

26 JAN. 1998

# TROPICULTURA

1996 Vol. 14 N. 4

Trimestriel (mars - juin - septembre - décembre)

Driemaandelijkse (maart - juni - september - december)

Se publica por año (en marzo - junio - septiembre - diciembre)



Editeur responsable / Verantwoordelijke uitgever  
J. GIJSEN

AGCD - Rue Brederode 6, Brederodestraat - ABOS  
1000 Bruxelles / Brussel



## SOMMAIRE / INHOUD / SUMARIO

### ARTICLES ORIGINAUX/OORSPRONKELIJKE ARTIKELS/ARTICULOS ORIGINALES

Prévalence de parasites gastro-intestinaux et inventaire de mollusques dans les hauts-plateaux d'Uvira, Est du Zaïre Prevalentie van gastro-intestinale parasieten en inventaris van de mollusken op het hoogplateau van Uvira, Oost-Zaire. Predominio de parásitos gastro-intestinales e inventario de moluscos en el altiplano de Uvira, este del Zaïre <b>M. Bagalwa, M. Masunga, K. Balagizi &amp; K. Ntumba</b> .....	129
Fermentation méthanique des déchets de bovins: étude du temps de rétention hydraulique, de la température et de la concentration en substrat Methaangisting van uitwerpselen van runderen: studie van de waterretentietijd, temperatuur en substraatconcentratie Fermentación metánica de desechos bovinos: estudio del tiempo de retención hidráulica, de la temperatura y de la concentración en substrato <b>Zoubida Zennaki-Bensouda, A. Zaid, Hchouma Lamini, M. Aubineau &amp; M. Boulif</b> .....	134
Bilan du programme d'amélioration en riziculture d'altitude au Burundi (1300-1700 m) Balans van het verbeteringsprogramma van de rijstteelt in de hooglanden van Burundi (1300-1700 m) Balance del programa de mejoramiento en cultivos de arroz de altitud en Burundi <b>J-P. Tilquin, J-F. Detry, A. Nizigiyimana, C. Boels &amp; A. Ndayiragije</b> .....	141
Utilisation des gousses de <i>Phliostigma reticulatum</i> (DC.) HOCHST, et de feuilles de <i>Cajanus Cajan</i> (L.) MILLSP. en combinaison avec l'urée pour l'engraissement des moutons Djallonké type Mossi et du Sud au Burkina Gebruik van doppen van <i>Phliostigma reticulatum</i> (DC.) HOCHST en van bladeren van <i>Cajanus cajan</i> (L.) MILLSP. in combinatie met ureum voor de vetmesting van Djallonké schapen van het Mossi type in het zuiden van Burkina Utilización de vainas de <i>Phliostigma reticulatum</i> (DC.) HOCHST, y de hojas de <i>Cajanus cajan</i> (L.) MILLSP. en combinación con la urea para el engorde de corderos Djallonké tipo Mossi en el sur de Burkina <b>J.S. Zoundi, A.J. Nianogo &amp; L. Sawadogo</b> .....	149
Les modes de production pour une gestion durable des ressources naturelles Productiemethoden voor een duurzaam beleid van de natuurlijke hulpbronnen Modos de producción para un manejo durable de los recursos naturales <b>S. Ouedraogo, D. Deybe &amp; Françoise Gérard</b> .....	153
Le secteur céréalier tunisien: croissance et changement structurel Groeï en structurele wijziging van de graangewassensector van Tunesië El sector cerealista tunecino: crecimiento y cambio estructural <b>D. Méhouachi</b> .....	160
 NOTES TECHNIQUES/TECHNISCHE NOTA'S/NOTAS TECNICAS	
Causes of Rabbit Mortality at Mankon Research Station, Cameroon (1983-1987) Les causes de mortalité des lapins à la Station de Recherche de Mankon, Cameroun (1983-1987) Oorzaken van konijnsterfte op het Mankon onderzoekstation, Kameroen (1983-1987) Las causas de mortalidad de conejos en la Estación de Investigación de Mankon en Camerún (1983-1987) <b>A.N. Nfi &amp; B.N. Ndong</b> .....	165
Influence du tuteurage sur la production en tubercules de <i>Psophocarpus tetragonolobus</i> (L.) D.C. à Bunia - Zaïre Invloed van het opbinden op de productie van knollen van <i>Psophocarpus tetragonolobus</i> (L.) D.C. te Bunia - Zaïre Influencia de la rodrigazón sobre la producción de tubérculos de <i>Psophocarpus tetragonolobus</i> (L.) D.C. Bunia - Zaïre <b>K. Kitambala</b> .....	168
 BIBLIOGRAPHIE/BOEKBESPREKING/BIBLIOGRAFIA .....	170
 INDEX VOLUME 14 / INDICES VOLUMEN 14 .....	173

English contents on back cover

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 de leurs auteurs  
De geformuleerde stellingen en de gebruikte vorm zijn op de verantwoordelijkheid van de betrokken auteurs  
Las opiniones emitidas y la forma utilizada conciernen unicamente la responsabilidad de los autores

## ARTICLES ORIGINAUX

## OORSPRONKELIJKE ARTIKELS

## ORIGINAL ARTICLES

## ARTICULOS ORIGINALES

**Prévalence de parasites gastro-intestinaux et inventaire de mollusques dans les Hauts-Plateaux d'Uvira, est du Zaïre<sup>1</sup>**

M. Bagalwa\*, M. Masunga\*\*, K. Balagizi\*\* &amp; K. Ntumba\*\*

Key words : Prevalence - Gastro-intestinal parasites - Snail Inventory - High-Plateaus - Uvira - Zaire.

**Résumé**

*Des investigations sur l'état sanitaire de l'élevage ont été menées dans les Hauts-Plateaux d'Uvira en vue d'élucider l'importance des infestations parasitaires dans le développement de l'élevage du bétail. Ainsi la recherche parasitaire et l'inventaire des mollusques ont été réalisés dans le but de montrer, d'une part la nature, la fréquence et la gravité des helminthes gastro-intestinaux et d'autre part les causes de ces infestations dans cette région de haute altitude.*

*Sur 318 échantillons des matières fécales examinés 311 étaient positifs (97,8 %). Les principaux parasites observés lors de la coproscopie étaient : Eimeria sp (92,1 %), Schistosoma bovis (83,0 %), Buxtonella sp (40,6 %), Haemonchus sp (29,2 %), Trichostrongylus sp (23,9 %), Moniezia sp (15,1 %), Toxocara vitulorum (11,9 %), Chabertia sp (11,9 %), Cooperia sp (10,1 %), Fasciola hepatica (8,2 %), Strongyloides sp (6,3 %), Ostertagia sp (5,3 %), Oesophagostomum sp (4,4 %), Bunostomum sp (3,5 %) et Nematodirus sp (0,6 %).*

*En ce qui concerne les mollusques échantillonnés, sept espèces ont été inventoriées dans cette région notamment les espèces aquatiques Potadomoides schouterdeni (Thiaridae), Segmentorbis sp (Planorbidae), Syrnelopsis gracilis (Syrnelopsis), Pisidium casertanum et P. nitidum (Sphaeridae) et les espèces terrestres Burtoa sp et une autre qui reste indéterminée.*

**Summary**

*Investigations on the cattlebreeding state have been carried out in the High Plateaus of Uvira in view to elucidate the importance of the parasitic pathology on the development of the cattle. The epidemiological study of gastro-intestinal diseases of the cattle and the snail inventory have been done in order to show, on the one hand, the nature, frequency and the gravity of gastrointestinal parasites and on the other hand, the causes of these infestations. Among the 318 samples of faeces examined, 311 have been positive (97.8 %). The main parasites observed from the coproscopy were: Eimeria sp or Coccidia (92.1 %), Schistosoma bovis (83.0 %), Buxtonella sp (40.6 %), Haemonchus sp (29.2 %), Trichostrongylus sp (23.9 %), Cooperia sp (10.1 %), Chabertia sp (11.9 %), Moniezia sp (15.1 %), Strongyloides sp (6.3 %), Fasciola hepatica (8.2 %), Ostertagia sp (5.3 %), Toxocara vitulorum (11.9 %), Oesophagostomum sp (4.4 %), Bunostomum sp (3.5 %) et Nematodirus sp (0.6 %).*

*Seven species of snails have been sampled such as the aquatic species Pisidium casertanum, P. nitidum (Sphaeridae), Segmentorbis sp (Planorbidae), Syrnelopsis gracilis (Syrnelopsis) and Potadomoides schouterdeni and the terrestrial one Burtoa sp and an other one which still remains undetermined.*

**1. Introduction**

La prévalence et l'incidence des parasites gastro-intestinaux du bétail en Afrique sont probablement plus élevées que celles des humains (3). Certaines espèces d'helminthes parasites des animaux infestent aussi l'homme et sont ainsi considérées comme agents causaux des zoonoses (ex: la Schistosomiase et la Fasciolose animale). Ces dernières constituent parfois un problème de santé publique. Cependant, depuis plusieurs années on ne leur accorde aucune attention particulière car elles ont été très peu signalées (20).

Au Sud-Kivu, l'élevage du bétail existe depuis bien longtemps. Il constitue une des préoccupations majeures de la population dans les milieux ruraux en général et particulièrement dans les Hauts-Plateaux

d'Uvira. Dans cette région plusieurs maladies parasitaires entravent la promotion de l'élevage des animaux, notamment en empêchant parfois l'amélioration du cheptel de race locale par le croisement des géniteurs de race exotique qui malheureusement sont très sensibles à ces maladies.

Etant donné l'impact de la pathologie parasitaire sur le développement de l'élevage des ruminants, l'ONG MILIMA a fait appel au Centre de Recherche en Sciences Naturelles de Lwiro (C.R.S.N. / Lwiro) pour mener des investigations sur les problèmes de l'élevage dans les Hauts-Plateaux d'Uvira. Au cours de ces enquêtes la prévalence des parasites gastro-intestinaux et l'inventaire des mollusques ont été étudiés.

A part l'étude de Marlier et al (11), sur le lac Lungwe

<sup>1</sup> Travail soutenu avec la collaboration du groupe MILIMA.

\* Laboratoire de Malacologie C.R.S.N. / Lwiro D.S. Bukavu, c/o Dr Baluku Bajope. B.P. 254 Bujumbura - Burundi

\*\* Laboratoire d'Entomologie vétérinaire - C.R.S.N. / Lwiro.

Reçu le 11.10.94 et accepté pour publication le 26.02.96.

qui a signalé la présence des quelques mollusques reconnus comme hôtes intermédiaires des trématodes, il n'existe pas de renseignements récents sur les recherches parasitaires et malacologiques dans les Hauts-Plateaux.

Ce travail se propose donc de présenter les parasites gastro-intestinaux du bétail et les mollusques des Haut-Plateaux d'Uvira.

## 2. Milieu d'étude

### 2.1. Situation géographique et climatique

Le milieu d'investigation est une zone d'altitude de la province du Sud-Kivu, située dans les collectivités de Bafulero et Bavira sur le flanc Est de la chaîne de Mitumba (Fig 1). Cette zone est une savane herbeuse de montagnes, dominée par des graminées et quelques arbustes. L'altitude varie entre 2000 et 3200 m, son climat est tropical, tempéré par l'altitude. On distingue principalement deux saisons: une saison des pluies de 9 mois (de septembre à mai) et une saison sèche de 3 mois (de juin à août). La température moyenne annuelle est voisine de 13,9 °C (11, 18).

La région est parcourue par de nombreux cours d'eau qui prennent leurs sources dans les différents marais qui traversent les pâturages et où les bêtes s'abreuvent. Ces marais occupent plus de la moitié des terres de cette région.

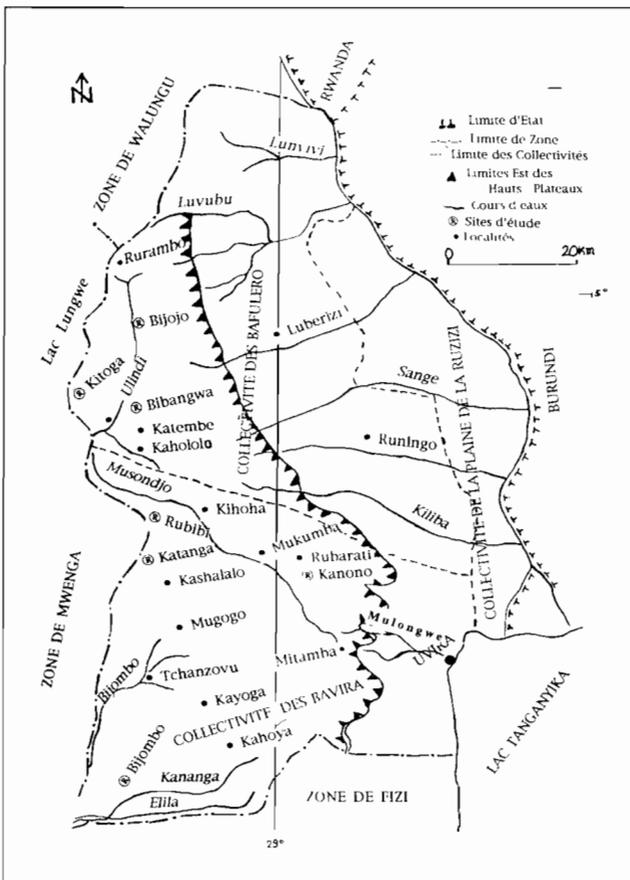


Figure 1 Les Hauts-Plateaux d'Uvira (Source : WEIS G., 1958)

### 2.2. Gestion de l'élevage

L'élevage du bétail dans les Hauts-Plateaux est exclusivement familial de type traditionnel. Il est pratiqué pour résoudre certains problèmes sociaux (dot, scolarisation, accueil...). Il constitue aussi une source de revenus pour les éleveurs. Cet élevage porte essentiellement sur les vaches, moutons, chèvres tous de race Africaine.

Les animaux pâturent en liberté dans des troupeaux purs (bovins, caprins, ovins) ou mélangés (caprins et ovins). Pendant la saison sèche les éleveurs pratiquent la transhumance vers les montagnes d'Itombwe et à Kambambare au Maniéma. Dans les pâturages des Hauts-Plateaux d'Uvira il n'existe ni abreuvoirs ni structures de soins de santé vétérinaire spécifique.

Néanmoins, les bêtes reçoivent occasionnellement du sel de cuisine et des vermifuges.

### 2.3. Population

La population des Hauts-Plateaux est essentiellement pastorale. Actuellement, quelques initiatives agricoles sont entreprises par le groupe MILIMA, depuis 1989, pour développer les autres activités agricoles (9).

## 3. Matériel et Méthodes

### 3.1. Matériel

L'étude sur la prévalence de parasites gastro-intestinaux et l'inventaire des mollusques a été faite en mai 1994 et avril 1995 pendant la saison de pluies. Les échantillons ont été prélevés durant 15 jours de chaque mois.

Nous avons prélevé et examiné 318 échantillons de matières fécales provenant de 196 bovins, 58 caprins et 64 ovins. Ces animaux appartiennent à 20 troupeaux de 653 bovins, 577 caprins et 649 ovins répartis dans 7 villages (Bibangwa, Kitoga, Bijojo, Bijombo, Nyankirango, Rubibi et Kanono). Les bêtes à examiner ont été prises par tirage au sort dans les troupeaux (mâles, femelles, jeunes, adultes, malades et en bonne santé).

Des échantillons d'herbes de pâturages, eau de marais et des ruisseaux fréquentés par les animaux et les humains ont aussi été examinés afin d'avoir une idée du degré de leur infestation.

Par site, nous établissons une fiche comprenant : le nom du pâturage, le nom du propriétaire, le lieu, la date, l'espèce animale, l'âge, le sexe, l'anamnèse et le diagnostic de chaque bête. Aucun animal n'a été examiné deux fois dans ces troupeaux (mai 94 et avril 95).

### 3.2. Technique parasitologique et malacologique

#### 3.2.1. Matières fécales, herbes et eaux

Les échantillons de matières fécales (5g / animal) ont été prélevés au rectum de chaque bête avec les doigts gantés. Ils ont été mis dans les tubes en verre ou en plastique portant les coordonnées de l'éleveur ainsi que des précisions sur la qualité de l'échantillon et l'état général de la bête. Ces échantillons ont été acheminés directement dans un local choisi pour les

**Tableau 1 : Résultats des examens coproscopiques par espèces animales dans les stations du Hauts-Plateaux d'Uvira**

Parasites	Bovin N = 196		Caprin N = 58		Ovin N = 64		Total N = 318	
	A	%	A	%	A	%	A	%
<i>Eimeria</i> sp	187	95,4	46	79,3	60	93,8	293	92,1
<i>Buxtonella</i> sp	78	39,8	22	37,9	29	45,3	129	40,6
<i>Moniezia</i> sp	34	17,3	8	13,8	6	9,4	48	15,1
<i>Schistosoma bovis</i>	177	90,3	44	75,9	43	67,2	264	83,0
<i>Fasciola hepatica</i>	25	12,8	1	1,7	-	-	26	8,2
<i>Toxocara vitulorum</i>	28	14,3	8	13,8	2	3,1	38	11,9
<i>Nematodirus</i> sp	1	0,5	-	-	1	1,6	2	0,6
<i>Haemonchus</i> sp	48	24,5	22	37,9	23	35,9	93	29,2
<i>Ostertagia</i> sp	8	4,1	2	3,5	7	10,9	17	5,3
<i>Trichostrongylus</i> sp	36	18,4	17	29,3	23	35,9	76	23,9
<i>Oesophagostomum</i> sp	10	5,1	3	5,2	1	1,6	14	4,4
<i>Chabertia</i> sp	12	6,1	12	20,7	14	21,9	38	11,9
<i>Bunostomum</i> sp	8	4,1	2	3,5	1	1,6	11	3,5
<i>Strongyloide</i> sp	9	4,6	4	6,9	7	10,9	20	6,3
<i>Cooperia</i> sp	15	7,7	5	8,6	12	18,8	32	10,1

examens coproscopiques directs et par enrichissement (flotaison) recommandés par Gampel et al (6). La détermination des oeufs d'helminthes a été faite suivant les clés proposées par Brump (4), Neveu-Lemaire (14), et Tobback (20).

En vue de compléter les études coproscopiques qualitatives une quantification des oeufs des strongles par gramme de matière fécale (EPG) a aussi été réalisée suivant la méthode de Macmaster (1).

L'herbe a été récoltée dans 10 pâturages et traitée selon la méthode de sédimentation proposée par Gatongi et al (7). Compte-tenu de l'équipement disponible sur le terrain, la détermination des espèces de larves d'helminthes n'était pas possible. Aussi, nous sommes nous limités à seulement les compter

Le prélèvement des eaux a été fait dans des tubes à essai et leurs examens à l'oeil nu et puis au microscope. Les oeufs et les larves des helminthes ont été déterminés à l'aide des clés de Neveu-Lemaire (14) et Tobback (20).

### 3.2.2. Mollusques

Les mollusques dulcicoles ont été prélevés dans les ruisseaux et les marais à l'aide d'un filet à petite maille (2 mm) et à ouverture rectangulaire (30 x 20 cm) à raison d'un prélèvement pour une durée de 15 minutes par site. La méthode uniforme d'unité de temps standardisée recommandée par Olivier et Scheiderman (16) a été utilisée dans cette étude. Pour chaque prélèvement, les mollusques récoltés ont été triés, comptés et identifiés au laboratoire suivant la clé de Brown (3).

Tandis que les mollusques terrestres ont été récoltés dans les prairies sur l'herbe en suivant les parcours des bêtes. Les spécimens des mollusques trouvés ont été identifiés suivant la clé de Pilsbry et al (17).

Les mollusques ainsi récoltés ont été placés dans des tubes à essai à raison d'un mollusque par tube et remplis d'eau distillée jusqu'au 3/4. Ces tubes à essai ont été exposés au soleil pour la recherche des larves. Les cercaires émises par les mollusques ont été identifiées suivant la clé de Fain (5).

## 4. Résultats

### 4.1. Infestation parasitaire du bétail

Pour les 318 échantillons des matières fécales des bovins, caprins, et ovins examinés, 311 étaient positifs (97,8 %). Ces examens ont permis d'identifier les parasites à protozoaires, à trématodes, à nématodes et à cestodes dont les espèces de parasites les plus souvent observées chez les animaux sont dans l'ordre décroissant: *Eimeria* sp (92,1%), *Schistosoma bovis* (83,0 %), *Buxtonella* sp (40,6%) *Haemonchus* sp (29,2 %), *Trichostrongylus* sp (23,9 %), *Moniezia* sp (15,1 %), *Toxocara vitulorum* (11,9 %), *Chabertia* sp (11,9 %), *Cooperia* sp (10,1 %), *Fasciola hepatica* (8,2 %), *Strongyloides* (6,3 %), *Ostertagia* sp (5,3 %), *Oesophagostomum* sp (4,4 %), *Bunostomum* sp (3,5 %), *Nematodirus* sp (0,6 %). (Tableau 1).

De ces animaux, les jeunes sont plus infestés que les adultes et les taux d'infestation de ces tranches d'âge est respectivement de 86,6 et de 13,4 %.

La répartition des groupes de parasites et les espèces animales concernées est reprise au Tableau 2. Cette répartition montre que les *Eimeria* sp. sont plus dominant dans les examens coproscopiques suivis des trématodes, strongles et cestodes.

**Tableaux 2 : Répartition par groupe des parasites et par espèce animale dans les Hauts-Plateaux pendant la période de mai 94 et avril 95.**

Espèce animale	Bovin N = 196		Caprin N = 58		Ovin N = 64		Total N = 318	
	A	%	A	%	A	%	A	%
Coccidie	179	91,3	54	93,1	60	93,8	293	92,1
Strongles	77	39,3	42	72,4	47	73,4	166	52,2
Cestodes	33	16,8	13	22,4	9	14,1	55	17,3
Trématodes	178	90,8	41	70,7	45	70,3	264	83,0

En ce qui concerne les examens ovoscopiques quantitatifs (Tableau 3), on remarque que les quantités d'oeufs de strongles par gramme de matière fécale varie d'une espèce animale à l'autre : bovin 513, caprin 3492 et ovin 1269 oeufs/g de matière fécale.

**Tableau 3: Résumé des résultats des moyennes des oeufs par gramme de matière fécale (EPG) des strongles dans les Hauts-Plateaux d'Uvira pendant la période de mai 94 et avril 95 selon la méthode McMaster.**

Espèce Animale	Nombr Ech.	Strongles / Moyenne - EPG/animal							Total Moy. EPG
		HC	Tri	Coo	Ost	Ch	Bun	Str	
Bovin	60	60	201	96	30	90	6	30	513
Caprin	17	582	2037	423	27	396	27	-	3492
Ovin	19	237	867	93	24	48	-	-	1269

Légende HC = *Haemonchus* sp Ch = *Chabertia* sp  
 Tric = *Trichostrongylus* sp Bun = *Bunostomum* sp  
 Coo = *Cooperia* sp Str = *Strongyloides* sp  
 Ost = *Ostertagia* sp

#### 4.2. Infestation des pâturages

En vue de compléter les examens coproscopiques nous avons procédé à la recherche des larves des helminthes sur l'herbe des pâturages. A cette fin, 10 pâturages ont été examinés et il ressort que la moyenne des larves parasitant les pâturages est de 9 larves /kg d'herbes.

#### 4.3. Infestation des eaux de boisson

Les observations faites sur les échantillons d'eau obtenus à partir des ruisseaux et marais où les bêtes vont s'abreuver montrent que ces eaux sont fortement contaminées par des larves oeufs des helminthes et d'autres insectes aquatiques indicateurs du milieu saprobiotique. Ces insectes et larves sont : Sialis, Corixe, Nectonecte, Odonate, Ephémère, Chironome (Tableau 4).

**Tableau 4 : Recherche des parasites dans les eaux de boisson du bétail.**

Site	Nbre éch.	pH	T°	Espèce de parasites						
				Larves sgs	Protozoaires cre	Oeuf ccds	Ins. BI	Tri	Sch	+
BBA	7	4,3	12	+	+	-	+	-	+	+
BJO	4	4	10	+	-	+	+	-	-	+
KTA	3	4,3	12	+	+	+	+	+	-	+
BIB	15	6,3	14,6	+	+	+	+	-	-	+
NKG	10	6	10,5	+	-	-	-	-	-	+
RUB	6	6,3	18	+	+	+	+	-	+	+
KAN	4	5,8	14	+	-	-	-	+	+	+

Légende: Nbre éch = Nombre d'échantillons Sgs = Sangsue  
 BJO = Bijojo KTA = Kitoga  
 BIB = Bijombo BBA = Bibangwa  
 NKG = Nyakirango RUB = Rubibi  
 KAN = Kanono Cre = Cercaire  
 Ccdis = Coccidie BI= Balantidium  
 Tri = Trichomonas Sch = Schistosoma

En plus nous avons récolté et identifié 321 mollusques appartenant à 7 espèces dont 4 familles aquatiques et 2 familles terrestres dans 25 stations sur les 38 prospectées. Il s'agit de : *Potadomoides schouterdeni* (Thiaridae), *Segmentorbis* sp (Planorbidae), *Syrnolopsis gracilis* (Syrnolopsis), *Pisidium casertanum*, *P. nitidum* (Sphaeridae) et les espèces terrestres *Burtoa* sp et une autre qui reste indéterminée (Tableau 5). Parmi celles-ci, l'espèce *P. casertanum* domine nettement et représente plus de la moitié des

spécimen des mollusques récoltés. Les deux espèces terrestres *Burtoa* sp et l'autre qui reste indéterminée ont une fréquence qui est liée à la technique d'échantillonnage.

**Tableau 5 : Inventaire des mollusques et fréquence des espèces récoltées**

Espèce	N sp (F)	N st (F)	Mode de vie	Cercaire
<i>P. casertanum</i>	224 (69,8)	14 (36,8)	aquatique	+
<i>P. nitidum</i>	25 (7,8)	2 (5,3)	aquatique	+
<i>P. schouterdeni</i>	48 (15,0)	2 (5,3)	aquatique	+
<i>Segmentorbis</i> sp	3 (0,9)	1 (2,6)	aquatique	+
<i>S. gracilis</i>	2 (0,6)	1 (2,6)	aquatique	-
<i>Burtoa</i> sp	10 (3,1)	3 (7,9)	terrestre	-
Non déterminée	9 (2,8)	2 (5,3)	terrestre	-

Légende N sp = Nombre de spécimens récoltés  
 N st = Nombre de stations (sur les 38) qui hébergent l'espèce  
 (F) = Fréquence en %

Les examens parasitologiques des mollusques *Potadomoides schouterdeni*, *Segmentorbis* sp, *Pisidium casertanum* et *P. nitidum* montrent l'infestation par les cercaires du type xiphidiocercaires dans un pourcentage variant respectivement de 15, 4, 80 et 60 %.

#### 5. Discussion et conclusion

Dans les Hauts-Plateaux d'Uvira, on constate que l'infestation des bovins, caprins et ovins par les parasites gastro-intestinaux est importante. Les taux d'infestations sont proches ou supérieurs de celles observées par certains auteurs notamment . Singh et al (19),. Museru et al (12), Barré et al (1), Greillat (8). Nos résultats sont comparables et plus proches des études de Singh (19) qui a observé 96 % de strongle, 10 % de *Monièzia* chez les caprins et ovins de la région de Kabare (Est du Zaïre), site physiquement semblable à ceux des Hauts-Plateaux d'Uvira.

Les taux d'infestations paraissent plus importants dans les Hauts-Plateaux par rapport à d'autres sites semblables en raison de facteur d'humidité et les pratiques d'élevage (12, 15, 19). Alors que les strongylozes, cestodes, coccidioses sont fréquentes, les trématodoses avec la prédominance de la schistosomiose bovine ont été observées sur le terrain. Cette situation serait entretenue par les conditions favorables d'installation des mollusques de la famille de planorbidae (*Segmentorbis* sp) et Bulinidae signalé par Marlier et al (11) serait une des causes d'infestation des trématodes. Mais, les études parasitologiques de ce mollusque (*Segmentorbis*) ne montrent plutôt que des xiphidiocercaires, larves d'autres parasites (5).

Le taux élevé chez les jeunes animaux serait dû au facteur d'immunité collostrale et du changement de régime alimentaire au sevrage qui de ce fait deviennent plus susceptibles.

S'agissant de l'examen coproscopique quantitatif, les caprins montrent une moyenne des oeufs par gramme (EPG) des strongles (3492 oeufs/g) plus élevé

que les ovins (1269 oeufs/g) et les bovins (513 oeufs/g). Cela serait du probablement à la pratique d'élevage (divagation exagérée des caprins et ovins). En effet, l'infestation de 1000 à 2000 oeufs/g de matières fécales des ovins est moyenne. Par contre l'infestation de plus de 3000 oeufs/g chez les caprins est sévère si ces chiffres sont transposables à ceux de Lapage (10).

Dans l'ensemble, ces résultats permettent d'envisager des actions concertées de déparasitage de masse de nature à maintenir ces helminthes à un niveau suffisamment bas pour valoriser largement la productivité de l'élevage du bétail dans les Hauts-Plateaux. Une prophylaxie adéquate consiste non seulement en des traitements stratégiques prophylactiques, mais aussi en une gestion adéquate des pâturages afin d'éviter l'infestation du bétail. Cette

étude devra être complétée par d'autres observations en vue de caractériser les espèces d'helminthes et de déterminer leur dynamique au cours de l'année.

### Remerciements

Les auteurs présentent leurs remerciements au Comité de Gestion du C.R.S.N. - Lwiro pour les facilités leur offertes, à Mr Bashonga M. et à tous les Chercheurs du Département de Biologie pour la lecture et les corrections qu'ils ont apportées au manuscrit.

Une mention spéciale est aussi réservée au personnel technique des Laboratoires d'Entomologie Vétérinaire et de Malacologie et à Mademoiselle Nabintu Banywesize dont le dévouement a été sans faille.

### Références bibliographiques

- 1 Barré & Moutou F. 1982. Helminthes des animaux domestiques et sauvages de la Réunion. Inventaire et rôle pathogène. I Mammifères. Rev. Méd. Vét. Pays Trop. **35** (1) 43-55.
2. Berry E. & Dobroylny. 1982. L'emploi des molluscides contre les mollusques aquatiques OMS / Bilherz / 48. 27 p.
3. Brown D. 1980. Fresh Water Snails of Africa and their Medical importance. Taylor et Francis LTD. London 487 p.
4. Brump E. 1949. Précis de parasitologie. Tome I & II Masson et cie .
5. Fain A. 1952. Contribution à l'étude des formes larvaires des Trématodes au Congo-Belge et spécialement de la larve de *Schistosoma mansoni*. Mém. Inst. Royal Colonial Belge in 8. XXII. 1-311
6. Gamperl H.G. et al. 1985. Du prélèvement à l'analyse d'échantillons (Guide pratique) Univ. de Lubumbashi. Fac. Méd. Vét. 75 p.
7. Gatongi, P.M et al 1987. The prevalence of gastrointestinal nematodes in cattle in Tetu Division of Nyeri District. Kenya. Bull. Anim. Hlth and Prod. in Africa. **35**, 294-297
8. Gretilat 1981. Interactions parasitaires dans le polyparasitisme gastro-intestinal des animaux d'élevage en Afrique de l'Ouest. Conséquence et précautions à prendre lors d'une thérapeutique de masse. Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop. **34** (3) 3-217
9. Groupe MILIMA 1990. Programme du plan quinquennal 1990-1995. (Inédit).
10. Lapage G. 1962. Monnig's veterinary helminthology and entomology. London. Baillière-Tindall and Cox.
- 11 Marlier G., Bouillon J., Dubois J., Leleup N. 1953. Le lac Lungwe. Extrait des actes du Congrès de Luxembourg 72e session de l'association Française pour l'avancement des sciences. Bourg-Bourger. Luxembourg, 377-386.
12. Museru B. 1989, Epidémiologie des maladies des petits ruminants en milieu rural. Cas des helminthoses gastro-intestinales des chèvres et moutons en commune de Giheta. Province de Gitega - Burundi 31 p.
13. Museru B., Masunga M., & Rugwabiza J. 1993. Epidémiologie des maladies des petits ruminants en milieu rural de la CEPGL. Synthèse des Recherches faites de 1987-1989.
14. Neveu- Lemaire, 1936. Traité d'helminthologie des médicale et vétérinaire. Paris Vigot Frère. 25 Rue de l'école de Médecine 23. 1514 p.
15. Onyali O. 1989. Observation on dry season strongyle infestations of permanent Swamps grazed by cattle in vomarea. Plateau State. Nigeria. Rev. Elev. Méd. Vét. Pays Trop. **42** (3) 431-43.
16. Olivier & Scheiderman. 1956. A method for estimation of the density of aquatic Snail population. Exp. Parasit. **5** 109-117
- 17 Pilsbry H. & Bequeert J. 1927. The aquatic molluscs of the density Congo with a geographical and ecological account of Congo malacology. Bull. Am. Mus Nat. Hist. **53** 69-602.
18. Ruhimbika R. 1986. Les mouvements migratoires dans les Hauts-Plateaux de la zone d'Uvira Une conséquence de la dégradation agro- pastorales. T.F.E. I.S.D.R./Bukavu (Inédit).
19. Singh B. Welum., Baderha B. 1983. Epidémiologie et contrôle des helminthes gastro-intestinales des caprins de la région de Kabare au Kivu (Zaire). Rev. Elev. Pas Trop. **36** (2) 151-156.
20. Tobback L. 1951 Les maladies du Bétail du Congo Belge. Direction de l'agriculture de l'élevage et de la colonisation Bruxelles (Belgique) place Royale 7 : 519 p.

M. Bagalma, Zaïrois, Licencié en Chimie. Chercheur au laboratoire de Malacologie C.R.S.N. / Lwiro c/o Baluku Bajope B.P. 254 Bujumbura - Burundi.

M. Masunga, Zaïrois, Médecin vétérinaire. Chercheur au laboratoire d'Entomologie vétérinaire C.R.S.N. / Lwiro

K. Balagizi, Zaïrois, Licencié en Biologie. Chercheur au laboratoire d'Entomologie vétérinaire C.S.R.N. / Lwiro.

K. Ntumba, Zaïrois, Ingénieur Zootechnicien. Chercheur au laboratoire d'Entomologie vétérinaire C.R.S.N. / Lwiro.

# Fermentation méthanique des déchets de bovins: étude du temps de rétention hydraulique, de la température et de la concentration en substrat

Zoubida Zennaki-Bensouda\*, A. Zaid\*\*, Hchouma Lamini\*\*, M. Aubineau\*\*\* & M. Boulif\*.

Key words: Methane fermentation - Cattle manure - Hydraulic retention time - Temperature - Methane yield.

## Résumé

*Ce travail a été entrepris pour améliorer le rendement en méthane obtenu par la fermentation méthanique des déchets de bovins. L'optimisation du temps de rétention hydraulique et de la concentration en matière organique du substrat a été déterminée à 37°C et 55°C. L'étude du processus de fermentation des déchets de bovins et du potentiel de production en méthane montrent que la fermentation méthanique de ces déchets peut être conduite à de courts temps moyens de rétention hydraulique sans détruire la stabilité du processus fermentaire: 8 jours à 37°C et 5 jours à 55°C pour une concentration en matière sèche de 43 g/l. Les rendements en biogaz sont améliorés; ils sont respectivement de 0.46 m<sup>3</sup>/(m<sup>3</sup>.j) et 0.68 m<sup>3</sup>/(m<sup>3</sup>.j) pour une proportion en méthane de 56% et 51% aux températures de 37°C et de 55°C. Les concentrations en matière sèche qui donnent les meilleures vitesses de production de méthane en batch varient entre 7 et 9 %. Les modèles de Chen et Hashimoto (7) et de Monod (19), appliqués à l'étude cinétique du processus décrivent de manière satisfaisante, à la fois la cinétique de disparition du substrat et la production de méthane.*

## Summary

*This study has been undertaken in order to improve yield of methane production by anaerobic fermentation of cattle manure. Optimization of hydraulic retention time and organic concentration substrate were evaluated at 37°C and 55°C. The study of cattle manure fermentation process as well as that of methane production yield showed that methanogenic fermentation of these organic wastes may be conducted at low hydraulic retention time without stressing the fermentary process: 8 days at 37°C and 5 days at 55°C for a dry matter concentration of 43 g/l. The biogas yield increased, reaching 0.46 m<sup>3</sup>/(m<sup>3</sup>.d) at 37°C and 0.68 m<sup>3</sup>/(m<sup>3</sup>.d) at 55°C with a methane content of 56% and 51% respectively. The best biogas yields occurred for dry matter concentrations between 7 and 9%. Kinetic models of Chen and Hashimoto (7) and of Monod (19) described well substrate depletion and methane production.*

## 1. Introduction

Les populations rurales, 12,7 millions d'habitants (10), utilisent en abondance pour leurs besoins domestiques du bois, des pailles ou autres déchets végétaux à côté de carburants d'origine fossile. L'augmentation du prix du pétrole, la déforestation causée par l'utilisation abusive du bois de feu, ainsi que les problèmes posés par la pollution, ont amené l'Etat à encourager le développement de sources d'énergie alternatives pour satisfaire, en partie ou en totalité la demande en énergie. L'une de ces alternatives est la production de biogaz par la fermentation méthanique des déchets de bovins, procédé peu coûteux et non polluant. Ce procédé qui a été largement utilisé à travers le monde (11, 13) donne des performances limitées par l'influence de nombreux paramètres physico-chimiques de la fermentation méthanique et la mise en pratique de cette technologie.

Notre étude est une contribution à l'amélioration des

performances de cette technologie par l'optimisation des trois paramètres suivant: le temps de rétention hydraulique, la température et la concentration en substrat.

## 2. Matériel et méthodes

Une série d'expériences en mode "batch" et en régime continu sont réalisées à 37°C et 55°C. Le substrat est constitué par de la bouse de vache prélevée quotidiennement de l'étable de la ferme d'application de l'ENA de Meknès. En mode "batch", les essais sont menés dans des réacteurs de 500 ml pour des concentrations en matière organique (MO) de 40 g/l, 50 g/l, et 80 g/l à 37°C et 40 g/l et 80 g/l à 55°C. En régime continu les expérimentations se font dans des digesteurs de 70 litres; la teneur en matière sèche est maintenue à la valeur constante de 4,30 % MS en déchets de bovins. Les temps de rétention hydrauliques

\* Ecole Nationale d'Agriculture, B.P. 5/40, Meknès, Maroc.

\*\* Université Moulay Ismail, Faculté des Sciences, Meknès, Maroc.

\*\*\* Institut National Agronomique, Paris-Grignon; département de Machinisme agricole. France.

Reçu le 19.07.95, accepté pour publication le 16.04.96.

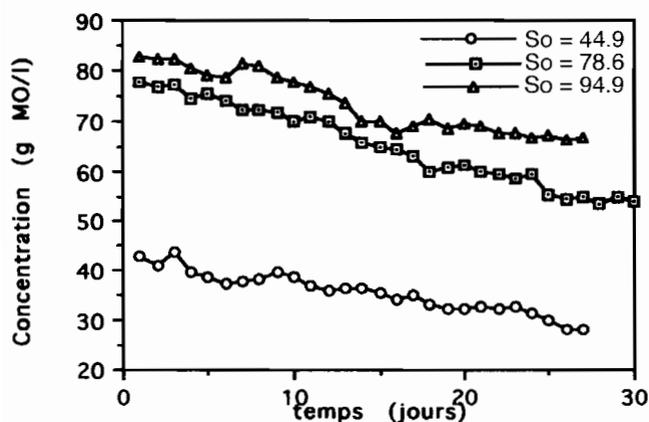


Figure 1. Evolution de la teneur en matière organique au cours de la fermentation en batch des déchets de bovins à 37°C.

que expérimentés sont de 15, 12, 10, 8 et 7 jours en mésophilie et de 10, 8, 7, 5 et 4 jours en thermophilie, correspondant à des taux de charge en matière organique respectifs de 2,41, 3,01, 3,61, 4,25, et 5,16 kg de MO/(m<sup>3</sup>.j) à 37°C. et de 3,61, 4,62, 5,16, 7,23 et 9,04 kg MO/(m<sup>3</sup>.j) à 55°C. Le suivi et les analyses expérimentales sont effectués selon les méthodes standards (3, 22).

Pour déterminer les performances de la fermentation méthanique des déchets de bovins, les paramètres étudiés sont: la dégradation de la matière organique, la teneur en acides gras volatils (AGV) et la production en méthane.

Les modèles cinétiques utilisés sont ceux de Chen et Hashimoto (7) et de Monod (19), appliqués aux déchets de bovins.

### 3. Résultats et discussions

#### 3.1. Fermentation en "batch"

En vue d'optimiser la dégradation des déchets de bovins et la production de méthane, une série d'essais de fermentation en "batch" a été menée pour tester l'influence de la concentration initiale en matière orga-

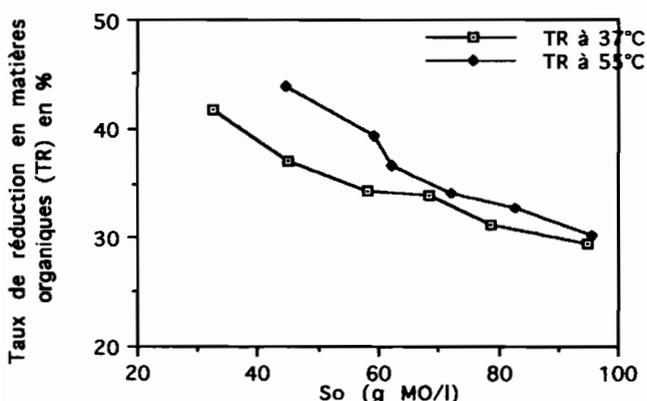


Figure 3. Variation du taux de réduction en matières organiques à 37°C et à 55°C au cours de la fermentation en batch des déchets de bovins.

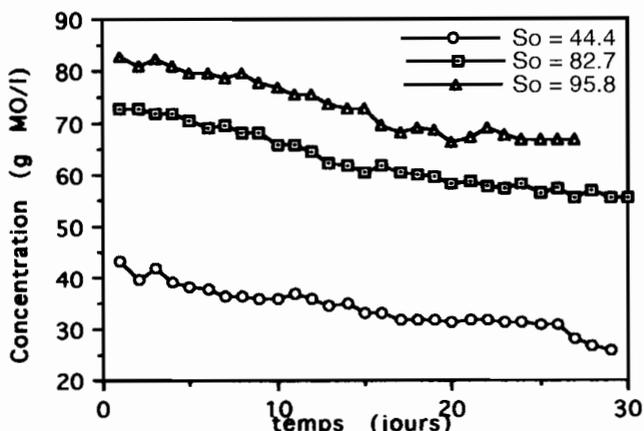


Figure 2. Evolution de la teneur en matière organique au cours de la fermentation en batch des déchets de bovins à 55°C.

nique So sur les performances de la fermentation méthanique à 37°C et 55°C. Un essai de modélisation a pu être envisagé à partir des résultats obtenus.

#### 3.1.1. Disparition du substrat.

Les figures 1 et 2 nous donnent l'évolution de la disparition du substrat pour So égale à 44,9; 78,6 et 94,9 g MO/l à 37°C et pour So égale à 44,4; 82,7 et 95,8 MO/l à 55°C. Ces courbes montrent que la diminution progressive de la matière organique suit une fonction linéaire par rapport au temps qui ne dépend pas a priori de la concentration initiale So. Les taux de réduction TR (Fig. 3) sont supérieurs en thermophilie; cependant, à partir d'une valeur de So égale à 80 g MO/l, ces taux ne montrent pas de différence significative entre les deux températures étudiées.

#### 3.1.2. Rendement en méthane.

Pour toutes les concentrations étudiées, les courbes d'évolution de la production en méthane passent par un maximum (Tableau 1).

**Tableau 1. Evolution de la productivité maximale en CH<sub>4</sub> en fonction de la concentration initiale au cours de la fermentation "batch" des déchets bovins à 37°C et 55°C.**

Température (°C)	Concentration initiale (MO/l)	Durée de Fermentation (jours)	Rendement maximum en CH <sub>4</sub> (m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> /j)
37	32,39	9	0,43
	44,92	13	0,60
	58,14	13	0,69
	68,38	15	0,76
	78,57	16	0,90
	94,87	22	0,67
55	44,44	9	0,82
	59,34	10	0,89
	62,17	13	0,91
	71,99	14	0,94
	82,68	12	1,18
	95,76	11	0,89

L'évolution se fait en trois phases, une première phase croissante suivie d'une phase stationnaire

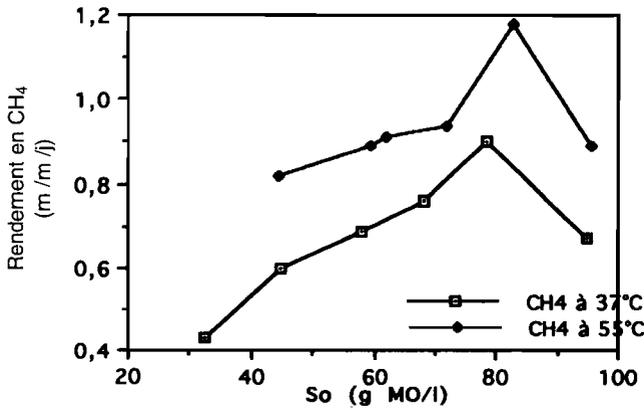


Figure 4. Variation du rendement en CH<sub>4</sub> en fonction de la concentration initiale (So) au cours de la fermentation en batch des déchets de bovins à 37°C et à 55°C.

courte (période maximale de production) et d'une troisième phase décroissante. La figure 4 représente l'évolution de la vitesse de production maximale en méthane en fonction de So à 37°C et 55°C. On note ainsi que le rendement en méthane est une fonction croissante de So; cependant à partir d'une valeur comprise entre 70 et 90 g MO/l la production en méthane chute.

3.1.3. Discussion.

Selon ces résultats nous remarquons que le rendement en méthane est une fonction croissante de la température et de la concentration en substrat jusqu'à une certaine limite qui se situe aux environs de 80 g MO/l au-delà de laquelle l'influence de la température et de l'augmentation en MO est inhibitrice. Ceci confirme que l'inhibition vient de la phase d'hydrolyse; en effet, d'une part, les microbes hydrolytiques ne présentent un optimum qu'au-dessus de 60°C (1, 17) et d'autre part, l'activité microbienne est ralentie par l'excès du substrat (17).

3.1.4. Modèle cinétique.

Du fait de la complexité du substrat étudié et des processus biochimiques, l'essai de modélisation ne

tiendra compte que d'une seule étape selon la réaction globale suivante: (2)

Matière organique complexe + microorganismes + eau → microorganismes + méthane + gaz carbonique. L'étude des résultats nous montre que le modèle de Monod (19) peut être appliqué de façon satisfaisante pour expliquer le taux de disparition du substrat et la production de méthane.

Modèle de production du méthane. Il est déterminé à partir de l'équation:

$$\mu = \mu_{pmax} \cdot S / (Kp + S) \quad \text{avec}$$

$\mu_{pmax}$  = taux spécifique maximum de production en méthane (j<sup>-1</sup>),

Kp = constante de saturation en produit (g/l),

S = concentration en substrat (g MO/l)

Sur les figures 5 et 6 se trouve l'évolution des taux spécifiques de production de méthane mp calculés à partir de l'équation précédente et celui des mp obtenus expérimentalement. L'étude de ces courbes montre que le modèle de Monod décrit bien la cinétique de la production du méthane. On remarque que la vitesse de production de CH<sub>4</sub> croît avec So et avec la température; dans ce dernier cas l'accroissement est de 38%

Modèle de disparition du substrat. Le taux spécifique de disparition du substrat est défini par la relation:

$$\mu_s = - 1/S \cdot dS/dt \quad \text{avec}$$

S: concentration en substrat en g/l,

dS/dt: vitesse de disparition du substrat.

$\mu_s$  est calculé à partir du bilan matière

$$\mu_s = a \mu_x + b \mu_p + m \quad \text{où} \quad \mu_x = \mu_{xmax} \cdot S / (Ks + S)$$

$$\mu_p = \mu_{pmax} \cdot S / (Kp + S)$$

$\mu_x$ : taux spécifique de croissance de la biomasse,

$\mu_p$ : taux spécifique de production de méthane,

m : coefficient de maintenance

a et b représentent respectivement les rendements spécifiques en biomasse et en méthane.

Les courbes des figures 7 et 8, représentent l'évolution de  $\mu_s$  calculés et  $\mu_s$  expérimentaux s'ajustent bien au modèle de Monod. Elles nous permettent

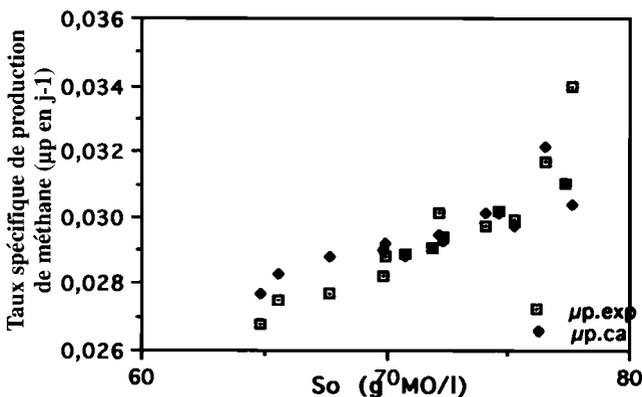


Figure 5. Evolution de  $\mu_p$  expérimental et  $\mu_p$  calculé au cours de la fermentation en batch des déchets de bovins à 37°C.

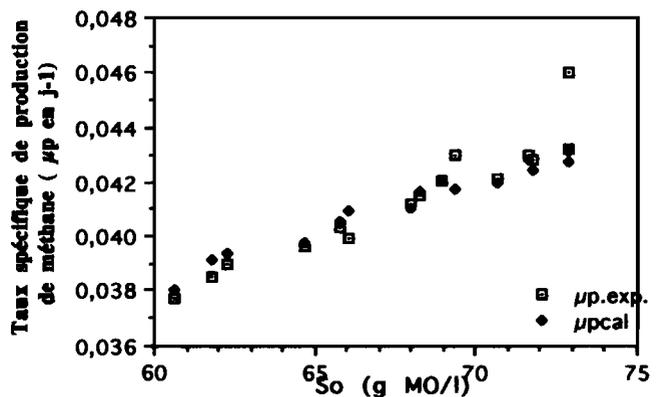


Figure 6. Evolution de  $\mu_p$  expérimental et  $\mu_p$  calculé au cours de la fermentation en batch des déchets de bovins à 55°C.

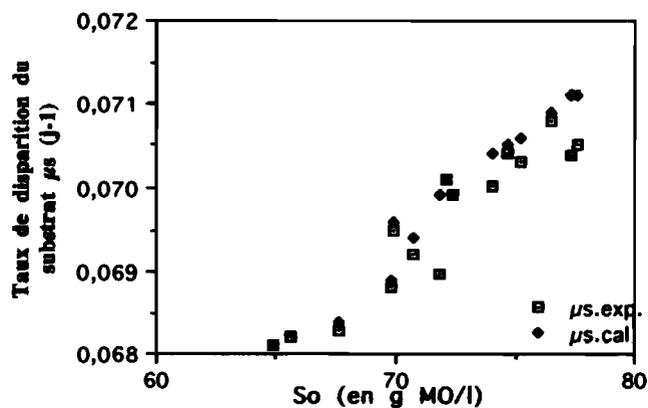


Figure 7. Evolution de  $\mu_p$  calculé et expérimental au cours de la fermentation en batch des déchets de bovins à 37°C.

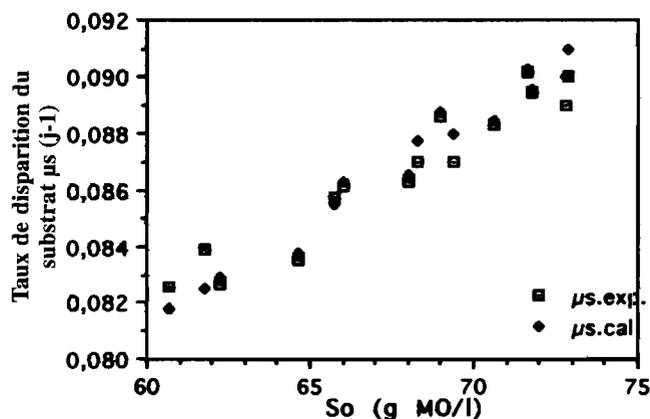


Figure 8. Evolution de  $\mu_p$  calculé et expérimental au cours de la fermentation en batch des déchets de bovins à 55°C.

d'établir un modèle de disparition du substrat en mésophilie et en thermophilie.

à 37°C  $\mu_s = 0,42 \mu_x + 0,95 \mu_p + 0,38$   
avec  $R^2=0,95$

à 55°C  $\mu_s = 0,579 \mu_x + 1,735 \mu_p$   
avec  $R^2=0,97$

Ces modèles peuvent nous donner les prévisions des concentrations en substrat par rapport aux croissances microbiennes et à la production de méthane pour des concentrations inférieures à 9%.

Une simulation en continu nous permettra d'établir un modèle adapté à la fermentation méthanique de notre substrat.

### 3.2. Fermentation en continu

Les conditions expérimentales notées en 2. répondant aux résultats de l'étude en "batch", nous avons étudié dans un premier temps la biodégradabilité du substrat à partir du taux d'élimination des matières organiques et de l'évolution des acides gras volatils (AGV), facteurs clés de la fermentation méthanique, puis la production de méthane.

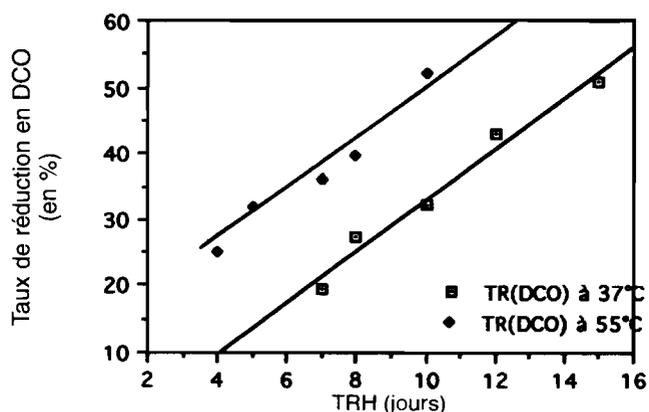


Figure 9 Variation du taux de réduction en demande chimique en oxygène (DCO) en fonction du TRH à 37°C et 55°C.

#### 3.2.1. Biodégradation de la matière organique.

Les taux de réduction de la matière organique et de la demande chimique en oxygène (DCO) sont représentés sur les figures 9 et 10 pour les temps de rétention hydraulique étudiés, aussi bien en mésophilie qu'en thermophilie. Les données suivent les équations suivantes:

à 37°C  $TR_{DCO} = - 5,62 + 3,86 TRH$  avec  $R^2 = 0,98$   
 $TR_{MO} = - 2,86 + 3,36 TRH$  "  $R^2 = 0,97$

à 55°C  $TR_{DCO} = 9,08 + 4,10 TRH$  avec  $R^2 = 0,96$   
 $TR_{MO} = 12,41 + 3,52 TRH$  "  $R^2 = 0,99$

On en déduit que la cinétique de disparition de la matière organique et de la DCO est du 1er ordre avec un rendement maximum en DCO de 51% pour un TRH égal à 15 jours à 37°C. Pour la matière organique ce rendement est de 52%. Ces valeurs varient dans le même sens que le TRH. Par rapport aux prévisions théoriques qui sont de 90 à 95% (20), ce rendement est bas. Il est également faible comparé aux résultats obtenus par Bories (5) pour des effluents de distillerie ou par Roy (24) pour des effluents lipidiques. Il est du même ordre que ceux qui ont été obtenus sur des substrats identiques au nôtre (12, 21). Il peut s'expliquer, d'une part, par une phase d'hydro-

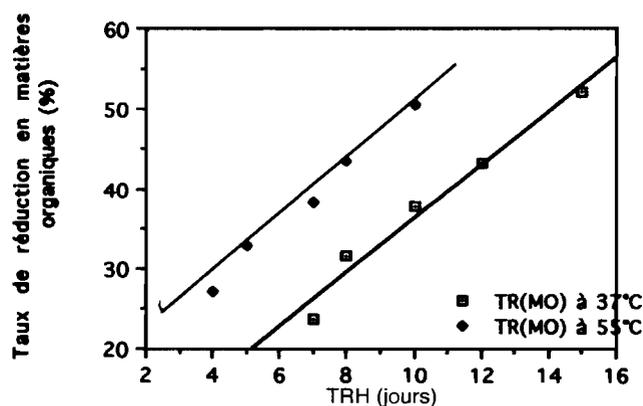


Figure 10. Variation du taux de réduction en matières organiques (MO) en fonction de TRH à 37°C et à 55°C.

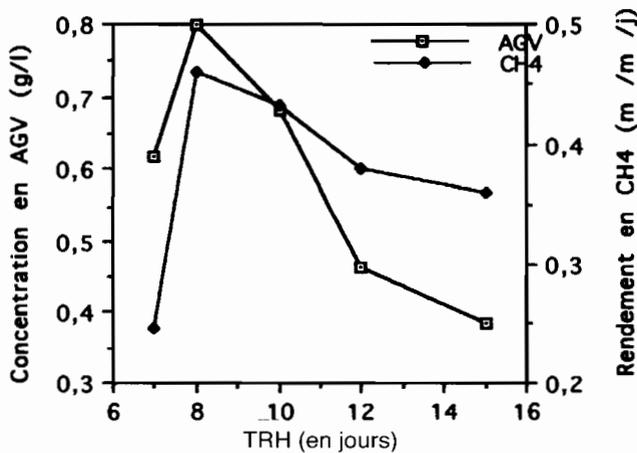


Figure 11. Evolution de la teneur en AGV et du rendement en CH4 en fonction du TRH à 37°C.

lyse limitante due à l'existence de matières ligno-cellulosiques, et d'autre part, par un lessivage de la flore microbienne pour les TRH faibles.

### 3.2.2. Méthane et sa relation avec la teneur en AGV.

La productivité en méthane est une fonction croissante du taux de chargement (fig. 11 et 12) pour des valeurs de TRH supérieures à 8 jours à 37°C et à 5 jours à 55°C. Elle suit la même évolution que celle des acides gras volatils. On note que le pH qui varie entre 6,70 et 7,70 et que la teneur en AGV qui reste inférieure à 1,46 mg. ac. acét./l, valeur reconnue comme étant inhibitrice de la méthanogenèse, sont situés dans les phases optimales de fonctionnement rapportées par la littérature. (1,4,15,16,25). Les plus forts rendements en méthane ne correspondent pas aux meilleurs taux de réduction de la DCO cités plus haut mais aux plus faibles valeurs en AGV (385 mg.ac.acét./l) et à un pH neutre (7,66); ils sont de 0,46 m³/(m³.j) pour un TRH de 8 jours à 37°C. et de 0,68m³/(m³.j) pour un TRH de 5 jours à 55°C.

### 3.2.3. Discussion.

L'étude de la biodégradabilité du substrat et de la production en méthane en relation avec le TRH montre que le processus fermentaire n'est pas affecté pour des TRH supérieurs à 8 jours en mésophilie et à 5 jours en thermophilie; ceci s'est caractérisé, comme nous l'avons vu plus haut, par un pH situé dans la zone de la neutralité et des teneurs en AGV faibles. Nous confirmons ainsi les résultats obtenus par la bibliographie: en effet nous avons obtenu pour le substrat étudié une bonne stabilité de la fermentation méthanique à de courts TRH bien que la faisabilité du processus recommande des TRH élevés et une forte concentration en substrat (9, 14, 18, 21). Des différences sont notées cependant dans les valeurs obtenues pour la biodégradabilité et le rendement en méthane: résultats du même ordre que ceux de Mlaouhi (18) et Ouhbal (21) mais inférieurs à ceux obtenus par Hashimoto et Huska (14), et par Robbins et al. (22) cités précédemment. Ces diffé-

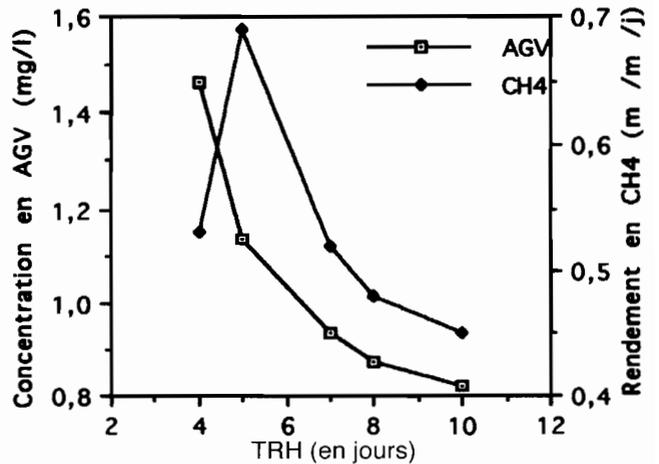


Figure 12. Evolution de la teneur en AGV et du rendement en méthane en fonction du TRH à 55°C.

rences sont dues à la nature du substrat et particulièrement l'origine des déchets de bovins utilisés et le mode d'alimentation des animaux.

### 3.2.4. Modélisation de la cinétique de la fermentation des déchets de bovins.

L'application du modèle de Contois proposé par Chen et Hashimoto (8) aux déchets de bovins nous permet d'écrire la relation entre le rendement en méthane et la vitesse de production maximale en fonction du temps de rétention hydraulique.

$$B = B_0 (1 - K / [TRH / (TRH_m - 1 + K)])$$

$$\mu_{max} = B_0 \mu_{max} / TRH [1 - K / (TRH_m - 1 + K)]$$

où

B = volume en litre de CH<sub>4</sub>

B<sub>0</sub> = volume en litre de CH<sub>4</sub> produit par gramme de DCO ajoutée pour un TRH infini

K = constante cinétique

TRH<sub>m</sub> = temps de rétention limite

μ<sub>max</sub>: vitesse de production maximum

La construction des courbes  $B = f(1/TRH)$  et de  $TRH = f[B/(B_0 - B)]$  nous permet de déterminer B<sub>0</sub>, μ<sub>max</sub> et K et ainsi de prévoir quelle sera la productivité en méthane pour un taux de chargement donné.

Les courbes des figures 13 et 14 qui représentent respectivement les fonctions B et TRH définies plus haut montrent que les résultats obtenus s'ajustent bien au modèle de Contois. A partir du tableau 2 reprenant les valeurs obtenues pour B<sub>0</sub>, μ<sub>max</sub> et K par Chen et Hashimoto (8) à 35°C. et nos valeurs, nous pouvons affirmer que si B<sub>0</sub> a une valeur voisine de celle obtenue par ces auteurs, la vitesse de production μ<sub>max</sub> est cependant plus faible. D'autre part, la valeur obtenue pour K, caractérisée par la présence d'inhibitions dans le système, et pouvant atteindre des valeurs allant jusqu'à 20 selon la sévérité de cette inhibition, confirme qu'il existe une inhibition faible due à l'existence de complexes ligno-cellulosiques sans que le processus fermentaire soit affecté. La valeur de K est corrélée par la faiblesse de la valeur de μ<sub>max</sub>, qui dénote d'une vitesse lente caractéristique de notre

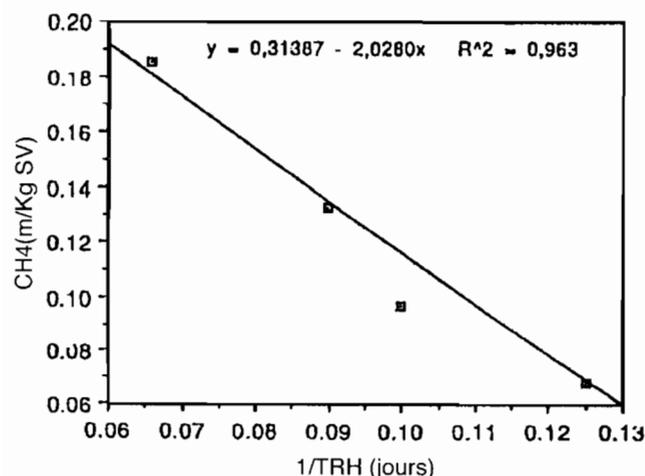


Figure 13. Courbe de variation de CH<sub>4</sub> en fonction de 1/TRH.

substrat constitué par des déchets de bovins, qui ne peut s'expliquer que par la limitation et la prépondérance de la phase d'hydrolyse.

**Tableau 2. Comparaison des valeurs de Bo,  $\mu_{max}$  et K moyen obtenus dans notre étude à celles rapportées dans la littérature.**

Paramètres	Nos résultats	Résultats obtenus par Chen
Bo (l/g SV)	0,314	0,320
$\mu_{max}$ (j <sup>-1</sup> )	0,132	0,326
K moyen	0,703	0,900

#### 4. Conclusion

Les résultats obtenus au cours de cette expérimentation montrent que la fermentation méthanique des déchets de bovins en continu donne des résultats appréciables pour de courts temps de rétention hydraulique, 0,68 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/m<sup>3</sup>.j pour un TRH de 5 jours à 55°C et 0,46 m<sup>3</sup>/(m<sup>3</sup>.j.) pour un TRH de 8 jours à

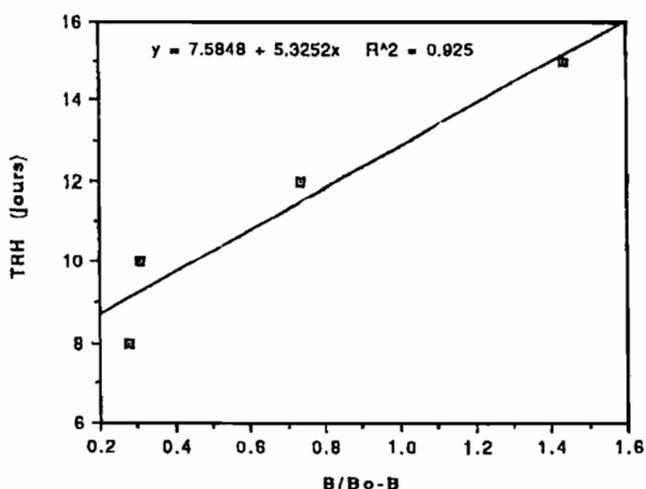


Figure 14. Courbe TRH = f (B/Bo-B)

37°C sans que le processus fermentaire ne soit affecté. Les pourcentages en CH<sub>4</sub> sont de l'ordre de 52% dans ces conditions. L'application du modèle de Contois nous permettra de concevoir le bioréacteur pilote correspondant et de prédire quelle sera la production de méthane lors de la fermentation méthanique des déchets de bovins dans les conditions expérimentales du présent travail. La stabilité des digesteurs méthaniques pourra, dans la pratique, encourager l'utilisation des déchets de bovins dans le monde rural en tant qu'alternative fiable et rentable pour la production d'énergie.

#### Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier la Faculté des sciences de Meknès pour l'aide apportée à la réalisation des analyses chimiques et le département de Génie Chimique de l'Ecole Polytechnique de Montréal (Québec) pour le soutien constant manifesté au cours de cette étude.

#### Références bibliographiques

- Albagnac G. & Verrier D., 1983, Méthanisation des effluents d'industries agro-alimentaires. *Biomasse actualités*, **2**, 17, 21
- Andrews J.F., 1975, Dynamic Model of the anaerobic digestion process. *Water and Sewage Works*, March 1975, 62-65 and April 1975, 74-77.
- APHA, 1985, Standards methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association, Washington, D. C., USA.
- Asinari C.M. di San Marzano, Binot R., Bol, T., Fripiat J.L., Hutschemackers J., Melchior J.L., Perezl., Naveau H.P. & Nyns J., 1981, Volatile fatty acids, an important state parameter for the control of the reliability and the productivities of methane anaerobic digestion. *Biomass*, **1** (1), 47, 59.
- Bories A., 1980, Fermentation méthanique avec séparation de phase acétogénique et méthanogénique appliquée au traitement des effluents à forte charge polluante (distilleries). *Ann. Techn. Agric.*, **29**, (3), 509, 528.
- Bories A., Raynal J. & Bazil F., 1987, Anaerobic digestion of highstrength distillery waste (cane molasses stillage) in fixed-film. *Biological Wastes*, **23**, 251, 267
- Chen Y.R., & Hashimoto A.G., 1978, Kinetics of methane fermentation. *Biotechnology and Bioengineering Symp.*, **8**, 269, 282.
- Chen Y.R. & A.G. Hashimoto A.G., 1980, Substrate utilization kinetic model for biological treatment processes. *Biotechnology and Bioengineering*, **22**, 2081-2095.
- Cobb S.A. & Hill D. T., 1990, Volatil Fatty acid interference with alkalinity measurements in anaerobic fermenters. *International Summer Congress. Amer. Society of Agri. Engineers. Columbus. Ohio.*
- Direction de la Statistique, 1995, *Annuaire Statistique du Maroc*. 1995. p. 13.

11. Dubourguier H.C., Albagnac G. & Verrier D., 1985, Methane production processes by fermentation of biomass. G.E. Beghi (ed.), Synthetic Fuels, 299-333.
12. Fall C., Mayer R.C. & Chavarie C., 1993, Potential of biogas production from dry cow manure. Groupe Biopro. Ecole Polytechnique de Montreal. Québec. p. 813-816.
13. Hashimoto A.G., Chen Y.G. & Vaul V.A., 1981 Anaerobic fermentation of beef cattle, sections 2-0, document of Solar E.G. 77-01-4042, serie/TR-98372-1.
14. Hashimoto A.G. & Huska R.L., 1982, Methane from cattle waste: Effects of temperature, hydraulic time, and substrate concentration on kinetic parameter (K). Biotech. Bioeng., **24**: 2039,2052.
15. Henson J.M., Bordeaux F.M., Rivard C.J. & Smith P.H., 1986, Quantitative influences of butyrate or propionate on thermophilic production of methane from biomass. Appl Environ. Microbiol. **51**: 288,292.
16. Henze M. & Harremoës. P., 1983, Anaerobic treatment of waste water in fixed film reactors. A literature review. Water science and technology, 8-9-15. 90 pages.
17. Marique P.H., Gilles A., Edeline F. & Joassin L., 1989, Thermophilic semisolid anaerobic digestion of municipal refuse. Biotechn. Bioeng., **33**, 536,541.
18. Mlaouhi A., 1993, Optimisation du fonctionnement de fermenteurs méthaniques pour effluents d'élevage bovins. Thèse de doctorat de l'Ecole Centrale de Paris. France. 204 pages.
19. Monod J., 1942, Recherches sur la croissance des cultures bactériennes. Hermann et Cie. Paris.
20. Norman J., 1983, Anaerobic fermentation, Fast Program. Commission of the European Communities. Versailles workshop, 17-36.
21. Ouhbal M., 1989, Etude de certains paramètres influençant la fermentation méthanique de la bouse de vache. Thèse de 3ème cycle. Faculté des sciences de Rabat. 105 pages.
22. Robbins K.R., Arnold M.T. & Lacher S.L., Methane production from cattle waste and delignited straw. Appl. Environ. Microbiol., **38**, 175,177
23. Rodier J., 1984, L'analyse de l'eau: eaux naturelles, eaux résiduaires eaux de mer. 7ème édition. Dunod. Paris.
24. Roy F., 1985, Fermentation méthanique des déchets glucidiques solides et des lipides. Expérimentation en fermenteurs pilotes. Thèse de Docteur-ingénieur, Université de Lille, France. 84 pages.
25. Zoetemeyer R.J., Van den Heuvel J.C. & Cohen A., 1982, pH influence on acetogenic dissimilation of glucose in anaerobic digester. WaterResearch. **16**, 303,311

Zoubida-Zennaki-Bensouda. Marocaine, Maître de conférence, Ecole Nationale d'Agriculture. B.P. 5/40. Meknès, Maroc.

A. Zaid, Marocain, Professeur dpt. biochimie, Université Moulay Ismail. Faculté des Sciences. Meknès, Maroc.

Hchouma Lamini, Marocaine, assistante Faculté des Sciences, Meknès, Maroc.

M. Aubneau, Français, Professeur émérite. Institut National Agronomique, Paris-Grignon: département de Machinisme agricole France

M. Boulif, Marocain, Professeur, dpt. phytopathologie, Ecole Nationale d'Agriculture Meknès, Maroc

## B.E.D.I.M.

Algunas personas conocen ya a BEDIM (Oficina para el intercambio y distribución de información sobre la minicría) y su acción por el desarrollo controlado de la minicría (cría de roedores salvajes africanos y sudamericanos, ranas, caracoles gigantes, lombrices de tierra, termitas, mariposas...). No obstante, si tienes interés, somos un grupo informal de científicos, formado originalmente en el Instituto de Medicina Tropical de Amberes en Bélgica, que ha adquirido desde el año 1996, el estatus de una asociación internacional de carácter científico y pedagógico consagrada a la minicría.

B.E.D.I.M. edita actualmente un Boletín Semestral de Información indentificado bajo el ISSN 0779-3642. Nuestra secretaría esta situada en Gembloux, Bélgica.

La Asociación esta abierta a todas aquellas personas que estén interesados directa o indirectamente, profesionalmente o por simple curiosidad científica, a tiempo parcial o completo, en el desarrollo de la cría de pequeñas especies salvajes no convencionales.

Existen varias categorías de socios, con diferentes niveles de cotización y también se preveen reducciones importantes para socios que trabajen o sean originarios de países en vías de desarrollo. También se contempla la aceptación de instituciones.

Para cualquier información suplementaria, pueden dirigirse a:

Secretaría de BEDIM  
 Unidad de Zoología General y Aplicada  
 Facultad Universitaria de Ciencia Agronómicas  
 Passage des Déportés, 2  
 B-5030 Gembloux (Bélgica)  
 Fax: intern. +32-81-62 23 12  
 E-mail: zoologie@fsagx.ac.be

# Bilan du programme d'amélioration en riziculture d'altitude au Burundi (1300-1700 m)

J.-P. Tilquin, J.-F. Detry, A. Nizigiyimana, C. Boels & A. Ndayiragije\*

Key words: High Altitude Rice Growing - Cold Temperatures - *Pseudomonas fuscovaginae* - Blast - Natural Selection.

## Résumé

La riziculture d'altitude sous les tropiques est spécifique par les contraintes auxquelles elle est confrontée: un stress permanent des basses températures; une bactériose due au *Pseudomonas fuscovaginae* et la pyriculariose qui y est de type épidémique. Pour résoudre ces contraintes, la méthode des populations hybrides (bulk) a été appliquée avec succès pour les deux premières avec trois générations avancées rapides à basse altitude (800 m) avant d'être soumises à la sélection naturelle à 1550 m. La pyriculariose reste une menace très sérieuse. Quelle stratégie adopter? La rotation de gènes de résistance est inapplicable. Les mélanges variétaux constituent la meilleure garantie.

## Summary

The constraints of the rice growing of altitude between the tropics are specific: a permanent cold temperature stress, a bacteriosis caused by *Pseudomonas fuscovaginae* and a blast which is epidemic. The two first constraints can be solved by the bulk method with 3 rapid advanced generations at low altitude (800 m) before to be submitted at the natural selection at 1550 m. The efficiency of natural selection is high against low temperature stress and against the bacterial sheath rot induced by the *Pseudomonas*. Actually, the main problem is the pyriculariose. Which strategy to use? Gene rotation is not practicable in Burundi. Only mixtures of varieties are recommended.

## 1. Introduction

La riziculture (*Oryza sativa* L.) est connue au Burundi depuis plus de deux siècles dans la plaine du lac Tanganyika et dans la vallée de la Ruzizi. Les basses températures nocturnes induisent une stérilité totale chez les variétés traditionnelles, arrivées par migrations successives depuis Zanzibar, dès que la cote altitudinale des 1300 m est dépassée (12), ce qui a toujours empêché son extension sur les hauts plateaux de l'Afrique de l'est. De Brabandere (3), à l'ISABU (Institut des sciences agronomiques du Burundi), a sélectionné une variété chinoise, la Yunnan 3 qui avait un bon comportement en altitude à Gisha (1600 m - figure 1: site 1). Très rapidement, Autrique et Maraite (1) identifiaient une maladie qui avant n'était signalée qu'à l'extrémité septentrionale de la culture du riz au Japon (53°N), la pourriture bactérienne de la gaine et dont l'agent causal est le *Pseudomonas fuscovaginae* TANII, MIYAJIMA et AKITA. La pyriculariose (*Pyricularia oryzae* CAVARA) est apparue à Gisha en 1986 et s'est imposée comme la contrainte majeure de la riziculture; sur les 16 variétés en phase finale de sélection en 1992-93, 10 variétés ont été complètement décimées à Mishiha (fig. 1: site 3). La riziculture d'altitude sous les tropiques est spécifique: les centaines de variétés qui ont défilé en altitude au Burundi (12, 13), à Madagascar et au Népal (10) via les essais «International Rice Cold Tolerance

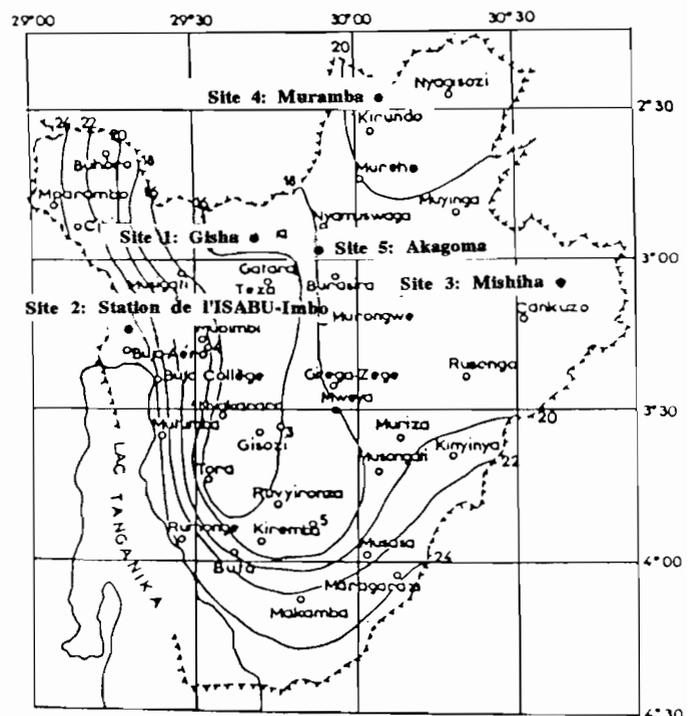


Figure 1 : Carte des isothermes du Burundi avec la localisation des sites et quelques centres de référence.

\*Faculté des sciences agronomiques. Unité d'amélioration des plantes Université du Burundi. BP. 2940, Bujumbura, Burundi.  
Reçu le 01.12.95, accepté pour publication le 05.07.96.

Nursery» ont été très décevantes; dans les livres d'observations accompagnant le set de variétés, la bactériose n'est pas reprise alors qu'on la découvre partout en altitude sous les tropiques: à Madagascar (6), au Népal (10) et en Amérique latine (18); les géniteurs que l'IRRI nous a envoyés étaient stériles à plus de 60% à 1550 m (13); l'amplitude de variation journalière des températures y différencie essentiellement la période de culture du riz de celle des pays tempérés où le riz subit un stress dû au froid soit en début et/ou en fin de cycle. Sous les tropiques en altitude, les basses températures (< 13°C) constituent un stress permanent. La limite altitudinale du riz se situe actuellement à 2500 m au Népal, à 2000 m à Madagascar et à 1700 m au Burundi reflétant la continentalité du climat. Enfin, les conditions requises pour le développement de la pyriculariose sont épidémiques.

## 2. Matériel et méthodes

Une cinquantaine de géniteurs aux origines très diverses (tableau 1), réputés tolérant aux basses températures, ont été croisés en diallèle. Les Facagro-acronyme "Faculté des sciences agronomiques" sont en très grande majorité des populations (bulk ou population hybride sans intervention du sélectionneur) qui ont été conduites en génération rapide à basse altitude (800 m) à la station ISABU-Imbo à climat tropical (fig. 1 site 2) et où trois générations par an sont réalisables avec une levée de dormance. Cette phase de multiplication des semences permet aux gènes de se restructurer tout en progressant vers l'homozygotie. Les populations sont brusquement soumises en F4 ou plus tard à la sélection naturelle en altitude où celle-ci agit au niveau des basses températures, de la bactériose et de la pyriculariose, alternativement en zone froide et chaude (isotherme des 18°C ou des 22°C), en vue de conférer à ces populations une large adaptabilité. L'origine génétique et géographique des variétés sont précisées dans le tableau 1. Certaines, comme les 57, 59 et 71, ont rapidement acquis un rendement acceptable. D'autres populations ont mis plusieurs cycles de sélection naturelle pour émerger; d'autres encore ont subi une sélection anthropique pour la précocité ou la taille. La majorité des variétés Facagro sont de type moderne; c'est-à-dire semi-naines à cause du gène *sd1* du *Dee-geo-woo-gen*, à feuilles érigées, à fort tallage, à petites panicules et au poids de mille grains peu élevé. Ce type de variété a une bonne architecture et, en général, une très bonne résistance à la verse. Elles répondent ainsi très bien à l'azote. Les variétés traditionnelles de haute taille versent dès que le rendement dépasse les quatre tonnes.

Les essais ont été menés en blocs aléatoires complets (repiquage à 2 plants/poquet aux écartements de 15 - 20 cm - parcelle élémentaire de 2 x 3 m) avec trois répétitions dans les trois sites représentatifs des grandes zones écologiques de moyenne altitude (fig. 1) avec une fumure de base de 30-30-30 unités et une lame d'eau (10 cm). Trente unités complémentaires d'azote ont été apportées à la montaison. Les plants ont passé un mois en pépinière et de quatre à cinq mois en rizière.

**Tableau 1 : Origine génétique et géographique des meilleures créations citées**

Facagro 18 (Shua Nan Tsan / Tatsumi mochi)
Facagro 35 (Br 51-315-4 / YR 1805-17-3-2)
Facagro 36 (IR 24312 -R-R 193 / Se Lin, Acc. 4767)
Facagro 45 (IR 9202-33-4-2-1/ IR 24312-R-R- 19-3)
Facagro 46 (IR 9202-6-1-1 / YR 2379-79-2)
Facagro 53 (B2980-B-Sr-2-6-2 / L9)
Facagro 56 (IR 9202-33-4-2-1/ RP 1848-54-2-3-1)
Facagro 57 (IR 24312-R-R-19-3-B / B 2980-B-Sr-2-6-2-3-2)
Facagro 59 (NR 10041-66-3-1/ B 2980-B-Sr-2-6-2-3-2)
Facagro 64 (K 443-106 / L9)
Facagro 67 (YR 2379-87-2/ Swat )
Facagro 71 (IR 15579-24-2 / K 288)
Facagro 78 (IR 15579-135-3 / RP 1848-54-2-3-1)
Facagro 142 (RP 1848-109-2-1-1/ Swat 1)
Facagro 234 (B 2980 B-Sr-2-6-2 / K 433-106)
Facagro 240 (IR 2061-588-6-9 / Inconnu)
Facagro 243 (BR 2983-B-Sr-85-3 / IR 15636-8-3)
Facagro 252 (Barkat K 78-13 / RP 1848-109-2-1-1)
Facagro 304 (IR18476-55-2 / Shua Nan Tsan)
Facagro 344 a-doré (IR 15579-24-2 / RP 1848-109-2-1-1)
Facagro 344 b-paille (IR 15579-24-2 / RP 1848-109-2-1-1)
Facagro 348 (IR 24312 R-R-19-3 / RP 1848-54-2-3-1)
Facagro 369 (IR 5716-18-1 / Yung Keng 9)
Facagro 372-6 (Barkat K 78-13 / Ambalalava)
Facagro 372-9 (Barkat K 78-13 / Ambalalava)
Facagro 374 (K 288/ K 433-106)
Facagro 386 (YR 1641- GH 59-7 /Yung Keng 9 )
Facagro 394 (Yung Keng 9 / IR 22623-R-R-4-3)
Facagro 420 (K 288 / RP 1848-54-2-3-1)
Facagro 422 (IR22623-R-R-4-3 / IR 9202-33-4-2-1)
Facagro 430 (IR 24312-R-R-4-3 / IR 5716-18-1)
Facagro 441 (YR 2379-47-2 / IR 15636-B-3)
Facagro 567 = 344-a précoce (RP 1848-109-2-2-1/ IR 15529-24-2)
Facagro 802 (Yunnan 3 / IRAT 13)= 700-R-R-R-8-8-4
Facagro 811 (Yunnan 3 / IRAT 13)= 700-R-R-R-8-8-6
Facagro 906 (Kirundo 3/ Facagro 59)
Facagro 907 b-indica (Kirundo 3/ Ambalalava)
Facagro 908 a: nain (Kirundo 9 / Facagro 59)
Facagro 909 (Yunnan 3 / Facagro 57)
Facagro 911 a: nain (pedigree perdu)

IR = IRRI, RP ou K = Indes, B = Indonésie, Swat = Pakistan, NR = Népal, Tatsumi mochi = Japon, YR = Corée du sud, Se Lin, Shua Nan Tsan (SNT), K 5 = Corée du nord, Yung keng, Yunnan 3 = Chine, L 9= Burundi, Barkat = Bengladesh, Ambalalava, FoFifa 64 (FO64) = Madagascar, Kirundo 3 et 9 sont des hors-types collectés en 1987 en région de Kirundo, IRAT 13 = Côte d'Ivoire.

- Le site de Mishiha (1300 m, site 3) en province de Cankuzo est installé dans la région naturelle du Buyogoma au centre d'une dépression proche de la crête de partage Congo-Nil avec des collines culminant à 1900 m. La montmorillonite prédomine sur la kaolinite dans la fraction argileuse du sol.

- Le site de Muramba (1450 m, site 4) est une tête de marais au milieu du Bugesera, région naturelle des hauts plateaux la plus chaude et la moins arrosée (900 mm). Le sol kaolinique est très fertile grâce à un aménagement correct.

- Le site de Akagoma (1550 m, site 5), dans la région naturelle lu Buyenzi, est une vallée très encaissée d'orientation nord-sud et flanquée d'une importante colline à l'ouest (1750 m), quotidiennement envahie

par le brouillard jusqu'à 9 heures du matin; le sol kaolinique est épuisé par une exploitation en continu depuis une dizaine d'années, une irrigation en cascade provoquant un lessivage des éléments nutritifs et un mauvais drainage en saison sèche entraînant par une alternance d'oxydoréduction une ferrollyse du sol et une disparition de l'azote par dénitrification (5).

Deux indices ont été développés pour suivre la pression de l'inoculum: l'incidence ou installation du parasite (pathogénicité) et la sévérité (degré de virulence) sur une variété particulière: l'incidence traduit en % le nombre de talles atteintes sur un échantillon de 10 plants prélevés systématiquement sur la diagonale de la parcelle. La sévérité de la maladie est mesurée par la différence de poids des grains de 25 panicules saines et de 25 panicules malades et est exprimée en %. L'indice de sévérité est en fait une estimation de la sensibilité d'une variété particulière ou d'un individu à un inoculum global. Les pertes sont calculées en multipliant l'incidence par la sévérité. Ces indices ont été appliqués à la pyriculariose et à la bactériose. La stérilité est mesurée sur les panicules saines et est exprimée en %; elle résulte de la stérilité intrinsèque à toute culture liée à l'état nutritionnel et à laquelle il faut ajouter la stérilité due aux basses températures nocturnes. Les composantes du rendement ainsi que ses contraintes sont estimées à partir du même échantillon.

La vitrosité a été déterminée suivant l'échelle visuelle de Ed. François et est exprimée en classe déterminant en % l'importance de la couche périphérique translucide par rapport au noyau central opaque.

Les analyses sont réalisées par les logiciels SPSS ou Stat-ITCF. Les groupes de moyennes homogènes selon le test de Newman-Keuls au seuil de 5% sont précisés. Les données entre parenthèses ne font pas partie de l'analyse de la variance pour cause de donnée manquante.

### 3. Résultats et discussion

#### Exemple de l'hétérogénéité des familles

La vitrosité est un caractère important dans la sélection du riz. La vitrosité est déterminée par le pourcentage d'amylose dans l'amylopectine du grain. Les molécules d'amylopectine sont solubles dans l'eau chaude et sortent du grain à la cuisson d'autant plus facilement que le taux d'amylose est bas. En se refroidissant, elles forment des liaisons avec les molécules des autres grains donnant un riz plus ou moins collant. Les Thaïlandais du nord aiment les riz gluants, les habitants du sud-est asiatique aiment les riz collants qu'ils mangent avec des baguettes, la majorité des occidentaux préfèrent un riz long, poli et glacé! Les habitants des hauts plateaux du Burundi, n'ayant aucune tradition rizicole, ne sont pas exigeants sur les qualités organoleptiques des variétés; ils sont contents d'avoir du riz et ils acceptent ainsi des variétés où les six classes de vitrosité de la méthode de Ed. François sont représentées comme dans la 71 (fig. 2).

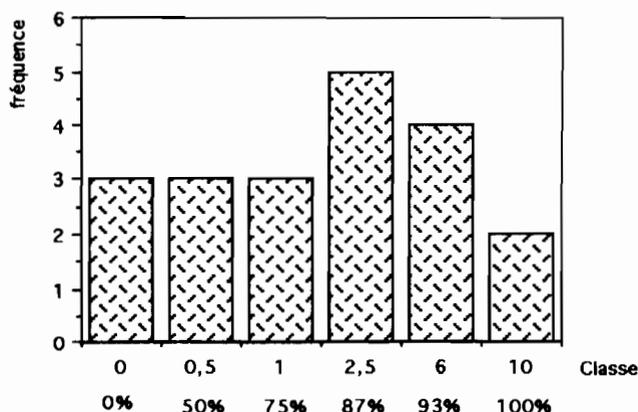


Figure 2 Histogramme de la vitrosité de la Facagro 71.

#### Le rendement

Les tableaux 2, 3 et 4 relatifs au multilocal et 5 et 6 relatifs aux confirmations en 1994-95 donnent le rendement, ses composantes que sont le tallage utile par m<sup>2</sup>, le poids de mille grains en g à 14% d'humidité et le nombre de grains par panicule ainsi que ses principales contraintes que sont la stérilité, la pyriculariose et la bactériose. Il faut signaler que le multilocal et la confirmation 1 à Mishiha ont été repiqués avec un mois de retard sur le calendrier habituel, ce qui a provoqué une épiaison en saison sèche.

#### Le rendement et ses composantes

En phase finale d'un programme de sélection, il n'y a plus de différence significative entre les moyennes des variétés pour le rendement à moins que ne survienne un fait nouveau comme une pathogénicité ou qu'on impose des conditions marginales dans le but de mieux identifier les variétés à large adaptabilité, cas de l'Akagoma (tableau 2).

Les rendements sont faibles à l'Akagoma reflétant l'épuisement du sol. La principale contrainte est en effet la stérilité d'origine nutritionnelle. Ces conditions marginales permettent aux variétés d'exprimer leur rusticité. Les moyennes variétales discriminent en trois groupes. La 57 se dégage des autres par sa rusticité. La plus exigeante est la 394. Les rendements sont très bons à Muramba, mettant en évidence l'extraordinaire potentiel de productivité des variétés modernes de riz avec une faible dose d'intrants, particulièrement chez la 908, la 430 et la 57. Les rendements sont moyens à Mishiha où les 394 et 422 montrent une adaptation spécifique par leur performance dans ce site moyen.

Le tallage ramené au nombre de talles fertiles/m<sup>2</sup> est bon dans les trois sites montrant l'intérêt d'une application d'azote au repiquage. Le nombre de grains par panicule ainsi que le poids de mille grains diminuent normalement avec l'altitude.

#### Le rendement et ses contraintes

##### La stérilité

La stérilité due au froid résulte d'un stress lors de la mise en place des organes reproducteurs et/ou à

**Tableau 2 : Synthèse du multilocal à l'Akagoma (1550 m)**

Multilocal	Rendements et ses composantes					Contraintes principales du rendement					
	RDT.	Tallage	Nb.Grains	Poids (g)	Stérilité	Pyriculariose			Bactériose		
	Total	Utile	Total/ Panicule	1000 Grains Pleins		Incidence	Sévérité	Pertes	Incidence	Sévérité	Pertes
Akagoma (Ngozi) 94-95	(t/ha)	(Pan./m <sup>2</sup> )			(%)	(%)	(%)	Rdt. (%)	(%)	(%)	Rdt. (%)
Variétés											
FacA. 018	1.73 bc	209 a	66 a	22.35 a	46.2 ab	29.6 a	0.0 a	0.0 a	6.3 a	(41.1)	2.6 a
FacA. 035	2.06 abc	264 a	56 a	22.12 a	57.1 ab	38.7 a	0.0 a	0.0 a	5.1 a	0.0	0.0 a
FacA. 036	2.49 abc	289 a	69 a	22.29 a	44.3 ab	42.4 a	0.0 a	0.0 a	13.6 a	46.2 a	5.9 a
FacA. 046	2.67 abc	290 a	81 a	22.54 a	54.4 ab	36.0 a	0.0 a	0.0 a	5.2 a	47.8 a	2.8 a
FacA. 056	2.78 abc	274 a	101 a	20.72 a	45.7 ab	36.4 a	0.0 a	0.0 a	11.5 a	33.6 a	4.2 a
FacA. 057	3.94 a	300 a	86 a	21.62 a	30.3 b	14.3 a	0.0 a	0.0 a	51.5 a	15.9 a	5.9 a
FacA. 059	2.59 abc	278 a	80 a	20.37 a	44.0 ab	17.2 a	0.0 a	0.0 a	46.3 a	5.3 a	2.6 a
FacA. 064	2.93 ab	248 a	81 a	20.87 a	25.2 b	18.4 a	3.5 a	0.6 a	40.8 a	36.9 a	15.3 a
FacA. 071	2.75 abc	326 a	81 a	23.60 a	53.3 ab	32.5 a	0.0 a	0.0 a	23.8 a	47.3 a	9.6 a
FacA. 234	3.03 ab	267 a	87 a	21.53 a	40.3 ab	57.8 a	5.4 a	2.1 a	25.3 a	27.3 a	8.0 a
FacA. 394	1.03 c	229 a	68 a	23.21 a	73.1 a	29.7 a	0.0 a	0.0 a	27.8 a	28.6 a	6.8 a
FacA. 422	2.20 abc	233 a	91 a	22.22 a	57.2 ab	24.5 a	0.0 a	0.0 a	30.7 a	29.3 a	9.8 a
FacA. 430	2.85 abc	264 a	87 a	20.29 a	29.9 b	16.3 a	0.0	0.0 a	44.0 a	30.8 a	19.3 a
FacA. 441	2.56 abc	230 a	76 a	20.44 a	32.0 b	7.2 a	10.4	0.4 a	38.8 a	21.6 a	8.4 a
FacA. 567	1.40 bc	223 a	86 a	21.49 a	71.4 a	44.6 a	3.1 a	1.5 a	9.1 a	42.8 a	3.2 a
FacA. 908a	2.99 ab	264 a	74 a	20.65 a	32.9 b	18.8 a	0.0 a	0.0 a	37.3 a	25.9 a	5.4 a
Moyenne	2.50	262	79	21.64	46.1	29.0	1.4	0.3	26.1	30.0	6.9
CV %	25.9 %	22.1 %	19.8 %	6.4 %	29.4 %	59.2 %	298.4 %	393.3 %	59.3 %	82.0 %	127.8 %

Les chiffres suivis d'une même lettre, ne sont pas significativement différents au seuil de 5%.

**Tableau 3 : Synthèse du multilocal à Muramba (1450 m)**

Multilocal	Rendements et ses composantes					Contraintes principales du rendement					
	RDT.	Tallage	Nb.Grains	Poids (g)	Stérilité	Pyriculariose			Bactériose		
	Total	Utile	Total/ Panicule	1000 Grains Pleins		Incidence	Sévérité	Pertes	Incidence	Sévérité	Pertes
Muramba (Kirundo) 94-95	(t/ha)	(Pan./m <sup>2</sup> )			(%)	(%)	(%)	Rdt. (%)	(%)	(%)	Rdt. (%)
Variétés											
FacA. 018	5.96 a	256 a	126 abc	24.13 abcd	17.5 ab	8.4 b	1.2 a	0.2 a	0.0 c	0.0	0.0 a
FacA. 035	6.18 a	333 a	96 bcd	23.24 abcd	18.9 ab	5.5 b	10.6 a	0.6 a	0.0 c	0.0	0.0 a
FacA. 036	6.04 a	309 a	109 abcd	24.38 abcd	20.8 ab	2.0 b	0.0 a	0.0 a	0.0 c	0.0	0.0 a
FacA. 046	5.93 a	296 a	107 abcd	23.93 abcd	22.7 ab	12.8 b	0.4 a	0.0 a	0.0 c	0.0	0.0 a
FacA. 056	6.61 a	308 a	136 a	23.09 abcd	18.7 ab	14.6 b	0.6 a	0.1 a	4.8 abc	23.8	0.2 a
FacA. 057	6.99 a	327 a	112 abcd	21.79 cd	18.4 ab	7.5 b	0.0 a	0.0 a	11.4 abc	8.0 a	1.1 a
FacA. 059	6.05 a	288 a	118 abcd	21.95 bcd	11.3 b	7.8 b	0.0 a	0.0 a	13.9 ab	6.5 a	0.8 a
FacA. 064	5.13 a	261 a	104 abcd	22.48 bcd	11.9 b	12.2 b	0.0 a	0.0 a	8.4 abc	0.8 a	0.1 a
FacA. 071	5.66 a	251 a	114 abcd	25.14 ab	17.0 ab	15.9 b	7.1 a	1.4 a	0.0 c	0.0	0.0 a
FacA. 234	5.80 a	251 a	142 a	21.16 d	16.5 ab	9.5 b	0.0 a	0.0 a	4.1 bc	20.2	0.8 a
FacA. 394	4.58a	239 a	88 d	25.83 a	35.2 a	3.7 b	0.0 a	0.0 a	4.8 abc	4.8 a	0.3 a
FacA. 422	5.64 a	316 a	123 abcd	23.44 abcd	24.8 ab	23.5 b	0.0 a	0.0 a	0.0 c	0.0	0.0 a
FacA. 430	7.21 a	277 a	130 ab	22.82 abcd	9.8 b	14.4 b	13.3 a	1.8 a	10.0 abc	10.9 a	1.2 a
FacA. 441	6.55 a	324 a	116 abcd	22.71 abcd	7.5 b	12.2 b	0.2 a	0.0 a	15.6 a	6.8 a	1.6 a
FacA. 567	4.72 a	253 a	90 cd	24.80 abc	22.1 ab	40.2 a	4.1 a	1.1 a	0.0 c	0.0	0.0 a
FacA. 908a	7.36 a	307 a	132 ab	21.58 cd	8.3 b	13.5 b	0.0 a	0.0 a	9.4 abc	8.5	0.8 a
Moyenne	6.02	287	115	23.28	17.6	12.7	2.5	0.3	5.2	5.6	0.4
CV %	18.3 %	16.6 %	11.3 %	4.9 %	40.9 %	59.9 %	273 %	251 %	80.8 %	162 %	242 %

Les chiffres suivis d'une même lettre, ne sont pas significativement différents au seuil de 5%.

Tableau 4 : Synthèse du multilocal à Mishiha (1300 m)

Multilocal	Rendements et ses composantes					Contraintes principales du rendement					
	RDT.	Tallage	Nb.Grains	Poids (g)	Stérilité	Pyriculariose			Bactériose		
	Total	Utile	Total/ Panicule	1000 Grains Pleins		Incidence	Sévérité	Pertes	Incidence	Sévérité	Pertes
Mishiha (Cankuzo) 94-95	(t/ha)	(Pan./m <sup>2</sup> )			(%)	(%)	(%)	Rdt. (%)	(%)	(%)	Rdt. (%)
Variétés											
FacA. 018	3.98 a	276 a	78 a	26.11 abc	21.8 a	21.6 a	0.0	0.0 a	0.0	0.0	0.0
FacA. 035	4.78 a	352 a	95 a	26.55 ab	23.0 a	18.3 a	(39.7)	1.4 a	0.0	0.0	0.0
FacA. 036	4.37 a	280 a	112 a	26.84 a	27.7 a	9.8 a	2.5 b	0.2 a	0.0	0.0	0.0
FacA. 046	2.77 a	340 a	118 a	24.74 abcde	26.6 a	23.1 a	36.4 a	9.2 a	0.0	0.0	0.0
FacA. 056	5.18 a	238 a	95 a	26.02 abc	23.9 a	12.3 a	0.0	0.0 a	0.0	0.0	0.0
FacA. 057	4.54 a	329 a	90 a	23.85 bcde	25.5 a	21.0 a	3.0	0.7 a	0.0	0.0	0.0
FacA. 059	3.10 a	278 a	90 a	24.70 abcde	21.8 a	23.5 a	4.8 b	0.6 a	0.0	0.0	0.0
FacA. 064	5.04 a	382 a	147 a	23.32 cde	36.3 a	20.3 a	0.0	0.0 a	0.0	0.0	0.0
FacA. 071	4.75 a	314 a	116 a	25.71 abcd	21.2 a	23.5 a	12.1 b	3.7 a	0.0	0.0	0.0
FacA. 234	4.56 a	307 a	136 a	22.19 c	25.7 a	27.5 a	0.1 b	0.0 a	0.0	0.0	0.0
FacA. 394	5.11 a	269 a	109 a	26.57 ab	31.2 a	22.9 a	3.3 b	0.3 a	0.0	0.0	0.0
FacA. 422	6.10 a	307 a	108 a	25.74 abcd	25.2 a	7.4 a	39.7	2.5 a	2.0	0.0	0.0
FacA. 430	3.91 a	362 a	117 a	23.43 cde	23.0 a	13.5 a	31.7	4.9 a	2.0	(60.2)	1.2
FacA. 441	4.25 a	334 a	106 a	23.10 de	26.4 a	12.7 a	8.4	1.4 a	0.0	0.0	0.0
FacA. 567	4.11 a	310 a	84 a	25.48 abcd	29.6 a	36.8 a	0.0 b	0.0 a	0.0	0.0	0.0
FacA. 908a	4.78 a	347 a	98 a	23.35 cde	26.8 a	15.7 a	4.7	0.4 a	0.0	0.0	0.0
Moyenne	4.46	314	106	24.86	25.9	19.4	12.7	1.7	0.1		0.1
CV %	27.3 %	20.6 %	22.8 %	4.1 %	20.2 %	58.9 %	125 %	234 %			

Les chiffres suivis d'une même lettre, ne sont pas significativement différents au seuil de 5%.

Tableau 5 : Synthèse de la confirmation 1

Confirmation 1	Rendements et ses composantes					Contraintes principales du rendement					
	RDT.	Tallage	Nb.Grains	Poids (g)	Stérilité	Pyriculariose			Bactériose		
	Total	Utile	Total/ Panicule	1000 Grains Pleins		Incidence	Sévérité	Pertes	Incidence	Sévérité	Pertes
Mishiha (Cankuzo) 94-95	(t/ha)	(Pan./m <sup>2</sup> )		(hum=14%)	(%)	(%)	(%)	Rdt. (%)	(%)	(%)	Rdt. (%)
Variétés											
FacA. 045	4.76 a	412 a	80 a	22.68 e	27.1 abc	7.1 a	0.0 a	0.0 a	0.0	0.0	0.0
FacA. 053	4.85 a	333 a	93 a	23.23 de	20.7 bc	14.9 a	4.6 a	0.8 a	0.0	0.0	0.0
FacA. 059	4.67 a	337 a	94 a	23.28 de	21.4 bc	14.4 a	12.0 a	1.7 a	0.0	0.0	0.0
FacA. 067	4.82 a	361 a	76 a	25.36 bcd	18.9 bc	12.6 a	9.5 a	0.8 a	1.8	(53.7)	1.0
FacA. 078	5.46 a	328 a	97 a	27.06 b	18.1 bc	15.0 a	12.3 a	2.1 a	0.0	0.0	0.0
FacA. 252	5.00 a	279 ab	107 a	25.40 bcd	39.5 a	18.4 a	0.0 a	0.0 a	0.0	0.0	0.0
FacA. 304	4.39 a	242 ab	90 a	23.46 de	20.9 bc	17.1 a	4.4 a	0.4 a	0.0	0.0	0.0
FacA. 348	4.16 a	358 a	105 a	24.08 cde	29.8 abc	11.1 a	12.3 a	1.1 a	0.0	0.0	0.0
FacA. 369	3.91 a	379 a	85 a	25.87 bc	35.0 ab	16.1 a	11.1 a	1.7 a	0.0	0.0	0.0
FacA. 372-6	5.07 a	318 a	89 a	26.49 b	36.4 ab	16.3 a	0.0 a	0.0 a	0.0	0.0	0.0
FacA. 372-9	5.13 a	302 ab	84 a	27.02 b	24.6 abc	20.4 a	0.0 a	0.0 a	0.0	0.0	0.0
FacA. 374	5.12 a	379 a	79 a	22.86 e	25.4 abc	26.3 a	0.0 a	0.0 a	0.6	(12.7)	0.1
FacA. 386	4.98 a	303 ab	98 a	23.50 de	31.1 abc	37.5 a	0.0 a	0.0 a	0.0	0.0	0.0
FacA. 906	4.77 a	364 a	92 a	23.43 de	26.2 abc	14.0 a	1.7 a	0.2 a	0.0	(0.0)	0.0
FacA. 907b	4.13 a	107 b	100 a	34.33 a	16.4 c	1.4 a	0.0 a	0.0 a	6.9	(0.0)	0.0
FacA. 909	5.39 a	328 a	97 a	23.81 de	22.9 abc	14.4 a	22.9 a	3.5 a	0.0	0.0	0.0
Moyenne	4.79	325	92	25.12	25.9	16.1	6.0	0.8	0.6		0.1
CV %	15.7 %	18.3 %	16.9 %	3.3 %	23.9 %	61.8 %	158 %	176 %			

Les chiffres suivis d'une même lettre, ne sont pas significativement différents au seuil de 5%.

Tableau 6 : Synthèse de la confirmation 2

Confirmation 2	Rendements et ses composantes					Contraintes principales du rendement						
	RDT.	Tallage	Nb.Grains	Poids (gr)	Stérilité	Pyriculariose			Bactériose			
	Total	Utile	Total/ Panicule	1000 Grains Pleins		Incidence	Sévérité	Pertes	Incidence	Sévérité	Pertes	
Mishiha (Cankuzo) 94-95	(t/ha)	(Pan./m <sup>2</sup> )			(%)	(%)	(%)	Rdt. (%)	(%)	(%)	Rdt. (%)	
Variétés												
FacA. 059	4.72 a	347 ab	79 b	23.61 ab	25.5 b	33.2 a	3.6 a	1.1 b	7.3 ab	0.0	0.0 b	
FacA. 078	4.66 ab	338 ab	82 b	26.06 a	27.9 b	66.9 a	0.0 a	0.0 b	0.0 b	0.0	0.0 b	
FacA. 142	3.24 cd	261 ab	72 b	21.52 b	27.4 b	52.8 a	0.0 a	0.0 b	0.0 b	0.0	0.0 b	
FacA. 240	4.08 abc	359 ab	80 b	24.42 ab	31.7 ab	33.5 a	8.5 a	2.2 b	0.0 b	0.0	0.0 b	
FacA. 243	3.30 bcd	304 ab	69 b	24.67 ab	55.6 a	32.6 a	0.0 a	0.0 b	0.0 b	0.0	0.0 b	
FacA. 344a	3.56 abcd	239 ab	80 b	25.08 ab	26.4 b	51.0 a	6.9 a	3.8 b	0.0 b	0.0	0.0 b	
FacA. 344b	4.17 abc	270 ab	100 ab	25.49 ab	36.9 ab	43.9 a	3.5 a	1.5 b	0.0 b	0.0	0.0 b	
FacA. 369	2.72 d	312 ab	75 b	24.87 ab	36.9 ab	68.7 a	31.9 a	22.2 a	8.4 a	(64.2)	4.0 a	
FacA. 420	4.31 abc	270 ab	82 b	26.74 a	36.9 ab	32.0 a	2.9 a	1.9 b	1.9 b	9.0	0.2 b	
FacA. 430	4.28 abc	290 ab	67 b	23.06 ab	21.6 b	67.2 a	0.0 a	0.0 b	1.9 b	(21.1)	0.4 b	
FacA. 567	3.75 abcd	336 ab	70 b	25.13 ab	36.3 ab	64.3 a	0.0 a	0.0 b	0.0 b	0.0	0.0 b	
FacA. 802	4.62 ab	247 ab	123 a	22.59 ab	39.7 ab	40.5 a	3.3 a	2.1 b	0.0 b	0.0	0.0 b	
FacA. 811	3.14 cd	204 b	78 b	22.52 ab	43.6 ab	28.4 a	24.4 a	9.8 b	0.0 b	0.0	0.0 b	
FacA. 911a	4.45 abc	369 a	65 b	22.86 ab	27.8 b	70.0 a	0.0 a	0.0 b	0.0 b	0.0	0.0 b	
F064	3.37 abcd	318 ab	66 b	25.41 ab	25.4 b	60.9 a	6.3 a	3.7 b	0.0 b	0.0	0.0 b	
SNT	4.72 a	270 ab	89 b	22.64 ab	28.7 b	62.6 a	9.7 a	5.0 b	0.0 b	ind.	0.0 b	
Moyenne	3.94	296	80	24.17	33.0	50.5	6.3	3.3	1.2		0.3	
CV %	12.2 %	18.2 %	17.9 %	6.0 %	29.4 %	35.3 %	199 %	202 %	210 %		363 %	

Les chiffres suivis d'une même lettre, ne sont pas significativement différents au seuil de 5%.

l'anthèse (11). Cependant, la stérilité n'est qu'un aspect de la tolérance aux basses températures. En effet, celle-ci est contrôlée par plusieurs systèmes polygéniques (16, 17); en pareil cas, le sélectionneur n'a d'autre moyen que de laisser agir la sélection naturelle sur une population en ségrégation pour éliminer les inadaptés à l'un ou l'autre stade phénologique. On constate, en effet, une augmentation régulière des rendements et de l'adaptation générale de la population au fil du temps.

La sélection naturelle est très efficace contre la stérilité due aux basses températures (fig. 3) sur des familles en ségrégation dans le site de l'Akagoma;

Ambalalava est une variété traditionnelle d'origine malgache, fixée et bien adaptée aux basses températures, les hybrides étaient représentés par la moyenne de la 57 et 59 en F6 en 1989 et dont les parents avaient une stérilité supérieure à 66% en moyenne. Elles avaient déjà subi deux épreuves de sélection naturelle en altitude et leur stérilité était déjà inférieure à celle d'Ambalalava. La stérilité restante est la stérilité intrinsèque à toute culture et celle qui est générée par une faim en fin de cycle, comme ce fut le cas en 1992 et à l'Akagoma (tableau 2). La stérilité augmente avec la diminution des rendements et avec les exigences de la variété.

#### La pyriculariose

Problème crucial pour l'avenir de la riziculture au Burundi! Bahama (2) en étudiant les souches isolées sur les variétés qui étaient ravagées a démontré que les résistances de Te-tep, Tadukan et Zenith étaient surmontées, qu'il y avait à l'Akagoma une super race surmontant pratiquement tous les gènes de résistance connus et pourtant 57, 59 et 71 résistent toujours, confrontées avec cet inoculum depuis 10 ans. De temps à autre, on relève une faible incidence et une forte sévérité dans ces populations, comme par exemple les cas de la 35, 420 et 430 dans le multilocal à Mishiha, cela résulte d'une mauvaise combinaison de gènes chez quelques individus de la population. Très généralement, ces populations sont assainies l'année suivante. La pression de pyriculariose a été plus faible que la saison passée. La diminution des pertes attribuées à la pyriculariose est principalement due au fait que les variétés sensibles ont été éliminées des essais. De plus, le repiquage tardif à Mishiha de l'essai multilocal et de la confir-

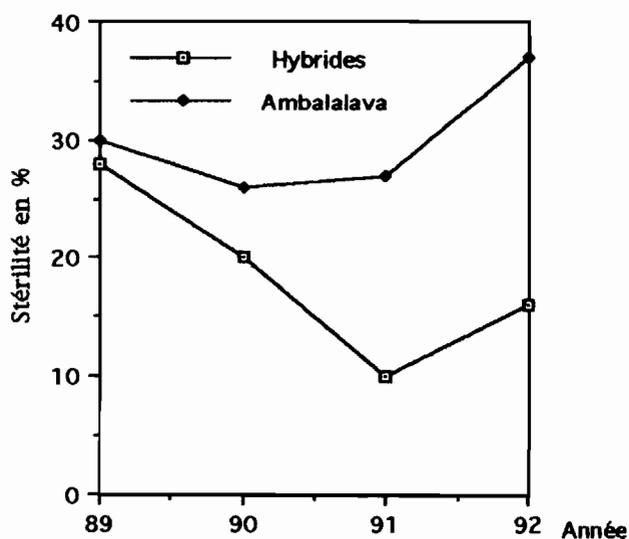


Figure 3 Evolution de la stérilité en %.

mation 1 a eu une influence défavorable sur l'incidence; en effet l'épiaison s'est réalisée en saison sèche, entraînant une diminution de la période d'humectation, facteur limitant à l'infection. La sévérité diminue elle aussi d'une manière générale; ceci peut s'expliquer par une augmentation de l'amplitude de la variation journalière de la température en saison sèche dépassant tantôt vers le bas tantôt vers le haut la fourchette des températures optimales définies par Detry (9) pour le développement d'une épidémie. Le cas de la 369 dans les deux confirmations est parlant, mais il y a, comme à toute règle, des exceptions, notamment la 430 dans le multilocal où la sévérité de la maladie augmente par rapport à celle de la confirmation 2 qui était nulle.

#### La bactériose

Cette maladie anéantit toute récolte chez les variétés qui ne sont pas armées contre elle; elle provoque une pourriture brune de la gaine foliaire et un raccourcissement de la tige paniculaire et spécialement du dernier entre-noeud; il en résulte une moins bonne sortie paniculaire et la stérilité de la partie non-émergée de la panicule. Le stade sensible à la maladie est le gonflement. Toutes les variétés sont sensibles à cette maladie avec des différences variétales, ce qui laissait présager un système polygénique de tolérance. Effectivement, la sélection naturelle est aussi très efficace (15). Cette action de la sélection naturelle est illustrée à la figure 4 et 5 où l'on compare les indices sur Ambalalava, tolérante à la maladie et sur les familles hybrides 57 et 59 en ségrégation dans le site de l'Akagoma et qui sont en F5 en 1988. En suivant l'incidence sur Ambalalava, on voit une variation inter annuelle de la pression traduisant des fluctuations climatiques ( $T^{\circ}$ ); plus les températures sont basses, plus forte est la pression. L'incidence n'a pratiquement pas varié sur les familles hybrides en 1988-89, mais les pertes ont chuté de 55 à 25% et se situent au niveau des pertes enregistrées chez Ambalalava. C'est le résultat de l'action de la sélection naturelle qui a éliminé en 1988 les individus manifestant une grande sévérité. En 1990, l'incidence et les pertes sur Ambalalava furent nulles alors que l'incidence reste forte chez les familles hybrides, au même niveau que chez Ambalalava l'année précédente, mais les pertes sont tombées en dessous de 5%. En 1991, une augmentation de 10% de l'incidence se traduit chez Ambalalava par des pertes de 7% et de 22% chez les familles hybrides. Cette discordance trouve son explication dans le gène *sd1* qui est responsable d'une mauvaise sortie de la panicule. Detry (8) a démontré que la sensibilité variétale et les pertes étaient corrélées à une réduction du dernier entre-noeud paniculaire, elle-même liée à la taille de la population bactérienne, de sorte que même une faible pression se traduit par une incidence élevée et des pertes chez les variétés modernes. En voyant les résultats actuels, avec une incidence de 46% (tableau 2), la 59 n'accuse que 2,6% de perte, montrant que l'action de la sélection naturelle s'est encore poursuivie. Les 64 et 430 sont à déconseiller dans la zone la plus froide parce que trop sensibles à cette maladie.

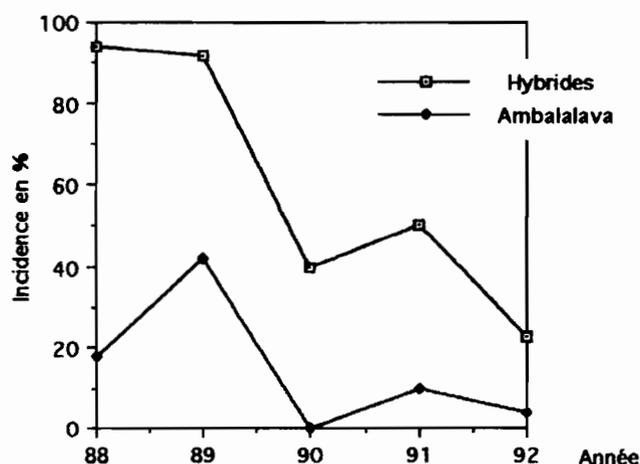


Figure 4 Incidence de la bactériose en %.

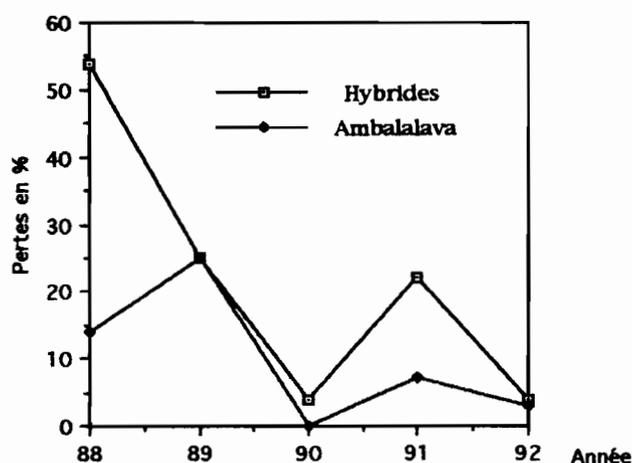


Figure 5 : Pertes dues à la bactériose en %.

#### 4. Conclusions

La technique des populations hybrides (bulk) soumise à la sélection naturelle permet d'obtenir rapidement des génotypes de mieux en mieux adaptés aux basses températures et à la bactériose.

Devant une situation aussi menaçante que la pyriculariose, quelle stratégie adopter? Dans les pays industrialisés, on organise une rotation de gène de résistance pour éviter de pyramider les gènes de virulence chez le parasite comme cela arrive dans les stations d'essai où l'on affronte au parasite plusieurs gènes de résistance, autre stratégie de lutte qu'on qualifie de culture en mosaïque avec le danger de voir apparaître la super race! Crill et al. (7) ont appliqué la rotation de gène avec succès en Corée du Sud. Il faut pour cela un service semencier à la hauteur, ce qui est loin d'être le cas au Burundi. Comment atteindre à temps des milliers de petits exploitants qui par tradition ressemment la meilleure partie de leur récolte? La seule alternative possible face à la pyriculariose est de lui opposer le maximum d'hétérogénéité au niveau variétal (population), à mélanger les variétés; ce qui équivaut à un déploiement condensé de gènes de résistance.

Les paysans mélangent spontanément les variétés et

ils prennent soin d'éliminer de leurs semences les variétés devenues sensibles. Cette pratique des mélanges variétaux semble être la règle en dehors des pays industrialisés (3): "Vary Tsindilaly" à Madagascar, "Chhalangpa" à 2000 m au Bhoutan sont les exemples les mieux connus de cette sagesse paysanne en matière de riziculture. Dans ces vieilles civilisations du riz, ils ne mélangent pas n'importe quoi.

Un décalage des semis d'un bon mois est possible en dessous de 1500 m, cela permettrait de réduire considérablement la pression de pyriculariose.

Il ressort que le bras de fer du couple riz-Pyricularia n'est pas terminé et que sans un programme actif de croisements dirigés, il n'y aurait plus de riziculture en altitude au Burundi.

### Remerciement

Le programme est financé depuis 1985 dans le cadre du STD (Science, technique et développement) de la DG-XII de l'U.E. Il s'intègre dans un réseau multidisciplinaire "Etude des contraintes de la riziculture d'altitude et développement de variétés adaptées".

### Références bibliographiques

1. Autrique A. & Maraite H., 193. La pourriture brune de la gaine foliaire du riz causée par *Pseudomonas fuscovaginae*. Bulletin phytosanitaire de la F.A.O. **31**, 94.
2. Bahama, J.B., 1990. Criblage variétal pour la pyriculariose. p.p.113-120. In: Contraintes de la riziculture d'altitude et amélioration variétale. J. Bouharmont et J.-P. Tilquin Eds. U.C.L.-C.T.A., Louvain-La-Neuve.
3. Bonman J.M., Estrada B.A. & Denton R.I., 1986. Blast management with upland rice cultivar mixtures. p.p. 375-382. In: Progress in upland rice research. International Rice Research Institute. Los Banos, Laguna, Philippines. P.O. Box 933, Manila, Philippines.
4. De Brabandere J., 1982. Synthèse des premiers essais de riziculture dans le plateau central du Burundi. p.p. 2-14. In: Rapport annuel de l'ISABU, Bujumbura: ISABU 1982.
5. De Datta S.K., 1981. Principles and practices of rice production. John Wiley and Sons, New York, Singapore, 618 p.
6. Duveiller E., Notteghem J.-L., Rott P., Snacken F. & Maraite H., 1990. Bacterial sheath brown rot of rice caused by *Pseudomonas fuscovaginae* in Malagasy. Tropical Pest management **36**: 151-153.
7. Crill P., Ham Y.S. & Beachel H.M., 1982. The rice blast disease in Korea and its control with race prediction and gene rotation. p.p. 123-130. In: Evolution of gene rotation concept for rice blast control; a compiled of 10 research papers. International Rice Research Institute. Los Banos, Laguna, Philippines. P.O. Box 933, Manila, Philippines.
8. Detry J.-F., 1990. Criblage variétal pour la résistance à *Pseudomonas fuscovaginae* au Burundi. p.p. 105-112. In: Contraintes de la riziculture d'altitude et amélioration variétale. J. Bouharmont et J.-P. Tilquin Eds. U.C.L.-C.T.A., Louvain-la-Neuve.
9. Detry J.-F., 1994. Protection intégrée contre la pyriculariose et la pourriture brune des gaines foliaires du riz en moyenne altitude au Burundi. Thèse de doctorat. U.C.L., Faculté des Sciences agronomiques, Louvain-La-Neuve. 210 p.
10. Jaunet T., 1992. Rapport de mission au Népal du 17 au 28 septembre 1992. Contraintes de la riziculture d'altitude au Népal. CIRAD-CA, Montpellier, 12 p.
11. Nizigiyimana A., 1993. Détermination et caractérisation des phases de sensibilité aux basses températures chez le riz (*Oryza sativa* L.). Thèse de doctorat en Sciences, U.C.L. Louvain-la-Neuve. 131 p.
12. Tilquin J.-P., 1987. Bilan de trois années de sélection en riziculture pluviale au Burundi. Publication ISABU n° 111, 80 p.
13. Tilquin J.-P. 1989. Screening for cold tolerance in Burundi. IRRN **14** (1): 14-15.
14. Tilquin J.-P., Detry J.-F. & Chapeaux J.-P., 1990. Les contraintes de la riziculture d'altitude au Burundi. p.p. 54-61 in: Contraintes de la riziculture d'altitude et amélioration variétale. J. Bouharmont et J.-P. Tilquin Eds. U.C.L.-C.T.A., Louvain-La-Neuve.
15. Tilquin J.-P. & Detry J.-F., 1993. Efficiency of natural selection for bacterial sheath rot (BSR) in bulked families. IRRN **18** (1) 23-24.
16. Tilquin J.-P. & Detry J.-F., 1993. Efficiency of natural selection against cold-induced sterility in bulked families. IRRN **18** (1): 33.
17. Tilquin J.-P., Sibomana C., Evrard D., Busogoro J.-P. & Detry J.-F., 1994. Phénologie et rendement de deux variétés de riz dans deux écosystèmes contrastés au Burundi. Cahiers d'études et de recherches francophones, Agricultures **3**: 309-314.
18. Zeigler R.S. & Alvarez E., 1987. Bacterial sheath brown rot of rice caused by *Pseudomonas fuscovaginae* in Latin America. Plant disease **71**: 592-597

J.-P. Tilquin, Belge, Docteur en Sciences, ex-CTU à l'Université du Burundi, consultant free lance.

J.-F. Detry, Belge, docteur en sciences agronomiques, ex-chercheur du STD à l'ISABU.

A. Nizigiyimana, Burundais, Docteur en sciences, Professeur à la faculté des sciences agronomiques de l'Université du Burundi.

Ch. Boels, Belge, Ingénieur agronome, chercheur au programme STD.

A. Ndayiragije, Burundais, ingénieur agronome, chercheur au programme STD

# Utilisation de gousses de *Piliostigma reticulatum* (DC.) HOCHST. et de feuilles de *Cajanus cajan* (L.) MILLSP. en combinaison avec l'urée pour l'engraissement des moutons Djallonké type Mossi et du Sud au Burkina.

J.S. Zoundi\*, A.J. Nianogo\* & L. Sawadogo\*\*

Key words: Djallonke Sheep - Supplementation - *Piliostigma reticulatum* pods - Pigeon Pea Leaves

## Résumé

L'étude avait pour objectif d'évaluer la possibilité de valorisation des gousses de *Piliostigma reticulatum* (GPr) et des feuilles de *Cajanus cajan* (FCc) pour l'engraissement des ovins.

Les résultats indiquent un réel potentiel pour l'utilisation de GPr et de FCc. Cependant et lorsque elles remplacent le tourteau de coton (TC) dans une même proportion en poids de matière sèche la substitution entraîne une baisse en azote. Ces ingrédients devraient être associés à des niveaux convenables de TC, et probablement avec un rapport énergie/azote élevé.

L'analyse économique montre que les rations associant moins de 30% d'intrants extérieurs à la ferme présentent les meilleures alternatives.

## Summary

The study evaluated the potential of *Piliostigma reticulatum* pods (PrP) and *Cajanus cajan* leaves (CcL) for fattening sheep.

The results indicate that both PrP and CcL provide adequate nutrition for growing lambs. However, when used to replace the cottonseed meal (CSM) on a same dry matter weight part basis, the substitution causes total nitrogen to decrease in the diet. These ingredients must be used in combination with adequate level of CSM and probably with a higher energy/nitrogen ratio.

Benefit-cost analysis shows that diets involving less than 30% of external inputs provide the highest benefits.

## 1. Introduction

L'embouche ovine est une pratique très répandue et surtout valorisée lors de certaines fêtes religieuses, périodes pendant lesquelles la demande est forte et les prix intéressants (9). Cette activité lucrative se déroule généralement en saison sèche et le système d'alimentation repose en grande partie sur la valorisation des résidus de culture à travers une complémentation azotée et énergétique avec des sous-produits agro-industriels.

En ce qui concerne les petits producteurs en système d'exploitation mixte agriculture-élevage, beaucoup d'obstacles limitent la pratique de l'embouche saisonnière des ovins. Parmi ceux-ci on peut citer: (a) le coût élevé des nutriments complémentaires requis et, (b) le problème crucial de limitation du capital financier. Cet ensemble de facteurs défavorables rend difficile l'accès de ces petits exploitants aux sources azotées et énergétiques nécessaires pour les opérations d'embouche, mais non disponibles au niveau de la ferme. La présente étude analyse les possibilités de valorisation de substrats alimentaires pauvres par des sources azotées et énergétiques localement accessibles aux producteurs.

## 2. Matériel et méthodes

Deux essais consécutifs ont été conduits en milieu réel respectivement en 1994 et 1995. Chaque essai d'une durée de 11 semaines a concerné 4 ateliers de 2 lots de 10 animaux âgés de 12-15 mois, soit un total de 80 animaux par essai. Quatre (4) traitements

expérimentaux (Tableau 1) ont été étudiés suivant un dispositif en bloc incomplet avec deux traitements par atelier (ou bloc). Chaque essai a comporté un lot témoin commun de 10 animaux évoluant sur pâturage naturel à *Andropogon gayanus* KUNTH., *Andropogon pseudapricus* STAPP., *Pennisetum pedicellatum* TRIN., *Eragrostis tremula* HOCHST. Les pesées des animaux ont lieu une fois par semaine à 7h00 du matin après 12 heures à jeun.

L'essai 1 a concerné des ovins mâles entiers de race Djallonké du Sud de poids vif moyen initial de  $14 \pm 0,49$  kg et avait pour objectif d'évaluer: (a) l'effet cumulé de l'adjonction du mélange gousse (GPr) de *Piliostigma reticulatum* + Urée dans la ration en tant que source énergétique et azotée fermentescibles et (b) la possibilité de substitution partielle ou totale du tourteau de coton (TC) par les feuilles (FCc) de *Cajanus cajan* (pois d'angolé). Des mesures sur le pH et la teneur en azote ammoniacal (N-NH<sub>3</sub>) ont été effectuées à partir de jus de rumen deux fois par jour (10h00 - 19h00) et 4 heures après la prise du mélange GPr + Urée. Les prélèvements de jus de rumen ont été effectués sur des animaux non fistulés et selon la procédure décrite par Preston et Leng (6).

Pour l'essai 2, des ovins mâles Djallonké type Mossi de poids vif moyen initial de  $20,29 \pm 0,44$  kg ont été utilisés et avec comme objectif: (a) analyser les effets liés aux variations du taux d'incorporation du mélange GPr + TC dans la ration et, (b) d'évaluer les avantages économiques liés aux combinaisons alimentai-

\* Institut d'Etudes et de Recherches Agricoles (INERA), 03 BP 7192 Ouagadougou 03, Burkina Faso.

\*\* Faculté des Sciences et Techniques (FAST), Université de Ouagadougou, 03 BP 7021 Ouagadougou 03, Burkina Faso.  
Reçu le 03.01.96 et accepté pour publication le 08.05.96.

**Tableau 1: Traitements des essais 1 et 2**

	ESSAI 1					ESSAI 2			
	I	II	III	IV	V (Témoïn)	A	B	C	D
<b>Composition (en % MS) .</b>									
Pâturage naturel	-	-	-	-	100	-	-	-	-
Paille de Sorgho	55	55	67,5	55	-	55	45	55	55
Tourteau Coton	30	-	30	20	-	30	30	20	20
Feuilles de pois d'angole	-	30	-	10	-	-	-	-	10
Gousses	10	10	-	10	-	10	20	20	10
Urée	2,5	2,5	-	2,50	-	2,50	2,50	2,50	2,50
Minéraux	2,5	2,5	2,50	2,50	-	2,50	2,5	2,50	2,50
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100
<b>Valeur théorique</b>									
MAT (% MS)	23,74	14,92	16,12	20,80	-	23,74	24,42	20,3	20,8
MAD (% MS) <sup>1</sup>	16,48	9,30	10,94	14,08	-	16,48	17,03	13,48	14,08
UF (par kg MS) <sup>2</sup>	0,49	0,42	0,44	0,47	-	0,49	0,53	0,48	0,47
Ca (% MS)	0,94	1,05	0,58	0,98	-	0,94	1,31	1,34	0,98
P (% MS)	0,94	0,6	0,74	0,82	-	0,93	1,12	1,01	0,82

1 Calcul effectué à partir des équations de régression pour la détermination des éléments digestibles totaux (TDN) selon L.E. Harris (7)

2. Calcul effectué à partir des MAT (en % MS) et du coefficient de digestibilité déterminé sur la base de la teneur (en % MS) de la cellulose brute (7)

**Tableau 2: Gains de poids vifs et teneur en N-NH<sub>3</sub> en fonction de la gestion alimentaire: Essai 1**

	RATION					Ecart Type
	I	II	III	IV	V( Témoïn)	
<b>POIDS VIF (kg)</b>						
Poids vif initial	14,02	14,19	13,94	15,17	13,83	2,20
Poids vif final	17,56a	13,73b	16,41a	16,69a	15,33ab	2,70
Gain de poids vif	3,54a	-0,46c	2,47b	1,53bc	1,50bc	1,90
<b>Gain Moyen Quotidien (en g)</b>						
1-4 semaine	35,71a	-8,24bc	32,37a	-7,94bc	0,00b	36,90
1-8 semaine	38,21a	-10,30c	26,79a	7,94bc	19,34bc	27,30
1-11 semaine	45,97a	-5,99c	32,06b	19,84bc	19,48bc	25,10
<b>CARACTERISTIQUES DU JUS DE RUMEN</b>						
Teneur en N-NH <sub>3</sub> (en mg/l)	309,20a	227,80ab	185,40ab	270,50a	27,00c	129,20
pH	6,17bc	6,52a	6,23bc	6,30b	6,37b	0,18
<b>INGESTION VOLONTAIRE</b>						
g MS/animal/j	606,43	520,37	588,15	592,56	-	35,80
g MS/kg PM/j	75,77	71,59	77,24	72,64	-	3,50

NB: Les valeurs marquées horizontalement des mêmes lettres (a b c...) ne sont pas significativement différentes pour les niveaux de significations suivantes: - Gains de poids vif: P = 0,05

- pH et N-NH<sub>3</sub>: P = 0,01

PM: Poids métabolique

res testées. L'évaluation économique a porté sur l'analyse avantage-coût (1).

Les analyses statistiques ont été réalisées sur le logiciel GENSTAT et en utilisant les procédures recommandées pour les blocs incomplets (4).

### 3. Résultats et discussions

#### 3.1. Essai 1

- Analyse des gains de poids vifs et de la consommation volontaire

Les résultats obtenus sur les gains totaux de poids vifs et sur les gains moyens quotidiens (GMQ) montrent un effet significatif (P < 0,05) de la ration (Tableau 2). La comparaison des résultats de la ration

II avec ceux des rations I et III montre cependant que la quantité d'azote apportée par la ration II n'était probablement pas suffisante par rapport aux besoins de croissance des animaux.

L'analyse des résultats de la ration I en comparaison avec ceux des rations II, III et IV montre un effet négatif et significatif (P < 0,05) de la substitution partielle ou totale du TC. Cela pourrait s'expliquer, d'une part, en raison de la faible concentration en MAT des FCc et, d'autre part, par l'apport plus important d'acides aminés et de protéines par les rations I et III.

L'ingestion volontaire varie de 3,46 à 4,04 kg MS/100 kg de poids vif et ces valeurs se situent dans la même fourchette que celles établies par Rivière (7).

Tableau 3: Gains de poids vifs en fonction de la gestion alimentaire: Essai 2

	RATION				Ecart Type
	A	B	C	D	
<b>POIDS VIF (kg)</b>					
Poids vif initial	19,67	20,90	20,18	20,42	3,10
Poids vif final	25,64ab	26,95a	25,12ab	24,15ab	3,70
Gain de poids vif	6,00a	6,05a	4,94ab	3,72c	1,70
<b>Gain Moyen Quotidien (en g)</b>					
1-4 semaine	75,40a	71,43a	62,86a	50,14b	41,10
1-8 semaine	83,33a	90,18a	63,21b	44,64c	30,20
1-11 semaine	77,92a	78,57a	64,15ab	48,25cc	23,20
<b>INGESTION VOLONTAIRE</b>					
g MS/animal/j	937,03	767,32	826,37	729,17	80,80
g MS/kg PM	90,40	70,98	80,25	70,11	11,20
<b>INDICE DE CONSOMMATION</b>					
kg MS/kg de gain	12,02	9,76	12,88	15,11	2,10
UF/kg de gain	6,54	5,85	7,01	7,46	0,90

NB: Les valeurs marquées horizontalement des mêmes lettres (a.b.c...) ne sont pas significativement différentes ( $P = 0,05$ )

PM: Poids métabolique

#### - Analyse de N-NH<sub>3</sub> et du pH du jus de rumen

Les teneurs en N-NH<sub>3</sub> enregistrées (Tableau 2) varient très significativement ( $P < 0,01$ ) avec le type de ration. A l'exception du lot témoin, les valeurs moyennes des traitements expérimentaux sont en adéquation avec les seuils requis (150-200 mg/l) pour la dégradation des fourrages médiocres (6). L'analyse des résultats montre également un effet très significatif ( $P < 0,01$ ) lié à l'adjonction du mélange GPr + Urée dans la ration.

Les valeurs de pH obtenues présentent des variations très significatives avec les différents traitements ( $P < 0,01$ ).

### 3.2. Essai 2

#### - Analyse des gains de poids vifs et de la consommation volontaire

Les résultats enregistrés sur les gains totaux de poids vif (Tableau 3) présentent des variations significatives ( $P < 0,05$ ) avec les traitements alimentaires. Les moyennes de GMQ observés sont comparables à celles obtenues en embouche intensive par d'autres auteurs sur la même race (2).

Par ailleurs, les gains de poids vifs enregistrés avec les rations A, B et C montrent un effet positif mais non significatif de l'augmentation du taux d'incorporation du mélange GPr + TC. Aussi, et pour un même taux d'incorporation de 40 %, les résultats montrent que le rapport GP/TC de 1/3 (ration A) est plus intéressant comparé à celui de 1/1 (ration C). La substitution d'une partie des TC par les GPr aurait entraîné une baisse de la teneur de la ration en azote, ce qui limiterait la croissance des animaux. Cette situation confirme la tendance observée au cours de l'essai 1 et traduit l'effet déterminant de la disponibilité d'une source protéique en quantité et en qualité.

Les indices de consommation enregistrés sont dans la même fourchette de valeurs que ceux obtenus par d'autres auteurs (5). Les valeurs (exprimées en UF/kg de gain) observées sont cependant inférieures à cel-

les enregistrées par certains auteurs (3,8) sur des ovins Djallonké. Cette situation traduirait une bonne valorisation des faibles apports énergétiques. L'amélioration de l'efficacité du milieu ruminal due à la fourniture en azote et énergie fermentescibles a probablement favorisé une bonne dégradation et une utilisation convenable des composés celluloseux.

#### - Analyse économique

En terme de bénéfice total net ou en liquidité, les résultats obtenus (Tableau 4) montrent un avantage des rations B et C et aucune différence notable n'a été observée au niveau des prix par kg de poids vif entre les 4 lots. Sur la base des quantités d'aliments ingérées, les marges brutes varient en moyenne de 2.300 à 2.700 F CFA par tête. Ces valeurs sont inférieures aux marges brutes (2.400 - 5.200 F CFA par tête) enregistrées sur des béliers peulh sahélien (9) mais toutefois supérieures aux bénéfices obtenus (910 F CFA en moyenne par tête) sur des béliers Djallonké en région humide (3). En ce qui concerne le renouvellement du capital, les résultats obtenus montrent clairement un avantage des traitements C et D, en raison de la faiblesse des dépenses en liquidité.

## 4. Conclusion de l'étude

Les feuilles de pois d'angolé et les GPr constituent des aliments de bonne valeur pour les ruminants. Cependant, leur utilisation en remplacement du TC provoque, d'une part, une diminution de la teneur en azote total de la ration et d'autre part, la baisse de l'apport en protéines.

Aussi, en tenant compte de la limitation en capital financier, l'objectif primordial de substitution totale ou partielle des intrants extérieurs à la ferme par ceux localement disponibles devra être privilégié à travers: (a) la recherche de voies d'amélioration de la qualité du substrat (aliment) de base et (b) la recherche d'autres sources alimentaires riches en protéines et disponibles au sein de la ferme.

**Tableau 4: Esquisse économique (en F CFA) par atelier d'embouche**

	RATION			
	A	B	C	D
<b>COÛTS DE PRODUCTION</b>				
<b>1. Dépenses en liquidité</b>				
Aliments <sup>1</sup>	37909(36520)	37566(36181)	26513(25029)	21382(20233)
Animaux <sup>2</sup>	64754	68803	66433	67223
Soins vétérinaires <sup>3</sup>	3200	3200	3200	3200
<b>2. Dépenses en nature</b>				
Aliments <sup>4</sup>	7936(7189)	6846(5257)	8603(7302)	7896(6807)
Main-d'oeuvre (4,2 Hommes-jour/atelier)	4368	4368	4368	4368
Amortissement bergerie <sup>5</sup>	1560	1560	1560	1560
<b>RECETTES</b>				
<b>1. Recettes en liquidité<sup>6</sup></b>				
	163532	171887	160215	154029
<b>2. Recettes en nature<sup>7</sup></b>				
	2310	2310	2310	2310
MARGE BRUTE <sup>a</sup>	46115(48251)	51854(54829)	51669(54633)	50710(52948)
BENEFICE NET EN LIQUIDITE <sup>b</sup>	57669(59058)	62318(63703)	63889(65553)	62224(63373)
RAPPORT AVANTAGE-COÛT <sup>c</sup>	1,36(1,41)	1,42(1,45)	1,46(1,50)	1,46(1,51)
RENOUVELLEMENT DU CAPITAL <sup>d</sup>	1,54(1,56)	1,57(1,59)	1,66(1,69)	1,67(1,70)

NB. Les valeurs entre parenthèses sont calculées sur la base des quantités d'aliments effectivement ingérées

1 Prix (F CFA) au kg: Urée = 80; Tourteau de coton = 62; Minéraux = 550

2 Prix moyen (en F CFA) à l'achat: 164,60/kg poids vif

3 Coût moyen par animal: 160 F CFA

4 Coût estimé (F CFA) au kg: Paille = 7; Fanes pois d'angolé = 10; Gousse = 8

5 Les bergeries sont en matériaux locaux et le coût est évalué en main-d'oeuvre correspondant à 3 Hommes-jour-atelier soit 3 120 F CFA par bergerie amortissable en 2 ans

6 Prix moyen réel par kg poids vif à la vente des animaux: 318,90 F CFA

7 Fumier: 300 g par animal/j; 5 F CFA/kg de fumier

<sup>a</sup> Recettes totales - Coûts totaux

<sup>b</sup> Recettes en liquidité - Dépenses en liquidité

<sup>c</sup> Recettes totales + Coûts totaux

<sup>d</sup> Recettes en liquidité + Dépenses en liquidité

## Références bibliographiques

- Amir P., Knipscheer H. C., 1989. Conducting on farm animal research: Procedures and economic analysis in Ed. Winrock International Institute for Agricultural Development (USA) and International Development Research Centre (Canada) pp. 114-142.
- Bourzat D., Bonkougou E., Richard D., Sanfo R., 1987. Essais d'intensification de la production animale en zone sahélo-soudanienne: alimentation intensive de jeunes ovins dans le Nord du Burkina. Rev. Elev. Méd. Vét. Pays trop. **40** (2):151-156.
- Dehoux J. P., Hounsou-Ve G., 1991. Essai préliminaire d'embouche intensive de béliers Fulani et Djallonké à base de céréales (mil et maïs) et de graine de coton au Nord-Est du Bénin. Tropicultura **9**, (4):151-154.
- Genstat, 1993. Genstat 5 Release 3 Reference Manual in Ed Oxford University Press Inc. New York pp. 461-538 & 539-583.
- Nianogo A. J., Soma L., Bonkougou G. F. X., Nassa S., Zoundi S. J., 1995. Utilisation optimale de la graine de coton et des fourrages locaux pour l'engraissement des ovins Djallonké type Mossi. Rev. Rés. Amélior. Prod. Agr. Milieu Aride **7**: 179-195.
- Preston T. R., Leng R. A., 1986. Matching livestock production systems to available resource in Ed. ILCA Addis Ababa (Éthiopia). pp. 114-128 & 276-305.
- Rivière R., 1991. Alimentation des ruminants domestiques en milieu tropical in Ed. IEMVT-Ministère de la Coopération et du Développement (France) pp. 400-523.
- Thys E., 1989. L'utilisation de tourteau et de coque de coton à haute dose dans l'alimentation de béliers de l'extrême Nord Cameroun. Observations Préliminaires. Tropicultura **7** (4):132-136.
- Tiendrebeogo J.P., 1992. Embouche ovine améliorée: étude comparée de différentes rations alimentaires à forte proportion de fourrages naturels locaux. Rev. Sci. et Tech. **20**, 2 : 68-78.

J.S. Zoundi, Docteur 3<sup>e</sup> cycle. Attaché de Recherche

A.J. Nianogo, PHD, Maître Assistant, Chef du Programme de Recherche sur les Productions Animales à l'INERA

L. Sawadogo, Docteur d'Etat. Professeur Titulaire, Doyen de la Faculté des Sciences et Techniques (FAST), Université de Ouagadougou - Burkina Faso.

# Les modes de production pour une gestion durable des ressources naturelles

S. Ouédraogo\*, D. Deybe\*\* & Françoise Gérard\*\*\*

Key words: Economic policy - Sustainable Agriculture - Modelling - Burkina Faso

## Résumé

*La dégradation des ressources naturelles préoccupe les décideurs politiques des pays en voie de développement, sans qu'une solution viable soit trouvée. Cependant, il est possible de concilier la gestion des ressources naturelles et la croissance économique par des mesures de politique économique appropriées.*

*Dans cet article, on présente un modèle qui intègre à la fois les aspects physiques, agronomiques, socio-économiques et institutionnels du secteur agricole au niveau d'un village du Burkina Faso. L'objectif est d'évaluer les effets à court et à long terme de différentes mesures de politique agricole sur les différents acteurs et sur la conservation des ressources naturelles.*

*Les résultats, encore partiels, montrent effectivement que l'application de certaines politiques pourrait contribuer à la préservation du patrimoine naturel tout en assurant un développement durable.*

## Summary

*Natural resource depletion is an important cause of anxiety for policy makers in developing countries and few viable solutions have been found until now. Nevertheless, it is possible to conciliate natural resource preservation with economic growth through appropriate economic policies.*

*In this article a model integrating physical, agronomic, socioeconomic and institutional aspects related with the agricultural sector is developed to evaluate short and long-term effects of different agricultural policies on the different agents as well as on the environment in a village of Burkina Faso.*

*The results, still partial, show that some economic policies can effectively combine resource preservation and allow a sustainable development.*

## Introduction:

### Gestion des ressources naturelles et politiques économiques

Les problèmes associés à la gestion des ressources naturelles prennent une place de plus en plus importante dans les préoccupations des décideurs politiques. L'Afrique n'échappe pas à cette problématique et le Burkina Faso en constitue un exemple intéressant. En effet, au cours des deux dernières décennies, les communautés rurales de ce pays ont subi des changements importants. Une pluviométrie plus faible et un accroissement démographique rapide se sont traduits par une dégradation des ressources naturelles: on observe une érosion éolienne et hydrique plus importante, une diminution de la fertilité, un déboisement rapide et une diminution de la jachère. On assiste ainsi à une surexploitation de la terre, à l'augmentation des conflits entre agriculteurs et éleveurs et à une pression de plus en plus élevée sur les parcours et les terres communes qui accélèrent la dégradation des sols (1,2,5,6,10,12,13).

Il est possible que des mesures adéquates de politique économique permettent de concilier croissance de la production agricole, augmentation des revenus

des ruraux et conservation des ressources naturelles. Cependant, étant donné la complexité et la diversité des systèmes de production, l'évaluation de l'efficacité des mesures de politique économique est difficile. Les méthodes proposées jusqu'à maintenant ne permettent pas une réponse satisfaisante à ces questions car elles sont centrées soit au niveau de la parcelle (4) et négligent ainsi l'ensemble des interactions entre les acteurs, soit à un niveau très agrégé ne pouvant donner que des indications qualitatives très générales.

Le but de cet article est de proposer et de tester une méthodologie au niveau villageois, basée sur une représentation fine des comportements des agents et des interactions, afin de répondre au besoin de quantifier les effets de politiques alternatives.

### Modélisation d'un village

Afin d'analyser l'impact des modes de production agricole sur l'environnement, on se propose d'utiliser une représentation réduite de la réalité intégrant les aspects physiques, agronomiques, socio-économi-

\* INERA/KAMBOISE, BP 476 Ouagadougou, Burkina Faso.

\*\* CIRAD/URPA, 45bis Av. de la Belle Gabrielle, F-94736 Nogent sur Marne Cedex, France.

\*\*\* ESCAP/CGPRT Centre, Jalan Merdeka 145, Bogor, 16111, Indonésie.

Reçu le 05.12.95 et accepté pour publication le 28.06.96.

ques et institutionnels du secteur agricole, comme c'est le cas d'un village. On peut ainsi évaluer les effets à court et long terme des différentes possibilités techniques et les mesures de politique à envisager pour faciliter l'adoption de pratiques favorables à la conservation des ressources naturelles. La modélisation offre un cadre adapté à cet objectif par une représentation relativement fine de la structure des exploitations et des comportements des acteurs, des relations entre unités de production, ainsi que de l'impact sur l'environnement des différents itinéraires techniques.

La technique consiste à représenter, pour chaque exploitation représentative du village, les nombreuses activités: production, consommation, emprunt et remboursement de crédit, etc. On suppose que chaque exploitant agricole cherche à maximiser son utilité, tout en satisfaisant une série de contraintes concernant la terre, la main-d'oeuvre, la consommation et les liquidités. Toutefois, d'autres facteurs sont aussi importants et doivent être considérés dans le modèle: les ressources communes du village et les échanges entre les exploitations agricoles. On relie alors les différents types d'exploitations représentatives par l'utilisation des ressources communes ainsi que par leurs échanges, par exemple en main-d'oeuvre, qui sont simulés en supposant l'existence d'un marché. La figure 1 représente schématiquement les liens entre exploitations et l'accès aux ressources communes.

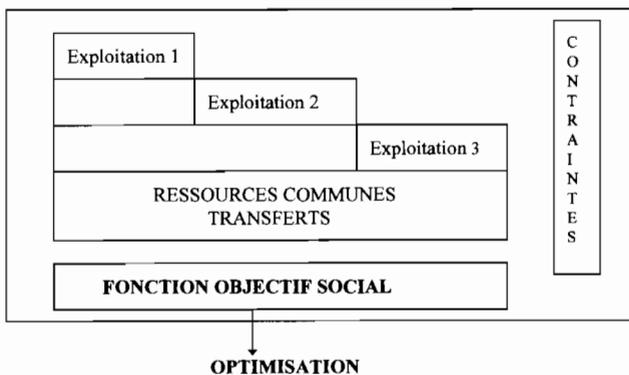


Figure 1 · Structure des modèles bio-économiques.

Afin de pouvoir mesurer les effets à moyen et long terme des politiques agricoles sur l'environnement on introduit dans le modèle un compteur de l'érosion générée par les différentes techniques de production. Le compteur de tonnes de particules érodées permet d'abord d'avoir une idée sur l'impact de chaque activité au niveau du village et ensuite, de comparer les effets des différentes mesures de politiques simulées. L'érosion affecte, bien entendu, la performance, présente et future, des cultures.

Par ailleurs, une certaine récursivité (Fig. 2) est incorporée dans la formulation du modèle pour prendre en compte la différence entre prix anticipés et prix obtenus à la récolte. De cette manière on peut rendre endogènes les prix à partir de la représentation des marchés de produits agricoles au niveau local, pour

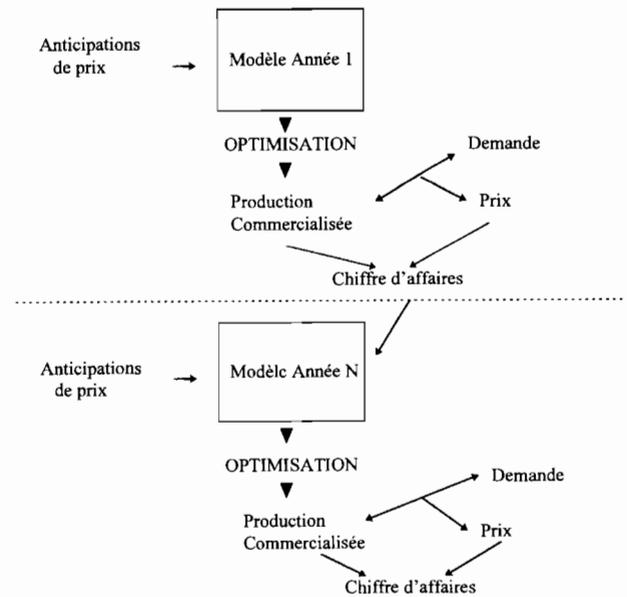


Figure 2 : La dynamique récursive du modèle.

améliorer le calcul du chiffre d'affaires et des liquidités disponibles pour l'année suivante; et adapter la prise en compte du risque économique des différentes alternatives. La récursivité permet aussi de lier l'impact à long terme des différentes techniques de production et des cultures sur le sol.

Ce raisonnement sur la récursivité du modèle se base sur l'hypothèse que le processus d'anticipation de prix réalisé par les producteurs pour comparer les rentabilités relatives des différentes activités incorpore les délais et le risque de production ainsi que l'incertitude sur les prix au moment de la vente. Ces éléments nous éloignent de la conception de l'équilibre néoclassique issue du schéma walrasien où l'allocation optimale des ressources est déterminée par le marché de façon instantanée, l'offre s'adaptant immédiatement aux prix. On prend ainsi en compte les imperfections des différents marchés car l'information est imparfaite, rendant les prix futurs incertains et l'activité agricole particulièrement soumise au risque (3). Sur le marché du capital est introduite une contrainte de liquidité liée au résultat de l'exploitation de l'année précédente.

L'"histoire" de l'exploitation joue ainsi un rôle essentiel dans les décisions. Le temps historique, c'est-à-dire irréversible, est ainsi explicitement introduit dans ce modèle, ce qui constitue une de ses originalités et nous a semblé essentiel pour l'étude des problèmes de gestion des ressources naturelles. Le modèle permet en effet de prendre en compte "l'effet de retour" sur l'environnement physique et économique des modifications du comportement des agents.

Cette structure générale du modèle peut être adaptée en fonction de la réalité que l'on souhaite représenter. Une maquette construite pour le village burkinabé de Séguéré permet d'illustrer la méthode. Les résultats ont été obtenus avec des données de 1993, antérieures à la dévaluation du F.C.F.A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Une version ultérieure du modèle dépasse le cadre du village pour représenter le secteur agricole dans sa totalité. (8)

## Le village de Séguéré

Le village de Séguéré offre des caractéristiques particulièrement intéressantes pour l'analyse que nous nous proposons de réaliser:

- l'existence de terres collectives et les problèmes de surexploitation associés notamment aux passages de transhumants permettent d'envisager les questions de gestion des ressources communes.
- la présence de cultures vivrières associées au coton, culture de rente, et à l'élevage, offre la possibilité de tester une vaste gamme de mesures de politique agricole (politique de prix, régulation des marchés, développement du crédit...)
- en dépit de la pression croissante exercée sur les ressources naturelles par la transhumance et les populations migrantes, les ressources ne sont pas encore trop dégradées, les enjeux pratiques potentiels associés sont donc importants.

En effet, Séguéré est situé à l'Ouest du Burkina Faso dans une région caractérisée par une bonne pluviométrie, un couvert végétal arboré, et un potentiel de production agricole élevé. Un accès aisé à l'eau est fourni par la rivière Mouhoun, et une bonne partie de la terre est encore couverte d'une savane boisée. L'occupation des terres agricoles a été réalisée sur la base du "premier arrivé, premier servi". Ainsi, les premiers arrivants ont-ils généralement bénéficié de superficies plus importantes sur les terres les plus productives, avec des droits bien établis, tandis que les nouveaux migrants doivent se contenter de terres marginales sur lesquelles ils bénéficient d'un droit d'usage, mais d'aucune promesse formelle d'attribution à long terme (11). Les troupeaux transhumants consomment une bonne partie des résidus de récolte, privant le sol de la principale source de restitution de matière organique, exposant ainsi le sol à une érosion forte. On observe aussi une tendance à surpâturer les terres communes ce qui implique un déclin général de l'état du parcours et de sa capacité de charge. Toutefois, le fumier provenant des troupeaux est une source importante de fertilité pour les terres agricoles. Les paysans invitent et même "louent" les bergers Peuls pour que ceux-ci parquent leurs animaux dans des zones qu'ils souhaitent enrichir à l'aide du fumier. Le fumier est également collecté sur les zones de stationnement des troupeaux et transporté sur les champs.

Sur les terres agricoles, la qualité du sol détermine souvent le type de culture. Ainsi, le coton, le sorgho et le maïs occupent les meilleurs sols tandis que le mil est cultivé sur les terres marginales. Le coton, principale culture de rente du village, ne peut être produit sans un apport extérieur d'éléments fertilisants et nécessite une main-d'oeuvre abondante lors de la récolte. Sa production a été encouragée par l'octroi de crédits, l'accès à l'engrais et par une politique de prix garantis aux producteurs. Des crédits à moyen et long terme existent aussi pour permettre l'achat des animaux de trait et du matériel agricole, mais sont souvent hors de la portée des paysans du fait des garanties réclamées.

## Le modèle du village de Séguéré

Dans le modèle, trois exploitations-types sont représentées, caractérisées par les disponibilités de terre, de bétail et de main-d'oeuvre: l'exploitation appelée "PLT", ne dispose que de peu de terre, de qualité médiocre et avec peu de sécurité sur la tenure; l'exploitation appelée "DON", occupe un sol de qualité moyenne, une plus grande superficie, avec plus de certitude sur la tenure, et possède quelques têtes de bétail; l'exploitation appelée "HER", qui possède la terre la plus productive, sa principale source de revenu est le coton, et elle dispose d'une sécurité à long terme sur la tenure.

Les cultures retenues dans le modèle sont le coton, le maïs, le mil et le sorgho. Plusieurs itinéraires techniques sont possibles, reflétant la possibilité d'utiliser ou non de la fumure, de l'engrais (NPK et urée), la traction animale. Deux périodes sont considérées: la saison des pluies et la saison sèche, on sème pendant la première et on récolte durant la seconde. Les ventes sont supposées avoir lieu juste après la récolte. Les terres peuvent être aussi laissées en jachère et il est possible d'acheter différents animaux (boeufs, ânes, ovins). On suppose également la présence de bergers Peuls amenant le bétail pendant la saison sèche pour pâturer sur les résidus des récoltes, dans les champs du village et sur les terres communes. Les exploitations sont reliées entre elles par les transferts de main-d'oeuvre, les marchés locaux de produits agricoles, le partage du crédit associé à la culture du coton et les fourrages disponibles. On représente ainsi les relations de complémentarité et de compétition entre exploitations au sein du village.

Chaque exploitation doit satisfaire les besoins de consommation du ménage soit par autoconsommation de sa production, soit par des achats sur le marché. Durant la saison des pluies (période 1), les besoins de trésorerie nécessaires à la production sont couverts par l'emprunt, par la vente du bétail ou par le travail salarié chez d'autres exploitants. La récolte est vendue sur le marché à un prix déterminé le long d'une courbe de demande locale, les emprunts sont alors remboursés et l'excédent est partagé entre l'épargne (sous forme de bétail) et la consommation de biens et services non produits par les exploitations.

On suppose que la fonction objectif maximisée concerne l'ensemble du village, il s'agit de la somme des revenus nets des unités de production à laquelle s'ajoute une estimation du revenu généré par l'engraissement des animaux des bergers sur les terres communes. Chaque exploitation doit satisfaire une contrainte de revenu minimal. On prend ainsi en compte non seulement l'utilité globale du village mais aussi celle de chaque ménage.

## Résultats

Afin de comparer les effets des politiques alternatives, il est nécessaire d'avoir une estimation de la situation réelle. Cette situation est simulée en faisant les hypothèses suivantes:

- le montant total du crédit associé à la culture de coton est de 100000 F.C.F.A. pour l'ensemble du village, dont seulement 25% peut être "détourné" pour la production du maïs;
- les anticipations de prix sont définies à partir du prix moyen du marché local et d'un coefficient de variation pour chaque produit;
- le risque est incorporé à partir d'une contrainte de revenu minimal par tête (afin de tenir compte de l'accroissement démographique) dans la plus mauvaise configuration possible (14);
- afin de refléter la tendance du marché mondial en 1993, on a supposé que les prix du coton diminuaient de 5% par an. Cette tendance s'est vue modifiée après la dévaluation, mais ce changement n'a pas été pris en compte dans l'analyse;
- des coefficients expriment le degré d'érosion sur les sols des différentes cultures: on trouve par ordre décroissant d'érosion le coton, le mil, le sorgho et le maïs. Les techniques utilisant la culture attelée sont considérées comme moins érosives, car elles supposent une maîtrise plus "adéquate" du sol;
- des coefficients de variabilité intra-annuelle des prix des denrées alimentaires ont été calculés. Les prix de soudure sont ainsi supérieurs aux prix moyens de 60% pour le sorgho, 40% pour le mil et 20% pour le maïs.

Les résultats de la simulation montrent des changements assez importants dans l'allocation de la terre. La culture du coton disparaît au bout de 6 années à cause de la chute prévue des prix, les jachères diminuent comme conséquence de la pression sur la terre de l'accroissement démographique, et la quantité produite de sorgho diminue tandis que celle de maïs augmente comme conséquence de la disparition de la culture de coton qui libère de la trésorerie et qui est utilisée pour le maïs, plus rentable que le sorgho (Fig. 3). L'érosion augmente tout au long de la période

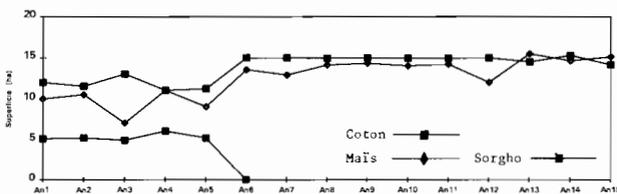


Figure 3 : Evolution de la superficie emblavée avec les différentes cultures. Simulation de base.

(Fig. 4) car l'occupation de la terre augmente. Ces résultats semblent bien refléter les tendances vérifiées avant la dévaluation du F.C.F.A. Avec la diminution de la production de sorgho, les achats locaux de cette denrée pour satisfaire la consommation (étant données les préférences de la population locale) augmente. Un élément associé à la disparition de la culture du coton est la contraction des offres de travail qui en résulte, les exploitations vendeuses de main-d'oeuvre durant la récolte du coton souffrent de ce fait d'une chute importante de leurs revenus.

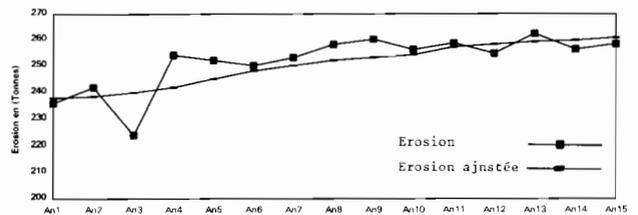


Figure 4 Evolution de l'érosion. Simulation de base.

### Des politiques alternatives

Une fois cette solution de référence définie, nous avons tenté d'évaluer les effets de politiques alternatives sur la production, les revenus des exploitants et les ressources naturelles. Les résultats présentés ici concernent des politiques de prix, de crédit et de limitation de l'érosion. Les mesures de baisse de prix des produits agricoles favorisent les revenus urbains alors que la hausse de ces prix représente un transfert de richesse de la ville vers la campagne. La simulation de la politique du crédit vise à évaluer les effets d'un desserrement de la contrainte de liquidité. La simulation d'une limitation de l'érosion globale à l'échelle du village vise à évaluer quelles modifications dans les modes de production seraient nécessaires à une gestion durable des ressources naturelles.

### Les politiques de prix

#### Baisse de 20% des prix moyens du sorgho

Etant donné son importance dans la consommation, la production du sorgho ne baisse que légèrement suite à une baisse de 20% des prix moyens, en revanche on a une chute des quantités commercialisées. On assiste à une croissance de la production de maïs plus rapide que dans la situation de référence. L'érosion est légèrement plus faible.

#### Hausse de 20% des prix moyens du sorgho

A la hausse, l'élasticité-prix de l'offre du sorgho est bien plus importante, la production est multipliée par 4 pour une croissance du prix moyen de 20% tandis que la production de maïs chute. Dans ce cas l'érosion augmente, le coefficient d'érosion associé au sorgho étant supérieur à celui du maïs. Une telle politique serait sans doute génératrice de problèmes sociaux importants, en particulier dans les villes (à moins de maintenir un différentiel entre prix à la production et à la consommation), le sorgho constituant une denrée de base pour la consommation alimentaire.

#### Diminution des prix moyens du maïs (30%)

Ce produit est plus nutritif que le sorgho et une telle politique pourrait être justifiée dans le cadre d'un soutien à la consommation des populations urbaines. La production commercialisée de maïs est alors beaucoup plus faible que dans la situation de référence, le sorgho suit l'évolution inverse, le coton est cultivé pendant plus longtemps du fait d'une moindre rentabilité de la culture du maïs. L'érosion est plus impor-

tante car on a un accroissement de la superficie cultivée en maïs aux dépens des jachères.

### Stabilité des prix du coton

Si, à la place de la tendance d'évolution des prix internationaux du coton à la baisse vérifiée au début des années 90, on suppose une stabilité à partir de l'année de base, cette culture se maintient stable tout au long de la période simulée. L'érosion est alors plus importante que dans la situation de référence, cette culture ayant le coefficient érosif le plus élevé.

### Baisse de 10% par an des prix du coton

Dans cette situation le coton disparaît plus rapidement que dans la simulation de référence, les productions de maïs et de sorgho ne subissent que peu de changement. La situation est un peu plus favorable du point de vue de l'érosion du fait de la disparition plus rapide du coton.

### Politiques de crédit

On considère un accroissement des possibilités de crédit (doublement) et des changements d'orientation (suppression de la contrainte d'utilisation du crédit pour le seul coton, autorisation de l'utilisation du crédit sur les animaux de traction)

La première option implique un desserrement de la contrainte de liquidité chez les exploitants et se traduit par une croissance de la production commercialisée de maïs et une diminution de celle de sorgho. En effet les coûts variables du maïs sont plus élevés mais la culture est plus rentable. L'effet négatif de la disparition de la culture du coton pour l'emploi salarié au sein du village est, dans cette simulation, compensé par l'embauche associée à l'accroissement de la production de maïs. L'érosion est un peu plus faible que dans la simulation de référence.

La deuxième option, c'est-à-dire le changement d'orientation, produit des effets divers. En supprimant la contrainte sur l'utilisation du crédit (25% maximum sur la production de maïs), on assiste à une croissance de la production de ce produit plus rapide que dans la solution de base et que dans la simulation précédente. La production commercialisée de sorgho diminue. On a ainsi une confirmation de l'importance de la contrainte de liquidité pour les exploitations du village et de son impact sur la production de maïs. On observe une diminution importante de l'érosion. En revanche, quand on permet l'achat d'animaux à partir du crédit, on trouve un impact intéressant du point de vue de l'érosion. Ceci est lié à une forte croissance de la surface en maïs, grâce à la traction et à une chute importante de celle de sorgho, la commercialisation de ce produit étant presque abandonnée. L'augmentation des revenus est aussi très importante (+12%).

### Contrainte sur l'érosion total

Si l'on impose une limite globale arbitraire à l'érosion à l'échelle du village (-10%) par rapport à la situation de

référence, le coton disparaît plus rapidement (dès la quatrième année), le sorgho disparaît des cultures commercialisées (seules les surfaces nécessaires à l'autoconsommation sont cultivées), et le maïs augmente par rapport à la situation de référence. Le revenu total du village n'est pratiquement pas modifié (-1.5 %), ce qui montre la possibilité de concilier la gestion des ressources naturelles et le maintien des revenus ruraux. La figure 5 résume ces résultats: on a représenté à la fois la perte de revenu année après année au niveau du village lorsque l'érosion est contrainte et le coût d'une tonne de sol non érodé en calculant le rapport entre la différence de revenu et les tonnes du sol érodé pour les deux simulations.

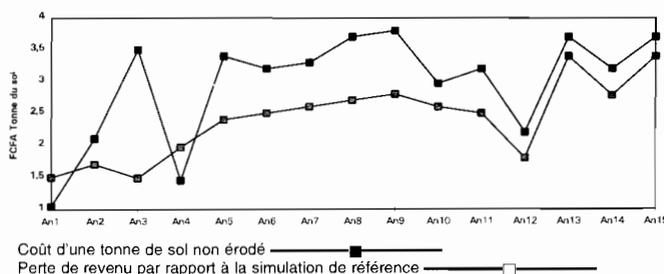


Figure 5 Coût économique de contraindre l'érosion.

### Conclusion

Seule une politique de crédit permettant l'achat d'animaux a un impact satisfaisant sur l'érosion. Mais les résultats présentés ici sont encore très partiels. De multiples politiques économiques sont appelées à être testées avec ce modèle, en particulier en ce qui concerne la régulation des marchés. Dans cet article, il s'agit surtout de rendre compte de notre approche méthodologique et de montrer la contribution possible des modèles de simulation économique aux préoccupations environnementales.

Plusieurs améliorations doivent être apportées à ce simulateur:

- L'évaluation de l'impact à long terme de l'érosion sur les rendements devra être amélioré.
- Il serait nécessaire de représenter le comportement de stockage des exploitants en fonction des prix proposés sur le marché; ce serait possible à partir d'une seconde optimisation, rendant compte du choix entre stockage et vente au moment de la récolte.
- Plus important encore, pour être à même d'évaluer correctement l'impact des mesures de politique économique sur l'évolution de l'érosion, il faudrait prendre en compte les migrations et l'augmentation du nombre d'exploitations qui en résulte (seul l'accroissement démographique des exploitations agricoles est jusqu'ici pris en compte). De même, les terres communes représentent une surface fixe dans cette version du modèle alors qu'elles sont appelées à diminuer avec la croissance de la pression démographique. Il faudrait considérer l'expansion des terres agricoles.

En résumé, de multiples améliorations sont encore nécessaires pour ce modèle afin qu'il permette de

définir des mesures de politiques économiques favorables à la reproduction de la fertilité des sols et à la limitation de l'érosion. Cependant les simulations réalisées montrent l'efficacité de la méthodologie pour le test de politiques alternatives et encouragent ainsi la poursuite de travaux dans cette voie.

## Annexes

**Tableau 1 : Production commercialisée: Maïs (en quintaux)**

	Année 1	Année 5	Année 10	Année 15
Référence	9 834	9 190	18 520	19 667
Sorgho <sup>+</sup>	8 897	7 881	12 244	12 306
Sorgho <sup>-</sup>	9 834	9 306	19 495	20 661
Maïs <sup>-</sup>	8 897	7 884	12 244	11 474
Crédit	10 717	8 753	21 275	22 403
Crédit animaux	13 470	15 564	26 848	26 790
Erosion	10 785	13 327	19 568	20 685
Coton	9 834	12 507	18 280	19 654
Coton stable	9 834	7 947	10 505	2 498
Crédit Maïs	15 621	13 741	24 270	25 341

**Tableau 2 : Production commercialisée: Sorgho (en quintaux)**

	Année 1	Année 5	Année 10	Année 15
Référence	4 069	3 587	2 660	2 000
Sorgho <sup>+</sup>	4 053	3 730	10 438	12 306
Sorgho <sup>-</sup>	4 069	3 631	27 331	2 048
Maïs <sup>-</sup>	4 052	3 713	10 013	12 445
Crédit	3 532	3 194	2 064	1 410
Crédit animaux	3 170	2 567	1 046	539
Erosion	3 415	3 796	1 734	1 017
Coton	4 069	3 810	2 712	2 005
Coton stable	4 069	3 580	1 916	1 537
Crédit Maïs	2 118	3 469	2 330	1 688

**Tableau 3 : Production commercialisée: Coton (en quintaux)**

	Année 1	Année 5	Année 10	Année 15
Référence	7 082	7 593	0	0
Sorgho <sup>+</sup>	7 122	7 700	0	0
Sorgho <sup>-</sup>	7 082	9 306	0	0
Maïs <sup>-</sup>	7 127	7 709	0	0
Crédit	7 098	7 738	0	0
Crédit animaux	7 048	4 886	0	0
Erosion	7 059	0	0	0
Coton	7 082	1 158	0	0
Coton stable	7 082	7 830	12 472	21 666
Crédit Maïs	7 048	4 886	0	0

**Tableau 4 : Surface: Maïs (en ha)**

	Année 1	Année 5	Année 10	Année 15
Référence	9,7	9,6	18,3	19,3
Sorgho <sup>+</sup>	9,3	8,9	12,9	12,4
Sorgho <sup>-</sup>	9,8	19,9	19,5	20,6
Maïs <sup>-</sup>	9,3	8,9	12,9	12,4
Crédit	9,9	9,1	20,6	21,7
Crédit animaux	12,1	10,6	21,1	22,3
Erosion	11,6	13,6	24,7	25,2
Coton	9,8	9,3	11,5	4,7
Coton stable	9,8	10,8	18,1	19,4
Crédit Maïs	10,8	12,7	19,4	20,3

**Tableau 5 : Surface: Sorgho (en ha)**

	Année 1	Année 5	Année 10	Année 15
Référence	11,6	11,63	10,8	10,5
Sorgho <sup>+</sup>	12,5	13,04	21,8	25
Sorgho <sup>-</sup>	11,7	11,5	9,4	9,2
Maïs <sup>-</sup>	12,98	13	21,2	25,2
Crédit	10,97	10,7	9,7	9,3
Crédit animaux	7,8	12,6	8,7	8,2
Erosion	10,3	9,4	7,6	7,6
Coton	11,7	12,9	10,9	9,6
Coton stable	11,7	13,4	9,4	10,5
Crédit Maïs	10,1	13	9	8,6

**Tableau 6 : Surface: Coton (en ha)**

	Année 1	Année 5	Année 10	Année 15
Référence	5,3	5,8	0	0
Sorgho <sup>+</sup>	5,3	5,8	0	0
Sorgho <sup>-</sup>	5,3	5,8	0	0
Maïs <sup>-</sup>	5,3	5,8	0	0
Crédit	5,2	4,7	0	0
Crédit animaux	5,2	3,6	0	0
Erosion	4,7	4,6	0	0
Coton	5,3	5,8	9,7	16,5
Coton stable	5,3	0,9	0	0
Crédit Maïs	5,3	0	0	0

**Tableau 7 : Surface: Jachère (en ha)**

	Année 1	Année 5	Année 10	Année 15
Référence	11,7	11,3	9,3	8,5
Sorgho <sup>+</sup>	11,3	10,7	3,8	1
Sorgho <sup>-</sup>	11,7	11,3	9,4	8,6
Maïs <sup>-</sup>	11,3	10,7	4,3	0,9
Crédit	12,3	11,3	8,1	7,3
Crédit animaux	7,9	11,6	8,7	7,9
Erosion	11,9	10,7	6,1	5,6
Coton	11,7	10,9	7,8	7,6
Coton stable	11,7	12	9,4	8,5
Crédit Maïs	10,1	10,1	7,5	6,5

## Références bibliographiques

- Anderson, J.R. & Thampapillai, 1990. J. Soil conservation in developing countries. Project and policy intervention. Washington: The World Bank, Policy and Research Series 8.
- BIFAD (Board for International Food and Agricultural Development) 1988. Task Force. Environmental and natural resources: strategies for sustainable development. Washington: U.S. Agency for International Development,
- Boussard, J.M. 1993. "Dynamique des Marchés et Rôle de l'Etat en Agriculture" In compte Rendu de l'Académie d'Agriculture de France. Vol. 79 n°7, pp 53-68.
- Clark, C.C. 1976. Mathematical Bioeconomics. The optimal management of renewable resources. New York: John Wiley and sons.

5. Conroy, C. & Litvinoff, M. (Ed.) 1988. The greening of Aid. Sustainable livelihoods in practice. London: Earthscan Publications Ltd.
6. De Montgolfier, J. & Natali, J.M. 1987. Le patrimoine du futur. Approches pour une gestion patrimoniale des ressources naturelles. Collection Economie agricole et Agro-alimentaire. Paris: Economica.
7. Deybe, D. 1994. Politiques pour une agriculture durable. Essai sur la gestion de ressources naturelles renouvelables Thèse de Doctorat en Sciences Economiques. Université de Paris I. - Panthéon-Sorbonne.
8. Deybe, D. & Robilliard, A.-S. 1996. MATA: an integrated micro, meso et macro economic model for decision making in agriculture. Some applications for Burkina Faso. CIRAD-URPA, Série Notes et Documents 57.
9. Gérard, F. 1991. Instabilité des prix agricoles et influence de l'incertitude sur les comportements économiques. Essai sur les problèmes associés à la régulation de l'offre. Thèse pour le Doctorat en Sciences Economiques. Université de Paris I - Panthéon - Sorbonne.
10. Orstrom, E. 1983. Greening the commons. Cambridge University Press,
11. Ouédraogo, S. 1991. Influence des modes d'accès à la terre sur la productivité des exploitations agricoles: le cas de la zone Ouest du Burkina Faso. Thèse de Doctorat de 3ème cycle en Sciences Economiques. Université de Côte d'Ivoire.
12. Pearce, D. Barbier, E. & Markandya, A. 1990. Sustainable development. Economics and Environment in the Third World. Vermont: Edward, Elgar Publishing Company.
13. Stevenson, G.G. 1993. Common Property Economics. A general theory and land use applications. Cambridge University Press.
14. Tauer, L. W. 1983. Target MOTAD. American Journal of Agricultural Economics **65**: 606-610.

S. Ouédraogo, Burkinabé, Chef du Programme "Recherche en Systèmes de Production", INERA/KAMBOISE, BP 476, Ouagadougou, Burkina Faso.  
 D. Deybe, Argentin, Economiste, CIRAD/URPA, 45bis, Av. de la Belle Gabrielle, F-94736 Nogent sur Marne Cedex, France.  
 Françoise Gérard, Française, Economiste, ESCA P/CGPRT Centre, Jalan Merdeka 145, Bogor 16111, Indonésie

## **2ème séminaire international sur la valorisation du safoutier et autres oléagineux non conventionnels**

**Ngaoundéré, Cameroun, 3-5 décembre 1997**

### **Objectifs :**

Cette rencontre internationale entre chercheurs, technologues, professionnels et décideurs permettra de faire le point sur les recherches entreprises sur le safoutier (*Dacryodes edulis*) en particulier et sur les oléagineux non conventionnels en général. Une attention particulière sera portée sur les technologies de réduction des pertes post-récolte et de conservation des oléagineux.

### **Thèmes retenus :**

Agroforesterie et domestication, biologie, entomologie et protection des plantes, amélioration des espèces, chimie et biochimie, technologie et valorisation des produits.

### **RENSEIGNEMENTS:**

Ecole Nationale Supérieure des Sciences Agro-Industrielles (ENSAI),  
 Université de Ngaoundéré, BP. 455 Ngaoundéré, Cameroun  
 Tél./Fax: (237)25 27 51 ou 25 27 60 ou 25 24 58

# Le secteur céréalière tunisien: croissance et changement structurel

D. Méhouachi\*

Key words: Cereal - Growth - Acreage - Yields - Production and Structural Change

## Résumé:

*Cette étude tente d'estimer des taux de croissance pour les superficies, les rendements et la production du blé dur, du blé tendre et de l'orge en Tunisie. L'analyse des taux de croissance est supposée fournir une étude du changement structurel dans le secteur céréalière. Le rapport du taux de croissance des rendements sur celui des superficies ensemencées, nous renseigne sur l'importance relative de l'intensification et de l'extensification de la terre, comme déterminants de la production.*

*Une analyse de tendance est par la suite entreprise afin de montrer s'il y a eu un changement structurel significatif à partir de 1970. C'est une date à partir de laquelle de nouvelles variétés ont été introduites et des subventions aux intrants ont été octroyées.*

## Summary

*This study seeks to estimate the growth rate for durum wheat, soft wheat and barley in Tunisia. The estimation concerns growth in production, in acreages and in yields. The growth rate analysis is intended to provide a study of structural changes in the cereal sector. The ratio of the growth rate in yields to the growth rate in area cultivated provides a crude measure of the relative importance of land intensification and land extensification as determinants of production.*

*A trend analysis is then made to show if there is a structural change since 1970. This date corresponds to the introduction of new technologies and to granting an input subsidy.*

## 1. Introduction

Dans les conditions actuelles de son organisation et de la commercialisation de ses produits, la production céréalière est loin de satisfaire une demande sans cesse croissante. En effet, le volume des importations en céréales a connu une évolution rapide. Pour le blé tendre ce volume est passé de 192.828 tonnes en 1972-73 à 680.366 tonnes en 1986-87. Pour le blé dur, les importations sont moins importantes jusqu'à l'année 1977, date à partir de laquelle un mouvement à la hausse a été enregistré.

Ces constats confirment bien l'hypothèse selon laquelle l'accroissement de la demande est plus élevé que celui de la production nationale. Pour mieux saisir cette hypothèse, il y a lieu de déterminer le rythme de croissance de la production céréalière. C'est ce qu'on essaiera d'aborder par le présent article. Il sera également question de l'existence d'un changement structurel significatif pour les périodes antérieures et postérieures à l'année 1970. C'est à partir de cette date que le gouvernement a décidé de mettre fin au secteur coopératif et d'accorder aux agriculteurs des subventions sur certains intrants agricoles.

## 2. Méthodologie

Les données relatives aux rendements, aux superficies et à la production sont issues des annuaires statistiques du ministère de l'agriculture.

### 2.1 Analyse des taux de croissance

La relation fondamentale entre la production (Q), la superficie emblavée (A) et le rendement (Y) d'une culture se représente comme suit:

$$(1) Q = A \cdot Y$$

Avant d'expliquer cette relation dans le sens des séries temporelles, on propose les définitions suivantes:

- $r_Q$  = taux de croissance de la production
- $r_A$  = taux de croissance des superficies cultivées
- $r_Y$  = taux de croissance du rendement

Pour estimer empiriquement ces taux de croissance, on utilise deux méthodes qui diffèrent selon la nature évolutive d'une variable (discrète ou continue).

#### Evolution discrète

L'équation de croissance d'une variable selon une mesure discrète du temps, se présente ainsi:

$$(2) A = (1 + r)^t$$

où A est la variable dont on voulait étudier le rythme de croissance et t est une variable reflétant le temps.

En se basant sur l'équation (1), la relation entre les taux de croissance de la production, des superficies emblavées et du rendement pourrait se déduire ainsi:

\* 6126 Sidi Ayed, Gaâfour, Tunisie.

Reçu le 06.03.96 et accepté pour publication le 02.07.96.

Travail exécuté sous les auspices de l'Université Laval, Canada.

$$(2.a) (1 + r_q)^t \cdot Q = (1 + r_a)^t \cdot A \cdot (1 + r_y)^t \cdot Y$$

$$(2.b) (1 + r_q)^t = (1 + r_a)^t \cdot (1 + r_y)^t$$

$$(2.c) r_q = r_a + r_y + r_a r_y$$

Ainsi le taux de croissance de la production est égal au taux de croissance des superficies ensemencées additionné de celui du rendement ainsi que d'un terme d'interaction.

### Evolution continue

L'équation de croissance basée sur un temps continu, se présente comme suit:

$$(3) Ae^{qt}$$

ou e est l'opérateur exponentiel.

Comme pour l'équation (2.a), la relation entre les taux de croissance de la production, des superficies et du rendement peut être représentée de la façon suivante:

$$(3.a) Qe^{qt} = Ae^{at} \cdot Ye^{yt}$$

ou q est le taux de croissance de la production, a est le taux de croissance des superficies et y est le taux de croissance du rendement.

En effectuant une transformation logarithmique des deux membres de l'équation (3.a) et en divisant par "t", on obtient la relation suivante:

$$(3.b) q = a + y \text{ où de façon équivalente:}$$

$$(3.c) r_q = r_a + r_y$$

Ainsi, le taux de croissance de la production est égal au taux de croissance des superficies additionné de celui du rendement.

### Importance

Le taux de croissance fournit une mesure fort utile pour, d'une part déterminer le sens et le rythme de variation d'une variable et de décèler une éventuelle tendance dans l'évolution de cette variable, d'autre part. Toutefois, l'analyse par les taux de croissance ne pouvait nous renseigner sur les facteurs qui sont à l'origine de la fluctuation d'une variable. Une analyse comparative des taux de croissance de certaines variables pourrait aider à saisir les variables les plus importantes dans la détermination d'un processus quelconque. Pour celui de la production, le rapport du taux de croissance du rendement sur celui des superficies, offrira sans doute une information très significative sur l'importance relative de l'intensification et de l'extensification de la terre, comme déterminants de la production.

En effet, lorsque le rapport ( $r_q/r_a$ ) est supérieur à l'unité, on peut dire que la croissance de la production a été déterminée en premier lieu par des facteurs influençant la production de la terre (fertilisants, herbicides, pesticides, irrigation, les techniques agricoles, la pluviométrie,...). Dans le cas où ce rapport est inférieur à l'unité, la croissance de la production est déterminée en grande partie par une extensification de la terre (mécanisation, remembrement,...).

## 2.2. Analyse de tendance et changement structurel

L'analyse de tendance se fait à l'aide de régression linéaire multiple. L'ajout d'une variable binaire au modèle permettra de tester l'hypothèse d'un changement structurel significatif depuis la mise en place de la politique de réforme (avènement du système coopératif, subvention aux intrants, introduction de nouvelles technologies,...) en 1970.

L'équation estimée prend la forme linéaire suivante:

$$(4) Z = b_0 + b_1 t + b_2 D + b_3 Dt$$

où Z est la variable étudiée (superficie par exemple); t reflète la variable de tendance, soit 1950 à 1986; D est une variable binaire prenant la valeur 1 depuis 1970 et 0 auparavant. Pour les années antérieures à 1970, les variables D et D.t prennent la valeur 0 et la tendance est donnée par la valeur du paramètre  $b_1$  alors que le niveau de la variable est donné par la valeur " $b_0 + (b_1 \cdot t)$ ".

Si le coefficient  $b_1$  est différent de 0, la tendance à la hausse ou à la baisse est significative. Pour les années postérieures à 1970, la tendance est donnée par la somme des valeurs des coefficients  $b_1$  et  $b_3$ . Si le coefficient  $b_3$  est différent de 0, ceci implique que la tendance a été modifiée durant la deuxième période et l'on parlera d'un changement structurel significatif. Le paramètre  $b_2$  affecte le niveau de la variable étudiée par la modification de l'ordonnée à l'origine  $b_0$ .

## 2.3. Estimation empirique

Pour l'estimation, l'équation (2) semble être la plus appropriée puisque les données des séries temporelles utilisées évoluent de façon discrète. Supposons que  $Q_0$  est la production au temps 0, la production au temps t ( $Q_t$ ) peut être estimée par l'équation suivante:

$$(5) Q_t = Q_0 (1 + r_q)^t \text{ ou}$$

$$(5a) \ln Q_t = \ln Q_0 + \ln(1 + r_q) \cdot t$$

Si on pose  $W = \ln Q_0$  et  $v = \ln(1 + r_q)$ , l'équation (5a) pourrait se réécrire ainsi:

$$(5b) \ln Q_t = W + vt$$

où W est l'ordonnée à l'origine et v est la pente de la fonction. Ces deux paramètres (W et v) peuvent être estimés par la méthode des moindres carrés ordinaire et en utilisant une série temporelle des données. Le taux de croissance de la production est à déduire à partir de la valeur estimée du paramètre v ( $r_q = e^v - 1$ ).

Les taux de croissance pour les superficies ( $r_a$ ) et pour le rendement ( $r_y$ ) peuvent être déterminés de façon similaire à celle du taux de croissance de la production.

## 3. Résultats et discussion

### 3.1. Taux de croissance

Les taux de croissance ont été estimés pour la production, les superficies et le rendement des trois principales cultures céréalières à savoir le blé dur, le blé tendre et l'orge.

Pour la période de 1960-1988, la production du blé

dur a augmenté à un taux annuel de 3.5%. Cet accroissement est attribué en majeure partie à l'augmentation des rendements. Ces derniers ont augmenté à un rythme annuel de 7% pour le blé tendre qui a enregistré au même moment une diminution des superficies emblavées. Contrairement à celle du blé, l'augmentation de la production d'orge de 3.8% par année est due à une extension des superficies ensemencées de 6.3% par an; les rendements ayant diminué de 2.4%. Le tableau 1 montre les principaux résultats obtenus de l'estimation des taux de croissance.

**Tableau 1: Les estimations des taux de croissance des cultures céréalières: niveau national.**

	production (Quintaux) $r_q$	superficie (Hectare) $r_a$	rendement (Quintaux/ hectare) $r_y$
série temporelle: 1960-1988			
blé dur	0.035*	0.001	0.034*
blé tendre	0.047*	-0.022**	0.071*
orge	0.038*	0.063*	-0.024**

\*, \*\* signifie que le coefficient est statistiquement significatif aux seuils respectifs de 5% et de 10%. Tests unilatéraux.

Ces résultats montrent que pour le blé dur et le blé tendre, la croissance des rendements est à l'origine de l'accroissement de la production. Une des implications possibles de ce constat est que l'instauration des politiques agricoles qui altèrent de façon significative les incitations économiques pour l'utilisation des intrants d'intensification de la terre, affectera les rendements et la production de ces deux cultures. Cette affectation ne sera significative que si la demande de chaque intrant est élastique à son propre prix.

Pour l'orge, la croissance de la production est essentiellement déterminée par la croissance des superficies emblavées. Le développement technologique (mécanisation) pourrait être à l'origine de cette expansion. En effet, l'orge est généralement cultivé sur les terres marginales et le développement de la mécanisation aurait, certes, facilité l'expansion dans l'utilisation de ces terres.

### 3.2. Analyse de tendance et changement structurel

Concernant l'analyse de tendance, les résultats reportés dans les tableaux 2 et 3 montrent que la production du blé dur a évolué de façon différente depuis l'octroi des subventions aux intrants agricoles. La tendance à la hausse dans les niveaux de production fut statistiquement significative durant la deuxième période (figure 1). L'accroissement annuel de la production durant cette période est d'environ 95.000 quintaux (qx).

L'examen des deux composantes de la production totale du blé dur montre que les superficies ensemencées (figure 2) ont évolué de façon différente

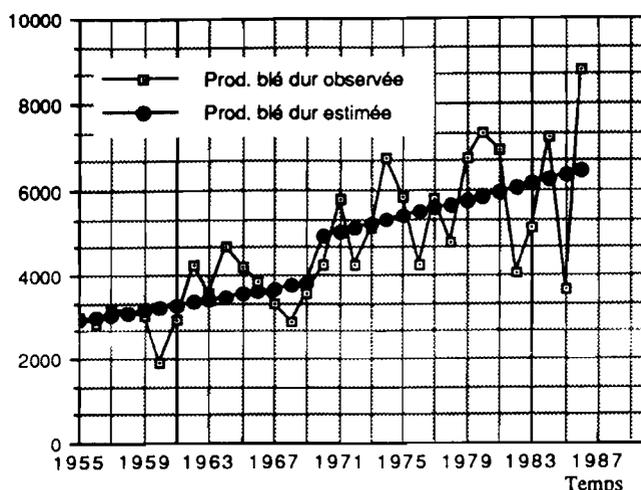


Figure 1 Evolution de la production du blé dur, 1955 à 1988. Unité 1000 qx.

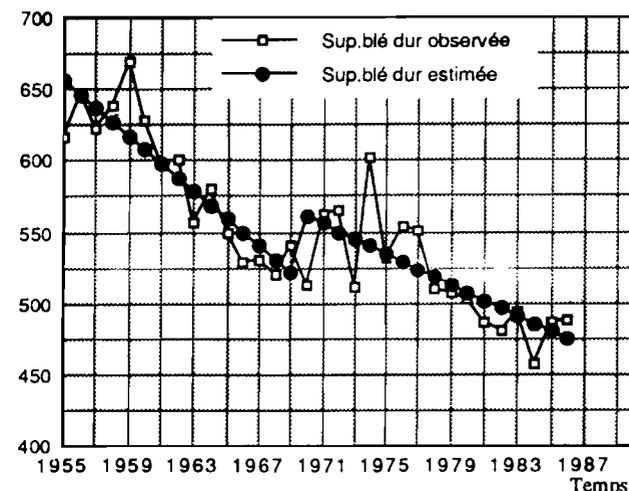


Figure 2 Evolution des superficies ensemencées en blé dur, 1955 à 1988. Unité 1000 ha.

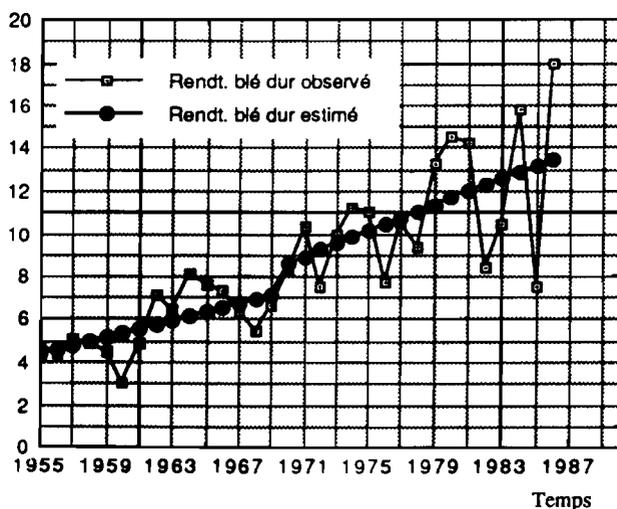


Figure 3 Evolution des rendements du blé dur, 1955 à 1988. Unité qx/ha.

durant les deux périodes. Au cours de la première période (1955 à 1969), la tendance des superficies est à la baisse avec une diminution annuelle de 9.650 hectares (ha). Durant la deuxième période (1970 à 1986), la tendance à la baisse fut moins rapide et les superficies ont diminué de 5.437, 50 ha par année, soit une diminution de 87.000 ha pour toute la période.

Quant aux rendements, la tendance à la hausse (figure 3) n'a pas été modifiée à partir de 1970. Pour la première période, l'accroissement annuel des rendements est de 0,20qx/ha, alors qu'il est de 0,31qx/ha pour la deuxième période (tableaux 2 et 3).

La production du blé tendre montre également une évolution différente entre les deux périodes avec une tendance significative à la baisse durant la première période et une tendance significative à la hausse durant la deuxième période. Les superficiesensemencées en blé tendre ont enregistré des évolutions différentes au cours des deux périodes. Durant la première période, les superficies ont stagné; alors que durant la deuxième période, les superficies enregistrent une tendance significative à la baisse.

**Tableau 2 : Tendances pour les productions céréalières: 1955 à 1986**

Cultures	Origine $b_0$	Année(t) $b_1$	Binaire $b_2$	Binaire*t $b_3$
Blé dur (S)	19520,98	-9,65***	-8250,3**	4,21**
Blé dur (R)	-385,23	0,20*	-207,8*	0,11
Blé dur (Y)	-121321,7	63,50	-60799,2	31,40
Blé tendre (S)	529,49	-0,21	7266,8*	-3,68*
Blé tendre (R)	224,94	-0,11**	-1483,9**	0,75
Blé tendre (Y)	32620,934	-16,00**	-102990*	52,00*
Orge (S)	17332,843	-8,7***	-33365***	16,90***
Orge (R)	-580,79	0,298**	471,27*	-0,238*
Orge (P)	-34475,41	18,00	-163992**	83,00**

(S): superficies (000ha) (R): rendement (qx/ha) (P): production (000qx)

\*\*\*, \*\*, \*, le coefficient est significatif aux seuils de 1%, 5%, 10% respectivement.

Les rendements du blé tendre ont évolué de deux façons différentes au cours des deux périodes. Durant la période de 1955 à 1969, les rendements enregistrent une tendance significative à la baisse, d'environ 0,11qx/ha par année. Au cours de la deuxième période, les rendements enregistrent une tendance significative à la hausse. De 1970 à 1986, ils sont passés de 8,92qx/ha à 19,2qx/ha, soit une croissance annuelle de 0,64qx/ha (tableau 3).

Pour la culture d'orge, la production ne montre aucune tendance significative au cours de la première période. Durant la deuxième période, la tendance à la hausse des niveaux de production fut statistiquement significative. Les superficies ont suivi la même évolution que celle de la production avec une diminution significative d'environ 8700 ha par année pour la période de 1955 à 1969. Les rendements ont évolué également de façon différente durant les deux périodes. Une tendance significative à la hausse a été constatée durant la première période avec un

accroissement annuel de 0,298qx/ha alors que pour la deuxième période aucune tendance n'a été décelée et les rendements ont plutôt stagné.

Ces résultats confirment bien l'existence d'un changement structurel pour les cultures céréalières. Toutefois, ce changement n'est significatif que pour les cultures d'orge et de blé tendre ( $b_3$  est statistiquement différent de zéro; tableau 3). Ce résultat est conforme avec la réalité puisqu'on assistait, depuis 1970, à l'introduction de variétés à haut rendement surtout pour le blé tendre et à des projets de mise en valeur des terres marginales où l'on cultive essentiellement de l'orge.

**Tableau 3: Principaux résultats de l'analyse de tendance des productions céréalières.**

Cultures	De 1955 à 1969	De 1970 à 1986
Blé dur (S)	Augmentation de 9650ha/an	Diminution de 5430ha
Blé dur (R)	Augmentation de 0,20qx/ha	Augmentation de 0,31qx/ha
Blé dur (P)	Aucune tendance	Augmentation de 94.950qx/an
Blé tendre (S)	Aucune tendance	Diminution de 3890ha/an
Blé tendre (R)	Diminution de 0,11qx/ha	Augmentation de 0,64qx/ha
Blé tendre (P)	Diminution de 16.000qx/an	Augmentation de 36.260qx/an
Orge (S)	Diminution de 8.700ha/an	Augmentation de 8.196ha/an
Orge (R)	Augmentation de 0,30qx/ha	Aucune tendance
Orge (P)	Aucune tendance	Augmentation de 101.283qx/an

S: Superficie R: Rendement P: Production

#### 4. Conclusion

Pour saisir la capacité du secteur céréalier tunisien à répondre à une demande sans cesse excessive, il est bon d'évaluer le rythme de croissance de la production et d'identifier les facteurs garants de cette croissance. Pour ce faire, un modèle statistique fut estimé en vue de fournir une mesure du taux de croissance de la production céréalière et de ses principales composantes, à savoir les rendements et les superficiesensemencées et en vue de tester l'hypothèse d'un changement structurel significatif pour les cultures céréalières depuis la mise en place de la politique de subvention à quelques intrants agricoles.

Le principal résultat est que pour le blé dur, la production a évolué de façon différente, quoique non significative, durant les deux périodes retenues. L'accroissement de la production fut obtenu grâce à l'augmentation des rendements. Il en est de même pour la production du blé tendre qui a montré une évolution différente pour les périodes antérieures et postérieures à 1970, et donc un changement structurel significatif pour cette culture.

Contrairement à celle du blé, l'accroissement de la production d'orge a été causée par un accroissement des superficies surtout pour la période postérieure à 1970. Comme pour le blé tendre, le changement

structurel s'est avéré significatif dans l'affectation de la production d'orge.

L'analyse de tendance dans la production, les superficies et les rendements de ces trois cultures durant les deux périodes retenues ne peut renseigner sur les effets réels de la réforme agricole qui a été entrepri-

se dès le début de l'année 1970. D'autres facteurs auront leur part dans l'explication de la variation de la production céréalière, notamment l'aléa climatique, les prix des produits et le degré d'aversion au risque de la part des agriculteurs; c'est ce qu'on se propose de traiter dans une recherche ultérieure.

### Références bibliographiques

1. Farley, J., M Hinich & T. MC Guire. 1975 "Some comparisons of Tests for a shift in the Slopes of a Multivariate Linear Time Series Model." *Journal of Econometrics*, **3**, 297-318.
2. Gana, A. 1981 "Coûts de production, prix à la production de céréales," *Revue de l'INRAT*. Tunis, Tunisie.
3. Giles, D. 1982 "The interpretation of Dummy variables in Semilogarithmic Equations." *Economics Letters*, **10**, 77-79.
4. Goldfeld, S. & R. Quandt. 1973. "The estimation of Structural Shifts by Switching Regressions" *Annals Economic and Social Measurement* **2**, 475-485.
5. Helmlinger, Peter G. & Lee, David R. 1985 "Estimating Supply Response in the Presence of Farm Programs." *American Journal of Agricultural Economics*, **67**: 193-203.
6. Méhouachi, D. 1991. Impact du risque sur la production de céréales: Cas du Nord de la Tunisie". Thèse de Master, M.Sc, Université Laval, Québec, Canada.

D. Méhouachi, Tunisien, M.Sc. Economie rurale, Assistant à l'ESA. Kef. Tunisie.

## 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 "Addressee not traceable on this address" and then you risk that your name is struck-off from our mailing list

U bent door Tropicultura geïntereesd! Stuur ons dan uw adresverandering op tijd 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.

## NOTES TECHNIQUES

## TECHNISCHE NOTAS

## TECHNICAL NOTES

## NOTAS TÉCNICAS

**Causes of Rabbit Mortality at Mankon Research Station, Cameroon (1983-1987)**

Nfi, A.N.,\* &amp; Ndoping, B. N.\*\*

Key words: Research - Rabbit Mortality - Diseases - Mankon - Cameroon

**Summary**

A study was carried out to determine the causes of mortality in rabbits raised at the Institute of Zootechnical and Veterinary Research Station (IRZV) Mankon between 1983-1987. Three breeds of rabbits the Californian, the New Zealand White and their crosses with local rabbits were used in the study. Within the period under review, all dead animals were necropsied and faecal and gastro-intestinal tract samples were examined in the laboratory. It was shown that high mortalities in rabbits were due to snuffles, pneumonia, mucoid enteritis, coccidiosis, mange, enterotoxaemia and Tyzzer's disease. 3060 rabbits died of various diseases comprising 1591 (52%) kittens, 1220 (39.7%) fryers and 280 (9.2% adults). Kitten mortality compared to fryer and adult was highest all through the period of study.

**Résumé**

Une étude a été menée en vue d'apprécier les causes de mortalité chez les lapins à la Station de Recherches Zootechnique et Vétérinaire de Mankon pendant la période 1983 à 1987. Trois races de lapins ont fait l'objet de cette étude: la race Californienne, la race New Zélande White et les croisées entre les lapins locaux et les races exotiques.

Le coryza (snuffles), la pneumonie, l'entérite mucoïde, la coccidiose, la gale, l'entérotoxémie et la maladie de Tyzzer furent les principales causes de mortalité chez les lapins. Des nombreux lapins 3060 sont morts de ces maladies; soient 1591 (52%) lapereaux, 1220 (39.7%) lapins sevrés et 280 (9.2%) adultes. Le taux de mortalité chez les lapereaux était très élevé comparé à celui des sevrés et des adultes.

**Introduction**

One of the most devastating and discouraging aspects in rabbit production is disease. Most diseases in rabbits occur due to management errors or lack of disease knowledge (1,2,3). Disease is always an ominous threat when animals are kept in close confinement and the success of the rabbit breeder is largely determined by his ability to maintain a disease-free herd. The total loss of rabbits due to disease in the United States and Europe averages 20-25% according to Houchot (3), whereas in Cameroon the total loss due to disease has not been determined. The aim of this study is to determine the causes of rabbit mortality in a unit in tropical country.

**Material and Methods**

This study was carried out at the Animal and Veterinary Research Station (IRZV) Mankon between the period 1983-1987. Within the period under review, the rabbit population ranged from 950 to 1150 rabbits.

The rabbits were housed singly and 3-4 in cages for adults and fryers respectively while the cages were arranged in two tiers (flyers) of three 50 x 80 cm individual cages. On the whole there were 600 cages for breeding. The rabbits are raised intensively and fed mainly grass supplemented with a cottonseed cake and corn based diet compounded on the station. Minerals and vitamins are administered in drinking water. A coccidiostatic level of amprolium is added to the feed at the feed mill. During the period under study, postmortem examinations were carried out on dead adult rabbits and fryers to determine the cause of death. Samples from the gastrointestinal tract and crust from skin lesions were taken to the station laboratory to investigate the cause of mortality and in some cases bacteriological cultures and biochemical tests were carried out for confirmatory diagnosis. Rabbits in the advanced stage of putrefaction were not necropsied.

\* Institute of Zootechnical and Veterinary Research, Bambui Station, P.O.Box 51, Bamenda-Cameroon.

\*\* Institute of Zootechnical and Veterinary Research, Mankon Centre, P.O.Box 125, Bamenda-Cameroon.

Received on 02.08.94 and accepted for publication on 22.05.96.

## Results

The major causes of mortalities were pneumopathies (snuffles and pneumonia) and enteric diseases (enterotoxaemia, coccidiosis, mucoid enteritis and Tyzzer's disease). The mortalities recorded according to ages were as follows 52% kits, 39.7% fryers and 9.2% adults.

Clinical signs like profuse diarrhoea, bloat, dehydration and soiled hindlegs and anal region coupled with postmortem lesion, like enlarged cecum and ileum; empty colon and haemorrhagic cecum were suggestive of enterotoxaemia. Further confirmatory diagnosis was done from culturing of the cecal content on blood agar for causes of enterotoxaemia. On gram stain these showed a gram positive aerobic *Clostridium spiroforme*.

Mucoid enteritis was characterized clinically by polydipsia so much so that when the rabbit was picked up and shaken there was a "water bottle" sound heard and jelly-like stool from sick fryers. The major post-mortem lesion usually was impaction of the ileocecal junction.

The diagnosis of Tyzzer's disease was based on symptoms and postmortem lesions. It was mainly a disease of fryers characterized clinically by profuse diarrhoea and high mortality within 12-48 hours. The conclusive lesions were salt grain-like size whitish hepatic spots quite distinguishable from cases of hepatic coccidiosis. Coccidiosis was easily diagnosed by wet mount which microscopically demonstrated various coccidial oocysts.

The other causes of mortalities are shown in Table 2. On the whole 3090 rabbits died due to disease condition comprising 1591 kits (52%), 1220 fryers (39.7%) and 280 adults (9.2%). In 1984 and 1985, many more mortalities were recorded than in the subsequent years. For these two years, mortalities corresponded to 996 (32.2%) and 741 (24%) deaths respectively (Table 1).

**Table 1 : Numbers of dead rabbits of different breeds and ages (1983-1987).**

Breeds	Type	1983	1984	1985	1986	1987	Total
New Zealand	Kits	97	195	127	86	63	568
	Fryers	29	162	112	47	30	380
Californian	Adults	19	12	26	21	12	90
	Kits	52	78	66	49	37	282
Crosses	Fryers	28	116	55	27	21	247
	Adults	15	16	15	09	08	63
Total	Kits	87	253	154	139	108	741
	Fryers	57	156	154	87	139	593
	Adults	26	08	32	28	33	127
Total		410	996	741	493	451	3060

Throughout the period under study, the kits recorded the highest annual mortality rate (Table 1). Rabbit mange was quite devastating with neither a sex, age nor breed preference. Some cases of toxicosis were suspected due to rancid compounded feed given to the rabbits.

## Discussion

This study reveals that 52% of the young rabbits died before weaning confirming earlier studies by Nephi *et al.* (5). Deaths of kits in kindling boxes contributed highly to the mortality figures. Kit mortality could be attributed to kindling box litter material, mismothering and sudden temperature changes.

Rabbits are very susceptible to heat stress since they have few functional sweat glands and find it difficult to eliminate body heat if environmental temperature is high (3). The results of the present study show that a sudden drop in temperature, especially in the rainy season was usually accompanied by an outbreak of enteritis. The explanation could be that with the sudden temperature drop, there is increase in feed intake and carbohydrate overload, leading to proliferation of gut pathogens especially *Clostridium* species with resultant production of lethal toxins and gases. This situation culminating in overeating disease (enterotoxaemia), causes high mortality in rabbits. This study further shows that the sudden introduction of rabbits to a new feed precipitates high mortality due to too much engorgement of the new feed by rabbits as earlier observed by Whitney (10).

During the period under review, the addition of a coccidiostatic level of amprolium in rabbit mash was effective in the control of coccidiosis. Pneumopathies in this study caused considerable economic losses especially in matured rabbits as had been observed by Wellington (9). The observations in the present study also agree with Nephi *et al.* (4), that good ventilation and continuous removal of manure from the rabbitry, reduces ammonia gas level which causes pneumopathies in rabbits.

Enteric diseases were of the highest incidence causing the highest mortalities followed by rabbit mange, pneumopathies and toxicosis (Table 2) confirming earlier observations by Houchot (3) and Peeters *et al.* (8). It was also observed that enterotoxaemia (overeating disease) was common in fryers especially when diets low in fibre and high in energy are fed to rabbits agreeing with Cheeke *et al.* (1) and Patton *et al.* (7). Rabbit psaroptic mange caused serious problems in the rabbit colony as Nfi (6) had earlier observed. Mange encrustations gave way to wasting, emaciation and death due to inability to feed especially in cases of muzzle lesions which were common.

Diseases of rabbits, especially pneumopathies, enteritis and coccidiosis are infections connected with the great variations in humidity and temperature coupled with feeding and management. Despite regular prophylactic treatment against major diseases, his study showed that these diseases cause about 50% of rabbit mortality before the age of 6 months.

Rabbit raising is growing into a full-time round the calendar profitable enterprise, disease and mortality not withstanding. Successful producers should employ all devices of practical, profitable operation like good sanitation and management, feed an adequate diet of simple ingredients and give the animals plenty of fresh water.

**Table 2 : Disease incidence encountered at IRZV Mankon from 1983-1987.**

DISEASE	1983	1984	1985	1986	1987	TOTAL
Enteric Diseases	55(5.9)	57(6.2)	79(8.5)	81(8.7)	127(13.7)	399(43.0)
Psarcoptic Mange	00(0.0)	23(2.5)	30(3.2)	40(4.3)	53(5.7)	164(15.8)
Pneumopathies	24(2.6)	25(2.7)	20(2.2)	28(3.0)	32(3.5)	129(13.9)
Toxicosis	04(0.4)	10(1.1)	05(0.6)	02(0.2)	41(4.4)	62(6.7)
Nervous Syndrome	06(0.6)	10(1.1)	08(0.9)	14(1.5)	21(2.3)	59(6.4)
Mycosis	09(1.1)	11(1.2)	08(0.9)	05(0.5)	20(2.2)	53(5.7)
Young Doe Syndrome	00(0.0)	03(0.3)	03(0.3)	05(0.5)	11(1.2)	22(2.4)
Undiagnosed Cases	25(2.7)	10(1.1)	08(0.9)	09(1.0)	15(0.5)	57(6.2)

The figures in brackets represent the percentage incidence of various diseases.

### Acknowledgements

The authors express sincere gratitude to the workers of the rabbit unit of IRZV Mankon for their collaboration and to Mr. Tamufor John for the time and patient

ce he took to carry out post-mortem examinations on the rabbit carcasses. The project was carried out with funds made available by the Ministry of Scientific and Technical Research, Cameroon.

### Literature

- Anon. 1976. Domestic Rabbit . Diseases and parasites. Agri Handbook No. 490. Agri Res. Services. U.S. Dept Agric. pp 9-12
- Cheeke P.R, Nephi M.P. & Templeton G.S 1982. Rabbit production. The Interstate Printers & publishers. INC. 5th Edition pp 165-181
- Houchot A. 1981 Bilan pathologique de quatre années d'élevage du lapin domestique servant à la nourriture de glossines (*Glossina palpalis*) (Vanderplank 1949) en Haute-Volta.
- Nephi M., Patton N.M., Harvey T.H., Caveny D.D., Matsumoto M., Cheeke P.R. 1980. Experimental inducement of Snuffles in rabbits. J. Applied Rabbit Res. **3** (1) 8-12.
- Nephi M., Harvey T.H & Cheeke P.R. 1984. Respiratory Pasteurellosis: incidence in young rabbits and mechanisms of transmission. III World Rabbit Congress. Rome - Italy. Vol. **2**. pp 298-309.
- Nfi A.N. 1992. Ivomec, a treatment against rabbit mange. Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop. **45** (1): 39-41.
- Patton N.M., Holmes H.T., Riggs R.J., Cheeke P.R 1978. Enterotoxaemia in rabbits. Lab. Ann Sci. **28**: 536-540.
- Peeters J.E., Charlier G., Geeroms R, Glorieux B. 1984. Infectious agents associated with diarrhoea in commercial rabbits. III World rabbit Congress. Rome - Italy. Vol **3**. pp 265-272.
- Wellington M. 1981. Bacterial diseases in rabbits. Auburn Veterinarian. Auburn Univer. Publication. No. 1538.
- Whitney J.C. 1977 Diseases of commercial Rabbits. Vet. Rec. **101** · 299-303.

A.N. Nfi: Cameroonian, Doctor of Veterinary Medicine, M.Sc. Veterinary Microbiology, Research Officer, Head of Veterinary Programme IRZV-Bambui.  
B N. Ndoping: Cameroonian, Licence B.Sc. Natural Sciences, M.Sc. Animal Science, Researcher Rabbit Programme - IRZV-Mankon

# Influence du tuteurage sur la production en tubercules de *Psophocarpus tetragonolobus* (L.) D.C. à Bunia (Zaïre)

K. Kitambala\*

Key words: *Psophocarpus tetragonolobus* - Staking - Production - Tuber.

## Résumé

Les variétés KADE 1/26, WB 15-12 et UPS 122 de *Psophocarpus tetragonolobus* (L.) D.C. ont été plantées à Bunia (Zaïre) afin d'étudier l'effet du tuteurage sur la formation des tubercules. Les résultats obtenus ont montré que le tuteurage augmente la production en tubercules des variétés UPS 122 et WB 15-12 et que cette dernière paraît la plus favorisée (1,2 et 6 t/ha respectivement pour les plantes non tuteurées et tuteurées contre 0,5 et 3 t/ha de UPS 122). La variété WB 15-12 tuteurée a donné en plus le pourcentage le plus élevé de plantes portant des tubercules (97 %) par rapport aux autres variétés KADE 1/26 (83 %) et UPS 122 (90 %).

Le choix d'une variété performante accompagnée du tuteurage est conseillé pour le succès de la culture de *Psophocarpus tetragonolobus* (L.) D.C. à Bunia.

## Summary

The varieties KADE 1/26, WB 15-12 and UPS 122 of *Psophocarpus tetragonolobus* (L.) D.C. were planted at Bunia (Zaire) to assess the effect of staking on tuber yield. Results showed that staking increased tuber production of varieties UPS 122 and WB 15-12 with the latest responding very favorably to staking (1,2 and 6 t/ha respectively for non staked and staked plants against 0,5 and 3 t/ha for UPS 122). The variety W 15-12 staked in addition gave the highest percentage of plants bearing tubers (97 %) compared to the varieties KADE 1/26 (83 %) and UPS 122 (90 %).

The use of improved variety combined with staking are necessary for the success of *Psophocarpus tetragonolobus* (L.) D.C. cultivation at Bunia.

## 1. Introduction

L'importance de *Psophocarpus tetragonolobus* (L.) D.C. en tant que culture alimentaire d'avenir pour les tropiques se justifie par le rôle que peuvent jouer ses différentes parties (feuilles, gousses, graines et tubercules) connues pour leur haute valeur nutritive (4). En effet, à part leur teneur élevée en protéines, les gousses vertes, les graines et les tubercules sont riches en lipides.

La production des tubercules, partie essentiellement consommée, est un des buts principaux de la culture de *Psophocarpus tetragonolobus* (L.) D.C. (2,3,4). Les travaux antérieurs ont montré que l'ablation des fleurs et le buttage augmentent le rendement en tubercules de cette culture (1,4).

Ce travail étudie l'influence du tuteurage sur la production des tubercules de 3 variétés de *Psophocarpus tetragonolobus* (L.) D.C., en vue de déterminer celle répondant le mieux au tuteurage dans les conditions de Bunia (Zaïre). L'étude se situe dans la série d'expérimentations de l'Institut Supérieur Pédagogique (I.S.P.) de Bunia (Zaïre) visant l'identification des variétés susceptibles de s'acclimater à ce nouveau milieu.

## 2. Matériel et méthodes

L'étude a été réalisée à l'I.S.P. Bunia (30° longitude E, 1°35' latitude N et 1250 m d'altitude). Les précipitations moyennes enregistrées pendant la période culturale étaient de 70 mm par mois et la température

moyenne de 21 °C. Le terrain cultivé était une jachère de quatre ans dont le sol est sablo-argileux de pH légèrement acide égal à 6,0 (1).

Les trois variétés ayant fait l'objet de cette étude sont KADE 1/26, WB 15-12 et UPS 122 dont les semences ont été obtenues à la Faculté des Sciences de l'Université de Kisangani (Zaïre). Les graines saines de chaque variété ont été sélectionnées et semées sur deux parcelles de 6 x 4 m chacune. Les écartements de 0,75 m entre les lignes et de 0,50 m dans la ligne ont été respectés, donnant ainsi une densité de 25000 plantes par hectare. Pour chaque variété, les plantes d'une parcelle ont été ramées sur des tuteurs de 3 m de long tandis que celles de l'autre ne l'ont pas été.

Deux sarclages avec intervalle de deux semaines ont été effectués à la houe, le premier ayant été associé au buttage. L'ablation des fleurs a régulièrement été effectuée pour toutes les plantes.

Quant à l'arrosage, il a été effectué toutes les fois qu'il s'est avéré nécessaire. La récolte des tubercules a été effectuée 6 mois après le semis. Elle intervient généralement après 4 à 8 mois du semis (4). En vue de permettre la comparaison des résultats, la production de 30 pieds choisis au hasard par parcelle et par variété a été utilisée.

Les données expérimentales ont été soumises aux tests relatifs aux différences de moyennes et de fréquences (5).

\* Institut Supérieur Pédagogique Technique de la 20e Communauté Evangélique au Centre de l'Afrique (I.S.P.T./C.E.C.A.-20), B.P. 13 Bunia, Zaïre, P.O. Box 21285 Nairobi, Kenya.

Reçu le 15.12.95 et accepté pour publication le 07.10.96.

### 3. Résultats et discussion

Les résultats des différentes observations et de l'analyse statistique sont consignés dans les tableaux 1 et 2.

**Tableau 1 : Paramètres biologiques et rendement en tubercules de variétés cultivées.**

Paramètres	Variétés		KADE 1/26		WB 15-12		UPS 122	
	t	nt	t	nt	t	nt	t	nt
- Production moyenne de tubercules (t/ha)	3,5	0,2	6	1,2	3	0,5		
- Nombre de pieds avec tubercules par parcelle	25	26	29	23	27	14		
- Nombre de pieds sans tubercules par parcelle	5	4	1	7	3	16		
- Taille moyenne des tubercules: longueur sur largeur	20/5	6/1,5	15/5	10/3	15/4	5/1,5		

t = tuteuré      nt = non tuteuré

**Tableau 2 : Résumé des décisions du test de la plus petite différence significative (P.P.D.S. 0,05) pour la production en tubercules (pieds tuteurés et non tuteurés).**

Variétés	p	Zc	Zt	Décisions
KADE 1/26	0,09	0,361	1,645	Zc < Zt : augmentation de la production due au hasard.
WB 15-12	0,87	2,304	1,645	Zc > Zt : tuteurage efficace.
UPS 122	0,68	3,599	1,645	Zc > Zt : tuteurage efficace.

p = Ecart-type de la différence de fréquences de pieds (tuteurés et non tuteurés) avec tubercules.

Zc = niveau de confiance calculé.

Zt = niveau de confiance tabulé.

La variété WB 15-12 a donné la meilleure production en tubercules, tant pour les plantes tuteurées (6 t/ha) que pour celles non tuteurées (1,2 t/ha). Cette production de WB 15-12 est généralement égale au double de celle de UPS 122 et de KADE 1/26 pour les plantes tuteurées. Elle est six fois plus élevée que celle de KADE 1/26 pour les plantes non tuteurées. Sur 30 pieds tuteurés de chaque variété, 29 portent des tubercules chez WB 15-12 (soit 97 %), 27 chez UPS 122 (soit 90 %), et 25 chez KADE 1/26 (soit 83

%). Toutes les variétés présentent des rendements en tubercules similaires à ceux obtenus en Birmanie (3 à 5 t/ha), en Papouasie-Nouvelle-Guinée (5,5 t/ha) (4) et en Côte d'Ivoire (2,2 à 6 t/ha) (3).

Le test de la plus petite différence significative (P.P.D.S. 0,05) (5) indique que le tuteurage a été efficace dans l'augmentation de la production en tubercules chez WB 15-12 et chez UPS 122, et qu'il ne l'a pas été chez KADE 1/26. L'écart-type de la différence de fréquences de pieds avec tubercules prouve le meilleur résultat du tuteurage chez la variété WB 15-12. Cette variété s'est déjà révélée être la meilleure sur le sol de Bunia (1).

Ces résultats confirment que la production de tubercules dépend de la variété et du mode de conduite des plantes (tuteurage) en plus du pinçage ou ablation des fleurs et jeunes pousses (4). Quant à la taille moyenne des tubercules, le meilleur résultat a été observé chez la variété KADE 1/26 pour les plantes tuteurées et chez la variété WB 15-12 pour les non tuteurées. Toutefois, c'est la variété WB 15-12 qui a le plus de pieds avec tubercules et ayant donné un meilleur rendement à l'hectare.

### 4. Conclusion

L'étude de l'influence du tuteurage sur le rendement en tubercules de *Psophocarpus tetragonolobus* (L.) D.C., réalisée sur le sol de Bunia (Zaire), a montré que le tuteurage augmente significativement la production des tubercules. Cependant, le meilleur résultat a été obtenu avec la variété WB 15-12 car 97 % de plantes tuteurées portent des tubercules contre 83 - 90 % chez les autres variétés. Aussi la variété WB 15-12 tuteurée a donné une production moyenne (6 t/ha) plus élevée par rapport à celle de KADE 1/26 (3,5 t/ha) et de UPS 122 (3 t/ha).

Etant donné sa haute valeur nutritive, le *Psophocarpus tetragonolobus* (L.) D.C. représente une nouvelle source de protéines et de lipides au régime alimentaire traditionnel assez pauvre dans les villages. Cependant, la vulgarisation de sa culture nécessite l'utilisation d'une variété performante combinée avec des techniques culturales dont le tuteurage.

### 5. Remerciements

Nous remercions la Faculté des Sciences de l'Université de Kisangani pour nous avoir fourni les semences ainsi que le Docteur B.A. Ruhigwa et l'Assistant D. Angunda pour leurs conseils.

### Références bibliographiques

- Dhetchuvi, M.M., 1986. Etude de l'influence de l'ablation des fleurs sur la formation des tubercules et des nodosités chez *Psophocarpus tetragonolobus* (L.) DC. Ujuvii **7**: 165-169.
- Hallet, J.F., 1982. The Winged Bean (*Psophocarpus tetragonolobus*) the highprotein crops of the future. Newsletters.
- Itoua, F., 1981. Le haricot ailé. Famille et Développement; **26** (2): 17-25.
- Mertens, C., Paulus, J. & Schmitz, A., 1979. Le pois carré: *Psophocarpus tetragonolobus*, une plante riche en protéines pour les tropiques, Fondation Universitaire Luxembourgeoise, série "Documents".
- Murray, R.S., 1981. Probabilités et statistique, éd. McGraw-Hill, Paris, p. 222.

K. Kitambala. Zaïrois. Licencié Agrégé en Biologie. Assistant à l'Institut Supérieur Pédagogique Technique de la 20e Communauté Evangélique au Centre de l'Afrique (I.S.P.T./C.E.C.A.-20) de Bunia, Zaire.

## BIBLIOGRAPHIE

## BOEKBESPREKING

## BIBLIOGRAPHY

## BIBLIOGRAFIA

**Café - Cultura e tecnologia primária**

A.P. Silva Cardoso. Lisboa 1994.

Het boek «Café: Cultura e tecnologia primária» geschreven door A.P. Silva Cardoso moet beschouwd worden als een beknopt doch vrij volledig handboek over de koffieteelt. Het geeft niet de indruk de pretentie te hebben een wetenschappelijk naslagwerk te willen zijn. Het is eerder bedoeld als basiswerkje voor de beginnende of verjongende koffieteler.

In een honderdvijftigtal bladzijden wordt een overzicht gepresenteerd van het gebruik van koffie in de geschiedenis, van het recent economisch belang ervan, van de botanische en ecologische aspecten van de teelt en van de landbouwkundige technieken eigen aan de teelt van koffie en aan het beheer van een plantage.

Dat dit werk praktijkgericht is, is merkbaar aan de indeling van het boek. Na de korte introductie worden de elf hoofdstukken gegroepeerd in vier delen waarvan de eerste twee geen technische informatie bevatten en heel summier zijn. De laatste twee daarentegen zijn vrij uitgebreid ( $\pm 70\%$  van het boek) en beschrijven de werkzaamheden in de koffieteelt en met het geogst produkt.

Het eerste deel geeft een overzicht van de etymologie van het woord "café", van het gebruik van de koffieplant en van de oorsprong en verspreiding van de drank gemaakt op basis van geroosterde zaden (Hoofdstuk 1). In Hoofdstuk 2 wordt de oorsprong en de verspreiding van de belangrijkste geteelde koffiesoorten behandeld.

Het tweede deel bevat het derde hoofdstuk dat handelt over de recente evolutie van de productie en de commercialisering van koffie en afgeleide produkten.

In het derde deel worden de botanische en ecologische aspecten van de teelt van de koffieplant beschreven. Hoofdstuk 4 beschrijft de morfologie van de koffieplant. Hoewel nogal kort geeft Hoofdstuk 5 een goed overzicht van de ecologische factoren van belang voor de koffieteelt (klimatologische, bodemkundige, ziekten en plagen). De goede kwaliteit van de illustraties compenseren hier het nadeel van de compactheid van de informatie. In het zesde hoofdstuk wordt het potentieel van enkele cultivars besproken. Zoals te verwachten wordt hierbij enkel aandacht besteed aan de ervaring opgedaan in de vroegere Portugese kolonies waardoor dit hoofdstuk toch aan nut inboet voor wat betreft de aanplant van koffie in andere delen van de wereld.

Het vierde deel met de laatste vijf hoofdstukken behandelt, in een logische volgorde, de eigenlijke cultuurtechnische aspecten van de koffieteelt, inclusief de basistechnieken voor de verwerking van het geogst produkt.

Hoofdstuk 7 beschrijft de vermeerderingstechnieken met de selectie en de behandeling van het plantmateriaal tot en met de in-vitro teelt. In het volgende hoofdstuk komt het uitplanten aan bod, waarbij enkele praktische wenken voor het veldwerk gegeven worden. Het daaropvolgende hoofdstuk behandelt het onderhoud van het koffieveld (snoei, bemesting, ziekten en plagen, enz...) en het oogsten. Hoofdstuk 10 bevat een, gezien de huidige tendens, te bondige bespreking van het onderwerp verjonging (en vernieuwing) en is misschien het zwakste onderdeel van het boek. Tenslotte geeft Hoofdstuk 11 een overzicht van de basistechnieken voor de behandeling van het geogst produkt.

Het zevende, achtste en negende hoofdstuk zijn vrij volledig en zeer overzichtelijk met simpele doch duidelijke illustraties (vooral wat de snoei betreft) en het is dit gedeelte van het boek dat het meest nuttig lijkt voor de koffieteler. Heel interessant zijn bijlagen 1.1 en 1.2 over de wetgeving in verband met de commercialisering van koffie. Dit deel wordt best gelezen na assimilatie van Hoofdstuk 10 waardoor een beter inzicht in de betekenis van de kwaliteitsnormen en het belang ervan verkregen wordt.

Hoewel het onbegonnen werk is in 150 bladzijden alle aspecten van de koffieteelt volledig te behandelen bevat dit boek toch heel veel recente informatie die op een overzichtelijke en duidelijke manier weergegeven wordt. Hoewel er betere (en meer volumineuze) werken over koffie beschikbaar zijn in het Frans en in het Engels is dit werk gericht op de veldpraktijk, vlot leesbaar en wordt het gebruik van 'moeilijke woorden' vermeden waardoor het gebruik door een minder wetenschappelijk gevormd publiek mogelijk is. Als dusdanig lijkt het een nuttig werk voor de beginnende koffieteler of voor wie de plantage wil vernieuwen of verjongen. Voor studenten landbouw op Masters niveau kan het een nuttige aanvulling zijn op een basiscursus over de koffieteelt. Toch blijft het slechts een samenvatting waardoor andere, meer volledige werken over bepaalde aspecten van de koffieteelt nodig zullen blijven.

Ir. P. Heinkens

**Population Ecology of *Mastomys Natalensis* (Smith, 1834)****Implications for rodent control in Africa.**

H. Leirs

Format 16,8 x 24,5 cm, 272 pages, 4 colour plates.

A report from the Tanzania-Belgium Joint Rodent Research Project (1986-1989).

Agricultural Edition - Nr 35, 1994. Belgian Administration for Development Cooperation; Brussels. Available free of charge on written request sent to Service Information, BADC, Rue Brederode 6, 1000 Bruxelles, Belgium.

In December 1984, at a bilateral meeting between Belgian and Tanzanian delegates in Dar es Salaam, the Agreement between the Government of the United Republic of Tanzania and the Government of the Kingdom of Belgium concerning technical co-operation in the project on "Joint research on rodents as disease carriers and crop destroyers" was signed.

The Government of the United Republic of Tanzania held the Sokoine University of Agriculture, Morogoro, responsible for the execution of the Project. For Belgium, the Co-operation section of the Belgian Embassy (the Belgian Agency for Development Co-operation, BADC) in Dar es Salaam called upon the University of Antwerp. The project lasted from 1986 to 1989 and resulted in a new research project, this time funded by the Commission of the European Union. This three-year project, which started in 1994, focuses on different aspects of the biology and control of the multimammate rat *Mastomys natalensis* which is by far the most damaging rodent to humans in sub-saharan Africa. The scientific knowledge of the population biology of this "shamba-rat" was at that moment not sufficiently developed to allow the conception of efficient control strategies for these pests.

H. Leirs finalized the scientific work of the project and submitted the results successfully as a Ph.D.-thesis at the University of Antwerp in 1992. An annex with the most recent relevant publications on *Mastomys* biology updates the literature list. The text is written in English but summaries in Dutch and French are attached; the English summary is reproduced below.

The population ecology of multimammate rats *Mastomys natalensis* (Smith, 1834) was studied in a fallow land population in Morogoro, Tanzania. Monthly data were collected by removal trapping and a capture-mark-release study between November 1985 and February 1989.

Population size fluctuations, reproduction, growth and survival are strongly related to rainfall patterns. The main breeding season starts after the onset of heavy rains in the second half of the wet season (April-May) and continues until September when adults disappear. In most years the young do not mature before the start of the next main breeding season. When however rain is abundant early in the wet season, there is already reproduction in January-February. The produced extra generation participates in the main breeding season and creates a potential for outbreak densities later in the year.

Reproduction is possibly induced by environmental triggers, perhaps chemicals in sprouting vegetation. *Mastomys* prefers dense vegetation but has a wide habitat tolerance and an opportunistic diet. Daily movements are short but dispersal is very important.

Recommendations for pest control of *Mastomys* are formulated. Preventive control actions or habitat sanitation are unlikely to be effective because of the opportunistic generalism and high dispersal rate of the rats. A model to forecast outbreaks, utilizing rainfall data, is proposed. The model is consistent with earlier outbreaks in Tanzania.

Author's address: H. Leirs, University of Antwerp (RUCA), Department of Biology, Groenenborgerlaan 171, B-2020 Antwerpen, Belgium - telephone: +32 3 2180456, telefax: +32 3 2180474, e-mail: leirs@ruca.ua.ac.be.

J.H.

## La maladie de Newcastle en milieu tropical

Fiches techniques d'élevage tropical (Santé Animale).

Fiche n° 1 - 1994; 12 pages, 5 photos couleurs, format DIN A4.

CIRAD-EMVT, 10, rue Pierre Curie, F-94704 Maisons-Alfort Cedex France.

Après les rubriques classiques (étiologie, épidémiologie,...), la prophylaxie médicale est largement décrite selon les types d'élevage (villageois, coopératif, industriel) et les types de vaccins ainsi que les méthodes de vaccination. La prophylaxie sanitaire décrit diverses mesures, et insiste sur ce qui est réalisable en milieu villageois.

J.H

## Options de vulgarisation agricole en Afrique tropicale

Jon Moris, CTA, Wageningen, 1994

Format 17 x 24 cm, 216 p., 9 chapitres, 5 tableaux, 1 illustration p. 126.

Traduit de l'anglais par E. Scavée.

Le livre de Jon Moris, actuellement professeur d'anthropologie à la Utah State University, Logan, Etats-Unis et auparavant chargé de recherches et responsable de publication auprès du Réseau de développement pastoral du Overseas Development Institute britannique, est un ouvrage très complet en matière de réflexion sur la vulgarisation agricole au sens large du terme sur le continent africain.

L'auteur constate tout d'abord, à juste titre, que les performances des 40 dernières années en la matière n'ont pas été particulièrement brillantes et que l'on se trouve à un croisement où les deux questions fondamentales

suivantes doivent être posées: "que choisir?" et "que vulgariser?".

En effet, on constate que la vulgarisation a connu des échecs liés principalement au fait que le transfert de technologie pure et simple a toujours été privilégié, ainsi qu'à un manque d'adéquation de la recherche avec les besoins spécifiques des populations, un manque de prise en compte des risques (guerres, sauterelles, etc...) dans l'évaluation des rendements et une généralisation géographique trop rapide des résultats de cette recherche. Cette inadéquation serait encore plus grave en élevage, compte tenu de la valeur capitale des animaux, de la multiplication plus lente que chez les végétaux et d'un éloignement encore plus grand que pour ces derniers entre les résultats des recherches en station et ceux de l'application sur le terrain.

L'auteur procède ensuite consécutivement à une analyse critique du contexte de la vulgarisation, décrit les différents choix organisationnels possibles, analyse les différentes contraintes sociologiques et structurelles du secteur ainsi que l'attitude des services de vulgarisation vis-à-vis de la participation des paysans. Il étudie également plus en détail l'impact de la méthode RSA (Recherche sur les Systèmes Agricoles) et la méthode F&V (système formation et visites de Benor).

Les solutions proposées dans le dernier chapitre sont laissées à l'appréciation du lecteur dans le contexte de sa propre action de développement rural. En effet, certaines options proposées, quoique louables, nous paraissent relever parfois de voeux pieux difficilement réalisables à l'heure actuelle. A la décharge de l'auteur il faut préciser que, les dernières années, l'évolution a été très rapide et que nous analysons la version française de l'ouvrage, publiée en 1994, alors que l'originale en anglais est de 1991.

La thèse centrale de Jon Moris est la mise en place réelle, et non réthorique, de la participation des différents groupes-cibles (paysans, femmes, pauvres,...) à l'élaboration des programmes de vulgarisation, ainsi qu'à l'appréciation de la recherche (recherche participative). A ceci, nous ne pouvons que souscrire dans un souci d'adéquation et de durabilité.

En conclusion, ce livre est à conseiller à tous ceux qui sont concernés de près et de loin par la vulgarisation dans le domaine de l'agriculture et de l'élevage. Comme cet ouvrage se termine également par une remarquable bibliographie (environ 400 références), il est également indiqué pour les chercheurs et étudiants rédigeant une thèse sur le sujet.

E. Thys.

## Guide pour la description des sols

D. Baize et B. Jabiol, 1995. Editions INRA, Paris, Collection "Techniques et Pratiques", 375 p. - 189 FF.

Format 16 x 24 cm, 32 chapitres, 8 annexes, 107 figures, 4 planches et 22 tableaux.

Cet ouvrage préfacé par Boulaine qui y souligne fort justement "technique, précision et minutie" dépasse de loin le caractère descriptif annoncé pour se révéler être un véritable guide de pédologie opérationnelle de terrain bien structuré et illustré.

Ainsi, après une brève introduction (7 pages) affirmant le souci (confirmé) d'une présentation critique, explicative et interprétative, les auteurs s'attachent en une première partie (58 pages) à raisonner les concepts de repérage, de cadrage et d'échantillonnage approprié tels que le suggèrent les chapitres sur le choix des points d'observation, la préparation de l'observation, la notation de l'observation et la description de l'environnement du profil.

La deuxième partie (147 pages) concerne le comment mais aussi le pourquoi des critères d'observation et de description des solums. Ce corps de l'ouvrage constitue en quelque sorte la synthèse de manuels plus classiquement énumératifs, des efforts réalisés récemment en matière d'informatisation et d'éléments de compréhension scientifique souvent dispersés. En dehors des critères morphologiques de base, les chapitres sur les racines, les tests *in situ*, la matière organique, les traces d'activités biologiques et humaines, l'eau et les roches-mères soulignent le caractère dynamique des choses dans le temps et dans l'espace et par là, l'importance de ces arguments de terrain pour les prélèvements d'échantillons et toutes investigations ultérieures.

La troisième partie (76 pages) est dédiée à la publication et au stockage de l'information, à la dénomination des horizons et des solums mais surtout et c'est le plus important, à des éléments de diagnostic en matière d'interprétation pédogénétique comme de comportement hydrique naturel.

Les huit annexes (45 pages) apportent des informations sur le matériel nécessaire, les différents types de fiches de description, des interventions particulières ou encore des adresses de fournisseurs.

Une liste des abréviations utilisées, une bibliographie de 214 références et un index alphabétique des matières clôturent l'ensemble.

Cet ouvrage vient s'inscrire et préliminaire du "Guide des analyses courantes en pédologie" (quoiqu'édité précédemment) du premier co-auteur qui est animé de la même philosophie de fournir les clefs du savoir-faire. A l'heure où les compétences de terrain tout comme la place réservée à ce genre d'enseignement se font de plus en plus limitées dans le domaine, ce guide est chaudement recommandé.

L. Bock

## INDEX

### Index Countries

Burkina Faso 149, 153	Greece 45	Nigeria 67, 73, 85, 115
Burundi 6, 13, 17, 45, 141	Italy 118	Senegal 24, 35
Cameroon 4, 165	Ivory Coast 54	Tunisia 106, 160
China 30	Mali 100	Zaire 34, 59, 77, 91, 110, 129, 168
Columbia 37	Morocco 94, 134	

### Index Authors

Akamba M. 4	Giampietro M. 118	Obouayeba S. 54
Amodu J.T. 73	Hannachi C. 106	Olagunju B.O. 115
Aubineau M. 134	Hu Cui 30	Omokanye A.T. 73
Awah A.A. 85	Hubert J-P. 17	Onifade O.S. 73
Balagizi K. 129	Ikhimioya I. 115	Ouedraogo S. 153
Bagalwa M. 129	Kamara A. 100	Pennington Gail 37
Ntumba K. 129	Keli Z.J. 54	Ramdani M. 94
Basabose K. 13	Kitambala K. 168	Remadi M. 106
Boa D. 54	Kizungu B. 110	Sawadogo L. 149
Boels C. 141	Kizungu V. 77	Schiffers B.C. 45
Boulif M. 134	Lamini Hchouma 134	Sow A. 24
Buldgen A. 35	Lutaladio N.B. 80	Tchoumboué J. 4
Carême C. 6, 45	Malekani M. 91	Tilquin J-P. 141
Chahlaoui A. 94	Manigui S.A. 85	Tshibangu K.w.T. 59
Chifundera K. 34	Masunga M. 129	Vincke P.P. 24
Conforti P. 118	Méhouachi D. 160	Wouters J. 2
De Groote H. 100	Mergeai G. 45	Ydraiou Francesca 45
Defoer T. 100	Mpoame M. 4	Ye Gongyin 30
Dehoux J-P. 35	Ndayiragije A. 141	Zaid A. 94
Detry J-F. 141	Ndoping B.N. 165	Zaid A. 134
Deybe D. 153	Nfi A.N. 165	Zennaki-Bensouda Zoubida, 134
Diaw M. 35	Nianogo A.J. 149	Zoundi J.S. 149
Eronmwon Guobadia Esther 67	Nizigiyimana A. 141	
Gérard Françoise 153	Ntumba K. 129	

### Index Subjects

#### Agricultural Techniques

Cotton Weeds and Study of a Chemical Cotton Weeding System in Burundi ( <i>in French</i> ) .....	6
Study on the Diversification of Farmers' Activities under Demographic and Land Pressure. The Case of Burundi ( <i>in French</i> ) .....	17
Comparison of Different Pesticide Treatments of Cotton Seed in Burundi and in Greece ( <i>in French</i> ) .....	45
Influence of the Browse Plant <i>Gliricidia sepium</i> Supplemented with Concentrate Feed on Food Intake and Growth of West African Dwarf Goat Kids ( <i>in English</i> ) .....	85
Influence of Staking on Tuber Yield of <i>Psophocarpus tetragonolobus</i> (L) D.C. at Bunia - Zaire ( <i>in French</i> ) ..	168

#### Animal Health

Larvivorous Potential of Different Stages of <i>Culex tigripes</i> (Diptera, Culicidae ) in the Prospective of its Use in Biological Control of Malaria Vectors ( <i>in English</i> ) .....	13
Observation of an Outbreak of Equine Trypanosomiasis due to <i>Trypanosoma vivax</i> in urban environment in Senegal ( <i>in French</i> ) .....	35
Prevalance of Gastro-Intestinal Parasites and Snail Inventory in the High- Plateaus of Uvira, Eastern Zaire ( <i>in French</i> ) .....	129
Causes of Rabbit Mortality at Mankon Research Station, Cameroon (1983-1987) ( <i>in English</i> ) .....	165

#### Animal Nutrition

Effects of Phosphorus and Harvest Time on Dry Matter Yield, Nitrogen and Phosphorus Contents of Horsegram <i>Macrotyloma uniflorum</i> ( <i>in English</i> ) .....	73
Influence of the Browse Plant <i>Gliricidia sepium</i> Supplemented with Concentrate Feed on Food Intake and Growth of West African Dwarf Goat Kids ( <i>in English</i> ) .....	85

Chemical Composition of Selected Green Plants Available to Small Ruminants in the Dry Season in Humid Nigeria ( <i>in English</i> ) .....	115
Utilization of <i>Philiostigma reticulatum</i> (DC.) HOCHST. Pods and <i>Cajanus cajan</i> (L.) MILLSP. Leaves in Combination of Urea for Fattening Mossi Type and South Djallonke Sheep in Burkina ( <i>in French</i> ) .....	149
<b>Animal Production</b>	
Observation of an Outbreak of Equine Trypanosomiasis due to <i>Trypanosoma vivax</i> in urban environment in Senegal ( <i>in French</i> ) .....	35
An Assessment of the Impact of "The Structural Adjustment Programme" on the Poultry Industry in Nigeria ( <i>in English</i> ) .....	67
Influence of the Browse Plant <i>Gliricidia sepium</i> Supplemented with Concentrate Feed on Food Intake and Growth of West African Dwarf Goat Kids ( <i>in English</i> ) .....	85
Study of the Factors which can Favorise the Reproduction in Captivity of the Cricetomas, <i>Cricetomys</i> in Zaire ( <i>in French</i> ) .....	91
Chemical Composition of Selected Green Plants Available to Small Ruminants in the Dry Season in Humid Nigeria ( <i>in English</i> ) .....	115
Utilization of <i>Philiostigma reticulatum</i> (DC.) HOCHST. Pods and <i>Cajanus cajan</i> (L.) MILLSP. Leaves in Combination of Urea for Fattening Mossi Type and South Djallonke Sheep in Burkina ( <i>in French</i> ) .....	149
<b>Appropriated Technology</b>	
Larvivorous Potential of Different Stages of <i>Culex tigripes</i> (Diptera, Culicidae) in the Prospective of its Use in Biological Control of Malaria Vectors ( <i>in English</i> ) .....	13
Energy Use in Agriculture : an Empirical Note on Technical Development and Ecological Loading ( <i>in English</i> ) .....	118
Methane Fermentation of Cattle Manure : Effects of Hydraulic Retention Time, Temperature and Substrate Concentration ( <i>in French</i> ) .....	134
<b>Bacteriology</b>	
Biotypological Study of Boufrekane River -Morocco ( <i>in French</i> ) .....	94
<b>Bibliography</b> .....	38, 80, 122, 170
<b>Biometry</b>	
The Revival of Biometric Activities in the Zairean Agricultural Research ( <i>in French</i> ) .....	77
<b>Cash Crops</b>	
Relationship between Stimulating Paste Quantity and Production of <i>Hevea brasiliensis</i> in South-East of Ivory Coast ( <i>in French</i> ) .....	54
Effects of artificial light duration on vegetative growth of muskmelon <i>Cucumis melo</i> L. ( <i>in French</i> ) .....	106
The Point of a Breeding Programme for High Altitude Rice Growing in Burundi (1,300-1,700m) ( <i>in French</i> ) ...	141
Tunisian Cereal Sector : Growth and Structural Changes ( <i>in French</i> ) .....	160
<b>Community Development</b>	
Land Tenure Interests at Stake in Biodiversity Participative Management in the Niokolo Koba National Park Surrounding Region, Senegal ( <i>in French</i> ) .....	24
Energy Use in Agriculture : an Empirical Note on Technical Development and Ecological Loading ( <i>in English</i> ) .....	118
<b>Ecology</b>	
Amphibians as a component of sustainable development ( <i>in English</i> ) .....	34
Results of Fuelwood Consumption Survey in Kinshasa - Zaire ( <i>in French</i> ) .....	59
Biotypological Study of Boufrekane River - Morocco ( <i>in French</i> ) .....	94
Energy Use in Agriculture : an Empirical Note on Technical Development and Ecological Loading ( <i>in English</i> ) .....	118
Production Method for a Sustainable Management of Natural Resources ( <i>in French</i> ) .....	153
<b>Economics</b>	
Study on the Diversification of Farmers' Activities under Demographic and Land Pressure. The Case of Burundi ( <i>in French</i> ) .....	17
Land Tenure Interests at Stake in Biodiversity Participative Management in the Niokolo Koba National Park Surrounding Region, Senegal ( <i>in French</i> ) .....	24
An Assessment of the Impact of "The Structural Adjustment Programme" on the Poultry Industry in Nigeria ( <i>in English</i> ) .....	67
Energy Use in Agriculture : an Empirical Note on Technical Development and Ecological Loading ( <i>in English</i> ) .....	118
Production Method for a Sustainable Management of Natural Resources ( <i>in French</i> ) .....	153
Tunisian Cereal Sector : Growth and Structural Changes ( <i>in French</i> ) .....	160
<b>Energy</b>	
Results of Fuelwood Consumption Survey in Kinshasa - Zaire ( <i>in French</i> ) .....	59

Energy Use in Agriculture . an Empirical Note on Technical Development and Ecological Loading ( <i>in English</i> ) .....	118
Methane Fermentation of Cattle Manure : Effects of Hydraulic Retention Time, Temperature and Substrate Concentration ( <i>in French</i> ) .....	134
<b>Environment</b>	
Land Tenure Interests at Stake in Biodiversity Participative Management in the Niokolo Koba National Park Surrounding Region, Senegal ( <i>in French</i> ) .....	24
Amphibians as a component of sustainable development ( <i>in English</i> ) .....	34
Energy Use in Agriculture . an Empirical Note on Technical Development and Ecological Loading ( <i>in English</i> ) .....	118
Methane Fermentation of Cattle Manure : Effects of Hydraulic Retention Time, Temperature and Substrate Concentration ( <i>in French</i> ) .....	134
Production Method for a Sustainable Management of Natural Resources ( <i>in French</i> ) .....	153
<b>Fertilizers</b>	
Effects of Phosphorus and Harvest Time on Dry Matter Yield, Nitrogen and Phosphorus Contents of Horsegram <i>Macrotyloma uniflorum</i> ( <i>in English</i> ) .....	73
Methane Fermentation of Cattle Manure : Effects of Hydraulic Retention Time, Temperature and Substrate Concentration ( <i>in French</i> ) .....	134
<b>Food Crops</b>	
Effects of Phosphorus and Harvest Time on Dry Matter Yield, Nitrogen and Phosphorus Contents of Horsegram <i>Macrotyloma uniflorum</i> ( <i>in English</i> ) .....	73
Selection of New Varieties through Participatory Research, the Case of Corn in South Mali ( <i>in English</i> ) ....	100
The Point of a Breeding Programme for High Altitude Rice Growing in Burundi (1,300-1,700m) ( <i>in French</i> ) .....	141
Tunisian Cereal Sector : Growth and Structural Changes ( <i>in French</i> ) .....	160
<b>Forestry</b>	
Results of Fuelwood Consumption Survey in Kinshasa - Zaire ( <i>in French</i> ) .....	59
<b>Hydrobiology</b>	
Biotypological Study of Boufrekane River - Morocco ( <i>in French</i> ) .....	94
Methane Fermentation of Cattle Manure : Effects of Hydraulic Retention Time, Temperature and Substrate Concentration ( <i>in French</i> ) .....	134
<b>Minilivestock</b>	
Some Features of Silk-Producing Moths ( <i>in English</i> ) .....	30
Amphibians as a component of sustainable development ( <i>in English</i> ) .....	34
Study of the Factors which can Favorise the Reproduction in Captivity of the Cricetomas, <i>Cricetomys</i> in Zaire ( <i>in French</i> ) .....	91
<b>Parasitology</b>	
Comparative Effects of "Sodivermyl" Baird and the Bark of <i>Combretum</i> sp. in the Treatment of Chicken Nematods ( <i>in French</i> ) .....	4
Larvivorous Potential of Different Stages of <i>Culex tigripes</i> (Diptera, Culicidae) in the Prospective of its Use in Biological Control of Malaria Vectors ( <i>in English</i> ) .....	13
Observation of an Outbreak of Equine Trypanosomiasis due to <i>Trypanosoma</i> <i>vivax</i> in urban environment in Senegal ( <i>in French</i> ) .....	35
Study of the Factors which can Favorise the Reproduction in Captivity of the Cricetomas, <i>Cricetomys</i> in Zaire ( <i>in French</i> ) .....	91
Prevalance of Gastro-Intestinal Parasites and Snail Inventory in the High- Plateaus of Uvira, Eastern Zaire ( <i>in French</i> ) .....	129
<b>Plant Pathology</b>	
Comparison of Different Pesticide Treatments of Cotton seed in Burundi and in Greece ( <i>in French</i> ) .....	45
<b>Plant Production</b>	
Cotton Weeds and Study of a Chemical Cotton Weeding System in Burundi ( <i>in French</i> ) .....	6
Study on the Diversification of Farmers' Activities under Demographic and Land Pressure. The Case of Burundi ( <i>in French</i> ) .....	17
Comparison of Different Pesticide Treatments of Cotton Seed in Burundi and in Greece ( <i>in French</i> ) .....	45
Relationship between stimulating paste quantity and production of <i>Hevea brasiliensis</i> in South-East of Ivory Coast ( <i>in French</i> ) .....	54
Effects of Phosphorus and Harvest Time on Dry Matter Yield, Nitrogen and Phosphorus Contents of Horsegram <i>Macrotyloma uniflorum</i> ( <i>in English</i> ) .....	73
Selection of New Varieties through Participatory Research, the Case of Corn in South Mali ( <i>in English</i> ) ....	100
Effects of artificial light duration on vegetative growth of muskmelon <i>Cucumis melo</i> L. ( <i>in French</i> ) .....	106

Chemical Composition of Selected Green Plants Available to Small Ruminants in the Dry Season in Humid Nigeria ( <i>in English</i> ) .....	115
Methane Fermentation of Cattle Manure : Effects of Hydraulic Retention Time, Temperature and Substrate Concentration ( <i>in French</i> ) .....	134
The Point of a Breeding Programme for High Altitude Rice Growing in Burundi (1,300-1,700m) ( <i>in French</i> ) .....	141
Tunisian Cereal Sector : Growth and Structural Changes ( <i>in French</i> ) .....	160
Influence of Staking on Tuber Yield of <i>Psophocarpus tetragonolobus</i> (L) D.C. at Bunia - Zaire ( <i>in French</i> ) .	168
<b>Plant Protection</b>	
Cotton Weeds and Study of a Chemical Cotton Weeding System in Burundi ( <i>in French</i> ) .....	6
Comparison of Different Pesticide Treatments of Cotton Seed in Burundi and in Greece ( <i>in French</i> ) .....	45
Inventory of harmful birds in Agronomy in South-Kivu, Zaire ( <i>in French</i> ) .....	110
<b>Poultry</b>	
Comparative Effects of "Sodivermyl" Baird and the Bark of <i>Combretum</i> sp. in the Treatment of Chicken Nematods ( <i>in French</i> ) .....	4
<b>Projects</b>	
Harvesting Grey Literature for a Greener World ( <i>in English</i> ) .....	37
The Revival of Biometric Activities in the Zairean Agricultural Research ( <i>in French</i> ) .....	77
<b>Research and Development</b>	
Harvesting Grey Literature for a Greener World ( <i>in English</i> ) .....	37
The Revival of Biometric Activities in the Zairean Agricultural Research ( <i>in French</i> ) .....	77
Selection of New Varieties through Participatory Research, the Case of Corn in South Mali ( <i>in English</i> ) .....	100
Effects of artificial light duration on vegetative growth of muskmelon <i>Cucumis melo</i> L. ( <i>in French</i> ) .....	106
Energy Use in Agriculture : an Empirical Note on Technical Development and Ecological Loading ( <i>in English</i> ) .....	118
<b>Rural Development</b>	
Study on the Diversification of Farmers' Activities under Demographic and Land Pressure. The Case of Burundi ( <i>in French</i> ) .....	17
Harvesting Grey Literature for a Greener World ( <i>in English</i> ) .....	37
Energy Use in Agriculture : an Empirical Note on Technical Development and Ecological Loading ( <i>in English</i> ) .....	118
<b>Small Ruminants</b>	
Influence of the Browse Plant <i>Gliricidia sepium</i> Supplemented with Concentrate Feed on Food Intake and Growth of West African Dwarf Goat Kids ( <i>in English</i> ) .....	85
Chemical Composition of Selected Green Plants Available to Small Ruminants in the Dry Season in Humid Nigeria ( <i>in English</i> ) .....	115
Prevalance of Gastro-Intestinal Parasites and Snail Inventory in the High-Plateaus of Uvira, Eastern Zaire ( <i>in French</i> ) .....	129
<b>Sociology</b>	
Land Tenure Interests at Stake in Biodiversity Participative Management in the Niokolo Koba National Park Surrounding Region, Senegal ( <i>in French</i> ) .....	24
Energy Use in Agriculture : an Empirical Note on Technical Development and Ecological Loading ( <i>in English</i> ) .....	118
<b>Soil Science</b>	
Production Method for a Sustainable Management of Natural Resources ( <i>in French</i> ) .....	153
<b>Tribune</b>	
Agroforestry - Let us Be Sensible ( <i>in French</i> ) .....	2
<b>Veterinary Science</b>	
Comparative Effects of "Sodivermyl" Baird and the Bark of <i>Combretum</i> sp. in the Treatment of Chicken Nematods ( <i>in French</i> ) .....	4
Observation of an Outbreak of Equine Trypanosomiasis due to <i>Trypanosoma vivax</i> in urban environment in Senegal ( <i>in French</i> ) .....	35
Prevalance of Gastro-Intestinal Parasites and Snail Inventory in the High-Plateaus of Uvira, Eastern Zaire ( <i>in French</i> ) .....	129
Causes of Rabbit Mortality at Mankon Research Station, Cameroon (1983-1987) ( <i>in English</i> ) .....	165
<b>Video</b> .....	38

**AGRI-OVERSEAS**, asociación sin ánimo de lucro (ASBL) creada con el fin de establecer relaciones profesionales de intereses comunes entre quienes laboran por el desarrollo rural en ultra-mar.  
Agri-Overseas publica una revista científica y de información "**TROPICULTURA**" consagrada a los problemas rurales en los países en desarrollo, la cual es editada trimestrialmente por la Administración General de la Cooperación para el Desarrollo (A.G.C.D.).

**Organización:** Agri-Overseas se compone de instituciones belgas: las cuatro Facultades de Ciencias agronómicas (Gembloux, Gante-RUG, Lovaina-KUL y Lovaina la Nueva-UCL), las dos Facultades de Medicina veterinaria (Gante y Lieja), el Departamento de Producción y salud animales del Instituto de Medicina Tropical de Amberes (Antwerpen), la Sección interfacultaria de Agronomía de la Universidad Libre de Bruselas, las Facultades universitarias Nuestra Señora de la Paz (Namur) y la Fundación universitaria de Luxemburgo (Arlon), la Administración General de la Cooperación para el Desarrollo y de algunos miembros individuales.

**Consejo de Administración:** Actualmente está compuesto de un Presidente, el Profesor Dr. J. Vercruysse, un Administrador delegado, Dr. Ir. G. Mergeai, un Secretario, Dr. E. Thys, un Tesorero, Profesor Dr. P. Kageruka, y de dos miembros, el Profesor honorario Dr. Ir. J. Hardouin y el Profesor Dr. C. Reizer.

**Comité de redacción:** Está constituido actualmente de dos jefes de redacción, el Profesor honorario Dr. Ir. J. Hardouin y el Dr. Ir. G. Mergeai y de redactores delegados, el Profesor Dr. Ir. P. Van Damme para el rubro "Agronomía y Forestería", el Profesor Dr. J. Vercruysse para "salud animal", el Profesor Dr. A. Verhulst para "producción animal y caza" y el Profesor Dr. Ir. C. Reizer para "pesca y piscicultura".  
El secretariado tratará temas tales como la economía, la sociología, etc.

**Secretaría - Redacción:** Agri-Overseas / Tropicultura, c/o A.G.C.D., Rue Brederode 6, B-1000 Bruselas, Bélgica. Teléfono 32.2/51 90 476.

**Distribución:** gratuita según petición escrita.

---

## Instrucciones para los autores

### Condiciones generales:

Los manuscritos (original y tres copias) serán enviados a Agri-Overseas a la dirección arriba indicada. Estos pueden ser escritos en uno de los cuatro idiomas siguientes: Francés, Inglés, Neerlandés y Español. Indicar claramente la dirección del autor. Presentar la traducción inglesa del título. El Comité de redacción someterá el texto a dos lectores, especialistas del tema tratado y será eventualmente devuelto al autor, para ser corregido o adaptado. De todos modos se guardará un ejemplar en los archivos de Agri-Overseas. Los autores recibirán gratuitamente 20, publicados separadamente del artículo.

**Instrucciones prácticas:** el manuscrito comprenderá como máximo 10 páginas escritas a máquina con doble interlinea y con margen a la izquierda de 5 cm en papel blanco de formato DIN A4 (21 x 29.7 cm).

### Presentación:

Título: corto y en minúsculas

Autores: debajo del título. Los apellidos en minúsculas para las iniciales del nombre (nombre completo para las damas), con asterisco para remitir a la nota en pie de página donde figurará la identificación de las instituciones.

Palabras claves: 7 como máximo en Inglés (Key words)

Resumen: en el idioma del artículo y en Inglés (Max. 200 palabras)

Introducción

Material y métodos u observaciones

Resultados

Discusión

Conclusiones

Agradecimientos

Las referencias bibliográficas se darán por orden alfabético según el apellido de los autores y serán numeradas de 1 a x. Referir en el texto a estos números (entre paréntesis).

Las referencias comprenderán:

- Para las revistas: el apellido de los autores seguido de las iniciales de los nombres, el año de publicación, el título completo del artículo en el idioma de origen, el título de la revista, el número del volumen subrayado, la primera y la última página.

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

- Para las obras: el apellido de los autores seguido de las iniciales de los nombres, el año de publicación, el título completo de la obra, el nombre del editor, el lugar de edición, la primera y la última página del capítulo citado.

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

Tablas y figuras estarán presentadas cuidadosamente en páginas separadas y con numeración arábiga al verso. Las figuras estarán dibujadas de modo profesional. Las fotografías se entregarán non-montadas u bien contrastadas sobre papel brillante y numeradas a verso. Los títulos y las leyendas se escribirán en una misma página separada.

**Observaciones:**

- Evitar las notas al pie de la página
- Evitar el empleo de guiones
- Evitar las mayúsculas inútiles
- Dar la nacionalidad, los diplomas, y la función de cada autor
- Dar la traducción del título en Inglés

- La Comisión de Redacción se reserva el derecho de rehusar todo artículo que no esté conforme a las prescripciones susodichas.

# TROPICULTURA

1996 Vol. 14 N. 4

Four issues a year (March, June, September, December)

## CONTENTS

### ORIGINAL ARTICLES

- Prevalance of Gastro-Intestinal Parasites and Snail Inventory in the High-Plateaus of Uvira, Eastern Zaire (*in French*)  
**M. Bagalwa, M. Masunga, K. Balagizi & K. Ntumba** ..... 129
- Methane Fermentation of Cattle Manure: Effects of Hydraulic Retention Time, Temperature and Substrate Concentration (*in French*)  
**Zoubida Zennaki-Bensouda, A. Zaid, Hchouma Lamini, M. Aubineau & M. Boulif** ..... 134
- The Point of a Breeding Programme for High Altitude Rice Growing in Burundi (1,300-1,700m) (*in French*)  
**J-P. Tilquin, J-F. Detry, A. Nizigiyimana, C. Boels & A. Ndayiragije** ..... 141
- Utilization of *Phillostigma reticulatum* (DC.) HOCHST. Pods and *Cajanus Cajan* (L.) MILLSP. Leaves in Combination of Urea for Fattening Mossi Type and South Djallonke Sheep in Burkina (*in French*)  
**J.S. Zoundi, A.J. Nianogo & L. Sawadogo** ..... 149
- Production Method for a Sustainable Management of Natural Resources (*in French*)  
**S. Ouedraogo, D. Deybe & Françoise Gérard** ..... 153
- Tunisian Cereal Sector: Growth and Structural Changes (*in French*)  
**D. Méhouachi** ..... 160
- TECHNICAL NOTES
- Causes of Rabbit Mortality at Mankon Research Station, Cameroon (1983-1987) (*in English*)  
**A.N. Nfi & B.N. Ndoping** ..... 165
- Influence of Staking on Tuber Yield of *Psophocarpus tetragonolobus* (L.) D.C. at Bunia - Zaire (*in French*)  
**K. Kitambala** ..... 168
- BIBLIOGRAPHY ..... 170
- INDEX VOLUME 14 ..... 173

TROPICULTURA is a peer-reviewed journal indexed by AGRIS, CABI and SESAME

