil physical properties in SR

**Table 3**  
**Soil properties (0-15 cm layer) before and at the end of the experiment, and rates of changes occurred in various plots in 1998 after 4 years cropping (expressed as X%= 100\*(X<sub>1998</sub>-X<sub>1995</sub>)/X<sub>1995</sub>)**

		Minkoameyos						Ntui					
		pH water	OC %	Nt %	C/N	P av (ppm)	Sum Bases	PH water	OC %	Nt %	C/N	P av (ppm)	Sum Bases
1995	Initial	5.4	1.90	0.17	11.2	2.0	5.07	5.5	1.78	0.13	13.7	7.0	5.57
1998	NF	5.80	1.90	0.16	12.2	8.9a	4.81	6.17	1.43	0.11	13.1	9.9a	4.04
	DF	5.69	1.43	0.15	10.0	4.5b	3.96	6.07	1.57	0.11	14.3	9.0b	3.82
	SR	5.54	1.79	0.15	12.3	7.6c	3.77	6.09	1.48	0.15	12.9	12.4c	3.38
	SE	0.10	0.09	0.02	1.03	1.30	0.59	0.03	0.06	0.03	1.76	1.49	0.11
% of changes	NF	7	0	-6	9	345a	-5	12	-20	-15	-4	41a	-26
	DF	5	-25	-12	-11	125b	-22	10	-12	-15	4	29b	-31
	SR	3	-6	-12	10	280c	-26	11	-17	15	-6	77c	-39

Keys: NF= Natural Fallow plot; DF= *Desmodium* Fallow; SR= Soybean rotation; SE= Standard Error; OC%= Organic Carbon percentage; Nt%= total Nitrogen percentage;

P av.= available Phosphorus;

Characters with the same letter are not significantly different at 95% confidence interval, compared with the other treatments for the same soil property.

due to continuous cultivation and resulting exposure of soil surface to heavy showers at the beginning of each cropping period.

#### Effects of treatments on soil chemical properties

Soil chemical properties of the experimental plots were measured at the beginning and at the end of the experiment in order to evaluate the treatment effects on soils of the two sites. One representative sample from each study site was analysed in 1995, while in 1998, soil samples were analysed from treatment plots. Table 3 shows the results of these analyses and the rates of changes that had occurred in these soils during the experiment.

Apart from the available phosphorus that has shown a highly significant difference ( $p= 0.000$ ) compared to the initial value and to other treatments, no other significant difference was noticed with other soil properties in both sites. However, the general trend is that most soil chemical properties tended to decrease excepted pH water and available phosphorus. These two exceptions may have also played an important role in the productivity of maize under different treatments. Available phosphorus increased more in Minkoameyos. However, the trend of changes could be ranked as: NF> SR> DF in both sites. pH water increased from 3 to 10% in both sites. Sum of bases decreased by 5 to 40% and the organic matter by 6 to 25%.

The actual knowledge is that the presence of ash from burn vegetation as it was done at the beginning of this experiment has several important effects on soil (12, 14). The amounts of plant-available nutrient status of the soil are increased as a result of the fire-induced

release of organically bound nutrients such as K, Ca, Mg, and P. The dissolution and leaching of white ash results in soil pH values increase by 5 to 10%, which promote changes in soil mineralogy, and presumably, other materials with pH-dependent charge. A study conducted on an ultisol on the Minkoameyos area by Ambassa-Kiki and Nill (1), showed that traditional mixed cropping preceded by manual land preparation produces less runoff and soil loss after four years of cropping, and conserves for longer period a lower bulk density. This comparison was made with treatments that involve sole cropping preceded by the use of heavy machinery for land preparation.

Soil fertility in *Desmodium* plots was associated with higher maize grain yield in the third year in Minkoameyos and in the second and third year in Ntui. Similar results were obtained in Nigeria by Gichuru (5) with *Tephrosia candida*. Also soil under natural fallow tended to have higher pH and exchangeable Ca. This corroborates earlier works by Juo *et al.* (6) and Gichuru (5). A tendency of low pH was observed at both sites under soybean/maize rotation plots, indicating an earlier increase in soil acidity due to continuous cultivation. In Nigeria, Mulongoy *et al.* (9) rather observed a decrease in pH and exchangeable Ca and an increase in total acidity in maize/cowpea treatment compared to natural and *Leucaena* fallows.

The general trend of a relative low level of soil properties changes after the four years cropping should be ascribed to the effect of residues incorporation that acted as source of soil and crop nutrient replenishment during the experiment. How far could this process work for the benefit of soil productivity? The

Table 4

Ratio of production returns to land management practices in time: (Average yield of 1995)/(yield of each treatment)

Year	Land management practices							
	Minkoameyos				Ntui			
	SC	NF	DF	SR	SC	NF	DF	SR
1995	1	–	–	–	1	–	–	–
1996	Fallow	0.70	0.75	0.69	Fallow	0.69	0.73	0.63
1997	Fallow	0.98	1.05	0.94	Fallow	0.73	0.85	0.62
1998	Fallow	0.55	0.66	0.53	Fallow	0.74	0.91	0.52
Total	1	+2.23	+2.46	+2.16	1	+2.16	+2.49	+1.77

Keys: SC= Shifting Cultivation; NF= Natural Fallow plot; DF= *Desmodium* Fallow; SR= Soybean rotation.

continuation of the study would have to allow setting up the limitation or the asymptotic boundary.

### Production returns analysis and conclusion

The production returns ratio of each land management practices is shown in table 4.

The production returns ratio was computed by dividing the average maize yield in 1995 by the yield produced from each treatment each year. In the normal shifting cultivation system, maize is cropped once and the piece of land is left to fallow after all the associated crops are harvested in one or two years. The production of a piece of land during the four years of this experiment was increased with an additional maize

grain of 1.80 to 2.50 times the yield from a one-year maize cropping in shifting cultivation (Table 4). DF rotation produced the highest ratio (2.50) in both sites. These results showed that the cultural practices used in this experiment could be a suitable alternative to shifting cultivation. The study has shown that, in forest-savannah-transition zone (Ntui), *Desmodium distortum* had highly significant effect on maize grain yield compared to natural fallow and soybean rotation in the third and the fourth year while in the forest zone (Minkoameyos), the effect of *Desmodium* was significant in the fourth year. This therefore, suggests that the *Desmodium* shrub has a potential for improving plant nutrient availability in these soils when used in short rotational fallow system.

### Literature

- Ambassa-Kiki L.R. & Nill D., 1994, Some soil characteristics as affected by conservation practices in central Cameroon. International workshop on conservation farming for sloping lands in southeast Asia: challenges, opportunities, and prospects. 20-26 November 1994. Manila, The Philippines.
- Anderson J.M. Ingram & J.S.I., 1993, Tropical soil biology and fertility: handbook of methods. CAB international, Wallingford, UK. Second edition.
- Balasbramanian V. & Nguimgo K.A.B., 1993, Short season fallow management for sustainable agriculture in Africa. In: J. Rangeland & R. Lal (Eds). Technologies for sustainable agriculture in the tropics. ASA Publication, pp. 56
- Duguma B. & Mollet M., 1997, Provenance evaluation of *Calliandra calothyrsus* in the humid lowlands of Cameroon. Agroforestry systems, 37, 45-57.
- Gichuru M.P., 1991, Residual effects of natural bush, *Cajanus cajan* and *Tephrosia candida* on the productivity of an acid soil in southern Nigeria. Plant and soil, 134, 31-36.
- Juo S.R.A., Franzluebbers K., Dabiri A. & Ikhile B., 1996, Soil properties and crop performance on a kaolinitic alfisol after 15 years of fallow and continuous cultivation. Plant and soil, 180, 209-217.
- Kaho F., Yemefack M. & Quashie-Sam J., (in press), Soil fertility changes under *Leucaena leucocephala* woodlot and their consequences on the succeeding crop in the humid forest zone of Ghana. Nigerian journal of soil research, 3.
- Kanmegne J., Duguma B., Henrot J. & Isirimah N.O., 1999, Soil fertility enhancement by planted tree-fallow species in the humid lowlands of Cameroon. agroforestry systems, 46, 239-249.
- Mulongoy K., Kunde K.N. & Chiang C.N., 1993, Effect of alley cropping and fallowing on some soil properties in southern Nigeria. In: K. Mulongoy & R. Merckx (Ed). Soil organic matter and sustainability of tropical agriculture, pp. 47-55.
- Muok B.O., Gudu S.O. & Odee D.W., 1998, A broad-range inoculants for legume tree in acid soils. Fixing nitrogen in sub-sahara Africa. Agroforestry today, 10, 3-8.
- Nair P.K.R., 1984, Soil productivity aspects of agroforestry systems: Science and practice of agroforestry. ICRAF, Nairobi, Kenya.
- Nounamo L. & Yemefack M., 2001, Farming systems in the evergreen forest of southern Cameroon: shifting cultivation and soil degradation. Tropenbos-Cameroon Documents 8. The tropenbos Cameroon programme and the tropenbos foundation, Wageningen, The Netherlands.
- Nye P.H. & Greenland D.J., 1960, The soil under shifting cultivation. Technical communication 51. Commonwealth bureau of soils, Harpenden, UK.
- Sanchez P.A., 1976, Properties and management of soils in the tropics. John Wiley & sons, New York, USA.
- Sanchez P.A., Mokwunye A.U., Kwesiga F.R., Ndiritu C.G. & Woomer P.L., 1997, Soil fertility replenishment in Africa: an investment in natural resource capital. In: (Eds). Replenishment soil fertility in Africa. SSSA Special publication, pp. 2-46.
- Singh L. & Balasubramanian V., 1979, Effects of continuous fertilizers use on a ferruginous soil in Nigeria. Experimental agriculture, 15, 257-265.
- Soil-Survey-Staff, 1992, Keys to soil taxonomy. SMSS Technical monograph 19, 5th edition. USDA, Blacksburg, Virginia, USA.
- SYSTAT, 1990-1993, SYSTAT 5.03 for windows. systat inc. 1800, Sherman ave, Evanston IL USA 60201.

19. Tonye J., Ibewiro B. & Duguma B., 1997, Residue management of a planted fallow on an acid soil in Cameroon: crops yields and soil organic matter fractions. *Agroforestry systems*, 37, 199-207.
20. Van Reuler H., 1996, Nutrient management over extended cropping periods in shifting cultivation systems in south-west Ivory Coast. *Tropical resource Management papers 12*. Wageningen agricultural university, Wageningen, The Netherlands.
21. Young A. & Wright A.C.S., 1980, Rest period requirements of tropical and subtropical soils under annual crops. *In: FAO (Eds). Land resources for populations of future*. FAO, Rome Italy. pp. 197-268.

F. Kako, Cameroonian, MSc. in agroforestry, Researcher, Institute of Agricultural Research for Development (IRAD), P.O. Box 2067 Yaounde, Cameroon.

M. Yemefack, Cameroonian, MSc. in soil survey and applications of soil information, Researcher, Institute of Agricultural Research for Development (IRAD), P.O. Box 2067 Yaounde, Cameroon. Since 2001, Ph.D. Candidate, Department of earth systems analysis, International institute for Geo-information science and earth observation (ITC), P.O. Box 6, 7500 Enschede, The Netherlands.

B.A.K. Nguimgo, Cameroonian, MSc. in agronomy, Researcher, Institute of Agricultural Research for Development (IRAD), P.O. Box 2067 Yaounde, Cameroon and the International Institute of Tropical Agriculture (IITA), Humid eco-forest station, Yaounde, Cameroon.

C.G. Zonkeng, Cameroonian, MSc. in plant breeding, Maize breeder, Researcher in the Institute of Agricultural Research for Development (IRAD), P.O. Box 2067 Yaounde, Cameroon.

**AVIS DE CHANGEMENT D'ADRESSE  
CHANGING OF ADDRESS  
ADRESVERANDERING  
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 notre 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.

# Comparative Evaluation of Physico-chemical Characteristics of Flours from Steeped Tubers of White Yam (*Dioscorea rotundata* Poir), Water Yam (*Dioscorea alata* L.) and Yellow Yam (*Dioscorea cayenensis* Lam)

C.I. Iwuoha

Keywords: White yam- Water yam- Yellow yam- Yam tuber specie- Tuber steeping duration- Flour particle size- Physico-chemical property

## Summary

The study examined Yam Tuber Species (YTS), Tuber Steeping Duration (TSD) and Flour Particle Size (FPS) as factors of flour. Data were collected using white yam, water yam and yellow yam steeped in water ( $30 \pm 2$  °C, pH 6.78) and withdrawn, and the flour classified, and analyzed for each parameter. Results obtained showed that all the test parameters, Water Retention Capacity (WRC), Swelling Index (SI), Solubility (TSS) and Iodine Affinity of Starch (IAS) correlated very much better and significantly ( $P_r < 0.10$ ) with FPS than with TSD. Inverse relationships were observed with all the parameters. Analysis of variance (ANOVA) results indicated that no significance existed in the main factors for YTS (WRC and TSS). Otherwise, the study variables were found to be critical determinants for the magnitude and extent of the physicochemical properties of steeped yam flour pastes. The study also observed that white yam, steeped for up to 4 days at tropical ambient temperatures, and the resultant flour classified / pulverized into  $\leq 125 \mu\text{m}$  FPS will yield the optimum physico-chemical features in the paste.

## Résumé

**Evaluation comparative des caractéristiques physico-chimiques de farines rouies de tubercules d'igname blanche (*Dioscorea rotundata* Poir), d'igname ailée (*Dioscorea alata* L.) et d'igname brune (*Dioscorea cayenensis* Lam)**

Cet essai étudie l'influence de l'espèce (EI), de la durée de trempage des tubercules (DTT) et la taille des particules après mouture (TPM) sur les propriétés physico-chimiques de la farine et de la pâte d'igname. Les données comparées proviennent de tubercules d'ignames blanche, ailée et brune qui ont été trempés dans l'eau ( $30 \pm 2$  °C, pH 6,78). La farine produite a été tamisée et analysée suivant différents paramètres. Les résultats obtenus ont montré une corrélation positive ( $P \leq 0,10$ ) entre, d'une part, la Capacité de Rétention d'Eau (CRE), l'Indice de Gonflement (IG), la Solubilité (S), et l'Affinité Iodique à l'Amidon (AIA), et d'autre part, la Taille des Particules de la Farine (TPM). Par contre, aucune corrélation n'a été obtenue avec la durée de rouissage. Une relation négative a été obtenue entre les autres facteurs étudiés. Une analyse de la variance n'a pas montré de différences significatives entre les principaux facteurs étudiés (CRE, S) caractéristiques des espèces d'igname. Il apparaît de plus que les variables étudiées influencent fortement les propriétés physico-chimiques de la pâte produite à partir de la farine de tubercules d'igname rouis. Cette étude a montré que l'igname blanche trempée dans l'eau à température ambiante pendant 4 jours et moulue pour donner des particules de  $\leq 125 \mu\text{m}$  produit la pâte qui présente les meilleures propriétés physico-chimiques.

## Introduction

White Yam (WHY) is the most popular species especially in the savannah areas. Yellow Yam (YLY), Water Yam (WTY) and Cluster Yam (CLY) are also widely grown in the southern forest areas of Nigeria. Aerial Yam (ARY) and Chinese Yam (CHY) are less important in Nigeria (11). Nigeria produces 16 Mt of yam

tubers (68% of world yam production), at 10.7 t/ha. This accounts for about 75% of Africa's yam production (6).

Yam tubers are usually consumed in the forms of chunks, flour, fufu, and slices resulting from any of the processes of boiling, drying, fermentation, frying,

milling, pounding, roasting, and steaming (2, 6, 9, 11, 12, 13). Yams, which supply up to 4956 kJ of energy per kg of tuber, form primary staple food in Nigeria and account for over 50% of daily carbohydrate intake of peoples in the “yam zone” of west Africa (i.e. Benin, Ivory Coast, Ghana, Nigeria and Togo), south America and south-east Asia (9, 14).

Different varieties and species of yam tubers have been utilized to obtain industrial products such as starch, steroids, arrow poison, insecticides, and tannin (6); and novel products such as lager beer, ice cream, jellies, candies and chips for snacks (6, 13). Yam flour is utilized as dough conditioner in bread-making, as stabilizer in ice-cream, as well as a thickener in soups (6, 9, 11, 13).

All the pre-milling treatments, such as steeping, steaming, boiling, roasting and drying, which yam tubers are subjected to are bound to affect the physical, techno-functional, and psycho-rheological characteristics of the resultant products and recipient food systems and their acceptability as against the native or raw flour. The magnitude, severity and extent of variations in the flour, will depend also on the variety of yam and duration of process (2, 9, 10, 11). Among the flour quality indices are Iodine Affinity of Starch (IAS), Solubility (TSS), Swelling (SI) and Water Retention Capacity (WRC). These parameters are good tools or indicators of engineering properties, rheological and sensory performance of flour (11). Among the processing methods is our indigenous technology of fermentation which is obtained through steeping of tubers at ambient tropical conditions (12, 13). The gravity, degree and significance of influence of steeping conditions on the quality of fermentation modified flour have not been properly elucidated and documented. There is need for thorough investigations to appraise effects of the pre-milling and post-milling variables of steeped yam tubers on the quality of the flour. In their separate contributions, Achi (2) has analyzed only the chemical composition of steeped yam tubers; while Iwuoha (11), in a study using white yam species only, has analyzed physico-chemical and pasting properties of the resultant flours. These efforts so far lacked the varietal comparative information envisaged, which the present work aims to fulfill.

In view of the issues raised above, this study examines the effects of Yam Tuber Species (YTS), Tuber Steeping Duration (TSD) and Flour Particle Size (FPS) on some physico-chemical properties of the resultant flour.

## Methodology

### Source of materials

Some tubes of White Yam, WHY (*Dioscorea rotundata* Poir); Water Yam, WTY (*Dioscorea alata* L) and Yellow Yam, YLY (*Dioscorea cayenensis* Lam) obtained from

a cottage farm in Nguru, Aboh-Mbaise Local Government Area, Imo State, Nigeria were used.

### Raw flour

Tubers of WHY, WTY and YLY were pared down, washed, cut into 5 mm thick chips, dried at 50 °C for 24 h in an oven, milled into powder in a kenwood portable mill and filtered through a 1 mm mesh sieve and sealed for analyses.

### Steeping duration variation

Tubers from each Yam Tuber Specie (YTS) were pared down, washed, cut into 5 cm thick chunks. Each batch of chunks from each YTS was steeped in de-ionized water in a mass – to – liquid ratio of 1: 4. They were left to stand for 2, 4, 6, and 8 days with daily change of water. At the end of each steeping / soaking experiment (steep-out), the yam chunks were withdrawn, drip-dried, cut into 5 mm thick chips and spread on aluminum trays and finished off as was done in the raw flour sample.

### Flour particle size variation

The bulk flour samples from both the raw and the steeped yam tubers were respectively separated into particle sizes of 125, 250, and 500 µm using a standard tyler sieve series.

### Moisture determination

The moisture content was determined by drying at 105 °C for 3 h according to the method of AOAC (3).

### Water retention capacity determination

Water Retention Capacity (WRC) is primarily a parameter that measures the amount (in ml) of water hold-able by each gramme of dry flour. The method of Sosulski (16), as described by Abbey and Ibeh (1), was adopted.

### Swelling index determination

The procedure reported by Ukpabi and Ndimele (19) was followed.

### Solubility determination

The cold water extraction method as described by Udensi and Onuora (18) was adopted.

### Iodine affinity of starch determination

The procedure by Kawabata *et al.* (12) was followed and values obtained were expressed in the units of parts per million (ppm). All the measurements were triplicated.

### Correlation analyses

The values from physico-chemical properties measurements concerning the three yam tuber species for varying steeping duration and flour particle size were subjected to correlation analyses. Tuber Steeping Duration (TSD) and Flour Particle Size (FPS) as variables were paired with each of the physico-chemical properties, respectively, for each of the yam tuber

species. The correlation coefficient ( $r$ ), quality of fit ( $r^2$ ) and level of significance of the correlation coefficient ( $P_r$ ) were determined as per Edwards (7).

**Variance analyses**

The mean values of the physico-chemical properties were assessed as functions Yam Tuber Specie (YTS: three types), Tuber Steeping Duration (TSD: four durations) and Flour Particle Size (FPS: three sizes) which fitted into a 3 (YTS) % 4 (TSD) % 3 (FPS) factorial design. The standard procedures for three-way analysis of variance (ANOVA) as described by Steel and Torrie (17) were followed. Evaluated parameters included, reduced Sum of Squares (SS), Mean Square or variance (MS), and Variance Ratio ( $F_{cal}$ ). In cases where significant differences existed, Fisher's LSD (least significant difference) multi-comparison test was used to separate the main factors' means (15).

**Results and discussion**

**Water Retention Capacity (WRC)**

The mean values of WRC measurements for flours from the three Yam Tuber Species (YTS) are illustrated (Figure 1).

The WRC as a function of Tuber Steeping Duration (TSD) is depicted in figure 1A and as a function of Flour Particle Size (FPS) its values are shown in figure 1B. The values progressively decreased as a function of TSD (Figure 1A) by 17.90% (WHY), 15.86% (YLY) and 11.98% (WTY), after 8 days of tuber steeping in water (pH 6.78) at ambient temperature ( $30 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ .). The performance of WRC was wavy in trend (Figure 1A) which maintained consistently falling state after 4 days. Folloed the performance of WRC, then the falling values with TSD is expected because the tissue degrading resulting from fermentation via steeping (2) will lead to inability of tissue to hold water with progressive steeping duration. Similar

results were obtained using cocoyam (*Colocasia esculenta* var. *inumbu*) corm (10).

Similar to the TSD, the WRC value also decreased as FPS increased. The greatest outstanding reduction was obtained from the 500  $\mu\text{m}$  of WHY (33.16%) while the least was from 125  $\mu\text{m}$  of WHY (2.48%). After these relationships were subjected to correlation analyses it was observed (Table 1) that the correlation coefficient  $r$  of WRC as a function of TSD is -0.9530 (WTY), -0.7664 (WHY) and -0.7410 (YLY).

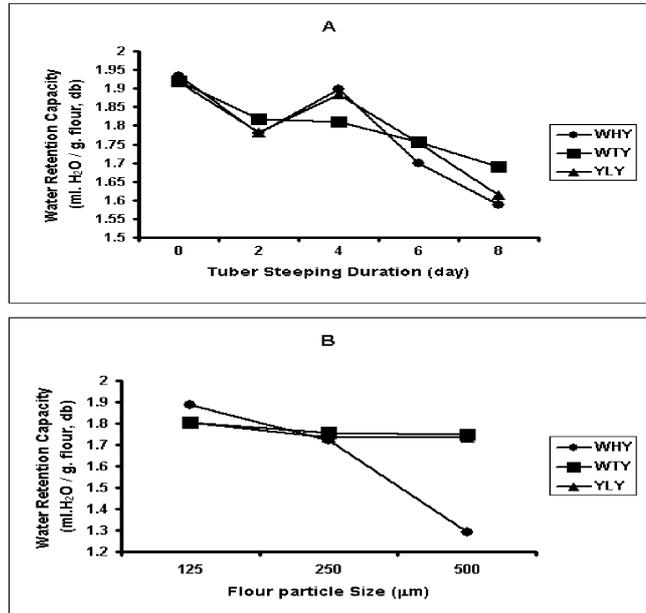


Figure 1: Effects of tuber steeping duration (A) and particle size (B) on the water retention capacity of flour from White Yam (WHY), Water Yam (WTY) and Yellow Yam (YLY).

Only WTY has very good quality of fit ( $r^2= 0.9083$ ) and level of significant of  $r$  ( $P_r= 0.010$ ). In the case of  $\text{WRC} = f(\text{FPS})$ ,  $r = -0.9978$ ,  $r^2= 0.9956$ ,  $P_r= 0.001$  (WHY),  $r = -0.8273$ ,  $r^2= 0.6844$ ,  $P_r= 0.100$  (WTY) and  $r = -0.7559$ ,  $r^2= 0.5714$ ,  $P_r= 0.200$  (YLY).

**Table 1**

**Correlation coefficients and levels of significance for Tuber Steeping Duration (TSD), and Flour Particle Size (FPS) with some physico-chemical properties of flour from White Yam (WHY), Water Yam (WTY) and Yellow Yam (YLY)**

Yam Tuber Species (YTS)	Variable – Parameter pair	Correlation coefficient, $r$	Quality of Fit, $r^2$	Level of Significance of $r$ , $P_r$
WHY	TSD - WRC	- 0.07664	0.5874	0.200
	FPS - WRC	- 0.9978	0.9956	0.001
	TSD - SI	- 0.7040	0.4957	NS
	FPS - SI	- 0.9161	0.8392	0.050
	TSD - TSS	- 0.5905	0.3487	NS
	FPS - TSS	- 0.9997	0.9993	0.0005
	TSD - IAS	- 0.7337	0.5383	0.250
	FPS - IAS	- 0.9801	0.9606	0.010

Yam Tuber Species (YTS)	Variable – Parameter pair	Correlation coefficient, r	Quality of Fit, r <sup>2</sup>	Level of Significance of r, P <sub>r</sub>
WTY	TSD - WRC	- 0.9530	0.9083	0.010
	FPS - WRC	- 0.8273	0.6844	0.100
	TSD - SI	- 0.7279	0.5298	0.250
	FPS - SI	- 0.9286	0.8622	0.050
	TSD - TSS	- 0.5504	0.3029	NS
	FPS - TSS	- 0.9597	0.9209	0.025
	TSD - IAS	- 0.6559	0.4301	NS
	FPS - IAS	- 0.9941	0.9882	0.005
YLY	TSD - WRC	- 0.7410	0.5491	0.200
	FPS - WRC	- 0.7559	0.5714	0.200
	TSD - SI	- 0.7549	0.5699	0.200
	FPS - SI	- 0.8580	0.7362	0.100
	TSD - TSS	- 0.4398	0.1934	NS
	FPS - TSS	- 0.9857	0.9716	0.010
	TSD - IAS	- 0.8257	0.6818	0.050
	FPS - IAS	- 0.9928	0.9856	0.005

NS= Not Significant; TSD= Tuber Steeping Duration (day); FPS= Flour Particle Size ( $\mu\text{m}$ ); WRC= Water Retention Capacity (ml. H<sub>2</sub>O/g. flour, db); SI= Swelling Index (cm<sup>3</sup>/cm<sup>3</sup>); TSS= Solubility (%; db); IAS= Iodine Affinity of Starch (ppm).

Satisfactory quality of fit is associated with WHY sample, only. It means that there is very high level of confidence that the influence of FPS on the WRC of WHY sample predominated (i.e. superimposing over every other causes).

When the entire sources of variation on WRC were subjected to ANOVA, the results (Table 2) indicated that only the factors of TSD and FPS were very highly significant under the conditions of the study ( $P < 0.05$ ).

**Table 2**  
**Three-way analysis of variance data for physico-chemical properties as functions of Yam Tuber Specie (YTS), Tuber Steeping Duration (TSD) and Flour Particle Size (FPS)**

Parameters	Source of Variation	Reduced Sum of Squares (SS)	Degree of Freedom (DF)	Variance	F <sub>cal</sub> (P = 0.05)	F <sub>tab</sub>	Remarks
WRC (ml. H <sub>2</sub> O / g. flour, db)	Total	0.4895	35				
	YTS	0.0047	2	0.00233	1.95	3.89	NS
	TSD	0.2625	3	0.0875	73.16	3.49	VHS
	FPS	0.1101	2	0.0550	45.99	3.89	VHS
	YTS%TSD	0.0341	6	0.0057	4.77	3.00	S
	YTS%FPS	0.05785	4	0.0145	12.12	3.26	HS
	TSD%FPS	0.0059	6	0.0098	0.82	3.00	NS
	Residual	0.01435	12	0.001196			
SI (cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup> )	Total	1.4154	35				
	YTS	0.2191	2	0.1096	69.45	3.89	VHS
	TSD	0.5088	3	0.1696	107.51	3.49	VHS
	FPS	0.2869	2	0.1435	90.92	3.89	VHS
	YTS%TSD	0.2033	6	0.0339	21.48	3.00	VHS
	YTS%FPS	0.1614	4	0.0403	25.57	3.26	VHS
	TSD%FPS	0.0170	6	0.0028	1.79	3.00	NS
	Residual	0.0189	12	0.0016			

Parameters	Source of Variation	Reduced Sum of Squares (SS)	Degree of Freedom (DF)	Variance	F <sub>cal</sub> (P = 0.05)	F <sub>tab</sub>	Remarks
TSS (% db)	Total	80.5025	35				
	YTS	1.2548	2	0.6274	3.86	3.89	NS
	TSD	32.4984	3	10.8328	66.64	3.49	VHS
	FPS	41.7762	2	20.8881	128.49	3.89	VHS
	YTS%TSD	1.5981	6	0.2664	1.64	3.00	NS
	YTS%FPS	1.1704	4	0.2926	1.80	3.26	NS
	TSD%FPS	0.2538	6	0.0423	0.26	3.00	NS
	Residual	1.9508	12	0.1626			
IAS (ppm)	Total	9039.6389	35				
	YTS	1603.3889	2	801.6944	58.68	3.89	VHS
	TSD	3609.1944	3	1203.0648	88.06	3.49	VHS
	FPS	2371.0556	2	1185.5278	86.78	3.89	VHS
	YTS%TSD	778.3889	6	129.7315	9.50	3.00	HS
	YTS%FPS	352.9444	4	88.2361	6.46	3.26	HS
	TSD%FPS	160.7222	6	26.7870	1.96	3.00	NS
	Residual	163.9445	12	13.6620			

WRC= Water Retention Capacity; SI= Swelling Index; IAS= Iodine Affinity of Starch; HS= Highly Significant; NS= Not Significant; S= Significant; VHS= Very Highly Significant

Separations of the components of variation (Table 3) showed that, for TSD, the highest significantly value was from the 4 days-steeped sample (1.86 ml. H<sub>2</sub>O/g.

flour, db) while the least was from the 8<sup>th</sup> day (1.63 ml. H<sub>2</sub>O/g. flour, db).

**Table 3**  
Mean values for the physico-chemical properties of flour as functions of Yam Tuber Specie (YTS), Tuber Steeping Duration (TSD) and Flour Particle Size (FPS)

Source of variation	Components of variation	Parameter			
		Water Retention Capacity (ml. H <sub>2</sub> O/g. flour, db)	Swelling Index (cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup> )	Solubility (% db)	Iodine Affinity of Starch (ppm)
YTS	White Yam	1.74 ± 0.16 <sup>A</sup>	1.93 ± 0.19 <sup>A</sup>	11.30 ± 1.59 <sup>A</sup>	84.67 ± 20.41 <sup>A</sup>
	Water Yam	1.77 ± 0.06 <sup>A</sup>	1.74 ± 0.20 <sup>C</sup>	10.91 ± 1.38 <sup>A</sup>	69.58 ± 11.08 <sup>B</sup>
	Yellow Yam	1.76 ± 0.11 <sup>A</sup>	1.83 ± 0.15 <sup>B</sup>	10.90 ± 1.47 <sup>A</sup>	71.67 ± 8.98 <sup>B</sup>
	LSD <sub>YTS</sub> (P= 0.05)	0.03	0.04	0.36	3.29
TSD (day)	2	1.79 ± 0.07 <sup>R</sup>	1.95 ± 0.13 <sup>Q</sup>	10.83 ± 1.05 <sup>R</sup>	78.33 ± 10.27 <sup>R</sup>
	4	1.86 ± 0.08 <sup>Q</sup>	1.95 ± 0.16 <sup>Q</sup>	12.48 ± 1.20 <sup>Q</sup>	89.44 ± 17.23 <sup>Q</sup>
	6	1.74 ± 0.08 <sup>S</sup>	1.75 ± 0.19 <sup>R</sup>	11.00 ± 1.18 <sup>R</sup>	71.44 ± 9.60 <sup>S</sup>
	8	1.63 ± 0.05 <sup>T</sup>	1.68 ± 0.15 <sup>S</sup>	9.82 ± 1.19 <sup>S</sup>	62.00 ± 10.42 <sup>T</sup>
	LSD <sub>TSD</sub> (P= 0.05)	0.04	0.04	0.41	3.80
FPS (µm)	125	1.83 ± 0.10 <sup>X</sup>	1.95 ± 0.22 <sup>X</sup>	12.31 ± 1.03 <sup>X</sup>	84.83 ± 16.67 <sup>X</sup>
	250	1.74 ± 0.09 <sup>Y</sup>	1.80 ± 0.17 <sup>Y</sup>	11.12 ± 1.11 <sup>Y</sup>	76.08 ± 11.31 <sup>Y</sup>
	500	1.70 ± 0.11 <sup>Z</sup>	1.74 ± 0.13 <sup>Z</sup>	9.68 ± 0.96 <sup>Z</sup>	65.00 ± 12.25 <sup>Z</sup>
	LSD <sub>FPS</sub> (P= 0.05)	0.03	0.04	0.36	3.29

A - C, R - T, X - Z Means not followed by same superscripts along the columns, differ significantly at P= 0.05 as per Fisher's test  
LSD= Least significant difference

It means that the 4 days steep will be enough to give flour with relatively best WRC. For FPS, the greatest value (1.83 ml. H<sub>2</sub>O/g. flour, db) was from  $\leq 125 \mu\text{m}$  FPS, which suggests that reducing the steeped tuber flour to particle sizes of  $125 \mu\text{m}$  will give product of relatively better water absorption than the larger sizes.

### Swelling Index (SI)

Figure 2 is the illustration of the relationship of the Swelling Index (SI) to the TSD and FPS for all the Yam Tuber Species (YTS).

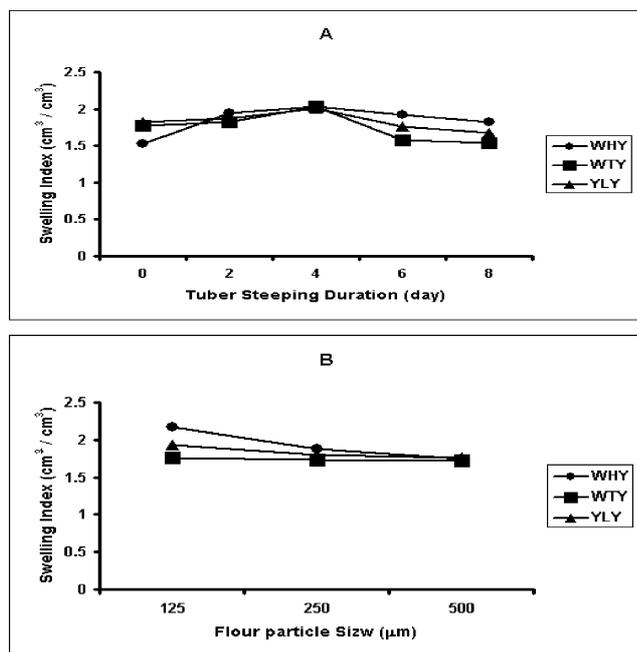


Figure 2: Effects of tuber steeping duration (A) and particle size (B) on the swelling index of flour from White Yam (WHY), Water Yam (WTY) and Yellow Yam (YLY).

There is a general / common pattern of rising and then falling in values with TSD. The maxima was the 4<sup>th</sup> day while the minima was the 8<sup>th</sup> day. The greatest values at the maxima were increases of 33.29% (WHY), 14.52% (WTY) and 10.24% (YLY). The WHY has shown potentials for high swelling power above all the others. It means that the possible changes caused by steeping, in the morphology of the starch moities in the resultant flour, is the inducement of higher swelling features (4, 5, 8) to the tubers with its peak effect on the 4<sup>th</sup> day and with the maximum reflection in the WHY.

For SI as a function of FPS (Figure 2B), a trend of reduction in value with increasing FPS was observed. The  $125 \mu\text{m}$  FPS samples were of the highest. However, in terms of performance, WHY increased by 42.65%, YLY increased by 5.94% while WTY increased by -0.28%. This goes to confirm why WHY is the Yam Tuber Specie (YTS) of choice for fufu (stiff dough), then followed by YLY a was observed by Iwuoha (11) due to its unique swellability.

Results from correlation analyses (Table 1) showed that inverse relationship existed between SI and TSD but with lower quality of fit ( $r^2$ ) and very lower level of confidence in  $r$ . In the case of SI and FPS, very high levels of  $r$ ,  $r^2$  and  $P_r$  were shown. It was indicative that the dependence of SI on FPS far exceeds that on TSD.

Further analyses, via ANOVA (Table 2), showed that variations caused by the 3 factors (YTS, TSD and FPS) are very highly significant ( $P < 0.05$ ). These mean that each of them constitute critical determinant for the SI of flour from yam tubers. When comparison was effected on the components of each factor, the results (Table 3) showed that with respect to YTS, WHY's value ( $1.93 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$ ) the significantly highest ( $P = 0.05$ ) while WTY's  $1.74 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$  was the least. For TSD, the 2 days and 4 days samples are statistically highest and equivalent ( $1.95 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$ ,  $P = 0.05$ ). For FPS, flour of  $125 \mu\text{m}$  size was highest ( $1.95 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$ ,  $P = 0.05$ ). It is indicative here that WHY steeped for up to 4 days and pulverized to  $125 \mu\text{m}$  flour featured as the best, physico-chemically, under the conditions of this investigation.

### Solubility (TSS)

Mean values of solubility (TSS) of flour from 3 YTS are expressed in graphs as functions of TSD (Figure 3A) and FPS (Table 3).

A general trend of increases to a maximum of at the 4<sup>th</sup> day of steeping and decreases thereafter. It is pointing out that after the 4<sup>th</sup> day of steeping, the starchy moities in the flour lose their solubility because fermentation effects continual degradation of starchy fraction which likely favour the fiber fraction which exhibits lesser solubility and other prevailing influence interfere with the reaction means that organic acids and gases released during the process adsorb on the residual starch granules thereby interfering with the granules' functional capability (2, 4). Judging between the raw / untreated (control) and the maximum performance, the increases were highest with WHY (69.11%), higher with YLY (47.50%) and high with WTY (42.26%).

As a function of FPS (Figure 3B), solubility reduced with increasing FPS. This is indicative that smaller particle size flour dissolve faster than the larger particles, due possibly to larger surface area exposure associated with smaller particle sizes. This is with the opinion of Iwuoha (11) that finer particles will easily solvate and dissolve relatively faster than their larger counterparts.

Table 1 shows that  $r$  indicates inverse relationship between TSS and TSD, very lower  $r^2$  and  $P_r$ . For TSS as a function of FPS,  $r_j = 1.00$ ,  $r^2_j = 1.00$  and  $P_r = 0.0005$ . It means that the influence of FPS on TSS is beyond doubt.

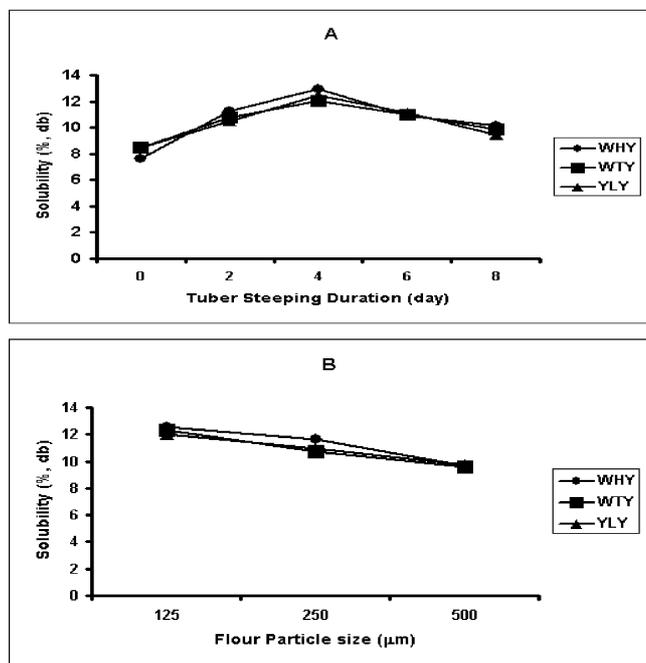


Figure 3: Effects of tuber steeping duration (A) and particle size (B) on solubility of flour from White Yam (WHY), Water Yam (WTY) and Yellow Yam (YLY).

Results in table 2 indicated that both TSD and FPS effect very highly significant variations on TSS of steeped yam flour. It further indicates that any of the 3 YTS can be a satisfactory alternative but that any of the components of TSD and FPS must be chosen as a careful determinant of TSS.

In table 3, the 4<sup>th</sup> day sample exhibited the highest value (12.48%, db;  $P = 0.05$ ), while the 2<sup>nd</sup> day's (10.83%, db) and the 6<sup>th</sup> day's (11.00%, db) samples are statistically equal. The more economic and technically-based choice will be for the 2<sup>nd</sup> day's as against the 6<sup>th</sup> day's. The 125 μm flour sample featured the significantly highest value (12.31%, db) while the least was from 500 μm's (9.68%, db).

#### Iodine Affinity of Starch (IAS)

Figure 4 depicts Iodine Affinity of Starch (IAS) of the flour from WHY, WTY and YLY as a function of TSD and FPS.

Apart from actual magnitude, their performance and response are generally similar to those of TSS. The semblance is based on the starch which is the common denominator for the two parameters. However, the striking differences are in the areas of (i) what IAS is estimating: it is a measure of the extent of starch damage; the extent of free starch; (ii) what it is indicating in the starch fraction: it is a measure of the ratio of amylose to amylopectin in the available starch moieties. In view of these, very highly significant difference is recorded for YTS (Table 2) because the extent of starch damage and / or the ratio of amylose to amylopectin in starches from the yams are bound to differ.

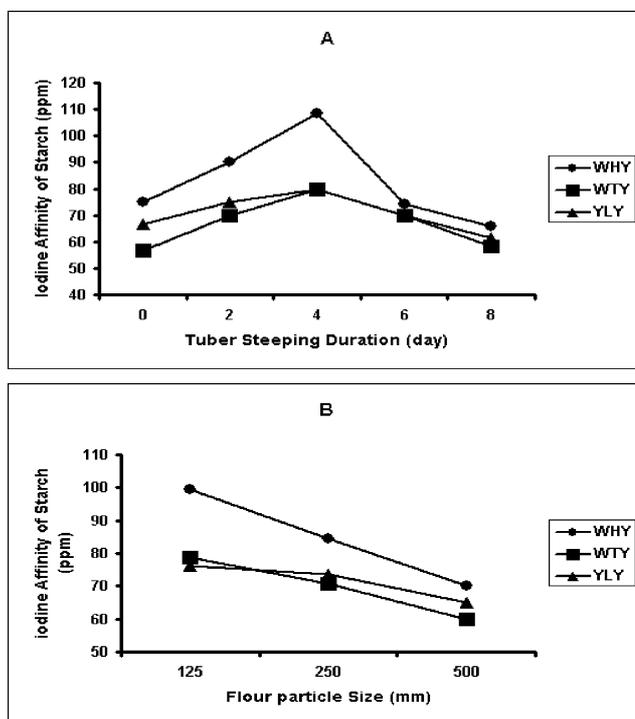


Figure 4: Effects of tuber steeping duration (A) and particle size (B) on the iodine affinity of starch of flour from White Yam (WHY), Water Yam (WTY) and Yellow Yam (YLY).

The FPS factor of IAS was observed to favour the finer particle in that starches in yam flour are predominant (> 60%) and are very small (6).

#### Conclusion

The study has shown that when yam tubers are steeped at tropical ambient temperature ( $30 \pm 2$  °C) their bio-physics and hence the functional and physico-chemistry of the resultant flours will definitely alter. White yam distinctly and significantly performed very well above the other two species. The 4<sup>th</sup> day of steeping seems to be the duration under the conditions of steeping at which the starchy moieties are exposed to the most conducive environment which aids them to exhibit their best biochemical/biophysical reactivity in the flour. In a complementary role, the finer particle sizes aid, via large surface exposure, in bringing out the expected characteristics. Further work should investigate the experiments at above ambient temperatures (i.e.  $\geq 35$  to  $50$  °C) to check whether remarkable improvements can be obtained in the characteristics of the resultant flour.

#### Acknowledgements

I am thankful to Prof. J.C. Obiefuna for supplying me with the first major literature on yam. My immense gratitude goes to the Director, CTA, AJ Wageningen, The Netherlands and Andrew Larking of NRI, Kent, UK for supply of requisite reprints of vital articles. The

analytical assistance from Dr. M. Bokanga and the staff of TRIP Biochem. Lab, IITA, Ibadan and staff of Biochem. Lab, NRCRI, Umudike, Abia State, Nigeria.

The International Foundation for Science (IFS), Stockholm, Sweden provided financial support via grant.

## Literature

- Abbey B.W. & Ibeh C.O., 1988, Functional properties of raw and heat processed cowpea flour. *J. Food Sci.* 53(6), 1775-1777, 1791.
- Achi O.K., 1991, Effect of natural fermentation of yams (*Dioscorea rotundata*) on characteristics of processed flour. *J. Food Sci.* 56(1), 272-272, 275.
- A.O.A.C., 1990, Official Methods of Analysis, 15<sup>th</sup> eds. Association of Official Analysis Chemists (A.O.A.C.), Washington, DC, USA.
- Camargo C., Colonna P., Buleon A. & Richard-Molard D., 1988, Functional properties of sour cassava (*Manihot utilissima*) starch: polvilho azedo. *J. Sci. Food Agric.* 45, 273-289.
- C.I.R.A.D., 1994, Cassava sour starch, a rural agro-industrial product. *In: Images of Research. Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD)*, Paris, France, pp. 78-81.
- Degras L., 1993, The yam -a tropical root crop, 2<sup>nd</sup> eds. The Macmillan Press, Ltd, London and Basingstoke, XV + 408 p.
- Edwards A.L., 1976, An introduction to linear regression and correlation. W.H. Freeman and Coy, San Francisco, U.S.A., pp. 20-31, 33-43, 81-86, 103-105, 150-158.
- George M., Moorthy S.N. & Padmaja G., 1995, Biochemical changes in cassava tuber during fermentation and its effect on extracted starch and residue. *J. Sci. Food Agric.* 69, 367-371.
- Ige M.T. & Akintunde F.O., 1981, Studies on the local techniques of yam flour production. *J. Food Tech.* 16(3), 303-311.
- Iwuoha C.I. & Kalu F.A., 1995, Calcium oxalate and physico-chemical properties of cocoyam (*Colocasia esculenta* and *Xanthosoma sagittifolium*) tuber flours as affected by processing. *Food Chem.* 54, 61-66.
- Iwuoha C. I., 1999, Effects of processing on the physico-chemical properties of instant yam fufu flour from *Dioscorea rotundata* Poir, Ph. D Thesis, Federal University of Technology, Owerri (FUTO), Nigeria. 151 p.
- Kawabata A., Sawayama S., Nagashima N., del Rosario R.R. & Nakamura M., 1984, Some physico-chemical properties of starches from cassava, arrow root and sago. *J. Jpn. Soc. Starch Sci.* 31(4), 224-232.
- Kordylas J.M., 1990, Traditional and industrial processing of tubers. *In: Processing and preservation of tropical and subtropical foods.* Macmillan Education Ltd. London, pp 34-48, 74-108.
- Okonkwo S.N.C., 1985, The botany of the yam plant and its exploitation in enhanced productivity of the crops. *In: Advances in yam research. The biochemistry and technology of the yam research* (Osuji G., eds). The biochemical society of Nigeria and ASUT, Enugu, Nigeria, pp. 3-29.
- Roessler E.E., 1984, Statistical evaluation of experimental data: multiple comparison. *In: Food analysis: Principles and techniques*, eds. Gruenwedel D.W., Whitaker J.R. & Marcel D., New York, pp. 12-13.
- Sosulski F.W., 1962, The centrifuge methods for determining flour absorption in hard red spring wheat. *Cereal Chem.* 39, 344.
- Steel R.G.D. & Torrie J.H., 1980, Analysis of variance III: Factorial experiments. *In: Principles and procedures of statistics - a biometrical approach*, 2<sup>nd</sup> eds, McGraw-Hill Intl. Coy, London pp. 336-376.
- Udensi E.A. & Onuora J.O., 1992, Chemical and functional properties of some soybean flour in the nigerian market. Paper, 16<sup>th</sup> Ann. Conf. NIFST, 26-30 Oct., 1992, Enugu, Nigeria, 8 p.
- Ukpabi U.J. & Ndimele C., 1990, Evaluation of the quality of gari produced in Imo State. *Nigerian Food J.* 8, 105-110.

C.I. Iwuoha, Nigerian, Ph.D Food Sci. & techn., Associate Dean, Department of Food Science & Technology, Federal University of Technology, Owerri, P.M.B. 1526, Owerri, Imo State, Nigeria.

# Evaluation de la productivité des ovins périurbains à Maroua dans l'extrême-nord du Cameroun

S. Killanga\*, B. Faye\*\* & Z.L. Obounou\*\*\*

Keywords: Evaluation- Productivity- Sheep- Periurban- Maroua- Cameroon

## Résumé

De 1995 à 1998, 1019 ovins appartenant à une quarantaine de troupeaux répartis dans un rayon de 0,5 à 10 km du centre de la ville de Maroua sont suivis. Les principaux résultats montrent que dans les divers troupeaux, les femelles représentent 70-80% des effectifs. La portée moyenne et le taux annuel de reproduction sont respectivement de 1,3 et 1,8. L'âge à la première mise bas est de  $16,5 \pm 2,5$  mois. L'intervalle moyen entre 2 mises bas est de  $251 \pm 98$  jours. Le poids moyen à la première mise bas est de  $25 \pm 3$  kg et le gain moyen quotidien égal à  $66 \pm 39$  g. La productivité des troupeaux calculée à partir d'un indice global est de  $702 \pm 293$  g d'agneau sevré par kg de brebis par an. Elle varie inversement avec la taille du troupeau. Le taux d'exploitation élevé montre que la capitalisation n'est pas l'objectif principal des élevages ovins périurbains et met en exergue le poids que représente le sacrifice de la tabaski ou fête de mouton dans cette localité.

## Summary

### Evaluation of the Productivity of the Periurban Sheep at Maroua in the Far North of Cameroon

From 1995 to 1998, 1019 sheep belonging to about forty flocks within a radius of 0.5 - 10 km from Maroua centre were followed up. The main results show that in the various flocks females represent 70-80% of the population. The average litter size and annual reproduction rate are respectively 1.3 and 1.8. The age at the first lambing is  $16.5 \pm 2.5$  months. The average interval between two lambings is  $251 \pm 98$  days. The average weight at the first lambing is  $25 \pm 3$  kg and the average daily weight gain is equal to  $66 \pm 39$  g. The flocks productivity calculated from a global index is equal to  $702 \pm 293$  g of weaned lambs per kilogram of ewe per year. It varies inversely with the size of the flock. The high exploitation rate shows that the capitalisation is not the main objective of the periurban sheep owners and brings out the great importance of the sacrifice of tabaski or feast of the ram.

## Introduction

Depuis quelques années, un intérêt croissant est accordé aux petits ruminants en Afrique, tant au niveau de la recherche qu'à celui du développement (8).

Au Cameroun, le cheptel des petits ruminants était estimé entre 1989-1991 à 6.835.000 têtes dont 3.407.000 ovins et 3.428.000 caprins contre 4.660.000 bovins (4, 10).

La majorité des petits ruminants est concentrée à l'ouest et dans la partie la plus septentrionale du pays. Ainsi la province de l'extrême-nord qui ne représente que 7,4% de la superficie nationale totalise à elle seule 47,7% des petits ruminants et 46,8% des ovins du Cameroun (22).

Considéré autrefois comme une activité des zones rurales, l'élevage en général, celui des ovins en particulier, a gagné progressivement les centres urbains et ses périphéries. Aujourd'hui, il se maintient et se développe même malgré la faiblesse, voire l'absence

de zones de parcours à cause de l'expansion démographique urbaine qui a pour corollaire l'accroissement de la demande citadine en denrées d'origine animale.

A Maroua qui est la ville principale, chef-lieu du département du Diamaré et de la province de l'extrême-nord du Cameroun, la plupart des données disponibles sur l'élevage des ovins en milieu périurbain sont soit des observations sur leur commercialisation (17), soit le résultat d'enquêtes (16), soit enfin quelques observations sur leur abattage dans le cadre de la fête du mouton (15). Peu ou pas d'informations existent en ce qui concerne les données zootechniques.

C'est pour cette raison que la présente étude se propose d'évaluer les performances des troupeaux d'ovins dans cette ville en vue d'identifier les contraintes et les potentiels de productivité.

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

\*\* CIRAD - TA 30/A Campus international de Baillarguet, 34398 Montpellier Cedex 5, France.

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

Reçu le 20.12.00. et accepté pour publication le 19.01.04.

## Matériel et méthodes

Les observations sur le terrain ont eu lieu dans la ville de Maroua de 1995 à 1998. La pluviométrie dans cette localité est en moyenne de 800 mm. Le climat se caractérise par une saison des pluies monomodale annuelle qui s'étend de juin à septembre et une saison post-pluviale qui va d'octobre à novembre; la saison sèche est froide de fin novembre à février et chaude de mars à mai. La température moyenne est de l'ordre de 28 °C. Les parcours sont constitués par une végétation sahélienne composée d'herbes et d'une couverture ligneuse, essentiellement de divers acacias épineux.

Le suivi zootechnique s'est déroulé dans 8 quartiers sur les 17 que compte la ville de Maroua. Ces quartiers ont été retenus sur la base de la représentativité des différents modes d'élevage pratiqués dans la localité à savoir: élevage des ovins maintenus en stabulation permanente, élevage des ovins conduits avec des bovins par un berger professionnel, élevage des ovins conduits seuls ou avec des caprins par des enfants et élevage des ovins en divagation et de la définition du milieu périurbain qui peut être considéré comme se trouvant dans, à proximité ou autour de la ville. Ne connaissant pas encore une urbanisation intensive, certains de ces quartiers situés à la périphérie sont caractérisés par la présence çà et là d'espaces pâturables. La distance par rapport au centre de la ville, considéré comme le lieu d'habitation du «Lamido» (chef supérieur traditionnel) de Maroua, est comprise entre 0,5 et 10 km.

Le choix des troupeaux s'est fait en fonction de la disponibilité et de la motivation de l'éleveur qui doit par ailleurs avoir au début du suivi au moins 5 ovins et une concession ou une ferme accessible en toute saison. L'éleveur doit être celui ou celle qui possède, contrôle et décide du devenir d'un animal au sein du troupeau.

L'identification des ovins s'est faite à l'aide d'une boucle auriculaire dont le numéro est lisible à distance. Une fiche individuelle permet de recueillir des

informations sur le sexe de l'animal, son numéro d'identification, les raisons de son entrée et de sa sortie, le mode de naissance, le numéro de la mère, les dates de mise-bas, l'évolution pondérale et l'état général de l'animal.

Les visites des troupeaux se font 1 fois toutes les 2 semaines. A chaque passage, le propriétaire informe les membres de l'équipe du suivi des événements survenus - naissances, décès, achats, ventes, abattages, vols et dons - depuis la dernière visite. La pesée des agneaux est faite à la naissance ou au premier passage de l'équipe de suivi après leur naissance; puis elle est programmée 1 fois par mois jusqu'à l'âge de 1 an. Le poids *post-partum* de la mère est également enregistré.

La production de viande a été estimée par un indice de productivité (I.P.) qui combine les paramètres de reproduction, la viabilité des agneaux, leur poids au sevrage et le poids *post-partum* des brebis. Cet indice correspond au poids de jeunes (g) produit par kilogramme de poids vif de la mère et par an (20) suivant la formule: I.P.= [(poids au sevrage x 365 jours)/intervalle entre mise bas]/poids *post-partum* de la mère.

Les techniques usuelles d'élaboration et de traitement statistique des données ont permis d'effectuer de nombreuses analyses préliminaires. L'effet du mode de conduite sur l'indice de productivité a été testé par la méthode des moindres carrés moyens utilisant la procédure «General Linear Model» du logiciel SAS/STAT (13) qui s'adapte particulièrement aux données relatives aux sous-classes renfermant des nombres inégaux d'observations. Les différences observées sont considérées comme significatives au seuil de probabilité  $p < 0,05$ .

## Résultats et discussion

### Structure de la population des ovins

Au début de l'étude, la composition par âge et par sexe des ovins suivis, présentée dans le tableau 1, a été déterminée par l'examen de la table dentaire (19).

**Tableau 1**  
**Composition par âge et par sexe des moutons élevés à Maroua**

Dents	Age Mois	Mâles		Femelles		Total	
		Nombre	% du troupeau	Nombre	% du troupeau	Nombre	% du troupeau
De lait	< 6	133	13,2	156	15,5	289	28,7
De lait	6-15	53	5,2	76	7,6	129	12,8
1 paire	16-21	57	5,7	116	11,5	173	17,2
2 paires	22-27	33	3,3	134	13,3	167	16,6
3 paires	28-35	13	1,3	142	14,1	155	15,4
Complètes	>35	3	0,3	90	9,0	93	9,3
Total		292	29,0	714	71,0	1006	1000,0

La diminution rapide des effectifs d'ovins entre les classes d'âges < 6 mois et 6 -15 mois dans ce tableau peut s'expliquer, comme l'avait déjà indiqué Bardoux (2), par une mortalité en bas âge élevée aussi bien chez les femelles que chez les mâles, qui en plus sont précocement exploités, avant l'âge de 6 mois en général. Au-delà de 6 mois, la proportion des mâles dans les troupeaux varie entre 20 et 30% contre 29 et 38,2% dans l'ensemble de la province de l'extrême-nord (2). Cette composition semble correspondre à une stratégie d'exploitation qui vise, en premier lieu à disposer des mâles qui sont recherchés pour les fêtes religieuses et à vendre les femelles âgées. Ces dernières sont remplacées par des jeunes pour entretenir un 'pool' constant et dynamique des reproductrices. Par ailleurs, le logement des animaux et leur alimentation ne permettent pas d'entretenir un troupeau important souvent à l'origine des problèmes de cohabitation et éventuellement de santé publique du fait de la concentration humaine et animale dans des espaces restreints.

## Puberté et performances de reproduction

### Age et poids moyens à la première mise bas

Les données ont été recueillies uniquement sur des brebis nées dans le troupeau pendant l'étude pour éviter des approximations. L'âge moyen à la première mise bas est de  $16,5 \pm 2,5$  mois. Il est très inférieur à l'âge de 23 mois obtenu par Bardoux (2) dans les mêmes zones en cours d'urbanisation aujourd'hui. L'âge moyen à la première mise bas des moutons en divagation et conduits est généralement inférieur à la moyenne. Il est compris entre 13 et 15 mois. Dans ces troupeaux d'ovins à allure communautaire et en l'absence de tout contrôle de la reproduction, la présence permanente d'au moins un mâle adulte ne peut que justifier ces observations. Chez les moutons maintenus en stabulation permanente par contre, l'âge moyen à la première mise bas, compris entre 18 et 23 mois, est le plus tardif à cause de l'absence d'un mâle adulte dans la plupart des troupeaux à certaines périodes de l'année. Le poids moyen à la première mise bas est de  $25 \pm 3$  kg. Il varie entre 19 et 30 kg.

### Intervalle entre mise bas

L'intervalle moyen entre mise bas calculé sur 371 agnelages est de  $251 \pm 98$  jours. Il diminue avec l'âge de la brebis. Il est influencé par le mode de conduite au seuil de probabilité de  $P < 0,05$ . Ainsi les intervalles les plus courts ( $220 \pm 46$  jours) ont été enregistrés dans des élevages où les moutons sont conduits avec les bovins et les plus longs ( $280 \pm 91$  jours), dans ceux où les moutons sont maintenus en stabulation permanente. Les intervalles entre mise bas de  $245 \pm 65$  jours et  $248 \pm 79$  jours ont été enregistrés respectivement dans des élevages où les moutons divagent et dans ceux où ils sont conduits

en troupeaux mixtes avec les chèvres par des enfants. La saison de mise bas influence également l'intervalle entre mise bas ( $p < 0,05$ ). Ce dernier est court quand la mise bas a lieu au début de la saison des pluies à cause probablement de la mortalité périnatale importante due à une gestion approximative et de la relative abondance alimentaire qui semblent favoriser un retour en chaleur précoce. L'analyse des résultats a révélé que le type de naissance et l'interaction entre mode d'élevage et type de naissance n'exercent aucune influence significative sur l'intervalle entre mise bas.

### Taille moyenne de la portée et taux annuel de reproduction

La taille de la portée considérée comme le rapport entre l'ensemble de jeunes nés vivants sur l'ensemble de mises bas, varie entre 1,2 et 1,4 avec une moyenne égale à 1,3. Quant au taux annuel de reproduction, il a été calculé en fonction de la taille de la portée et de l'intervalle entre mise bas suivant la formule: taille de la portée x 365 jours/intervalle entre mise bas. Le tableau 2, présente par mode de conduite des troupeaux, les résultats obtenus dans la zone d'étude.

**Tableau 2**  
Taille de la portée et taux annuel de reproduction des ovins périurbains à Maroua

Mode de conduite des troupeaux	Taille de la portée	Taux annuel de reproduction
Ovins en stabulation permanente	1,3	1,6
Ovins conduits avec des bovins par un berger	1,2	1,9
Ovins en divagation	1,4	2,0
Ovins conduits seuls ou avec des caprins par des enfants	1,3	1,9
Ensemble de la zone	1,3	1,8

La figure 1 montre la répartition de 371 mises bas. Elle fait apparaître 2 pics de mises bas dans l'année; 64,2% entre les mois de juillet et de décembre; 25,4% entre mars et mai.

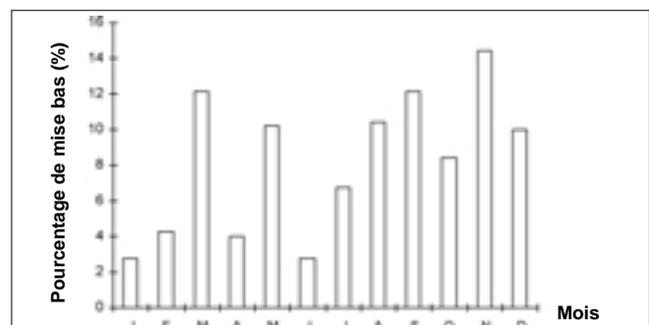


Figure 1: Répartition mensuelle des mises bas des ovins à Maroua.

La figure révèle aussi que les mises bas ont lieu toute l'année et n'obéissent pas de façon marquée à un schéma saisonnier de la reproduction du fait entre autre, d'une plus grande régularité de l'apport alimentaire urbain et périurbain moins dépendant de la variabilité naturelle des ressources.

### Croissance et poids

Le poids moyen à la naissance (moyenne  $\pm$  écart-type) des 517 agneaux nés au cours du suivi est de  $2,7 \pm 0,8$  kg chez les mâles et de  $2,5 \pm 0,7$  chez les femelles. Ces poids sont supérieurs à ceux obtenus dans le milieu périurbain de Bobo Dioulasso à savoir  $2,4 \pm 0,7$  kg pour les mâles et  $2,3 \pm 0,5$  kg pour les femelles Djallonké et métis (7). Le tableau 3 montre que les mâles à la naissance pèsent plus que les femelles.

**Tableau 3**  
Différence de poids à la naissance des agneaux

Type de naissance	Sexe	n	Moyenne
Simple	mâle	124	$3,09 \pm 0,89$
	femelle	114	$2,81 \pm 0,67$
Double	mâle	125	$2,54 \pm 0,55$
	femelle	105	$2,54 \pm 0,66$
Triple	mâle	20	$1,89 \pm 0,58$
	femelle	24	$1,60 \pm 0,48$
Quadruple	mâle	3	$1,80 \pm 0,20$
	femelle	2	$1,60 \pm 0,28$

Les agneaux nés simples sont plus lourds que les doubles, les triples et les quadruples. Parmi les facteurs qui influencent le poids à la naissance, il y a le mode de conduite des troupeaux, le type de naissance et le sexe.

De la naissance à 1 an d'âge, le gain moyen quotidien (GMQ) des ovins en milieu périurbain est de  $66 \pm 39$  g. Le gain moyen quotidien (GMQ) des ovins en milieu périurbain est de  $66 \pm 39$  g. Il existe des différences de croissance entre les mâles et les femelles. Le GMQ est de 71 g chez les mâles et de 61 g chez les femelles. Les croissances des ovins sont également différentes en fonction des modes de conduite. Les GMQ sont respectivement de 49 g, 78 g, 62 g et 82 g chez les ovins maintenus en claustration permanente, conduits en troupeaux mixtes avec les bovins par un berger professionnel, en divagation et conduits en troupeaux purs ou mixtes avec les caprins par les enfants. Pour tous les modes de conduite des ovins, le GMQ varie de 90 à 120 g de 0 à 3 mois après la naissance et de 80 à 90 g de 3 mois à 6 mois d'âge. Les meilleures croissances sont enregistrées en saison sèche froide à cause de l'abondance des résidus de récolte variés et de bonne qualité. En saison des pluies paradoxalement, les animaux gagnent peu ou pas de poids à cause du parasitisme interne et externe

dont ils sont victimes, de l'accès très limité aux parcours envahis par des cultures et des mesures répressives prises à l'encontre des propriétaires indécents dont les animaux divagent ou détruisent les cultures.

Le sevrage se fait naturellement. Il intervient approximativement à 150 jours après la naissance. A cet âge, les ovins pèsent généralement entre 14 et 20 kg. A l'exception du mode de conduite des troupeaux qui influence le poids au sevrage au seuil de signification  $p < 0,0001$ ; aucune différence n'est observée en ce qui concerne le sexe et le mode de naissance ni leur interaction.

Les poids *post-partum* des brebis sont de 39, 32, 41 et 40 kg respectivement chez les ovins maintenus en stabulation permanente, conduits en troupeaux mixtes avec les bovins par un berger professionnel, en divagation et conduits en troupeaux purs ou mixtes avec les caprins par les enfants.

### Mortalité et exploitation des troupeaux

Le tableau 4 résume les sorties enregistrées pendant toute la durée de l'étude. Au total 482 ovins signalés, mâles et femelles, toutes catégories confondues sont sortis des troupeaux suivis.

**Tableau 4**  
Mortalité et exploitation des ovins à Maroua (sorties)

Variables	nombre	sorties (%)	% cumulé
Saison			
Pluvieuse	168	34,9	34,9
Post-pluviale	110	22,9	57,8
Sèche-froide	107	22,1	79,9
Sèche-chaude	97	20,1	100,0
Catégorie d'animaux			
Adultes	281	58,3	58,3
Jeunes	201	41,7	100,0
Sexe			
Femelles	250	51,9	51,9
Mâles	232	48,1	100,0
Cause de sorties			
Décès	198	41,0	41,0
Vente	118	24,5	65,5
Abattage	106	22,0	87,5
Disparition	60	12,5	100,0

Par rapport à l'effectif des ovins au début de l'étude, ces sorties représentent 47,3%. Les adultes représentent 58,3% alors que dans 41,7% de cas, ce sont les ovins des classes d'âge < 6 mois et 6-15 mois qui sortent des troupeaux.

De cette sortie globale de 482 ovins, 41% sont des animaux morts; 21,8% de ces décès interviennent avant le sevrage. Les décès ont majoritairement été enregistrés entre les mois de juin et de novembre qui correspondent respectivement aux saisons pluvieuse et post-pluviale. Le taux de mortalité qui est de 25,8%,

a été calculé en faisant le rapport des décès et des disparitions sur l'effectif des ovins au début de l'étude compte tenu du fait que l'effectif de base d'un troupeau d'ovins revêt une importance capitale pour le propriétaire qui tient compte de l'espace disponible pour loger ses animaux, les nourrir et prendre soin d'eux.

Le taux d'exploitation des troupeaux est de l'ordre de 22%. Il a été calculé en faisant le rapport de la somme des ventes, des abattages ou autoconsommations effectués à l'occasion de diverses manifestations religieuses, sociales etc... ou *in extremis* et des dons. Les pics d'exploitations (15, 17) se sont situés aux alentours des principales fêtes religieuses que sont Noël pour les chrétiens et Tabaski ou fête de mouton pour les musulmans.

### Productivité des ovins

Pour l'ensemble de la zone d'étude, l'indice moyen de productivité est de  $702 \pm 293$  g d'agneaux sevrés par kg de brebis par an. Il est inférieur à celui (867 g d'agneaux sevrés par kg de brebis par an) obtenu dans le système agropastoral du Mali central avec des moutons sahéliens (18) et supérieur à celui (466 g

d'agneaux sevrés par kg de brebis par an) obtenu au Centre de Recherche Zootechnique de Kolda au Sénégal avec les ovins Djallonké (5). Les résultats du tableau 5 tendent à montrer une relation inverse avec la taille du troupeau; autrement dit, la productivité individuelle augmente quand la taille du troupeau diminue.

**Tableau 5**  
**Indice de productivité des ovins à Maroua**

Mode de conduite des troupeaux	n	Indice de productivité (g)	Ecart-type
Ovins en stabulation permanente	19	722,2 <sup>bc*</sup>	295,4
Ovins conduits avec des bovins par un berger	13	1029,7 <sup>a</sup>	253,2
Ovins en divagation	73	602,2 <sup>c</sup>	223,4
Ovins conduits seuls ou avec des caprins par des enfants	24	814,3 <sup>b</sup>	340,2

\* Les moyennes affectées de la même lettre ne diffèrent pas significativement

**Tableau 6**  
**Paramètres de reproduction des ovins dans quelques systèmes de gestion en Afrique**

Pays	Zone	Système de gestion	Age à la première mise bas	Taille de la portée	Intervalle entre mise bas	Taux annuel de reproduction	Sources
Burkina Faso	Semi-aride	Traditionnel sédentaire	446	1,02	268	1,36	Bourzat & Wilson, 1989 (3)
		Traditionnel transhumant	455	1,06	280	1,33	-/-
Cameroun	Soudano-sahélienne	Périurbain	480	1,30	251	1,80	Auteurs
Côte d'Ivoire	Humide	Traditionnel monte libre	431	1,23	230	1,97	Armbruster, 1987 (1)
		Traditionnel monte contrôlée	480	1,18	275	1,56	-/-
		Ranching	494	1,15	267	1,76	-/-
Ethiopie	Hauts plateaux	Station monte libre	473	1,08	262	1,66	Gautsch, 1987 (6)
Kenya	Semi-aride	Traditionnel	549	1,05	312	1,23	Wilson, Peacock & Sayers, 1985 (21)
Mali	Semi-aride	Traditionnel mil pluvial	497	1,04	290	1,53	Wilson, 1988 (18)
		Traditionnel riz irrigué	431	1,03	259	1,63	-/-
Mozambique	Semi-aride	Station monte contrôlée	?	1,36	360	1,37	Rocha & McKinnon, 1985 (12)
Nigeria	Humide	Traditionnel forêt	?	1,26	322	1,43	Mack, 1983 (9)
Rwanda	Hauts plateaux	Station monte contrôlée	713	1,43	406	1,24	Murayi, Sayers & Wilson, 1987 (11)
Sénégal	Sud-humide	Station monte contrôlée	575	1,12	307	1,33	Fall <i>et al.</i> , 1982 (5)
Soudan	Aride (irriguée)	Station monte contrôlée	?	1,14	275	1,56	Suleiman, 1989 (14)

? = Non indiqué

Signe que l'intensification est d'autant plus payante qu'elle s'appuie sur des effectifs faibles ou bien que les soins apportés individuellement à chaque animal sont plus aisés quand ils sont moins nombreux.

Les résultats de la présente étude et ceux du tableau 6 ne permettent pas d'affirmer *a priori* que les performances zootechniques du mouton à Maroua sont foncièrement différentes de celle du mouton des campagnes.

Du point de vue génétique, les races élevées à Maroua sont fondamentalement les mêmes que celles qui se rencontrent en zone rurale. Les disparités qui peuvent alors apparaître ne résultent que d'un accès différentiel aux ressources. De fait, l'élevage ovin urbain est beaucoup moins dépendant des ressources naturelles du milieu que des pratiques alimentaires du propriétaire. Ce dernier, avec ses pratiques, joue en définitive un rôle plus important dans les systèmes d'élevages périurbains que dans les systèmes ruraux à vocation extensive.

## Conclusion

Confronté aux problèmes d'espace et de la réglementation en vigueur en matière d'élevage des animaux domestiques en ville, l'élevage ovin périurbain à Maroua, comme dans la plupart des villes africaines, existe. Il se maintient et a même tendance à se développer. Il se caractérise par la présence çà et là des troupeaux d'ovins majoritairement peuplés de femelles. Les performances zootechniques de ces troupeaux sont inégales. Cette disparité a pour origine l'hétérogénéité des conditions d'élevage qui ont pour corollaires, l'inégalité de l'accès aux ressources alimentaires et aux intrants vétérinaires; y compris, les races élevées et la fonction que joue chaque animal au sein du troupeau qui ne sont pas de reste.

## Remerciements

Les auteurs expriment leur profonde gratitude à l'Union Européenne qui a intégralement financé ces travaux de recherche. Ces remerciements vont aussi à l'endroit de Messieurs Bakari Soudi et Boubakari pour la collecte des données sur le terrain.

## Références bibliographiques

1. Armbruster T., 1987, La productivité de l'élevage ovin dans la région forestière de la Côte d'Ivoire. Rapport provisoire. Centre international pour l'élevage en Afrique, Addis Abeba, Ethiopie.
2. Bardoux P., 1986, Les petits ruminants dans la province de l'extrême-nord du Cameroun: enquête zootechnique. IRZ- IEMVT, Maison- Alfort, France; 182 p.
3. Bourzat & Wilson R.T., 1989, Principaux aspects zootechniques de la production des petits ruminants dans les systèmes agro-pastoraux du Yatenga, Burkina Faso. Etudes et synthèses. Maison- Alfort, CIRAD-IEMVT, 31, 145 p.
4. FAO (Food and Agriculture Organisation), 1997, Annuaire de production, 51, 239 p.
5. Fall A., Diop M., Sandford J., Wissocq Y.J., Durkin J. & Trail J.C.M., 1982, Evaluation des productivités des ovins Djallonké et des taurins N'dama au Centre de recherches zootechniques de Kolda, Sénégal. CIPEA Rapport de recherche n° 3. Centre international pour l'élevage en Afrique, Addis Abeba, Ethiopie, 74 p.
6. Gautsch K.D., 1987, Comparative productivity of indigenous sheep in the highland areas of Ethiopia and Rwanda. Rapport provisoire. Centre international pour l'élevage en Afrique, Addis Abeba, Ethiopie.
7. Kockty/Thiombiano D., 1999, Socio-économie de l'élevage ovin périurbain (SECOVILLE). Rapport scientifique final. CIRDES, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso 23 p.
8. Landais E., 1985, Problèmes liés au développement de l'élevage des petits ruminants (ovins et caprins) en Afrique. Rapport de synthèse. In: 6<sup>ème</sup> conférence de la commission de l'OIE pour l'Afrique. Harare, Zimbabwe. pp 19-170.
9. Mack S., 1983, Evaluation of productivities of west African dwarf sheep and goats in southwest Nigeria. Humid zone programme document n°7. International livestock centre for Africa, Ibadan, Nigeria.
10. MINEPIA (Ministère de Pêche et des Industries Animales), 1994, Rapport annuel de la délégation provinciale du MINEPIA de l'extrême-nord du Cameroun, 96 p.
11. Murayi I., Sayers A.R. & Wilson R.T., 1987, Résultats des analyses préliminaires des recherches sur la productivité des petits ruminants. Rapport provisoire. Centre international pour l'élevage en Afrique, Addis Abeba, Ethiopie.
12. Rocha A., Mc Kinon & Wilson R.T., 1985, Comparative performance of landim and blackhead Persian sheep in Mozambique. International livestock centre for Africa, Addis Abeba, Ethiopie.
13. SAS/Stat., 1990, User's guide: statistics, version 6, Cary, NC, USA, SAS Institute Inc.
14. Suleiman A.H. & Wilson R.T., 1989, La productivité de trois sous-types de brebis du désert soudanais dans la station de recherche d'El Huda au Soudan. In: Proceedings of a conference held at Bamenda, Cameroon, 18-25 January 1989 on african small ruminant research and development. Pp. 552-564.
15. Thys E., 1990, Quelques observations sur l'abattage de petits ruminants dans le cadre de la fête du mouton ou Tabaski à Maroua, Cameroun. Revue de géographie du Cameroun, 9, 1-2, 60-67.
16. Thys E. & Ekembe T., 1988, La situation des petits ruminants à Maroua, Cameroun: un exemple d'élevage citadin. Rapport de recherche. Réf. OV-3/88, Maroua, CNFZV, 11 p.
17. Thys E., Ousmane N., Amadou N., Waduka D., Oumaroua J., Djibrilla S. & Wouyie D., 1988, Observations sur la commercialisation des ovins dans le département du Diamaré (Province de l'extrême-nord). Rapport de recherche. Réf. OV-2/88, Maroua, CNFZV, 25 p.
18. Wilson R.T., 1988, La production animale au Mali central: études à long terme sur les bovins et les petits ruminants dans le système agro-pastoral. CIPEA, Rapport de recherche n° 14. Centre international pour l'élevage en Afrique, Addis Abeba, Ethiopie.
19. Wilson R.T. & Durkin J., 1984, Age and incisor eruption in indigenous goats and sheep in semi-arid Africa. Livestock production science, 11, 451-455.
20. Wilson R.T., de Leeuw P.N. & de Haan C., 1983, Recherches sur les systèmes des zones arides du Mali: Résultats préliminaires. CIPEA rapport de recherche n° 5. Centre International pour l'Elevage en Afrique, Addis Abeba, Ethiopie.
21. Wilson R.T., Peacock C.P. & Sayers A.R., 1985, Prewaning mortality and productivity indices for goats and sheep on Masai group ranch in south-central Kenya. Anim. Prod. 41, 463-467.
22. Yem yem Z., 1992, Principaux facteurs limitants de la santé animale au Cameroun, In: 7<sup>ème</sup> Conférence internationale des institutions de médecine vétérinaire tropicale. A.I.M.V.T., Yamoussoukro, Côte d'Ivoire, vol. II, pp 561-573.

S. Killanga, Camerounais, Licence en Sces nat., Msc. en production animale tropicale, Chercheur à l'IRAD.

B. Faye, Français, Doctorat vétérinaire Doctorat d'Etat, Chercheur au CIRAD-EMVT.

Z.L. Obounou, Camerounais, Licence en Sces nat., Msc. en production animale tropicale, Chercheur à l'IRAD.

# Modélisation de la déshydratation de la pulpe des fruits du *Canarium schweinfurthii* Engl.

G.B. Noumi<sup>1\*</sup>, S. Laurent<sup>2</sup>, E. Ngameni<sup>3</sup>, C. Kapseu<sup>4</sup>, Y. Jannot<sup>5</sup> & M. Parmentier<sup>6</sup>

Keywords: *Canarium schweinfurthii* Engl.- Pulp- Dehydration- Modelling

## Résumé

La cinétique de séchage de la pulpe des fruits du *Canarium schweinfurthii* Engl. a été étudiée dans un séchoir à circulation d'air chaud aux propriétés fixées et contrôlées: vitesse de l'air comprise entre 1 et 3 m/s, humidité relative entre 40 et 60% et température variant de 40 à 70 °C. Les résultats obtenus montrent d'une part, qu'il n'existe pas de phase de séchage à vitesse constante, et d'autre part, que la température et la vitesse de l'air sont les paramètres qui influencent le plus la durée de séchage dans les conditions explorées. Cet ensemble de résultats expérimentaux est représenté mathématiquement par une courbe dite «caractéristique de séchage». Outre cette courbe, les isothermes de désorption de la pulpe des fruits de l'aiélé ont été déterminées à différentes températures (40, 50, 60 et 70 °C); le modèle de Guggenheim, Anderson et de Boer s'avère satisfaisant pour les décrire.

## Summary

### Modelling of the Dehydration of *Canarium schweinfurthii* Engl. Fruit Pulp

In this work, we obtained drying kinetic of *Canarium schweinfurthii* Engl. pulp fruit, under conditions of air velocity ranging between 1 and 3 m/s, relative humidity between 40 and 60%, temperature between 40 and 70 °C. The experiments were made in drying tunnel where properties of hot air flow are determined and controlled. It is observed from the drying kinetics that there is no constant rate phase. Modelling of the results was performed using the characteristic curve of drying. Furthermore, we determined aiele pulp desorption isotherms in different temperatures (40, 50, 60 and 70 °C), the Guggenheim, Anderson and de Boer model proved to be satisfactory to describe them.

## Introduction

Il est bien connu des professionnels de l'industrie agroalimentaires que le séchage est l'opération unitaire la plus délicate, puisque les conditions du procédé exercent une forte influence non seulement sur les propriétés rhéologiques (déformation, état de surface,...) mais aussi sur les propriétés nutritionnelles du produit à sécher (24).

L'aiélé (*Canarium schweinfurthii* Engl.) est l'espèce la moins répandue de la famille des burséracées bien que son aire de production soit très étendue en Afrique centrale (28). Sa limite septentrionale s'étend de la Sierra Leone au Soudan et sa limite méridionale de l'Angola au Tanganyika (1, 2, 33). C'est une espèce qui pousse en forêt équatoriale humide; elle se retrouve dans la lisière nord des forêts denses à saison sèche accentuée (30). Au Cameroun, l'aiélé se

retrouve dans toute la zone de forêt dense humide et celle de savane humide et sub-humide d'altitude (33, 40).

Cet arbre produit des fruits communément appelés «fruits noirs». Ces fruits sont des drupes ellipsoïdales violacées à maturité; leur pulpe charnue (partie comestible du fruit) recouvre un noyau trigone à trois lobes (1, 2, 19, 21, 22, 39). Les fruits de l'aiélé, généralement consommés comme fruits de bouche, sont hautement périssables; ils ne peuvent être conservés que quelques jours seulement après la récolte.

A l'instar de certains autres oléagineux tels que le safou et l'avocat (20, 26, 38), la pulpe des fruits de l'aiélé constitue une source importante d'huile végétale (1, 2, 19, 21, 34, 39), d'où l'intérêt d'étudier les caractéristiques physico-chimiques et le comporte-

<sup>1</sup> Département de Chimie, Faculté des Sciences, Université de Ngaoundéré, B.P. 454, Ngaoundéré, Cameroun.

<sup>2</sup> Laboratoire de Génie des Procédés de Pau, ENSGTI, Rue Jules Ferry, 64000 Pau, France.

<sup>3</sup> Laboratoire de Chimie Analytique, Faculté des Sciences, Université de Yaoundé 1, B.P. 812, Yaoundé, Cameroun.

<sup>4</sup> Département de Génie des Procédés et d'Ingénierie, ENSAI, Université de Ngaoundéré, B.P. 455, Ngaoundéré, Cameroun.

<sup>5</sup> Laboratoire Energétique et Phénomènes de Transfert, ENSAM de Bordeaux, Esplanade des Arts et Métiers, 33405 Talence Cedex, France.

<sup>6</sup> Laboratoire de Physico-Chimie et Génie Alimentaire, ENSAIA; 2, Avenue de la Forêt de Haye, B.P. 172, F-54505, Vandoeuvre-lès-Nancy, France.

\*Correspondance (e-mail: gnoumi@yahoo.fr).

Reçu le 25.03.03. et accepté pour publication le 23.01.04.

ment au cours du séchage de la pulpe de ces fruits. La connaissance de ces caractéristiques permettrait un dimensionnement optimal du séchoir afin de rentabiliser techniquement et économiquement le procédé d'extraction d'huile. En effet, la connaissance du comportement au séchage des produits solides est un élément essentiel pour calculer la taille d'un séchoir industriel et /ou pour définir ses conditions d'utilisation (12).

L'activité de l'eau influence notamment le développement des microorganismes, la vitesse des réactions enzymatiques et d'oxydation des lipides dans les produits d'origine biologique. Pour contrôler la qualité du produit séché durant le stockage, il est donc nécessaire de connaître les propriétés physiques du produit, en particulier la relation entre sa teneur en eau à l'équilibre et l'humidité relative de l'air qui l'entoure (29). Établie à température constante, cette relation est représentée par les isothermes de sorption du produit. Les isothermes de désorption sont en particulier utiles pour:

- prévoir la teneur en eau minimale qui pourrait être celle du produit en fin de séchage dans un milieu ambiant donné: la température du produit serait égale à celle de l'air et l'activité de l'eau serait égale au degré hygrométrique de l'air;
- relier les caractéristiques de l'air de séchage à la teneur en eau de la surface du produit;
- calculer la chaleur de désorption et préciser la quantité d'énergie nécessaire à l'élimination de l'eau la plus liée.

Dans le cas des fruits et légumes, il est nécessaire de connaître l'allure des isothermes de désorption dans la plage de température de 40 à 70 °C atteintes par ces produits au cours du séchage (14).

Le premier objectif visé par cette étude est la détermination expérimentale des isothermes de désorption de la pulpe des fruits de l'aiélé par la méthode gravimétrique statique.

Le deuxième objectif vise à caractériser la cinétique de séchage de la pulpe des fruits de l'aiélé à l'aide d'un tunnel de séchage convectif et ensuite d'établir un modèle permettant la reproduction de l'ensemble des courbes de séchage obtenues expérimentalement.

## Matériel et méthodes

### Matériel végétal

La pulpe des fruits de l'aiélé utilisée dans ce travail a été récoltée dans la région de l'ouest Cameroun. Les fruits ont été coupés en quatre suivant la section longitudinale à l'aide d'un couteau, ce qui conduit à la séparation de la pulpe du noyau; seule la pulpe a été séchée. Les essais ont été effectués sur des échantillons quasiment de même formes et dimensions

(masse du fruit: 11,7 g; masse du noyau: 4,9 g; masse de la pulpe: 6,8 g; pourcentage en pulpe: 58,1%; longueur du fruit: 3,9 cm; longueur du noyau: 3,6 cm; épaisseur de la pulpe: 4,1 mm). Pour chaque essai de séchage, la clayette grillagée était chargée d'environ dix morceaux de pulpe fraîche de masse  $1,70 \pm 0,01$  g chacun; soit une masse fraîche totale de départ de l'ordre de  $17,00 \pm 0,10$  g.

## Dispositif expérimental et méthodologie

### 1. Détermination des isothermes de désorption

La méthode utilisée dans ce travail pour établir les isothermes de désorption est la méthode gravimétrique statique, mettant en oeuvre des solutions diluées d'acide sulfurique (10).

Les échantillons à étudier sont placés dans dix coupelles en plastique préalablement tarées et suspendues dans dix bocaux en verre contenant différentes solutions diluées d'acide sulfurique (Figure 1).

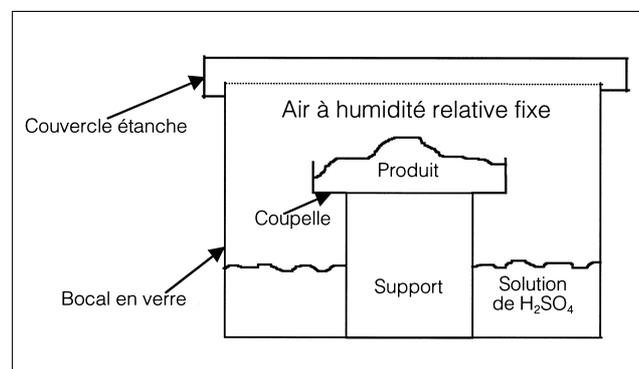


Figure 1: Schéma du dispositif expérimental de détermination des isothermes de désorption.

Chaque solution confère une humidité relative particulière à l'air. Les humidités relatives ainsi obtenues sont: 6, 11, 24, 31, 42, 53, 63, 75, 84 et 95% (10). Les dix bocaux contenant les coupelles sont placés dans une étuve ventilée réglée à la température désirée. L'ensemble capsule et échantillon de produit est pesé toutes les 24 heures jusqu'à l'obtention d'une masse constante. L'équilibre entre la teneur en eau de l'échantillon et l'ambiance de l'enceinte est établi après quelques jours; la masse de l'échantillon ne variant plus. Pour éviter de perturber le phénomène de mise à l'équilibre, l'échantillon n'est sorti qu'une fois par 24 heures pour l'opération de pesée qui ne dure pas plus de 4 secondes. La masse sèche de chaque échantillon est obtenue après étuvage à  $103 \pm 2$  °C pendant 24 heures. Chacun des dix bocaux permet ainsi d'obtenir l'humidité relative et la teneur en matière sèche à l'équilibre d'un échantillon.

### Modélisation des isothermes

Plusieurs modèles existent dans la littérature pour décrire les isothermes (9, 11, 18, 25, 32, 37). Le modèle retenu, celui de Guggenheim, Anderson et de Boer

(G.A.B.) (9) présente l'avantage de décrire correctement les isothermes de désorption des produits agroalimentaires jusqu'à des valeurs de l'activité de l'eau atteignant 5%. Il nécessite le calcul de trois paramètres pour chaque température. L'équation de G.A.B. a la forme suivante:

$$X = a b c A_w / [(1 - c A_w) (1 - c A_w + b c A_w)] \text{ avec:}$$

a, b, c: paramètres du modèle;  $A_w$ : activité de l'eau; X: teneur en eau

**Détermination de la chaleur de désorption**

La méthode la plus courante pour la détermination de la chaleur de désorption (Q) résulte de l'application de l'équation de Clausius-Clapeyron qui n'est valable que pour des teneurs en eau constantes (14, 23):  $Q = -R (\partial \ln A_w / \partial (1/T))$ ; où  $A_w$  est l'activité de l'eau, Q la chaleur de désorption (kJ/mol), R la constante des gaz parfaits (kJ/mol K), T la température absolue (K).

La chaleur de désorption peut également être calculée à partir de l'équation ci-dessus en traçant, à des teneurs en eau constantes, les isothermes de désorption dans le plan  $\ln A_w$  en fonction de  $1/T$  et en déterminant la pente qui est égal à  $(-Q/R)$ . La chaleur de désorption étant invariable avec la température, l'application de cette méthode exige la détermination des isothermes à plus de deux températures.

**2. Etude des cinétiques de séchage**

*Séchoir expérimental*

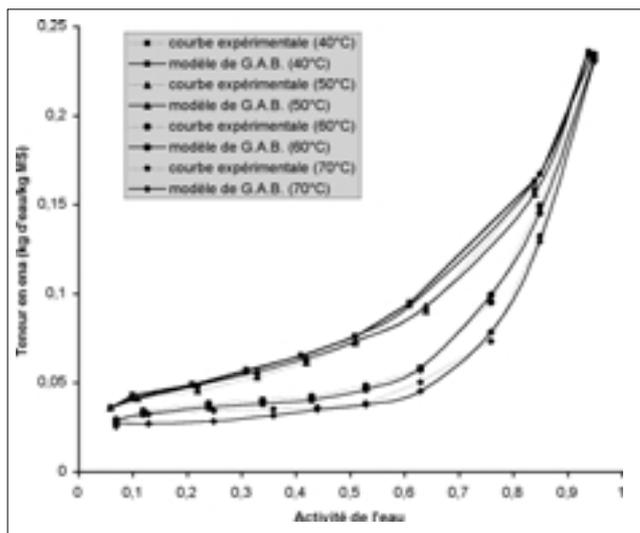


Figure 2: Isothermes de désorption de la pulpe des fruits de l'aiélé à différentes températures: comparaison des données expérimentales et calculées avec le modèle de G.A.B.

La forme sigmoïdale de ces isothermes est typique de la plupart des produits d'origine biologique (16, 24, 32, 35). Les courbes de la figure 2 montrent l'influence non négligeable de la température sur le processus. A une même activité de l'eau, la teneur en eau d'équilibre du produit diminue lorsque la température aug-

mente. Ces observations sont en accord avec les travaux antérieurs (3, 4, 6, 14, 25) sur l'étude des isothermes des produits d'origine biologique.

Le modèle de G.A.B. facilite l'exploitation des données expérimentales et indique la teneur en eau associée à la mono-couche (représentée par le paramètre «a» dans l'équation de G.A.B.).

Le tableau 1 présente les valeurs des constante a, b et c obtenues à différentes températures.

**Tableau 1**  
Valeurs des paramètres a, b et c du modèle de G.A.B. observées lors de la désorption de la pulpe des fruits de l'aiélé à différentes températures

Températures (°C) Paramètres	40	50	60	70
a	0,073	0,052	0,043	0,036
b	46,534	85,211	224,540	3,206
c	0,881	0,879	0,807	0,769

La teneur en eau de la mono-couche (a), qui représente la teneur pour la couche d'eau la plus liée au produit, diminue quand la température augmente. Pour la pulpe des fruits de l'aiélé, la moyenne de cette teneur en eau est de l'ordre de 0,051 entre 40 et 70 °C (Tableau 1). Cette valeur est grande comparée à celles trouvées pour le manioc (0,044) et pour le piment vert (0,048); en revanche, elle est faible comparée aux teneurs en eau obtenues pour les pommes de terre (0,059), les dattes (0,087) ainsi que pour l'igname et le piment rouge (0,086) (14, 23, 32, 36).

*La chaleur de désorption*

La chaleur de désorption quantifie le processus énergétique de désorption de l'eau dans un produit (36). Cette grandeur a été déterminée graphiquement en calculant les pentes des droites obtenues à partir de l'équation de Clausius-Clapeyron. Les valeurs de la chaleur de désorption déterminées dans le domaine de température 40–70 °C en fonction de la teneur en eau du produit sont présentées sur la figure 3.

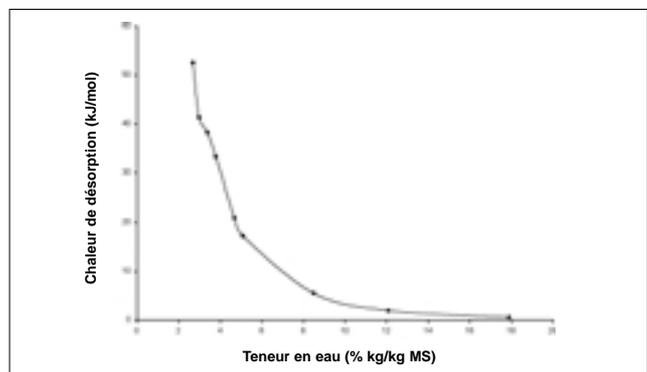


Figure 3: Chaleur de désorption d'eau de la pulpe des fruits de l'aiélé entre 40 et 70 °C.

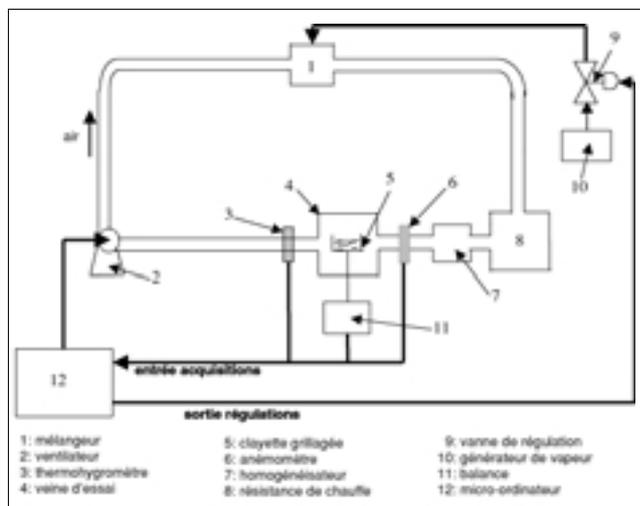


Figure 4: Schéma du dispositif expérimental pour la caractérisation des cinétiques de séchage.

Comme l'ont remarqué d'autres auteurs (17, 23, 25, 32), la chaleur de désorption augmente quand la teneur en eau diminue. En effet, aux basses teneurs en eau correspondent de plus fortes interactions de l'eau avec le matériau. Pour les études menées sur la pulpe des fruits de l'aiélé, le maximum de la chaleur de désorption calculée est de l'ordre de 52,5 kJ/mol, valeur qui correspond à une teneur en eau de 2,5 kg<sub>eau</sub> / kg<sub>MS</sub>. Cette valeur est comparable à celle obtenue pour le manioc (52 kJ/mol) (36). Par contre, elle est plus grande que les valeurs obtenues pour la banane (48 kJ/mol), l'ananas (30 kJ/mol), les dattes (7 kJ/mol) et le piment (38 kJ/mol) (17, 23, 25, 32, 36). Entre 40 et 70 °C, les valeurs de la chaleur de désorption (Q) de la pulpe des fruits de l'aiélé sont corrélées de façon satisfaisante (coefficient de corrélation R<sup>2</sup>= 0,993) à la teneur en eau X par la relation:  $Q = 0,983 + 166,674 \exp(-X/2,235)$ .

### 3. Cinétique de séchage

Les figures 5 à 7 indiquent respectivement l'influence de la température, de la vitesse et de l'humidité relative de l'air sur le séchage de la pulpe des fruits de l'aiélé.

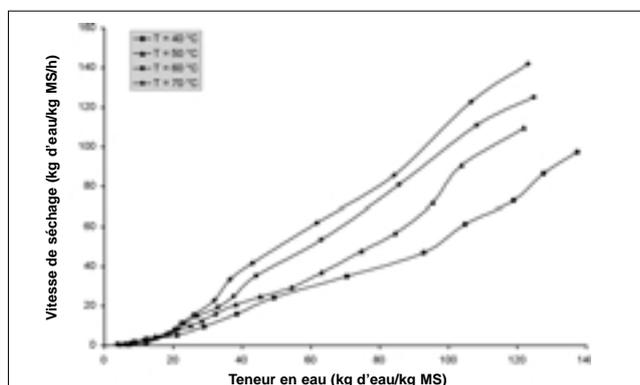


Figure 5: Influence de la température sur l'évolution de la vitesse de séchage de la pulpe des fruits de l'aiélé (Hr= 40%; V= 1 m/s).

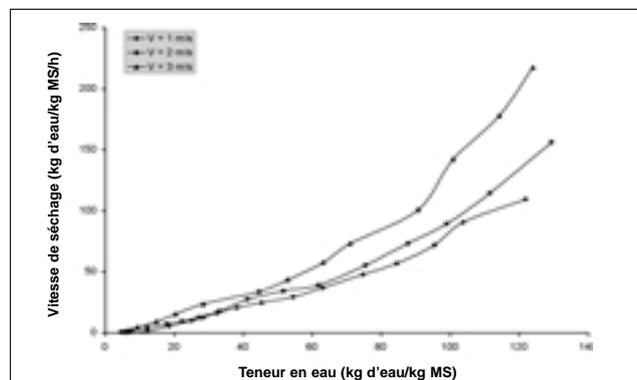


Figure 6: Influence de la vitesse de l'air sur l'évolution de la vitesse de séchage de la pulpe des fruits de l'aiélé (T= 50 °C; Hr= 40%).

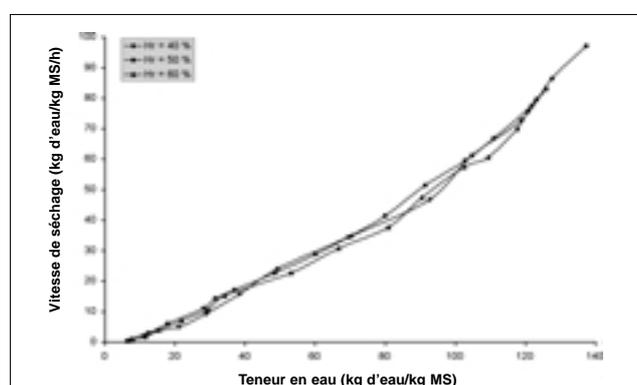


Figure 7: Influence de l'humidité relative de l'air sur l'évolution de la vitesse de séchage de la pulpe des fruits de l'aiélé (T= 40 °C; V= 1 m/s).

L'analyse des courbes des figures 5 et 6 montre que la température et la vitesse de l'air sont les principaux facteurs influençant le processus de séchage. En effet, à une même teneur en eau, la vitesse de séchage augmente quand la température et/ou la vitesse de l'air augmente. Ces courbes confirment l'idée largement répandue selon laquelle plus la température et/ou la vitesse de séchage est élevée, plus court est le temps de séchage. Ces mêmes constats ont été faits antérieurement lors du séchage des prunes (5), de la pulpe de safou (38) et des pamplemousses (41). Contrairement aux observations faites par Kechaou *et al.* (24) lors du séchage des dattes, la superposition des courbes de la figure 7 montre que le séchage de la pulpe des fruits de l'aiélé n'est pas influencé par l'humidité relative de l'air entre 40 et 60%.

Les courbes des figures 5 à 7, mettent en évidence que la phase de séchage à vitesse constante n'existe pas ici. Comme l'ont remarqué d'autres auteurs (7, 24, 31, 38), les produits biologiques sèchent généralement à allure décroissante. Ainsi, après naturellement une phase de mise en température (habituellement appelée période zéro), le séchage de la pulpe des fruits de l'aiélé présente directement une période de

séchage à vitesse décroissante généralement appelée période deux. Durant cette période, l'activité de l'eau en surface est inférieure à un et les transferts internes de matière deviennent limitants. La teneur en eau du produit diminue jusqu'à atteindre une teneur en eau d'équilibre pour laquelle l'activité de l'eau est égale à l'humidité relative de l'air (8).

Par ailleurs, il a été vérifié à l'entrée, au sein et à la sortie de la veine d'essai que les caractéristiques de l'air (température, vitesse) sont très peu modifiées lors de sa traversée du produit. Ce critère permet de vérifier qu'il s'agit d'une couche «élémentaire» de produit.

**Modélisation du séchage**

La modélisation de la cinétique de séchage, selon l'approche de la courbe caractéristique de séchage (C.C.S.), permet de simplifier la représentation des résultats expérimentaux en dépit de la complexité des phénomènes impliqués à l'échelle microscopique (c'est-à-dire dans les pores du produit) (15).

La vitesse de séchage et la teneur en eau sont normées de façon à obtenir une courbe unique caractéristique du produit étudié. Le tableau 2 donne les valeurs du paramètre n identifiés dans différentes conditions de séchage de la pulpe des fruits de l'aiélé.

**Tableau 2**

**Valeurs du paramètre n observées lors du séchage de la pulpe des fruits de l'aiélé dans différentes conditions de température, vitesse et humidité de l'air**

Conditions de séchage			Valeurs du paramètre n
Température (°C)	Humidité relative de l'air (%)	Vitesse de l'air (m/s)	
40	40	1	1,60
40	50	1	1,43
40	60	1	1,60
50	40	1	1,73
50	40	2	1,54
50	40	3	1,60
60	40	1	1,52
70	40	1	1,45
Moyenne			1,56

Une moyenne  $n = 1,56 \pm 0,10$  peut être associée à l'ensemble des courbes. La connaissance de ce paramètre n permet de prévoir l'évolution de la teneur en eau du produit au cours du temps par la relation:  $X = X_{eq} + [(X_0 - X_{eq})^{(1-n)} - V_0(1-n)t / (X_0 - X_{eq})^n]^{(1/1-n)}$  (3).

Cette relation vient de l'intégration de l'expression de la courbe caractéristique de séchage exprimée sous la forme d'une fonction puissance à savoir:

$$\frac{(dX/dt)}{V_0} = \left( \frac{X - X_{eq}}{X_0 - X_{eq}} \right)^n \text{ avec } V_0 = \left( \frac{dX}{dt} \right)_0$$

Cette équation est d'une grande importance pratique puisqu'elle donne accès à la vitesse ou au temps de séchage à partir de la teneur en eau initiale du produit. Aussi, elle contribuera à l'élaboration de méthodes rationnelles et efficaces de calcul de séchoirs.

La figure 8 présente la courbe caractéristique de séchage des pulpes des fruits de l'aiélé.

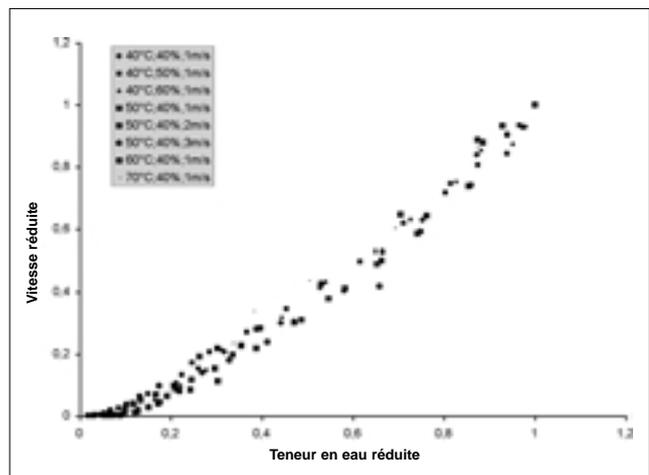


Figure 8: Courbe caractéristique de séchage de la pulpe des fruits de l'aiélé.

Elle représente la vitesse réduite ( $V_r$ ) en fonction de la teneur en eau réduite ( $\phi$ ). Il s'agit d'une courbe unique qui ne tient pratiquement pas compte des conditions aérothermiques.  $V_r$  et  $\phi$  sont deux grandeurs adimensionnelles.

Le critère utilisé pour évaluer la fiabilité de la simulation est l'erreur relative moyenne de déviation enregistrée sur l'évolution de la teneur en eau entre les résultats expérimentaux et les résultats théoriques, cette erreur est calculée à partir de la relation (3, 23)

$$E(\%) = \frac{100}{p} \sum_{i=1}^p \frac{|X_m - X_c|}{X_m}$$

où:

$X_m$  est la teneur en eau mesurée expérimentalement,  $X_c$  est la teneur en eau calculée,

p est le nombre de points ou d'observations au cours de l'essai de séchage.

Pour le séchage de la pulpe des fruits de l'aiélé et pour différentes conditions d'étude, huit essais représentant les différentes conditions d'étude ont été réalisés; la valeur moyenne de E obtenue est de 10,029% ± 1,014. Kouhila *et al.* (27) considère qu'une valeur voisine de 10% est le reflet d'une bonne simulation des résultats obtenus expérimentalement.

## Conclusion

Les isothermes de désorption des pulpes des fruits de l'aiélé ont été obtenues à l'aide de la méthode gravimétrique statique en utilisant des solutions diluées d'acide sulfurique. Ces isothermes sont des courbes d'allure semblable à celles de la plupart des produits agricoles. La teneur en eau d'équilibre décroît lorsqu'on augmente la température. Le modèle de Guggenheim, Anderson et de Boer permet de représenter de façon satisfaisante la relation entre l'activité de l'eau et la teneur en eau du produit. La teneur en eau de la mono-couche est de 5,1%. Entre 40 et 70 °C, le maximum de chaleur de désorption de la pulpe des fruits de l'aiélé calculé est de 52,5 kJ/mol, valeur correspondant à 2,5 kg d'eau par kg de matière sèche. L'étude du séchage des pulpes des fruits de l'aiélé par entraînement à l'air chaud met en évidence l'influence des différents paramètres aérothermiques (température, vitesse et humidité relative de l'air) sur le processus de séchage, processus principalement influencé par la température et la vitesse plutôt que

par l'humidité relative de l'air de séchage. La méthode de la courbe caractéristique de séchage a été utilisée avec satisfaction pour représenter les cinétiques obtenues expérimentalement. Elle a permis de présenter une méthodologie conduisant à la prédiction de la cinétique de séchage de la pulpe des fruits de l'aiélé avec une précision satisfaisante. Les corrélations obtenues pourront être utilisées pour la simulation des opérations de séchage, dans le but de dimensionner plus facilement les séchoirs.

## Remerciements

Ce projet a été réalisé avec l'appui du Fonds International de Coopération Universitaire - FICU (Agence Universitaire de la Francophonie). Les auteurs adressent les remerciements à l'Université de Yaoundé 1 (Cameroun), pour son soutien financier dans le cadre du Fond Universitaire d'Appui à la Recherche (FUAR). Les remerciements sont également adressés à Aire-Développement (Paris, France).

## Références bibliographiques

- Agbo N'zi G. & Chatigre Kouame O., 1996, Amélioration de l'extraction de la matière grasse du fruit de *Canarium schweinfurthii* Engl. par ajout d'enzymes, Sciences des aliments, 16, 77-82.
- Agbo N'zi G., Chatigre Kouame O. & Ronald E.S., 1992, *Canarium schweinfurthii* Engl.: Chemical composition of the fruit pulp, J.A.O.C.S., 69, 4, 317-320.
- Ahouannou C., Jannot Y., Lips B. & Lallemand A., 2000, Caractérisation et modélisation du séchage de trois produits tropicaux: manioc, gingembre et gombo, Sciences des aliments, 20, 413-432.
- Ajibola O.O. & Adams B.A., 1986, Desorption equilibrium moisture content of cassava at several temperatures, Inter. Agrophysics, 2, 3, 235-239.
- Barbanti D., Mastrocola D. & Pizzarani S., 1995, Air drying of plums-influence of some process parameters on the specific drying kinetics, Sciences des aliments, 15, 19-29.
- Belahimidi E., Belghit A., Mrani A., Mir A. & Kaoua M., 1993, Approche expérimentale de la cinétique de séchage des produits agroalimentaires: application aux peaux d'oranges et à la pulpe de betterave, Rev. Gén. Therm. 20, 1073-1089.
- Bimbenet J.J., 1978, Le séchage dans les industries agricoles et alimentaires. 4<sup>ème</sup> cahier du GIA., SEPAIC, Paris, 30 p.
- Bimbenet J.J., Duquenoy A. & Trystram G., 2002, Génie des procédés alimentaires: des bases aux applications, Dunod, Paris.
- Bizot H., 1983, Using of GAB model to construct sorption isotherms, In: Jowitt R. et al. (Eds), Physical properties of foods, pp. 43-54, Applied sciences publishers, London and New York.
- Cairault A., 1988, Mécanismes et cinétiques de sorption de l'eau dans des milieux hygroscopiques gonflants, Thèse de Doctorat, Institut Nationale Polytechnique de Lorraine, Nancy, France.
- Chirife J. & Iglesias H.A., 1978, Equations for fitting water sorption isotherms of foods, J. Food Technol., 13, 159-174.
- Daudin D. & Bimbenet J.J., 1982, Détermination expérimentale du comportement des produits solides lors du séchage par entraînement, Industries alimentaires et agricoles, 99, 112-235.
- Derdour L., 1998, Contribution à l'étude du concept de la Courbe Caractéristique de Séchage (C.C.S.): application au séchage de produits de type plâtre, Thèse de doctorat, Université Claude Bernard – Lyon 1, France.
- Do Amaral Sobral J.P., Lebert A. & Bimbenet J.J., 1999, Isothermes de désorption de la pomme de terre entre 40 et 70 °C, Sciences des aliments, 19, 711-720.
- Fornell A., 1979, Séchage des produits biologiques par l'air chaud: calcul de séchoirs, Thèse de doctorat, Ecole Nationale Supérieure des Industries agricoles et alimentaires, Montpellier, France.
- Gogus F. & Maskan M., 1999, Water adsorption and drying characteristics of okra (*Hibiscus Esculentus* L.), Drying technology, 17,4-5, 883-894.
- Hossain M.D., Bala B.K., Hossain M.A. & Mondol M.R.A., 2001, Sorption isotherms and heat of sorption of pineapple, Journal of food engineering, 48, 103-107.
- Iglesias H.A. & Chirife J., 1982, Water sorption parameters for food and food components, Handbook of food isotherms, Academic press, New York.
- Jiokap Nono Y. & Kapseu C., 1999, Problématique du traitement et de la distribution des fruits de l'aiélé (*Canarium schweinfurthii* Engl.) au Cameroun, La rivista italiana delle sostanze grasse, 76, 21-26.
- Kapseu C., Jiokap Nono Y., Broto F. & Roques M., 1998, Drying of pulp from African pears: avocado, safou and aiele, Drying' 98, pp. 2098-2104.
- Kapseu C. & Parmentier M., 1997, Composition en acides gras de quelques huiles végétales du Cameroun, Sciences des aliments, 17, 325-331.
- Kapseu C., Parmentier M., Kayem G.J., Schuffenecker L. & Dirand M., 1996, Fatty acid and triglycerides of *Canarium schweinfurthii* Engl. Fruit, International tree crops journal, 9, 77-86.
- Kaymak-Ertekin F. & Sultanoglu M., 2001, Moisture sorption isotherm characteristics of peppers, Journal of food engineering, 47, 225-231.
- Kechaou N., Bagane M., Maalej M. & Kapseu C., 1996, Approche empirique de la cinétique du séchage des dattes, Sciences des aliments, 16, 593-606.
- Kechaou N. & Maalej M., 1999, Desorption isotherms of imported banana – Application of the GAB theory, Drying technology, 17, 6, 1203-1213.
- Kenmegne Kamdem A.T., Ali A., Tchiégang C. & Kapseu C., 1997, Problématique de la production de l'huile de safou au Cameroun, Fruits, 52, 325-330.
- Kouhila M., Belghit A., Daguene M. & Boutalet B.C., 2002, Experimental determination of the sorption isotherms of mint (*Mentha viridis*), sage

- (*Salvia officinalis*) and verbena (*Lippia citriodora*), Journal of food engineering, 47, 281- 287.
28. Letouzey R., 1986, Manuel of forest botany-Tropical Africa, Centre technique forestier tropical, pp. 254-257, Nogent-sur-Marne, France.
  29. Loong T.L., Juming T. & Jianshan H., 1995, Moisture sorption characteristics of freeze dried blueberries, Journal of food science, 60, 4, 810-814.
  30. Mbida Mindzie C., 2000, L'aiélé (*Canarium schweinfurthii* Engl.) en Afrique centrale: histoire de la plante et les débuts de la domestication, pp. 67-78, In: C. Kapseu & G.J. Kayem (Eds), Séminaire international sur le séchage et sur la valorisation du karité et de l'aiélé, Presses universitaires de Yaoundé, Cameroun.
  31. Moyné C., 1985, Etablissement des courbes caractéristiques et exploitation. Cahier de l'AFSIA, 1, 3-17.
  32. Myhara R., Taylor M. & Al-Bulushi I., 1996, The moisture sorption isotherms of omani dates, Drying, 96, 989-996.
  33. Njoukam R., 1998, L'arbre aux fruits noirs: l'aiélé, Le Flamboyant, 46, 1-15.
  34. Noumi G.B., Ngameni E., Kapseu C. & Parmentier M., 2002, Variation de la composition en acides gras et en triglycérides de l'huile des fruits de l'aiélé en fonction des conditions d'extraction et de la couleur du fruit. La rivista italiana delle sostanze grasse, 79, 315-318.
  35. Park K.J., Alonso L.F.T., Rodrigues R.A. & Scavroni C.M.S., 1996, Desorption isotherms of red ginger (sho-ga): experimental determination and evaluation of mathematical models, Drying, 96, 1023-1028.
  36. Sanni L.O., Kolawole A.G., Akingbala J.O. & Kuye A., 1999, Effect of drying methods moisture sorption isotherms of fufu at three temperatures, Drying Technology, 17,1-2, 285-297.
  37. Saravados G.D., Tsiourvas D.A. & Tsami E., 1986, Effect of temperature on water adsorption isotherms of sultana raisins, J. Food Sci. 51, 381-387.
  38. Silou T., Goma Maniougui J., Boungou P. & Ouamba J.M., 1991, Etude du séchage de la pulpe de safou: résultats préliminaires, Tropicultura, 9, 2, 61-68.
  39. Tchiégang C., Kamga R. & Kapseu C., 1998, African black olive (*Canarium schweinfurthii* Engl.): a novel ingredient for small scale traditional oil production, La rivista italiana delle sostanze grasse, 75, 565-567.
  40. Tchouamo I.R. & Simonet M., 2000, Impact socio-économique de l'aiélé dans les hautes terres de l'ouest du Cameroun, pp. 229-241, In: C. Kapseu & G.J. Kayem (Eds), Séminaire international sur le séchage et sur la valorisation du karité et de l'aiélé, Presses universitaires de Yaoundé, Cameroun.
  41. Tulasidas T.N., Raghavan G.S.V. & Norris E.R., 1993, Microwave and convective drying of grapes, American society of Agricultural engineers, 36, 6, 1861-1865.
  42. Van Meel D.A., 1958, Adiabatic convection batch drying with recirculation of air, Chem. Eng. Sci. 9, 36-44.

G.B. Noumi, Camerounais, Doctorat/Ph.D., Assistant, Faculté des Sciences, Université de Ngaoundéré, Cameroun.

S. Laurent, Français, Doctorat unique, Maître de conférences, ENSGTI, Université de Pau et des Pays de l'Adour, France.

E. Ngameni, Camerounais, Doctorat unique, Habilitation à diriger les recherches, Maître de conférences, Faculté des Sciences, Université de Yaoundé 1, Cameroun.

C. Kapseu, Camerounais, Doctorat d'Etat, Maître de conférences, ENSAI, Université de Ngaoundéré, Cameroun.

Y. Jannot, Français, Doctorat unique, Maître de conférences, ENSAM de Bordeaux, France.

M. Parmentier, Français, Doctorat d'Etat, Professeur, ENSAIA, Institut National Polytechnique de Lorraine (Nancy), France.

# Propriétés physico-chimiques de l'amidon de gingembre (*Zingiber officinale roscoe*) de Côte d'Ivoire

N'G.G. Amani,\* F.A. Tetchi & Aissatou Coulibaly

Keywords: Ginger- Starch- Physico-chemical properties- Retrogradation- Hydrolysis

## Résumé

*Dans le souci de valoriser le gingembre, des études sur les propriétés physico-chimiques et fonctionnelles ont été menées sur l'amidon extrait des rhizomes de gingembre. Ses teneurs en amylose, cendre, lipide et protéine sont respectivement de 28,3%; 0,14%; 0,12% et 0,18%. La taille des grains d'amidon est comprise entre 6,43 et 38,56 µm. L'amidon natif de gingembre a montré une très faible sensibilité au suc digestif de l'escargot par contre l'amidon gélatinisé en est très sensible. L'hydrolyse acide a donné deux phases: une phase rapide pendant les 15 premiers jours et une phase lente au-delà. L'étude de la solubilité et du gonflement a révélé un faible pouvoir de gonflement et une faible solubilité dans l'eau. Le thermogramme a indiqué une température de gélatinisation élevée de l'ordre de 83,2 °C et une enthalpie de gélatinisation de 14,65 J/g. L'étude de la rétrogradation révèle que cet amidon rétrograde au bout de 2 jours et qu'à  $J_0$ , la synérèse est de 44% et la clarté de 11,5%.*

## Summary

### Physico-chemical Properties of Starch from Ginger Rhizome (*Zingiber officinale roscoe*) of Ivory Coast

*The ginger or rhizome of *Zingiber officinale roscoe* is one of spice valued for its characteristic aroma and pungency. It grows in tropical region, specially in south and east part of Asia. That spice is commercialised in dry form. In Ivory Coast, the ginger is often consumed in the form of drink commonly called "Gnamakoudji". In order to increase the value of ginger, studies about the physico-chemical and functional properties of ginger starch have been investigated.*

*Its amylose, ash, lipid and protein content are respectively 28.3%, 0.14%, 0.12% and 0.18%. The granule size is between 6.43 and 38.56 µm. Native ginger starch shows a very low sensitiveness to snail's digestive sap, on the other hand, gelatinized starch is very sensitive. Acid hydrolysis gave two phases: a fast one during the first fortnight and a slow one beyond. The swelling and solubility study has revealed a weak swelling power and a low solubility in water. The thermogram showed a high gelatinization temperature in order of 83.2 °C and a gelatinization enthalpy of 14.65 J/g. Retrogradation study reveals that starch retrogrades at the end of two days and at  $J_0$ , syneresis is 44% and clarity is 11.5%.*

## Introduction

Le gingembre ou rhizome de *Zingiber officinale roscoe*, est l'une des épices les plus prisées mondialement du fait de son caractère aromatique et de son âcreté (7, 10, 31). Il pousse dans les régions tropicales, en particulier dans le sud et l'est de l'Asie (10, 27). Cette épice est surtout commercialisée sous sa forme séchée (7, 27).

Des études ont été effectuées sur les qualités aromatiques de la poudre de gingembre (11); sur les méthodes de transformation du gingembre et ses applications dans les boissons naturelles non sucrées (32); sur les valeurs nutritionnelles du gingembre (28).

L'on constate que les huiles essentielles et l'oléorésine extraites du gingembre jouent un rôle important en industrie alimentaire (27) et ont été l'objet de nombreuses études (6, 26). Elles représentent les formes finales d'utilisation du gingembre dans les pays importateurs (30).

En Côte d'Ivoire, le gingembre est beaucoup consommé sous forme de boisson communément appelée «Gnamakoudji». Au cours de la fabrication de cette boisson, un dépôt d'amidon est observé, ce qui n'est pas du goût de nombreux consommateurs. En effet, outre les huiles essentielles et l'oléorésine, le

Unité de Formation et de Recherche Sciences et Technologies des Aliments, Université d'Abobo-Adjamé, 02 BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire

\*Adresse du correspondant: Tél. (225) 22522968, Fax (225) 20378118 E-mail: [amanigeorges@yahoo.fr](mailto:amanigeorges@yahoo.fr)

Reçu le 01.10.03. et accepté pour publication le 20.01.04.

gingembre renferme d'autres composés notamment l'amidon qui est son constituant majeur (14, 25) avec une teneur comprise entre 40,4 et 59% (25) et qui, jusqu'à présent a été très peu étudié.

L'amidon a de nombreuses utilisations: en industrie alimentaire, il est utilisé comme agent de texture (épaississant, stabilisant, gélifiant) de divers produits et également à des fins industrielles non alimentaires notamment comme lubrifiant et carburant dans l'industrie automobile, dans la fabrication du papier, dans l'élaboration des adhésifs de timbres postaux par exemple, des cartons ondulés, dans l'industrie textile à l'imperméabilisation et à la tenue du tissu (29).

Ces diverses utilisations des amidons en général, sont fonction de leurs propriétés, ainsi que de leur coût et de leur disponibilité. En effet, une plus grande connaissance des propriétés de l'amidon de gingembre pourrait être intéressante en ce sens que le gingembre peut constituer une autre source de production d'amidon à côté de la pomme de terre, du maïs et du blé.

En effet, la valorisation rationnelle d'un amidon implique la connaissance préalable de ses propriétés (16). Ainsi une meilleure connaissance de l'amidon de gingembre faciliterait le choix de cet amidon dans une utilisation éventuelle en industrie alimentaire ou non alimentaire. Cela conduira à une amélioration certaine de la qualité du «Gnamakoudji» du fait de la mise en place d'une nouvelle technologie de fabrication de la boisson. Les travaux de Reyes *et al.* (31) ont mis en évidence quelques propriétés physico-chimiques. Cependant, il manque jusqu'à ce jour une analyse d'enthalpie différentielle (AED) de l'amidon de gingembre et quelques propriétés fonctionnelles telles que la clarté et la synérèse des gels d'amidon de gingembre.

Le présent travail a pour objectif d'être une contribution à la valorisation du gingembre (*Zingiber officinale roscoe*) à travers la caractérisation des propriétés physico-chimiques et fonctionnelles de son amidon.

## Matériel et méthodes

### Matériel végétal

La matière première utilisée est le rhizome de gingembre (*Zingiber officinale roscoe*). Ces rhizomes ont été récoltés dans la région de Divo située au centre ouest de la Côte d'Ivoire.

### Méthodes

#### 1. Extraction de l'amidon

Les rhizomes de gingembre sont épluchés puis broyés à l'aide d'un broyeur à marteau et ensuite délayés dans l'eau. Le lait obtenu est tamisé et le liquide obtenu est laissé décanter. Le culot est séparé du surnageant et lavé plusieurs fois. Le dépôt obtenu

est essoré puis étalé sur du papier aluminium et mis à sécher à 45 °C pendant 48 h dans une étuve. Le produit obtenu est broyé pour avoir de la poudre d'amidon (2).

#### 2. Composition chimique de l'amidon

La teneur en protéine a été déterminée à partir de l'azote total ( $N \times 6,25$ ) obtenu par la méthode de Kjeldhal. Les lipides sont déterminés au soxhlet par extraction à l'hexane pendant 24 heures et les cendres par incinération au four à moufle électrique à  $525 \pm 25$  °C pendant 24 heures.

#### 3. Analyse d'Enthalpie Différentielle (AED) et teneur en amylose

L'Analyse d'Enthalpie Différentielle (AED) a été effectuée avec un calorimètre Perkin Elmer DSC 7 (Perkin Elmer, Norwalk, CT, USA). Pour cette analyse, 10-11 mg d'amidon et 50 µl de lyso-phospholipide à 2% sont placés dans une capsule d'aluminium inox et fermé hermétiquement. La mesure est faite par rapport à une capsule de référence contenant 50 µl d'eau. Le four est programmé pour une cinétique de chauffage linéaire de 10 °C/min de 25 °C à 160 °C, puis maintenu constant à 160 °C pendant 2 min et enfin refroidi jusqu'à 60 °C à 10 °C /min. La variation d'enthalpie ( $\Delta H$ ) et la température de gélatinisation ou «onset temperature» ( $T_0$ ) sont déterminées sur le thermogramme. La teneur en amylose est mesurée à partir de la variation d'enthalpie obtenue au cours de la formation du complexe amylose / lyso-phospholipide au refroidissement (24).

#### 4. Pouvoir de gonflement et de solubilité

Le pouvoir de gonflement et de solubilité de l'amidon dans l'eau est déterminée en fonction de la température (22). On prépare une solution d'amidon à 1% (P/V) qu'on met au bain-marie à différentes températures allant de 60 °C à 90 °C avec des intervalles de 5 °C. Le mélange est mis sous agitation maximale pendant 30 minutes, puis centrifugé à 5000 tr/min pendant 15 min. Le gonflement est estimé par la quantité d'eau retenue par l'échantillon en faisant la matière sèche sur le culot (2 h à 130 °C). La solubilité est déterminée par le dosage de la quantité de sucre solubilisé dans le surnageant.

#### 5. Etude de la rétrogradation

Cette étude est faite par le suivi de la synérèse et de la clarté des gels d'amidon sur une période de 28 jours. La synérèse est exprimée par la proportion (%) d'eau surnageant après centrifugation du gel (4% p/p) selon la formule:  $\text{Synérèse}(\%) = \frac{\text{Liquide séparé (g)} \times 100}{\text{Masse de gel (g)}}$  (35). La clarté quant à elle consiste à lire à 650 nm, la densité optique des gels (1% p/p) d'amidon exprimée en Transmittance (%T) contre un blanc représenté par l'eau distillée (12).

## 6. Hydrolyse acide

L'hydrolyse acide ménagée de l'amidon a été faite dans l'acide chlorhydrique 2,2 N à 35 °C sur une période 30 jours (20).

## 7. Digestibilité *in vitro*

La digestibilité *in vitro* a été faite sur l'amidon cru et l'amidon gélatinisé avec le suc digestif de l'escargot (34). Elle a été suivie pendant 120 minutes. Des aliquotes (0,5 ml) sont prélevés à des intervalles de temps réguliers (0, 5, 10, 15, 30, 60, et 120 minutes), que l'on met dans un bain-marie bouillant. Les sucres solubles sont dosés par les méthodes aux 3, 5 dinitrosalicylique (DNS). Le degré d'hydrolyse de l'amidon est exprimé en quantité de sucres réducteurs par le temps d'hydrolyse.

## 8. Détermination de la taille des grains d'amidon

La dimension des grains d'amidon est déterminée au microscope LEITZ DIALUX 20 à l'aide d'un oculaire à échelle micrométrique et d'un micromètre objectif. La distribution du diamètre moyen des grains est déterminée sur un total de 500 grains.

## 9. Microscopie électronique à balayage

Pour réaliser les photos en microscopie électronique à balayage (MEB), les échantillons d'amidon sont déshydratés par congélation. Puis recouverts d'une fine pellicule d'or (100-200 Å) par évaporation cathodique en utilisant évaporateur de métaux sous vide (JEOL JFC 100). Les échantillons ainsi préparés sont examinés avec un microscope électronique à balayage (JOEL 840A) équipé d'appareil photo, sous une tension de 10 KeV.

## Résultats et discussion

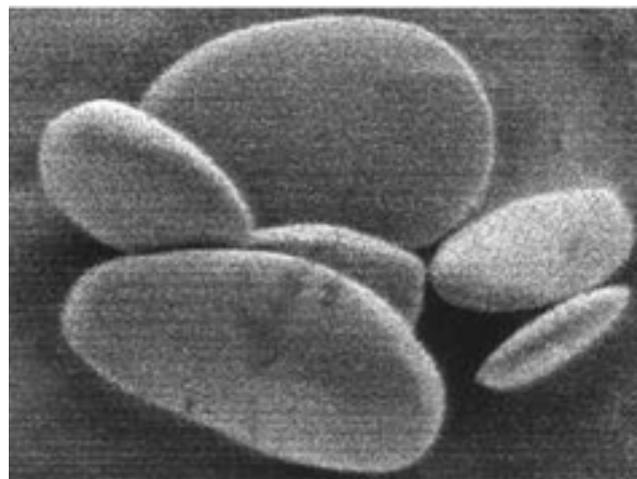
### 1. Propriétés physico-chimiques

Le tableau 1 présente certaines propriétés physico-chimiques telles les teneurs en cendres, protéines, lipides, amylose, la température de gélatinisation ( $T_g$ ) et l'enthalpie différentielle ( $\Delta H$ ) de l'amidon extrait du gingembre.

Ces résultats indiquent une très faible teneur en cendre (0,14%), protéines (0,18%) et lipides (0,12%). Cela donne un taux de composés non glucidiques de 0,44%. Ce résultat est dans le même ordre que celui trouvé antérieurement (21, 31) et qui est 0,43% comme teneur en composés non glucidiques. Ces composés non glucidiques ont des valeurs très proches de celles obtenues par Amani (1) sur les ignames «Florido (*D. alata*)» et «Kponan (*D. cayenensis-rotundata*)» (Tableau 1). De même, la teneur en amylose (28,3%) et le  $\Delta H$  (14,65 j/g) sont aussi proches des deux variétés d'igname citées plus haut. En outre, le gingembre possède une forte  $T_g$  (83,2 °C) nettement supérieure à celles de ces deux ignames (Tableau 1) mais de toutes les ignames en général, à l'exception du «Dumetorum (*D. dumetorum*)» qui a une  $T_g$  de 81,7 °C (1).

### 2. Morphologie des grains d'amidon

Les grains d'amidon de gingembre (*Zingiber officinale roscoe*) sont ovoïdes et quelquefois sphériques (Figure 1a).

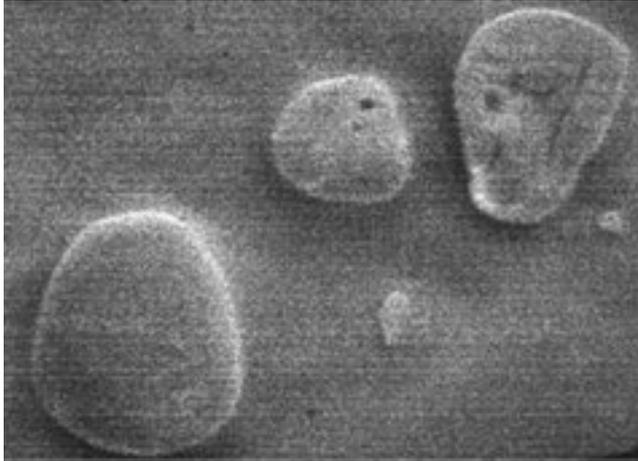


a: Grains natifs.

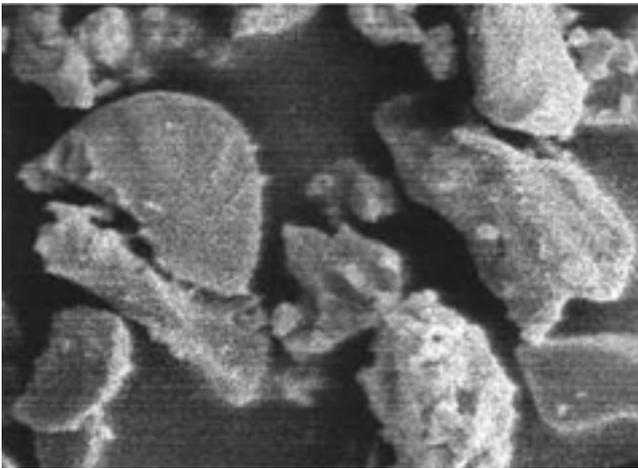
**Tableau 1**  
Propriétés physico-chimiques de l'amidon purifié de gingembre (*Zingiber officinale roscoe*)  
(% par rapport à la matière sèche)

Propriétés	Cendre (%)	Lipides (%)	Protéines (%)	Amylose (%)	Amylopectine (%)	T <sub>g</sub> (°C)	$\Delta H$ (j/g)
Echantillon							
Gingembre ( <i>Zingiber officinale roscoe</i> )	0,14	0,12	0,18	28,3	71,2	83,2	14,65
Florido* ( <i>Dioscorea alata</i> )	0,13	0,11	0,19	27,1	72,4	75,8	14,4
Kponan* ( <i>Dioscorea cayenensis-rotundata</i> )	0,12	0,10	0,15	25,4	74,2	73,4	13,7

\* Source: Amani (1)



b: Grains après hydrolyse enzymatique pendant 72 heures.



c: Grains après 25 jours d'hydrolyse acide.

Figure 1: Photographie des grains d'amidon de gingembre (*Zingiber officinale roscoe*) vus au microscope électronique à balayage.

La taille des grains est comprise entre 6,43 µm et 38,56 µm (Figure 2) avec une moyenne statistique de 18,16 ± 9,83 µm.

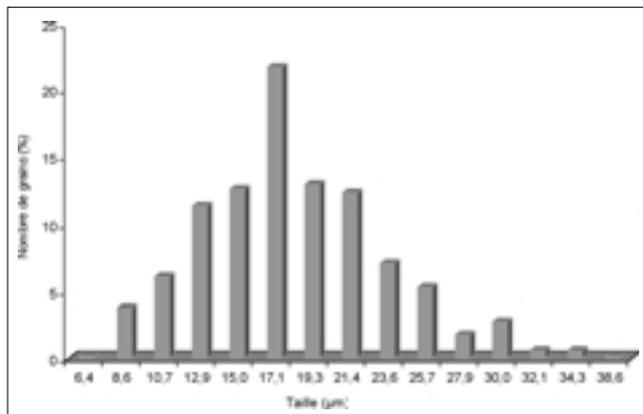


Figure 2: Fréquence de distribution de la taille des grains d'amidon de gingembre.

Le mode est représenté par les grains qui ont une taille de l'ordre de 17,1 µm. La répartition est telle que 94% ont une taille comprise entre 8,6 et 25,7 µm. L'amidon de gingembre présente des grains de taille supérieure à celle du riz (3-8 µm), du pois lisse (5-10 µm) et des grains d'avoine (6-10 µm) mais inférieure à celle de l'amidon de l'igname (1-70 µm) et proche de l'amidon de manioc (5-35 µm) comparativement aux études de Duprat *et al.* (17).

### 3. Gonflement et solubilité

Les résultats de l'étude du gonflement sont représentés sur la figure 3. Ces résultats ont montré que lorsque la température augmente, le gonflement augmente; cependant nous avons noté que l'amidon de gingembre par rapport aux autres racines et tubercules, avait un très faible taux de gonflement entre 60 à 85 °C.

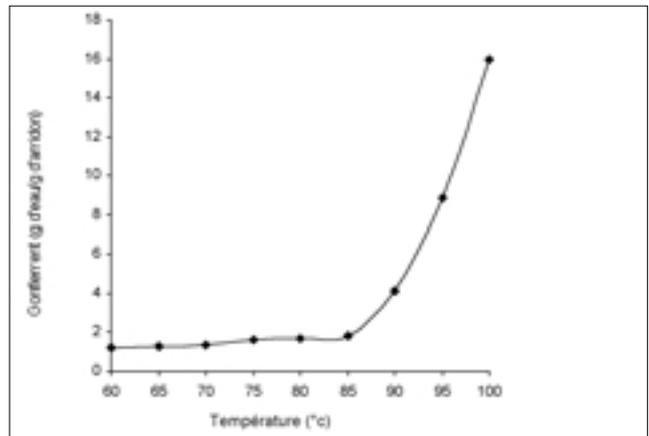


Figure 3: Gonflement de l'amidon natif de gingembre en fonction de la température.

Mais au-delà de 85 °C, le gonflement des grains d'amidon de gingembre est plus important. Ces résultats sont en accord avec ceux obtenus antérieurement (21, 31).

Le faible pouvoir de gonflement de l'amidon de gingembre de 60 à 85 °C et une augmentation à partir de 85 °C suggèrent la présence d'une force homogène et forte qui maintien la matrice du grain d'amidon (31) et elle est dénaturée à une température supérieure à 85 °C. Comparativement à d'autres plantes alimentaires, l'amidon de gingembre a un pouvoir d'absorption d'eau (18 g/g) inférieur à celui de la banane plantain qui est de 36 g/g (18), du taro (40 g/g) (2) mais similaire à celui de l'amidon réticulé de maïs (21) et du pungapung (*Amorphophallus campanulatus*) (13).

La solubilité de l'amidon de gingembre est représentée sur la figure 4. Elle est pratiquement nulle de 60 à 80 °C et plus importante à une température supérieure à 80 °C.

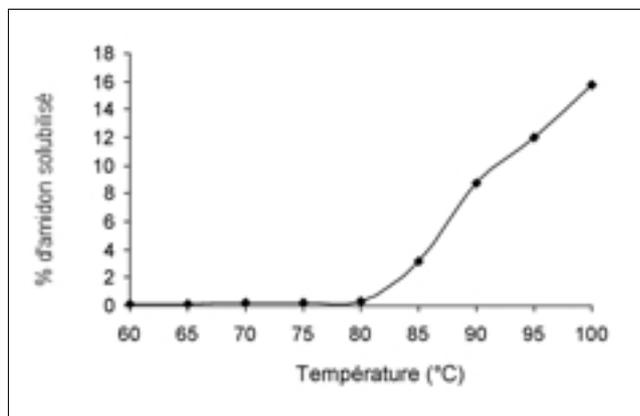


Figure 4: Solubilité dans l'eau de l'amidon natif de gingembre en fonction de la température.

Plusieurs études ont également montré que la présence de lipides dans l'amidon tend à réduire la solubilité et le gonflement du fait qu'ils établissent des liaisons avec l'amylose (4, 5, 19, 23, 33). Ceci entraîne une augmentation de la masse moléculaire de l'amylose et le blocage de la fixation des molécules d'eau empêchant ainsi le gonflement du grain et la diffusion de l'amylose hors de celui-ci. L'étude de l'évolution de la solubilité en fonction du gonflement montre d'une façon générale l'existence d'une relation linéaire entre les deux phénomènes. Ainsi, une augmentation du gonflement s'accompagne d'une forte solubilisation. Ce phénomène a été observé au cours de l'étude de l'amidon du taro (2) et chez d'autres tubercules, notamment chez les ignames (15).

#### 4. Etude de la rétrogradation

La figure 5 présente l'évolution concomitante de la clarté et de la synérèse toutes deux exprimant le degré de rétrogradation.

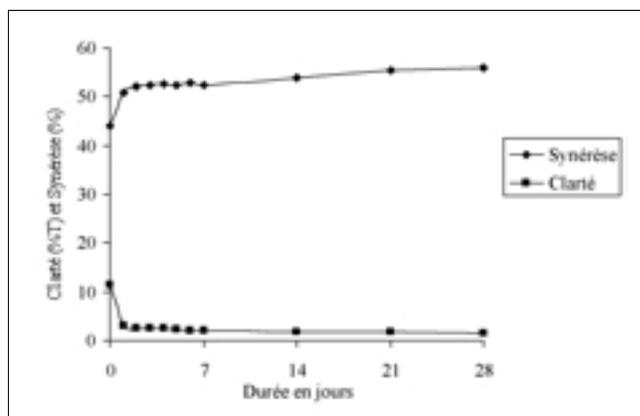


Figure 5: Evolution de la rétrogradation des gels d'amidon de gingembre conservés à 4 °C.

La synérèse est de 44% à  $J_0$  et croît jusqu'à 52% à  $J_2$  puis se stabilise par la suite avec une légère augmentation jusqu'à 56% le 28<sup>e</sup> jour. La clarté quant à elle est de 11,5% à  $J_0$  et décroît jusqu'à 2,6% à  $J_2$  puis se stabilise par la suite avec une légère diminution jusqu'à 1,4% le 28<sup>e</sup> jour (Figure 5).

Les variations de ces deux phénomènes: la croissance de synérèse et la décroissance de la clarté expriment la rétrogradation qui est en fait une réorganisation des molécules d'amylose et d'amylopectine ayant diffusé hors du grain d'amidon lors de la gélatinisation. La stabilisation de celle-ci traduit le maximum de rétrogradation et par conséquent la fin de la réorganisation de ces deux polymères. Il faut noter que le gingembre rétrograde très vite puisque au bout de deux jours seulement, la rétrogradation se stabilise; ces résultats sont semblables à ceux précédemment obtenus sur les ignames (3).

#### 5. Sensibilité au suc digestif de l'escargot

Une étude comparée a été menée à propos de la sensibilité exprimée en cinétique d'hydrolyse sur l'amidon natif et l'amidon gélatinisé (Figure 6).

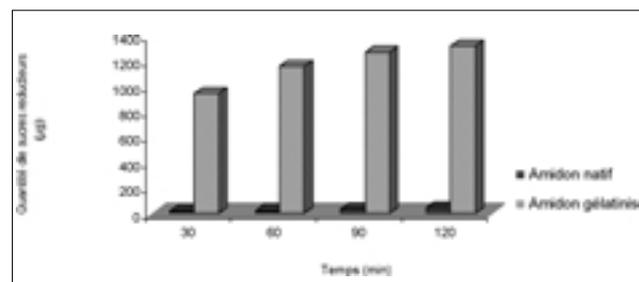


Figure 6: Etude comparative des quantités de sucres réducteurs produits au cours de l'hydrolyse enzymatique de l'amidon natif et de l'amidon gélatinisé de gingembre.

Cette étude montre que l'amidon natif est difficilement hydrolysable par le suc digestif de l'escargot ce qui n'est pas le cas pour l'amidon gélatinisé. Cela pourrait s'expliquer par la différence de structure entre les types d'amidon. En effet, l'état de gélatinisation de l'amidon conditionne largement sa susceptibilité vis-à-vis des amylases car au cours de la gélatinisation l'amidon perd sa cristallinité (disparition de la croix de biréfringence en lumière polarisée) et devient plus aisément hydrolysable par les enzymes (8). Dans l'amidon natif, l'enveloppe du grain est plus résistante à l'activité enzymatique que l'intérieur du grain. Tous les traitements mécaniques (cisaillement, broyage) qui altèrent, fissurent la surface externe du grain d'amidon augmentent sa susceptibilité à l'attaque enzymatique (8, 9).

L'observation en microscopie électronique à balayage de l'amidon natif après une attaque enzymatique de 72 heures montre que l'attaque s'effectuerait par des

canaux qui s'élargissent de la périphérie vers le centre et que le seul point extérieur sensible paraît être la région du hile (Figure 1b).

## 6. Hydrolyse acide

L'étude de l'hydrolyse acide ménagée (HCl 2,2 N, à 35 °C) de l'amidon de gingembre donne les résultats représentés à la figure 7.

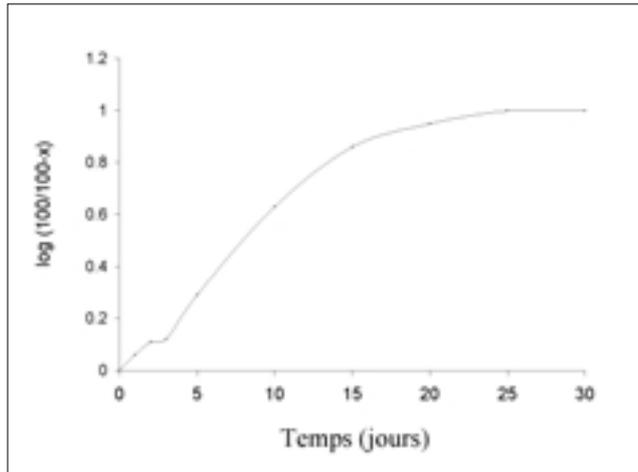


Figure 7: Cinétique d'hydrolyse acide ménagée (HCL 2,2 N; 35 °C) d'amidon natif de gingembre (X= % d'hydrolyse).

Nous avons constaté une forte hydrolyse de l'amidon de gingembre au cours des 15 premiers jours; puis s'en suit une faible hydrolyse jusqu'au 30<sup>e</sup> jour. Cette figure laisse apparaître deux phases. La première est rapide et va jusqu'au 15<sup>e</sup> jour. Elle est suivie à partir du 15<sup>e</sup> jour de la deuxième phase ayant une faible pente. La première phase correspond à l'hydrolyse de

la fraction la plus amorphe du grain d'amidon et la seconde phase correspond à une dégradation lente de la partie cristalline (20). Concernant l'hydrolyse lente de la partie cristalline du grain d'amidon, deux hypothèses ont été émises: soit la densité des chaînes de l'amidon au sein des cristallites de l'amidon empêche la pénétration des ions H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> dans la région soit l'hydrolyse des liaisons glycosidiques nécessite un changement de conformation (chaise et semi-chaise) de l'unité D- glucopyranosyl. Ce changement semblerait être impossible.

En outre, l'observation des grains d'amidon au microscope à balayage au 25<sup>e</sup> jour d'hydrolyse acide (Figure 1c), révèle que les résidus sont non seulement polymorphes mais également de tailles variées. Ces résultats montrent que l'attaque de l'acide n'est pas unidirectionnelle, elle se fait sur toutes les surfaces exposées des grains d'amidon. L'abondance des résidus de petites tailles atteste que la dégradation est très avancée.

## Conclusion

De l'étude des propriétés physico-chimiques de l'amidon de gingembre, il ressort qu'il a une composition chimique non glucidique proche de celle d'igname, les grains d'amidon sont de petite taille et la température de gélatinisation élevée, il rétrograde vite et a une faible clarté. L'amidon natif de gingembre est très peu sensible à l'action du suc digestif de l'escargot, par contre l'amidon gélatinisé y est sensible. La forte résistance à l'attaque enzymatique et la température de gélatinisation très élevée, sont deux facteurs qui montrent que l'amidon de gingembre possède certainement une structure cohésive très forte capable de résister à des traitements thermiques.

## Références bibliographiques

- Amani N.G., 2002, Propriétés physico-chimiques et moléculaires des amidons d'ignames (*Dioscorea* spp.) cultivées en Côte d'Ivoire. Relation avec la stabilité des gels aux traitements technologiques. Thèse d'état, Université d'Abobo-Adjamé, 203 pp.
- Amani N.G., Aboua F., Gnakri D. & Kamenan A., 1993, Etude des propriétés physico-chimiques de l'amidon de taro (*Xanthosoma sagittifolium*). IAA, 3, 136-143.
- Amani N.G., Tetchi F.A., Dufour D. & Kamenan A., 2002, A comparative study of the syneresis of yam starches and other modified. Journal of food technologies in Africa, Vol. 7, 1-9.
- Bjorck J., Eliasson A.C. & Drews A., 1990, Some nutritional properties of starch and dietary fiber in barley genotypes containing different levels of amylose. Cereal chem., 67, 4, 327-333.
- Boni P.L., Srivastava H.C. & Gharria M.M., 1990, Physico-chemical properties of *Canna edulis* starch – comparison with maize starch. Starch/Stärke, 42, 12, 460-464.
- Bordoloi A.K., Sperkova J. & Leclercq P.A., 2000, Essential oils of *Zingiber cassumunar* rox b. from northeast India. Journal of essential oil Research, 11, 4, 441-445.
- Borget M., 1991, Les plantes tropicales à épices. Editions Maisonneuve et Larose. VB1-1745, 182 p.
- Bornet F., 1992, Technologie des amidons, digestibilité et effets métaboliques. Cah. Nutr. Diét. 27, 3, 170-178.
- Bornet F., Champ M., Cloarec D. & Slama G., 1990, Importance de la nature physico-chimique des amidons sur leurs effets nutritionnels chez l'homme. Cah. Nutr. Diét. 4, 254-255.
- Chen C.C., Kuo M.C. & Ho C.T., 1986, High performance liquid chromatographic determination of pungent gingerol compounds of ginger (*Zingiber officinale roscoe*). Journal of food science. 51, 5, 1364-1365.
- Chou C.C., Wu J.L.P., Chen M.H. & Wu C.M., 1981, Flavor quality of ginger powders. Conférence proceedings, 119-131.
- Craig S.A.S., Maningat C.C., Seib P.A. & Hosney R.C., 1989, Starch paste clarity. Cereal Chem. 66, 173-182.
- Deang L.M. & Del Rosario R.R., 1993, Physico-chemical characteristics of starches from some root crops. The Philippine Agriculturist, 76, 4, 443-455.
- Dei-Tutu J. & Rish E., 1976, Studies on the composition of some Ghanaian ginger samples. Ghana Journ. agric. Sci. 9, 225-229.
- Delpeuch F. & Favier J.C., 1980, Caractéristiques des amidons de plantes alimentaires tropicales: action de l'alpha amylase, gonflement et solubilité. Ann. Technol. Agric. 29, 1, 53-67.

16. Delpeuch F., Favier J.C. & Charbonniere R., 1978, Caractéristiques des amidons de plantes alimentaires tropicales. *Ann. Technol. Agric.* 27, 4, 809-826.
17. Duprat F., Gallant D., Guilbot A., Mercier C. & Robin J.P., 1980, Les polymères des végétaux. Ed. B. Monties, Gauthier-Villars, 176-231.
18. Gnakri D., 1993, Valorisation du fruit de plantain (*Musa* sp). 1 - Caractérisation physico-chimique de l'amidon. 2 - Etudes nutritionnelle, métabolique et physiologique des aliments dérivés: foutou et fofou. Thèse doctorat d'état ès Sciences naturelles (option Biochimie-nutrition), Université nationale de Côte d'Ivoire.
19. Hoover K. & Hadziyev M., 1981, Characterization of potato starch and its mono-glyceride complexes. *Stärke*, 33, 9, 290-300.
20. Hoover R., 2000, Acid- treated starches. *Food rev. int.* 16, 3, 369-392.
21. Hur J. & Sung-Kon K., 1984, Comparison of some physico-chemical properties of ginger root and cross-linked corn starches. *Korean J. Food sci. technol.* 16, 2, 201-205.
22. Leach H.W. & Schoch I.J., 1959, Structure of the starch granule. II. Action of various amylases on granular starches. *Cereal chem.* 38, 34-46.
23. Meredith P., Dengate H.N. & Morrison W.R., 1978, The lipids of various sizes of wheat starch granules. *Starch / Stärke*, 30, 119-125.
24. Mestres C., Matencio F., Pons B., Yajid M. & Fliedel G., 1996, A rapid method for the determination of amylose content by using differential scanning calorimetry. *Starch/Stärke*, 48, 1, 2-6.
25. Natarajan C.P., Padman Bai R., Krishnamurthy M.N., Raghavan B., Shankaracharya N.B., Kuppuswamy S., Govindarajan V.S. & Lewis Y.S., 1972, Chemical composition of ginger varieties and dehydration studies on ginger. *Journal of food science and technology*, 9, 120-124.
26. Onyeneke P.C. & Hashimoto S., 1999, The composition of the essential oil of dried nigerian ginger (*Zingiber officinale roscoe*), *European food research & technology*, 209, 6, 407-410.
27. Oti E., Okwuowulu P.A., Ohiri V.U. & Chijioke G.O., 1988, Biochemical changes in ginger (*Zingiber officinale roscoe*) rhizomes stored under river sand and under dry grass in pits in humid tropics. *Trop. Sci.* 28, 87-94.
28. Pradeep K.U., Georvani P. & Eggum B.O., 1993, Common indian spices: nutrient composition, consumption and contribution to dietary. *Plant foods for human nutrition*, 44, 2, 137-148.
29. Ramirez M., 1997, Caractérisation des propriétés physico-chimiques et fonctionnelles d'amidons de racines et tubercules tropicaux. Diplôme d'Université chimie et technologies des matériaux organiques. Université Montpellier II. 36 p.
30. Ratnambal J.M., Gopalam A., Nair M.K., 1997, Quality evaluation in ginger (*Zingiber officinale roscoe*) in relation to maturity. *Journal of plantation crops*, 15, 2, 108-117.
31. Reyes F.G.R., D'Appolonia B.L., Ciarco & Montgomery M.W., 1982, Characterisation of starch from ginger root (*Zingiber officinale*). *Starch*, 34, 2, 40-44.
32. Sarr A., 1992, Method for transforming root ginger and its applications. French patent application, FR 2, 664-795.
33. Swinkels J.J.M., 1985, Composition and properties of commercial native starches. *Stärke*, 37, 1, 1-5.
34. Yeboua A., Achy N. & Diopoh K., 1986, Hydrolyse des substrats amyliques par les glycosidases du suc digestif d'*Achatina balteata*. *Annales de l'Université d'Abidjan*, tome XXII, 306-307.
35. Zheng G.H. & Sosulski F.W., 1998, Determination of water separation from cooked starch and flour pastes after refrigeration and freeze-thaw. *Journal of food science*, 63, 1, 134-139.

N'G. Amani, Ivoirien, Docteur d'Etat ès Sciences, Science et Technologie des Aliments, Enseignant-Chercheur à l'Unité de formation et de recherche de l'Université d'Abobo-Adjamé, Côte d'Ivoire.

F.A. Tetchi, Ivoirien, DEA en Science et Technologie des Aliments, Etudiant en thèse à l'INRA de Nantes, France.

Aissatou Coulibaly, Ivoirienne, DEA en Science et Technologie des Aliments, Etudiante en thèse à l'Université Laval du Québec, Canada.

# Essai comparé de production d'asticots dans les fientes de poule et dans la bouse de vache

M. Mpoame<sup>1\*</sup>, A. Tégua<sup>2</sup> & Edwige Laure Nguemfo<sup>1</sup>

Keywords: Maggots- Production- Organic Substrata

## Résumé

Entre août et octobre 1999, un essai de production d'asticots dans les fientes de poule et dans la bouse de vache a été réalisé à Dschang, dans l'ouest du Cameroun. Un dispositif complètement randomisé à 2 traitements (substrats) et 5 répétitions a été utilisé. Les fientes de poules se sont révélées plus productives que la bouse de vache. La biomasse journalière moyenne d'asticots a été de 0,12 g/kg de substrat dans les fientes de poule et 0,037 g/kg dans la bouse de vache. L'élevage n'était plus productif à partir du 19<sup>e</sup> jour aussi bien dans la bouse de vache que dans les fientes de poule. Les asticots appartenaient à 2 sous-familles de muscides: les Anthomyinées et les Muscinées

## Summary

### Comparative Trials on Maggot Production in Chicken Droppings and Cow Dung

Between the months of August and October 1999, trials on maggot production in fowl droppings, and in cow dung were conducted in Dschang, in western Cameroon. A completely randomised design comprising 2 treatments (substrate types) with 5 replicates each was used. Chicken droppings performed better than cow dung. The mean daily biomass was 0.12 g of maggots/kg of substrate in chicken droppings as compared to 0.037 g/kg in cow dung. The substrates were no longer productive after the 19<sup>th</sup> day. The maggots belonged to two sub-families of Muscidae: the Anthomyiinae and Muscinae.

## Introduction

En Afrique, le secteur de l'élevage connaît des problèmes parmi lesquels, l'insuffisance d'aliments et particulièrement la carence des rations en protéines (3). Cette situation est aggravée par une insuffisance de devises destinées à l'importation de ces aliments. Il y a alors nécessité de rechercher de nouvelles sources de protéines animales, facilement accessibles, non consommées par l'homme, mais susceptibles d'enrichir l'alimentation du bétail.

Une partie du régime de la volaille divaguante est constituée d'asticots (5). Des essais ont été conduits sur leur élevage dans la tribu des Kusai du nord-est du Ghana (5) et au Burkina Faso (1) pour l'alimentation de la volaille. Les asticots de *Musca domestica* ont été élevés dans le contenu du rumen de vache (2, 4). Cependant, les performances de divers substrats organiques utilisables et la spécificité des mouches impliquées dans la production n'ont généralement pas été déterminées. Cette carence a motivé la présente étude qui vise à évaluer la productivité des fientes de poule et de la bouse de vache comme substrats pour

la production des asticots et à identifier les familles de mouches dont les asticots sont représentés dans les substrats.

## Matériel et méthodes

### Site d'expérimentation

La présente expérience a été réalisée à la Ferme d'Application et de Recherche (FAR) de l'Université de Dschang du 23 août au 14 octobre 1999. Dschang est le chef-lieu du département de la Menoua dans les hauts plateaux de l'ouest Cameroun. La ville est située à une altitude de 1407 m, latitude 05 °20' nord et longitude 10 °03' est. Le climat est soudano-guinéen d'altitude, à deux saisons: une saison sèche de novembre à février et une saison de pluie de mars à octobre et la pluviométrie moyenne est de 2000 mm d'eau par an (Centre météorologique secondaire de Dschang, 1999). Les conditions climatiques ayant prévalu au cours de l'expérience sont données au tableau 1.

<sup>1</sup> Faculté des sciences, Université de Dschang, Cameroun.

<sup>2</sup> Faculté d'agronomie et des sciences agricoles, Université de Dschang, Cameroun.

\*Adresse de correspondance

Reçu le 10.11.00. et accepté pour publication le 23.01.04.

**Tableau 1**  
**Température, pluviométrie, humidité relative de la région de Dschang pendant la période d'août à septembre 1999**

Mois de l'année	Température moyenne journalière (°C)	Pluviométrie mensuelle		Humidité relative mensuelle (%)	
		Hauteur (mm)	Jours de pluies	Minimum absolu	Maximum absolu
Août	20,4	305,4	28	71	97
Septembre	20,1	340,6	26	72	96
Octobre	19,9	282,9	27	66	97

Source: Centre météorologique secondaire de Dschang (1999).

### Origine des substrats

Les fientes de poule fraîches ont été récoltées à 7 h sur une bâche étalée la veille au soir à même le sol sous des batteries de cages de poules de consommation. La bouse de vache fraîche quant à elle, a été récoltée au sol de l'étable préalablement nettoyée la veille.

### Dispositif expérimental et suivi de la production

L'enceinte d'élevage en matière plastique était constituée d'une passoire en plastique de maille 3 mm<sup>2</sup> dans laquelle était placé 1 kg de substrat, passoire reposant sur une cuvette destinée à recueillir les asticots qui passaient entre les mailles de la passoire. L'ouverture et le fond de la passoire avaient respectivement un diamètre de 26 cm et 12 cm (Figure 1).

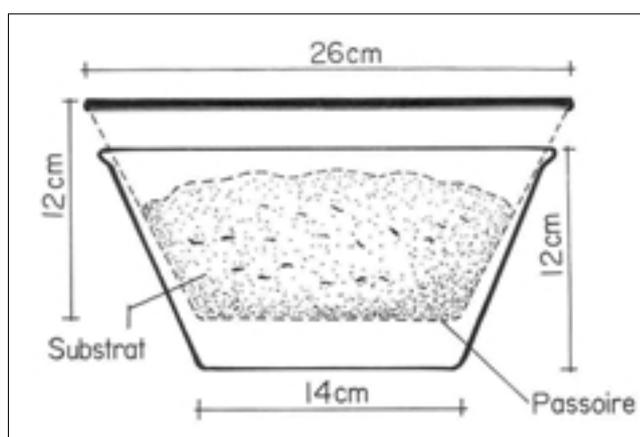


Figure 1: Dispositif d'élevage d'asticots.

La surface du substrat exposée aux mouches et sa profondeur dans la passoire étaient de 310 cm<sup>2</sup> et 7,5 cm environ respectivement. Les mouches pouvaient librement dans le substrat et les asticots pouvaient s'y développer. Le substrat était conservé humide grâce à un arrosage à l'eau tous les 4 jours.

Dix enceintes d'élevage étaient placées à l'air libre et à l'abri des intempéries dans un dispositif complètement randomisé à 2 traitements (substrats) et 5 répétitions.

Le suivi quotidien de la production se faisait à travers le contrôle du contenu des cuvettes et la fouille systématique d'un échantillon de 100 g de substrat dans chaque passoire. Le contenu de chaque passoire était préalablement retourné avant chaque prélèvement afin d'assurer une répartition uniforme des asticots. Après la récolte des asticots, seul le substrat était remis dans sa passoire d'origine.

Tous les asticots récoltés de chaque enceinte étaient tués dans de l'eau bouillante, séchés à l'aide du papier buvard, pesés (poids frais) à l'aide d'une balance électronique de marque Scaltec précise à 10<sup>-6</sup> g et enfin séchés à l'étuve pendant 4 heures à 55-60 °C avant une nouvelle pesée (poids sec).

### Identification des mouches

Quelques asticots et pupes ont été prélevés de chaque type de substrat à la fin de l'essai et élevés séparément dans 2 demi-bouteilles en matière plastique.

Au bout de 7 jours, les mouches émergeant des substrats ont été capturées manuellement, puis identifiées à la loupe binoculaire sur la base de caractères morphologiques (6).

### Analyse des données

Les moyennes des biomasses maximales des asticots dans les traitements et les moyennes de la taille des asticots ont été comparées à l'aide du t-test.

La corrélation entre la densité numérique (nombre d'asticots par 100 g de substrat) et la densité pondérale (poids sec des asticots récoltés dans 100 g de substrat), ainsi qu'entre la production et la récolte a été établie. Le seuil de signification était de 5%.

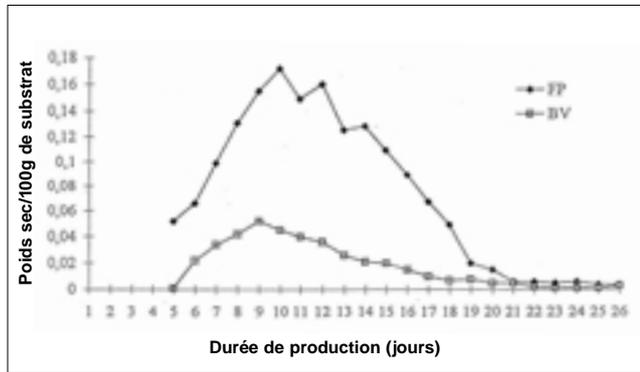


Figure 2: Evolution dans le temps (jours) de la densité pondérale (poids sec) des asticots produits en fonction du substrat.

## Résultats et discussion

### Productivité des substrats

#### a. Evaluation par la méthode de prélèvement

L'évolution de la densité pondérale (poids sec) telle qu'illustre la figure 2 montre que dans les conditions de l'essai, la production commence le cinquième jour après la mise en place du dispositif d'élevage, aussi bien dans les fientes de poule que dans la bouse de vache.

Elle croît avec le temps dans les deux milieux, atteint son pic à 0,172 g/100 g de substrat au dixième jour et à 0,052 g/100 g de substrat au neuvième jour, respectivement dans les fientes de poule et dans la bouse de vache. Puis, elle décroît progressivement pour pratiquement s'annuler dès le 20<sup>e</sup> jour, la plupart des asticots s'étant alors sans doute échappés des substrats à travers la passoire. Quelle que soit l'explication, il est évident qu'un prolongement de l'élevage au-delà du 19<sup>e</sup> jour ne se justifierait pas.

L'évolution de la densité pondérale (Figure 2) et celle de la densité numérique (Figure 3) présentent la même allure, ce qui pourrait s'expliquer par la corrélation positive qui existe entre le nombre et le poids sec des asticots ( $r = 0,44$ ,  $p < 0,05$  dans les fientes de poule;  $r = 0,98$ ,  $p < 0,05$  dans la bouse de vache).

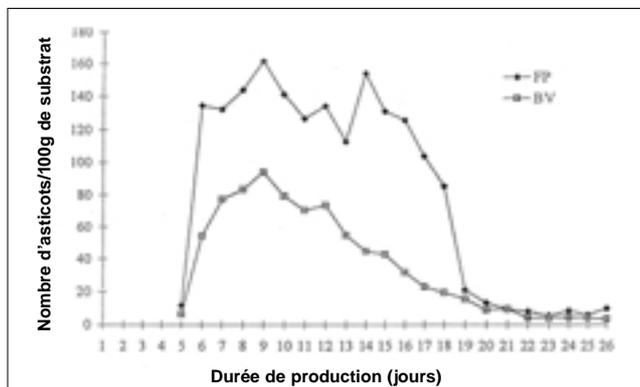


Figure 3: Evolution dans le temps de la densité numérique des asticots en fonction du substrat.

Dans la bouse de vache, le pic de la densité numérique (93,9 asticots/100 g de substrat) est atteint au neuvième jour comme celui de la densité pondérale. Par contre, dans les fientes de poules, le pic de densité numérique (161,1 asticots/100 g de substrat) est également atteint au neuvième jour, mais celui de la densité pondérale (0,17 g/100 g de substrat) ne l'est qu'au 8<sup>ème</sup> jour. A moins d'une erreur de mesure, ce décalage n'a pas trouvé d'explication.

#### b. Evaluation par la méthode de récolte sous la passoire

L'évolution du poids sec (Figure 4) montre que la récolte sous la passoire croît avec le temps dans les 2 substrats, atteint son pic au 11<sup>ème</sup> jour à des valeurs de 0,57 g/kg de substrat et de 0,012 g/kg de substrat respectivement dans les fientes de poule et dans la bouse de vache, puis décroît.

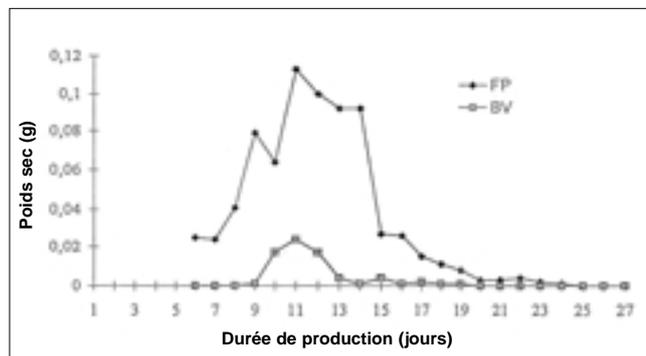


Figure 4: Evolution dans le temps du poids sec des asticots en fonction du substrat.

Cette évolution a la même allure que celle de la densité pondérale des asticots extraits dans la première méthode. Cette similitude se manifeste aussi par la corrélation positive entre la biomasse des asticots contenus dans le milieu de culture et celle des asticots récoltés sous le tamis ( $r = 0,83$ ,  $p < 0,05$  dans les fientes de poule et  $r = 0,70$ ,  $p < 0,05$  dans la bouse de vache).

La durée de production dans les fientes de poule est la même que dans la bouse de vache. Cependant la biomasse journalière moyenne d'asticots recueillis significativement ( $p < 0,05$ ) la plus élevée,  $0,12 \pm 0,018$  g/kg de substrat (soit au total 2,3 g/kg en 19 jours d'élevage) a été obtenue dans les fientes de poule alors que la biomasse enregistrée dans la bouse de vache était seulement de  $0,037 \pm 0,018$  g/kg de substrat/jour soit une production cumulée de 0,79 g/kg au bout des 19 jours de production.

Il n'a pas été possible de comparer la productivité obtenue dans la présente étude à celle rapportée par Ekoué et Hazdi (2) et par Loa (4) dont le substrat utilisé (contenu du rumen de vache) n'a été exposé aux mouches que très brièvement. Une harmonisation des procédures expérimentales et unités de mesure des

paramètres de production pourrait s'avérer utile pour éviter une telle situation.

### ***c. Les mouches impliquées dans l'ensemencement des substrats***

Il ressort de l'identification partielle des mouches qu'une seule famille, celle des Muscides représentée par deux sous-familles (les Anthomyinés et les Muscinés) (6) est impliquée dans l'ensemencement des 2 types de substrats en asticots. Les individus des mêmes sous-familles se sont retrouvés aussi bien dans les fientes de poule que dans la bouse de vache.

### **Conclusion**

Au terme de ce travail, il apparaît que les fientes de poule ont une productivité plus soutenue et plus

importante que la bouse de vache. Dans les deux substrats, la période la plus indiquée pour la récolte se situe entre les 6<sup>ème</sup> et 19<sup>ème</sup> jours après la mise en place du dispositif de production. Les deux méthodes de récolte testées dans la présente étude pourraient s'utiliser de manière complémentaire. En effet, les asticots seraient recueillis quotidiennement sous la passoire pendant la phase ascendante de la production, puis dès le 13<sup>ème</sup> jour, lorsque la production atteint son pic, ils seraient extraits du substrat restant dans la passoire. En attendant la réalisation d'une étude sur le suivi chimique et microbiologique des substrats de production, l'incorporation de la farine d'asticots dans l'alimentation du poulet a été testée et s'est avérée avantageuse en termes zootechnique et économique (7).

## **Références Bibliographiques**

1. Cicogna M., 1992, First international seminar on farming of invertebrates and other minilivestock. *Tropicultura*, 10, 4, 155-159.
2. Ekoué S.E. & Hadzi Y.A., 2000, Production d'asticots comme source de protéines pour jeunes volailles du Togo – Observations préliminaires. *Tropicultura* 18, 4, 212-214.
3. Hardouin J., 1986, Mini-Elevage et sources méconnues de protéines animales. *Annales de Gembloux*, 92, 153-162.
4. Loa C., 2000, Production et utilisation contrôlées d'asticots. *Tropicultura* 18, 4, 215-219.
5. Smith A.J., 1992, L'élevage de volaille. Editions Maisonneuve et Larose. Paris 347 p.
6. Strebler G., 1969, Travaux pratiques: anatomie et systématique des principaux ordres d'insectes. Grignon, 103 p.
7. Téguia A., Mpoame M. & Okourou Mba J.A., 2002, The production performance of broiler birds as affected by the replacement of fish meal by maggot meal in the starter and finisher diets. *Tropicultura* 20, 4, 187-192.

M. Mpoame, Camerounais, Zoologiste, (Ph.D, MS., Lic. ès Sci. Nat.), Maître de conférences, Faculté des sciences, Université de Dschang, Cameroun.

A. Téguia, Camerounais, Agronome zootechnicien (M.Sc., Ing. Agron.), Chargé de cours, Faculté d'agronomie et des sciences agricoles, Université de Dschang, Cameroun.

Edwige Laure Nguemfo, Camerounaise, Zoologiste, (Maîtrise, Lic. ès Sci. Nat.), Etudiante, Faculté des sciences, Université de Dschang, Cameroun.

## Faiblesse de la main-d'œuvre familiale et diversification des activités dans les exploitations agricoles de la zone cotonnière en Centrafrique

E. Mbétid-Bessane\*

Keywords: Family man power- Diversification of activities- Farm

### Résumé

*En zone cotonnière de la Centrafrique, les agriculteurs ont diversifié leurs activités en dépit de la faiblesse de la main-d'œuvre familiale. L'objet de l'étude était de comprendre les pratiques de gestion de la main-d'œuvre qui permettaient à ces agriculteurs d'assurer la diversification des activités. La mise au point de cette étude a reposé sur le suivi rapproché de 30 exploitations pendant trois campagnes agricoles. En outre, l'observation des pratiques de gestion globale de l'exploitation, couplée à des entretiens avec l'agriculteur et sa famille, a permis de compléter les données du suivi. Les résultats ont montré que les agriculteurs sont parvenus à réaliser la diversification des activités grâce au recours à la force de travail extérieure qui a représenté en moyenne 42% de la main-d'œuvre totale utilisée sur l'exploitation. Cette diversification leur a permis de disposer des recettes toute l'année, ce qui a limité les risques de rupture d'équilibre entre recettes et dépenses, et a amené à la stabilité de la trésorerie. Ainsi, l'appui aux agriculteurs ne doit pas seulement prendre en compte la main-d'œuvre familiale disponible, mais doit tenir compte de leur capacité à recourir à la main-d'œuvre extérieure.*

### Summary

#### **Weakness of Family Man Power and Diversification of Farms Activities in the Cotton Zone of Central African Republic**

*In the cotton zone of Central African Republic, farmers have diversified their activities despite the weakness of the family man power. This study was to understand management practices of man power that allowed farmers to insure the diversification of their activities. The progress of this study is based on a close follow up of 30 farms during three agricultural seasons. In addition observations on the global management practices of farms, coupled to discussions with the farmers and their family, has allowed to complete data collected during the follow up. Results have shown that farmers have realized the diversification of activities by having recourse to the external work force which represented on an average 42% of the total man power used on the exploitation. This diversification has allowed them to have monetary incomes all along the year and has limited risks of unbalance between incomes and expenses, leading to the stability of treasury. Thus, technical support (Advice) to farmers must not only take into account the family man power available, but also their capacity to resort to the external man power.*

### Introduction

Dans la zone cotonnière en Centrafrique, la population des exploitations agricoles est peu élevée, avec une moyenne de 6,18 personnes par exploitation. Comparativement, les exploitations agricoles au Mali et au Burkina Faso ont une population plus élevée, avec une moyenne de 13 personnes (7, 9). Le nombre peu élevé de personnes par exploitation agricole en Centrafrique s'explique par la réduction de l'exploitation à un seul ménage et par le mode de segmentation familiale.

Lorsque les enfants se marient, le garçon quitte le domicile paternel et fonde son ménage en dehors de la concession de son père et la fille quitte sa famille pour rejoindre son époux. Cette situation se traduit par un faible effectif de main-d'œuvre familiale qui est de 2,90 actifs par exploitation, soit un ratio nombre d'actifs/ nombre de personnes de 47% (8).

En dépit de la faiblesse de la main-d'œuvre familiale, qui est importante dans le processus de production,

\* Université de Bangui, Faculté de Droit et des Sciences Economiques – Pôle régional de recherche appliquée au développement des savanes d'Afrique Centrale. BP. 1983, Bangui, Centrafrique - E-mail: mбетid@hotmail.com

Reçu le 02.07.03. et accepté pour publication le 15.01.04.

les exploitations agricoles se caractérisent par une diversification des activités. Le coton, les vivriers (manioc, arachide, maïs, sorgho, riz, sésame), les élevages et les activités para-agricoles forment la base du système de production.

Le présent article vise à comprendre les pratiques de gestion de la main-d'œuvre qui permettent aux agriculteurs d'assurer la diversification des activités dans les exploitations agricoles.

## Méthode

L'étude a été réalisée dans 4 villages (Gouzé, Bakaba, Ngoumbélé et Ngouyali) de la zone cotonnière et sur 30 exploitations agricoles. Ces villages ont été choisis sur la base du zonage agricole défini par l'Institut Centrafricain de la Recherche Agronomique (ICRA) et les exploitations ont été retenues en fonction de la typologie des exploitations agricoles de la zone cotonnière (8).

La démarche a consisté en un suivi rapproché de ces exploitations pendant trois campagnes agricoles (1998/99, 1999/00 et 2000/01). En outre, l'observation directe des pratiques de gestion globale (3), couplée à des entretiens avec l'agriculteur et sa famille, a permis de compléter les données du suivi. Les outils d'investigation utilisés ont été la fiche d'exploitation pour le suivi et le guide d'entretien semi-directif pour les entretiens sur les pratiques observées.

Les données recherchées ont concerné les deux principaux déterminants de la gestion globale de l'exploitation: la gestion de la main-d'œuvre et la gestion de trésorerie. Pour la gestion de la main-d'œuvre, les principales données ont concerné la division sexuelle des activités, la saisonnalité des travaux agricoles, le bilan de la main-d'œuvre, les périodes de pointe de travail, la forme de recours à la main-d'œuvre extérieure et son importance, et les mécanismes de régulation. Pour la gestion de trésorerie, elles ont concerné les recettes et leurs sources, les dépenses et leurs destinations, le bilan mensuel de trésorerie, les soldes mensuels cumulés et les mécanismes de régulation de trésorerie. Les méthodes utilisées pour le traitement de ces données ont été les analyses uni-

variées et graphiques sur les données quantitatives, et l'analyse de contenu sur les données qualitatives.

## Résultats

### Division sexuelle des activités

Les temps de travaux sont répartis sensiblement par moitié entre les cultures vivrières et les autres activités de l'exploitation (Tableau 1).

La culture du coton et l'élevage sont des activités à dominante masculine et les cultures vivrières sont des activités à dominante féminine. L'apiculture est une activité exclusivement masculine.

Quel que soit le type d'exploitations, plus de 60% du temps de travaux de la femme sont consacrés aux activités vivrières. En revanche pour l'homme, la répartition du temps de travaux dépend du type d'exploitation. Ainsi, plus de 50% du temps de travaux de l'homme sont consacrés à la spéculation autour de laquelle l'exploitation développe sa stratégie.

### Saisonnalité des travaux agricoles

L'intensité du travail dans la journée varie avec les saisons. La durée moyenne d'une journée de travail (JT) est de 7 heures, mais elle varie au cours de la campagne selon les saisons et en fonction des besoins de travail (Figure 1).

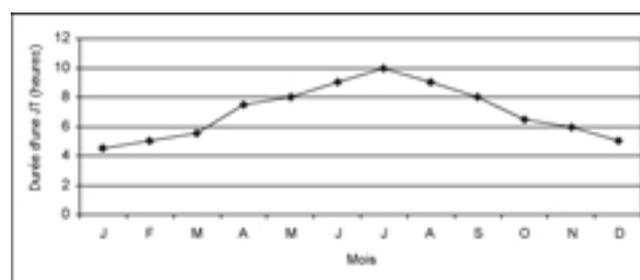


Figure 1: Durée moyenne d'une journée de travail par mois.

Le temps de travail disponible et le temps de travail demandé varient également avec les saisons (Figure 2).

**Tableau 1**  
**Temps de travaux en journées de travail (JT) par activité et par sexe**

Sexes	Coton	Vivriers	Elevage	Apiculture	Para-agricoles
Hommes	214 (55%)	78 (20%)	16 (4%)	27 (7%)	55 (14%)
Femmes	20 (10%)	154 (77%)	2 (1%)	0 (0%)	24 (12%)
Exploitation	165 (28%)	301 (51%)	24 (4%)	41 (7%)	59 (10%)

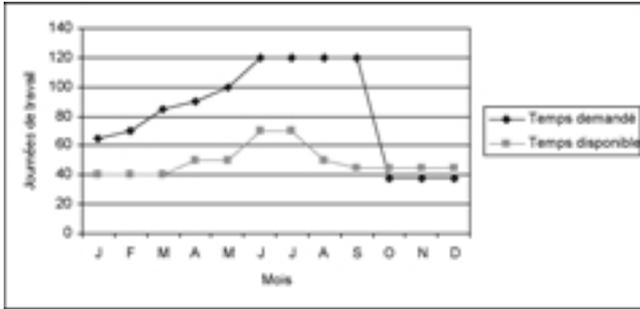


Figure 2: Temps de travail disponible et temps de travail demandé.

On distingue ainsi trois phases de saisonnalité des travaux agricoles: de janvier à mars où l'écart entre le temps demandé et le temps disponible est relativement petit, d'avril à septembre où l'écart devient relativement élevé et d'octobre à décembre où le temps disponible devient légèrement supérieur au temps demandé. Le temps de travail disponible, correspondant au temps de travail de la main-d'œuvre familiale, représente 58% du temps de travail demandé qui n'est rien d'autre que le besoin en main-d'œuvre pour toute l'exploitation.

**Recours des exploitations à la main-d'œuvre extérieure**

Les agriculteurs ont recours à la main-d'œuvre extérieure sous différentes formes pour combler le déficit en travail de leurs exploitations qui est de 42%. Trois formes de recours à la main-d'œuvre extérieure se distinguent (Figure 3): l'invitation aux travaux agricoles avec une contribution de 30% à la main-d'œuvre extérieure, suivie du salariat avec 7% et de l'entraide avec 5%.

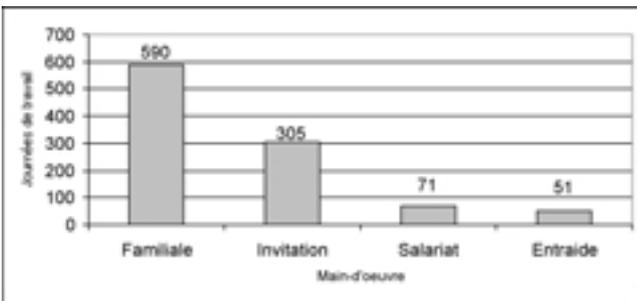


Figure 3: Part de la main-d'œuvre utilisée sur l'exploitation selon les sources.

Le déficit en travail se fait sentir lors de la réalisation des opérations nécessitant une équipe de travail ou lorsqu'un retard est pris dans le calendrier cultural. Ainsi, 40% de la main-d'œuvre extérieure sont destinés à la préparation du sol, 34% aux sarclages, 19% aux récoltes et 7% aux semis.

**Effets de la diversification sur la trésorerie**

Les recettes et les dépenses sont étalées sur toute l'année (Figure 4). Les ventes des produits agricoles (coton, manioc, arachide, maïs, sorgho, riz, etc.) contribuent pour 59% aux recettes. Les ventes des produits para-agricoles (bois de chauffe, poisson, gibier, etc.) contribuent pour 22% et celles des produits d'élevage (bétail et miel) contribuent pour 19% aux recettes.

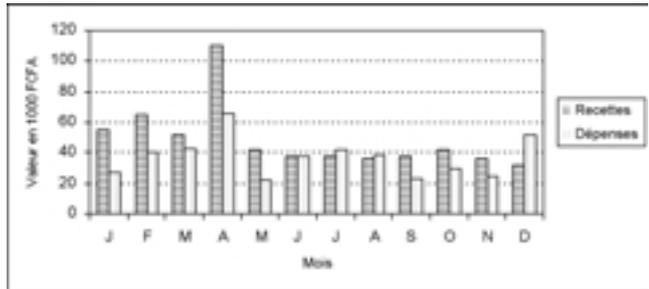


Figure 4: Evolution des recettes et dépenses moyennes des exploitations.

En revanche, 60% des dépenses sont affectés à la famille et 40% sont affectés à l'exploitation. Le taux de couverture de trésorerie est de 130%.

Le solde mensuel cumulé est positif pendant toute l'année (Figure 5).

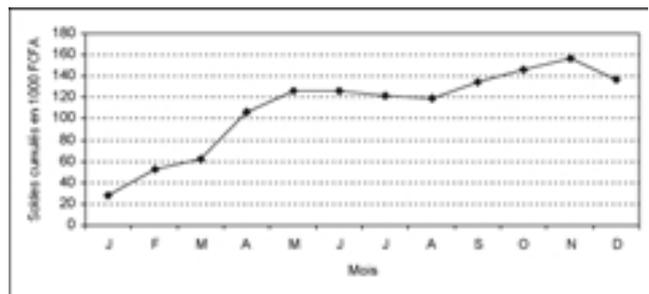


Figure 5: Evolution de soldes mensuels cumulés des exploitations.

Les agriculteurs vendent les produits stockés quand le solde cumulé diminue et effectuent les dépenses. Les pratiques de l'agriculteur consiste à thésauriser l'excédent de trésorerie afin de constituer un capital nécessaire pour réaliser les investissements.

**Discussions et conclusion**

Les résultats de l'étude montrent une répartition sexuelle des activités dans les exploitations. La prédominance masculine sur la culture cotonnière, l'élevage et l'apiculture s'expliquent par la recherche du revenu monétaire qui relève de l'homme et la prédo-

minance féminine sur les cultures vivrières est liée à la recherche de l'autosuffisance alimentaire qui relève de la femme. Cependant, la répartition sexuelle des activités n'est pas irréversible. L'homme peut changer de comportement dès qu'une activité féminine devient assez rémunératrice pour constituer une activité de rente. Nous avons noté ce comportement avec la production de semences d'arachides en contrat avec l'ICRA. En outre, avec la forte demande venant du Congo conjuguée à la baisse des prix du coton, la culture d'arachide tend à devenir une activité masculine. Ces résultats sont en accord avec les résultats publiés antérieurement par Boussard (2) sur le changement de comportement des hommes dans les exploitations casamançaises au sud du Sénégal en ce qui concerne la culture de riz. C'était une culture féminine puisque les femmes s'occupaient de la nourriture et le riz ne servait qu'à l'autoconsommation. En revanche, à partir du moment où il est devenu assez rémunérateur, les hommes s'y sont intéressés.

Les résultats montrent aussi une forte variation saisonnière des demandes de travail dans les exploitations. Si à certains moments de l'année, notamment en saison sèche, l'ensemble des activités ne réclame pas énormément de travail, à d'autres périodes, toutes les tâches devraient être accomplies en même temps. Il s'agit du pic de travail des mois de mai à septembre correspondant à la mise en place des cultures, aux sarclages et aux récoltes. Cette variation empêche de traiter le travail agricole comme une unité homogène sur une année (10): la production agricole étant par nature saisonnière, les temps de travail n'ont d'intérêt que s'ils sont situés dans le calendrier. Par ailleurs, à la différence des industries de transformation où les processus de travail ne sont pas liés à un quelconque moment de la journée ou de l'année, la plus grande partie du processus agricole exige à un certain moment des conditions climatiques favorables dont l'agriculteur ne bénéficie pas toujours (11). C'est pour cette raison que l'intensité du travail agricole est extrêmement irrégulière au cours de l'année. Le semis, les sarclages, les récoltes et d'autres travaux pour des cultures spécifiques exigent une quantité de travail exceptionnelle en une brève période de temps. A l'inverse, d'autres périodes, parfois fort longues, n'exigent aucun travail agricole particulier. Par ailleurs, à différents moments du cycle, ce qui varie n'est pas seulement le nombre de journées de travail (JT), mais également l'intensité du travail dans la journée. Ainsi, la durée moyenne d'une JT est de 7 heures, mais elle varie selon la saison de 4,5 heures à 10 heures durant la campagne agricole et en fonction des besoins de travail. La variation du niveau d'intensité du travail d'un mois à l'autre peut être expliquée par deux principaux facteurs. Ce sont d'une part la structure de la famille, notamment la pression qu'exercent sur les actifs les besoins en consommation et en argent de leur famille, et d'autre part, le climat qui

détermine les conditions locales de production (11). Toutefois, la variabilité du temps disponible au cours de l'année est aussi liée au coût d'opportunité de la main-d'œuvre familiale.

Ces résultats montrent que le taux de couverture de la main-d'œuvre familiale est de 58%, ce qui rend donc nécessaire la mobilisation de la main-d'œuvre extérieure pour réaliser certains travaux en temps opportun. Ainsi, toutes les exploitations ont recours à la main-d'œuvre extérieure d'origine villageoise pour assurer la diversification des activités. Si en saison sèche la diversification des activités ne réclame pas trop de travail, en saison pluvieuse toutes les activités doivent être accomplies en même temps, ce qui amène les agriculteurs à recourir à la main-d'œuvre extérieure. Ce caractère saisonnier du travail agricole est en accord avec les résultats publiés antérieurement (10, 11). Mais les formes de recours diffèrent d'un agriculteur à l'autre, ce qui confirme les résultats des travaux antérieurs (12). Les agriculteurs qui ont une épargne peuvent drainer par le biais de salariat et d'invitations la grande partie de la main-d'œuvre villageoise disponible. Ceux qui ne peuvent pas recourir à ces deux formes, développent une troisième forme de recours qui est l'entraide. L'invitation combine un aspect travail et un aspect festivité qui, selon certains agriculteurs, peut parfois nuire à l'efficacité du travail (12). L'exploitation invitante lance son invitation et prépare pour tous ceux qui viennent, hommes et femmes, un repas et une boisson locale. Pour le salariat, le recours est loin d'être exceptionnel et se développe rapidement. Les agriculteurs aisés préfèrent généralement payer un salarié à la journée ou à la tâche plutôt que de recourir aux invitations. En effet, une analyse économique de ces deux pratiques (invitation et salariat) montre que la main-d'œuvre salariée est rémunérée deux fois plus chère que la main-d'œuvre invitée, soit en moyenne 500 FCFA contre 250 FCFA la journée de travail (8). Le problème qui se pose pour le salariat, c'est que tout le monde dans le village devant à peu près à la même période se livrer de manière urgente aux mêmes activités, alors il est souvent difficile de recruter un salarié. En revanche, les pratiques d'invitation revêtent un caractère de réciprocité et de ce fait, il n'est pas possible de refuser l'invitation de quelqu'un qui est venu travailler dans votre exploitation. Pour l'entraide, elle revêt aussi un caractère de réciprocité. C'est une forme de travail sans rémunération qui consiste en l'aide des autres agriculteurs et les coups de main des amis et des parents. Toutefois, le recours à la main-d'œuvre extérieure, quelle que soit sa forme, reste une stratégie d'adaptation des agriculteurs au déficit en main-d'œuvre pour assurer la diversification des activités.

Les résultats de l'étude montrent également que la nature du système de production conditionne les rythmes des flux monétaires de trésorerie, ce qui confirme les résultats des travaux antérieurs (5). Pour

un système peu diversifié, le décalage entre les entrées et les sorties d'argent entraîne une marge de manœuvre réduite et pour un système plus diversifié, la marge de manœuvre est large à cause des entrées régulières. Par ailleurs, pour les agriculteurs centrafricains comme pour leurs collègues, la trésorerie est l'argent disponible à tout moment pour faire face aux dépenses. Cette définition est différente de celle donnée par le bilan comptable, qui considère la trésorerie comme une masse annuelle obtenue par différence. La logique d'adaptation des dépenses aux recettes amène les agriculteurs à vendre leurs produits tout le long de l'année. Ce qui confirme une fois de plus que

le choix de la diversification des activités est fait dans le souci de répondre aux besoins de trésorerie. Mais elle reste une stratégie limitée à cause des aléas du marché et n'apporte qu'une assurance partielle contre le risque (1). Cependant, la diversification des activités grâce au recours à la main-d'œuvre améliore la trésorerie des agriculteurs. On peut donc admettre que les agriculteurs ont raison de faire ce qu'ils font.

Ainsi, l'appui à une exploitation agricole pour améliorer sa trésorerie ne doit pas seulement prendre en compte la main-d'œuvre familiale disponible, mais doit aussi tenir compte de sa capacité à recourir à la main-d'œuvre extérieure.

### Références bibliographiques

1. Araujo Bonjean C. & Boussard J.M., 1999, La stabilisation des prix aux producteurs agricoles. Approche micro-économique. *Revue tiers monde*, 60, 902-928.
2. Boussard J.M., 1987, Economie de l'agriculture. *Economica*, Paris, 310 p.
3. Brossier J., 1989, Risque et incertitude dans la gestion de l'exploitation agricole. Quelques principes méthodologiques. *Risque en agriculture*, ORSTOM, pp. 25-46.
4. Brossier J., Chia E., Marshall E. & Petit M., 1997, Gestion de l'exploitation agricole familiale. *Eléments théoriques et méthodologiques*. CNERTA, Dijon, 215 p.
5. Chia E., 1987, Les pratiques de trésorerie des agriculteurs. La gestion en quête d'une théorie. Thèse de doctorat de 3<sup>e</sup> cycle en économie, Université de Dijon, 232 p.
6. Gafsi M. & Mbétid-Bessane E., 2001, Stratégies des producteurs de coton dans le contexte de libéralisation. Le cas de Centrafrique. Colloque international « un produit, une filière, un territoire », Toulouse, 21-23 mai 2001, 14 p.
7. Jamin J.Y., 1994, De la norme à la diversité: l'intensification rizicole face à la diversité paysanne dans les périmètres irrigués de l'Office du Niger. Thèse de doctorat en sciences agronomiques, INA-PG, 255 p.
8. Mbétid-Bessane E., 2002, Gestion des exploitations agricoles dans le processus de libéralisation de la filière cotonnière en Centrafrique. Thèse de doctorat (nouveau régime) en économie, Institut National Polytechnique de Toulouse, 317 p.
9. Pigé J., 2000, Typologie de fonctionnement des exploitations agricoles de la zone cotonnière ouest du Burkina-Faso. CIEPAC-SOFITEX-CIRAD, 55 p.
10. Reboul C., 1988, Les jours disponibles pour les façons culturales, données de base pour le choix des équipements. *Hommage à Claude Reboul*, INRA, Paris, pp. 85-90.
11. Tchayanov V.A., 1990, L'organisation de l'économie paysanne. *Librairie du regard*, Paris, 385 p.
12. Yung J.M., 1989, Aperçus sur le comportement des producteurs de coton en République Centrafricaine. SEDES, Paris, 159 p.

E. Mbétid-Bessane, Centrafricain, Docteur (nouveau régime) en Economie rurale, Maître-assistant à la Faculté de droit et des Sciences économiques, Université de Bangui, Chercheur au Pôle régional de Recherche Appliquée au développement des Savanes d'Afrique Centrale.

DANS LES UNIVERSITÉS...

UIT DE UNIVERSITEITEN...

IN THE UNIVERSITIES...

EN LAS UNIVERSIDADES...

## Optimisation and Rationalisation of Cattle Immunisation against *Theileria parva* in Eastern Zambia

T. Marcotty

Keywords: *Theileria parva*- Epidemiology- Immunisation- Titration- Lyophilisation

The most serious constraint of cattle rearing in Eastern Zambia has been East Coast Fever (ECF), and acute and often lethal tick-borne disease caused by the protozoan *Theileria parva*. A method of immunisation known as "infection and treatment" was developed in the seventies and has, so far, been the only efficient and available immuno- prophylactic control method. It is done by inoculating cattle with a stabilate of live *T. parva* sporozoites isolated from infected ticks, simultaneously to an injection of long-acting tetracycline. The method is based on the observation that animals recovering from ECF develop a strong immunity against subsequent homologous challenges. Unlike tick control, it needs to be applied only once in an animal's life span and, unlike chemotherapy, it is administered without emergency, in an organised manner.

At the beginning of the study, immunisation against ECF in Eastern Zambia was not sustainable. It was free of charge for the farmers. It was carried out by expatriate experts using four-wheel-drive vehicles to transport the vaccine stored in liquid nitrogen. Additionally, all vaccine titrations were done *in vivo*. The objective of this thesis was to confirm the suitability of immunisation to the epidemiological situation, to assess its efficiency and side-effects, to simplify its storage and distribution and to reduce its cost without diminishing its efficacy.

Two longitudinal studies allowed the characterization of the endemic and epidemic epidemiological states in the field. The effect of the climate on the tick phenology and on their vectorial capacity was demonstrated. The existence of a second tick generation p.a. seems to be important for the epidemiology of ECF since it allows the infecting stages of the vector and those prone to infection to feed simultaneously on the same host. Additionally, it shortens the interval between the infection of nymphs and the transfer of the infection by the adults. The deleterious effect of this interval on the infectivity of *T. parva* was confirmed.

Whilst endemicity seems unavoidable, it is imperative to protect the young stock against ECF given the severity of clinical reactions observed in the field. Immunisation by the infection and treatment technique seems to be the most appropriate method. The use of a univalent stock of *T. parva* seems preferable than the trivalent «Muguga cocktail». It appeared that mixing stocks that are appropriate for immunisation on their own might lead to an unsuitable cocktail. When trying to optimise one of the components of a cocktail, another one might become inefficient simply because the efficiency curves of the components are not in phase while the doses are linked. Furthermore, from a theoretical point of view, the use of foreign *T. parva* strains in the vaccine represents an additional risk as it might complicate the prevailing epidemiological situation.

This study also demonstrated that immunisation against ECF by the infection and treatment method using the Katete strain of *T. parva* induces a carrier state in cattle. This characteristic allows the infection to be picked up by both, the larvae and the nymphs of the vector tick. Such ticks were able to induce severe and even lethal clinical reactions in susceptible cattle. Larvae fed on carriers were however less infected than nymphs. The existence of a carrier state and the lethality of the reactions induced after transfer to susceptible cattle are important from the epidemiological point of view. They imply that immunisation by the infection and treatment method is not recommended in ECF free areas.

Maternal immunity does not seem to interfere with immunisation, but some data suggest that maternal antibodies reduce the seroconversion in calves.

The use of ice bath for field delivery of stabilates would make the cold chain less stringent as compared to liquid nitrogen containers. In experimental conditions, stabilates retained 95% of their initial efficiency after six hours of

storage at 2°C. A field trial indicated that stabilates kept for four to six hours on ice was even more efficient than stabilate thawed on the spot. This was probably due to the fact that deferred immunisation allows the use of more homogenous material. The transport of sporozoite stabilates on ice should allow a cheaper delivery, whereby motorbikes or bicycles are used instead of vehicles. Additionally, the use of a cheaper long-acting tetracycline was proposed since the efficacy of an acid formulation as chemotherapeutic agent for ECF immunisation was proven.

Three *T. parva* sporozoite stabilates were successfully lyophilised. The observation of schizonts and piroplasms in inoculated animals unequivocally proved that part of the sporozoites survived the process of lyophilisation, even if a great number of them were probably destroyed. The lyophilisation of stabilates seemed to allow a less stringent middle-term storage. The inoculation of lyophilised stabilate kept for two weeks in a fridge or for 12 weeks at -20°C induced clinical and parasitological reactions in susceptible animals.

Finally, a convenient method of *in vitro* titration of immunising stabilates was proposed. It is based on the *in vitro* infection and transformation of lymphocytes by *T. parva*. The fungal contaminations and the fragility of the cultures used to be the main constraints of the method. An experiment showed that fungi could be eliminated from stabilates by centrifuging the latter at 400 g for 10 minutes. Nystatin and flucytosine did not seem to interfere with the *in vitro* development of *T. parva* but their effect on fungal growth was limited. Titration was done in 96 well culture plates. Cultures were kept for 10 days at 37 °C in an atmosphere containing 5% CO<sub>2</sub> in air. The presence or absence of parasitic development was analysed in function of stabilate dilutions. *In vitro* titration turned out to be more sensitive than *in vivo* testing.

## Acknowledgements

This work was carried out in the framework of the programme Assistance to the Veterinary Services of Zambia (ASVEZA). ASVEZA was a bilateral co-operation project of the Government of the Republic of Zambia and the Belgian Administration for Development Co-operation (BADC) implemented by the Institute of Tropical Medicine (ITM). We are grateful to the Zambian farmers and workers, to the personnel of the Zambian Veterinary Services and to the personnel of the former BADC who allowed us to conduct this research. We are indebted to the ITM Veterinary Department and to Department of Parasitology of the Veterinary Faculty of the University of Liège for their scientific supervision.

List of articles published from thesis results:

1. Billiou M., Mataa L., Marcotty T., Chaka G., Brandt J. & Berkvens D., 1999, The current epidemiological status of bovine theileriosis in eastern Zambia. *Trop. Med. Int. Health*, 4: pp. A28-A33.
2. Marcotty T., Billiou M., Chaka G., Berkvens D., Losson B. & Brandt J., 2001, Immunisation against east coast fever by the infection and treatment method: evaluation of the use of ice baths for field delivery and appraisal of an acid formulation of long-acting tetracycline. *Vet. Parasitol.*, 99: pp. 175-187.
3. Marcotty T., Brandt J., Billiou M., Chaka G., Losson B. & Berkvens D., 2002, Immunisation against *Theileria parva* in eastern Zambia: influence of maternal antibodies and demonstration of the carrier status. *Vet. Parasitol.*, 110: pp. 45-56.
4. Marcotty T., Berkvens D., Besa R.K., Losson B., Dolan T.T., Madder M., Chaka G., Van den Bossche P. & Brandt J., 2003, Lyophilisation and resuscitation of sporozoites of *Theileria parva*: preliminary experiments. *Vaccine*, 22: pp. 213-216.
5. Marcotty T., Speybroeck N., Berkvens D., Chaka G., Besa R.K., Madder M., Dolan T.T. & Losson B., 2004, *In vitro* titration of *Theileria parva* tick derived stabilates. *Parasitology*, 128: pp. 131-137.

Languages: French and English

Date: 13<sup>th</sup> June 2003

Number of bibliographic references: 211

Number of figures: 26

Number of tables: 15

Number of annexes: 1

Composition of the Thesis Committee:

Professor B. Losson, Promoter, Université de Liège

Professor J. Brandt, Prins Leopold Instituut voor Tropische Geneeskunde

Professor B. Goddeeris, Katholieke Universiteit Leuven

Results: Doctorate in Veterinary Sciences with the greatest distinction.

Prins Leopold Instituut voor Tropische Geneeskunde, Nationalestraat 155, 2000 Antwerpen. Tel: + 3 247 62 63. Fax: + 3 247 62 68. E-mail: tmarcotty@itg.be.

## BIBLIOGRAPHIE

## BOEKBESPREKING

BIBLIOGRAPHY

BIBLIOGRAFIA

## Zootechnie d'insectes. Elevage et utilisation au bénéfice de l'homme et de certains animaux

J. Hardouin &amp; G. Mahoux

Bulletin Semestriel d'information sur le Mini-élevage. Numéro spécial 2003. 149 pages.  
Bureau pour l'Échange et la Distribution de l'Information sur le Mini-Elevage (BEDIM), 2003.

Beaucoup d'entre vous et certainement ceux qui l'ont reçue via RIPROSAT ou au moment où ils ont suivi le CIP-SAT, se souviendront de la cassette vidéo sur le mini-élevage en milieu tropical produite par BEDIM en 1992.

Dans le même ordre d'idée et dans le cadre de ses activités de diffusion de l'information sur ce type d'élevage, BEDIM vient de produire un document important sur les différentes facettes de la zootechnie des insectes.

En matière d'entomologie, le zootechnicien formé "classiquement" ne possède, en général, que des connaissances entomologiques concernant les insectes vecteurs de maladies animales, ou de ceux qui provoquent des dégâts aux cultures fourragères. Les connaissances en matière d'élevage des insectes se limitent à l'élevage du ver à soie (sériculture) et à celui des abeilles (apiculture).

Néanmoins, dans les zones tropicales et subtropicales, beaucoup d'autres espèces d'insectes représentent une importante source de protéines alimentaires pour l'homme et pour certains animaux domestiques.

Longtemps méconnu, l'apport alimentaire de ces insectes commence à attirer l'attention des chercheurs. La substitution de farines d'insectes aux farines de poissons classiques de l'alimentation des volailles représente également une alternative intéressante.

L'intérêt du livre de Jacques Hardouin et Guy Mahoux est qu'il présente une synthèse rigoureuse des connaissances actuelles dans le domaine. Après des rappels en entomologie, il donne des informations concrètes sur la zootechnie des différentes espèces.

Le scientifique, aussi bien que l'opérateur du terrain, y trouve les éléments nécessaires pour envisager ce type d'élevage. Le livre est certainement à conseiller à ceux qui sont ouverts à d'autres alternatives que les formules classiques d'élevage et qui sont prêts à promouvoir ces alternatives dans le contexte de leurs activités professionnelles.

Ce livre peut être obtenu via Madame Roubinkova, Bibliothèque FUSAGx, 2 Passage des Déportés à B-5030 Gembloux Belgique.

Le prix est de : 10 euros si le livre est retiré à Gembloux (payé sur place), 15 euros si expédié en Belgique, 17 euros dans un pays de l'Union européenne ou 20 euros dans le reste du monde.

Paiement au compte bancaire «BEDIM-LIVRES», à la banque ING (ex-BBL) Bruxelles, n° 340-1436468-33, code IBAN BE79 3401 4364 6833 et code BIC/SWIFT BB R U BE BB.

Ces données peuvent être également trouvées sur le site internet: <http://www.bib.fsagx.ac.be/bedim/production/bulletin/insect.html>

E. Thys  
Janvier 2004

# Maladie des salades

## Identifier, Connaître et maîtriser

D. Blancard, H. Lot & B. Maisonneuve

Ouvrage édité par les Editions INRA, Paris 2003, 390 pages, ISBN 2-7380-1057-1

Prix: 58 Euros + 5 Euros de port

Cet ouvrage reprend la démarche analytique qui a contribué au succès de trois précédents livres sur les maladies de la tomate, des cucurbitacées et du tabac. Il s'agit d'un véritable outil de diagnostic avec lequel le lecteur pourra identifier un problème phytosanitaire survenant sur une culture de salade. C'est également un outil pédagogique complet avec des fiches détaillées ainsi que plusieurs photos permettant à l'utilisateur de bien connaître les principales caractéristiques des agents pathogènes.

La première partie du livre décrit le diagnostic des maladies parasitaires et non parasitaires dont les anomalies, et les altérations des feuilles, et de la pomme et/ou des organes souterrains. La deuxième partie traite les principales caractéristiques des agents pathogènes, et des méthodes de protection. Les auteurs décrivent dans cette partie du livre les champignons attaquant les différents organes. Ils commencent par la description des champignons attaquant essentiellement les feuilles pour finir par des champignons colonisant les racines et les vecteurs de virus. Ils décrivent également dans cette partie du livre les bactéries affectant les feuilles et la pomme et celles affectant plutôt la tige ou les racines. Le phytoplasme appartenant au groupe des jaunisses de l'aster y est également décrit ainsi que les différents virus transmis par les pucerons, les aleurodes, les thrips, les nématodes et les champignons. Enfin, les nématodes à galles et semi-endomigrateurs sont présentés.

Le livre contient aussi une annexe relative à la résistance des salades aux agents pathogènes ainsi qu'un glossaire des termes utilisés.

Les grandes qualités didactiques et pratiques de cet ouvrage sont susceptibles d'intéresser tout lecteur soucieux de la défense des végétaux qu'il soit étudiant, praticien de terrain, chercheur ou enseignant. Il est spécialement à recommander aux horticulteurs des pays en développement qui doivent bien connaître et bien maîtriser les maladies des salades afin de pouvoir les diagnostiquer et les contrôler, ce qui est un pré-requis indispensable à la mise en œuvre d'une protection raisonnée et efficace.

G. Harelimana  
Septembre 2003

### 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 harrineren 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.

## 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 aid of the «Directorate- General for Development Cooperation (D.G.D.C.), Federal Public Service Foreign Affairs, Foreign Trade and Development Cooperation Belgium», and the «Région Bruxelles - Capitale».

Agri-Overseas is composed of both individual members and members of the following Belgian Institutions: 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 de Notre Dame de la Paix (Namur), the Fondation Universitaire Luxembourgeoise (Arlon) and the Directorate General for International Co-operation (DGIC).

### Board

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

### Editorial Staff

The Publication Committee of TROPICULTURA is made up of Dr Ir G. Mergeai, Chief editor, and the following editorial staff: Professor Dr J. Deckers for Ecology, Soil Fertility and Farming Systems, Professor Dr J.-C. Micha for «Fishing and Pisciculture», Dr E. Thys for «Animal Production and Game», Professor Dr Ir P. van Damme for «Agronomy and Forestry», Professor Dr J. Vercruyse 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

1A, Square du Bastion, B- 1050 Brussels – Belgium  
Telephone: ++32.2.550 19 61/ 62; Fax.: ++32.2.514 72 77  
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) the tables numbered in Arabic numerals; (v) illustrations clearly identified with a number on the back; (vi) captions of the illustrations and tables. All the pages should be continuously numbered. The figures 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

2004 Vol. 22 N° 2

Four issues a year (April- May- June)

## CONTENTS

### ORIGINAL ARTICLES

- The Effect of Short Rotation *Desmodium distortum* Planted Fallow on the Productivity of Ultisols in Centre Cameroon (*in English*)  
**F. Kaho, M. Yemefack, B.A.K. Nguimgo & C.G. Zonkeng** ..... 49
- Comparative Evaluation of Physico-chemical Characteristics of Flours from Steeped Tubers of White Yam (*Dioscorea rotundata* Poir), Water Yam (*Dioscorea alata* L.) and Yellow Yam (*Dioscorea cayenensis* Lam) (*in English*)  
**C.I. Iwuoha**..... 56
- Evaluation of the Productivity of the Periurban Sheep at Maroua in the Far North of Cameroon (*in French*)  
**S. Killanga, B. Faya & Z.L. Obounou** ..... 64
- Modelling of the Dehydration of *Canarium schweinfurthii* Engl. Fruit Pulp (*in French*)  
**G.B. Noumi, S. Laurent, E. Ngameni, C. Kapseu, Y. Jannot & M. Parmentier** ..... 70
- Physico-chemical Properties of Starch from Ginger Rhizome (*Zingiber officinale roscoe*) of Ivory Coast (*in French*)  
**N'G.G. Amani, F.A. Tetchi & Aissatou Coulibaly** ..... 77
- Comparative Trials on Maggot Production in Chicken Droppings and Cow Dung (*in French*)  
**M. Mpoame, A. Téguia & Edwige Laure Nguemfo**..... 84
- TECHNICAL NOTES
- Weakness of Family Man Power and Diversification of Farms Activities in the Cotton Zone of Central African Republic (*in French*)  
**E. Mbétid-Bessane**..... 88
- IN THE UNIVERSITIES...
- Optimisation and Rationalisation of Cattle Immunisation against *Theileria parva* in Eastern Zambia (*in English*)  
**T. Marcotty**..... 93
- BIBLIOGRAPHY ..... 95

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

