

TROPICULTURA

2010 Vol. 28 N°2

Trimestriel (avril- mai- juin)

Driemaandelijks (april- mei- juni)

Se publica po año (abril- mayor- junio)



Cirina forda est la chenille comestible qui présente la plus large distribution en Afrique.

Sa consommation est signalée du Burkina Faso à l'Afrique du Sud, en passant notamment par le Bas-Congo, le Katanga, la Zambie et le Zimbabwe.

Photo: M. Léon Lemaire

Editeur responsable/Verantwoordelijke uitgever: J. Vercruysse

11 rue d'Egmontstraat
1000 Bruxelles/ Brussel

Avec les soutiens

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

Met de steun van

De Directie-Generaal Ontwikkelingssamenwerking DGOS www.dgos.be, de Federale Overheidsdienst Buitenlandse Zaken, Buitenlandse
Handel en Ontwikkelingssamenwerking www.diplobel.fgov.be,
de Koninklijke Academie voor Overzeese Wetenschappen www.kaowarsom.be, de "Conseil interuniversitaire de la Communauté française de
Belgique CIUF", www.ciuf.be,
de Vlaamse Interuniversitaire Raad VLIR www.vlir.be, en van het Brussels Gewest

BUREAU DE DEPOT – AFGIFTEKANTOOR
BRUXELLES X / BRUSSEL X



LA COOPÉRATION
BELGE AU DÉVELOPPEMENT **.be**

DE BELGISCHE
ONTWIKKELINGSSAMENWERKING **.be**

SOMMAIRE / INHOUD / SUMARIO

ARTICLES ORIGINAUX/OORSPRONKELIJKE ARTIKELS/ARTICULOS ORIGINALES

Utilización de subproductos industriales en la alimentación de cerdos de engorde en Cuba Utilisation de sous-produits de l'industrie dans l'alimentation des porcs à l'engraissement à Cuba Gebruik van industriële bijproducten in de voeding van mestvarkens in Cuba R.E. Almaguel González, Elizabeth Cruz Martinez & J.L. Piloto Montero	65
Performances des filtres plantes de <i>Echinochloa pyramidalis</i> dans l'épuration des eaux usées de distillerie en Afrique subsaharienne Prestaties van plantenfilters met <i>Echinochloa pyramidalis</i> voor de zuivering van afvalwater van stokerijen in -Sub-sahara Afrika Rendimiento de las plantas filtrantes de <i>Echinochloa pyramidalis</i> en la depuración de aguas servidas de destilería en África subsahariana T. Fonkou, M.F. Fonteh, M. Djousse Kanouo & Amougou Akoua	69
Contribution of Men and Women to Farming Decisions in Cocoa Based Agroforestry Housholds of Ekiti State, Nigeria Contribution des hommes et des femmes prenant les décisions concernant la production de cacao dans la région d'Ekiti, Nigeria Bijdrage van mannen en vrouwen in het agrarische besluitvormingsproces in huishoudens betrokken tot op cacao gebaseerde agrobosbouw in Ekiti Staat, Nigeria Contribución de hombres y mujeres en la toma de decisiones sobre la producción de cacao en la región de Ekiti, Nigeria A.A. Enete & T.A. Amusa	77
Economic Efficiency of Small Scale Farmers in Ogun State, Nigeria Efficacité économique des petits fermiers dans l'Etat d'Ogun, Nigeria Economische efficiëntie van kleinschalige boeren in Ogun Staat, Nigeria Eficacia económica de los campesinos en el Estado de Ogun, Nigeria R. Adeyemo, J.T.O. Oke & A.A. Akinola	84
Sediment Production from Settlements and Farmlands within Lake Victoria Shoreline Zone in Uganda and Tanzania Production de sédiments provenant des aménagements du territoire et des terres agricoles dans la zone de rivage du lac Victoria en Ouganda et en Tanzanie Sedimentproductie afkomstig van ruimtelijke ordening bij nederzettingen en van landbouwgronden in de oeverzone van het Victoriameer in Oeganda en Tanzania Producción de sedimentos provenientes del ordenamiento del territorio y de las tierras agrícolas en la zona de la orilla del lago Victoria en Uganda y Tanzania M. Isabirye, D. Kimaro & O. Semalulu	89
Déterminants économiques et sociaux de choix de la culture cotonnière et de son intensification dans un contexte de crise de la filière en Centrafrique Economische en sociale determinanten van de keuze van katoenteelt en van haar intensivering in een crisis verkerende sector in Centraal - Afrikaanse Republiek Parámetros económicos y sociales en la elección del cultivo algodónero y de su intensificación en un contexto de crisis del sector en África Central E. Mbéti-Bessane	96
Consentement à payer les biopesticides: une enquête auprès des maraîchers du littoral au sud-Togo Toestemming tot betalen voor biopesticiden: een enquête bij groentenboeren van de kuststreek van Togo Disponibilidad a pagar por pesticidas ecológicos: una encuesta a horticultores del litoral sur del Togo K. Yovo	101
Désertification des parcours arides au Maroc Woestijnvorming van ariede weidegronden in Marokko Desertificación de las tierras áridas de pastos en Marrueco H. Mahyou, B. Tychon, R. Balaghi, J. Mimouni & R. Paul	107
Pratiques sylvoles et culturales dans les pays agroforestiers suivant un gradient pluviométrique nord-sud dans la région de Maradi au Niger Bosbouw en landbouwkundige praktijken in agrobosbouwgronden volgens een noord-zuiden regengradiënt in de streek van Maradi, Niger Prácticas silvícolas y de cultivos en los países agroforestales siguiendo un grado pluviométrico norte-sur en la región de Maradi en el Niger M. Larwanou, I. Oumarou, Laura Snook, I. Danguimbo & O. Eyog-Matic	115
LES ACTIONS DE LA DGCD/DE ACTIVITEITEN VAN DE DGIS/LAS ACTIVIDADES DE LA DGCD	123

ARTICLES ORIGINAUX

OORSPRONKELIJKE ARTIKELS

ORIGINAL ARTICLES

ARTICULOS ORIGINALES

Utilización de subproductos industriales en la alimentación de cerdos de engorde en Cuba

R.E. Almaguel González*, Elizabeth Cruz Martínez & J.L. Piloto Montero

Keywords: Feedstuffs B- Distiller dried grains with soluble- Sugar cane- Cuba

Resumen

Se utilizaron 54 cerdos de 75 días de edad y ± 22.0 kg de peso vivo. Se distribuyeron según experimento diseñado en bloques al azar en tres tratamientos, dos réplicas (posición en nave). Se estudió el efecto de utilización de pienso B (concentrado balanceado de mediana calidad con soya, maíz y 30% del subproducto cubano del trigo) en dietas de miel B de caña de azúcar (MB)² y la inclusión en la dieta de 10% de granos secos de destilerías con solubles de maíz (DDGS)², sobre los rasgos de comportamiento animal comparando con piensos concentrados³. Los consumos de MB no difirieron cuando se compararon las dietas de pienso B + MB y de 10% de inclusión de DDGS; si hubo diferencias significativas ($P < 0.01$) respecto a los animales que se alimentaron con piensos concentrados. La conversión alimentaria resultó muy significativa ($P < 0.001$). El peso final tuvo diferencias significativas ($P < 0.01$) entre tratamientos. Se concluye que dietas de pienso B plus MB de caña de azúcar y dietas incluyendo 10% de DDGS, generan excelentes índices productivos y constituyen fuentes alternativas en condiciones tropicales que sustituyen importaciones de cereales en la alimentación porcina en Cuba.

Summary

Use of Industry Byproducts in the Feeding of Finishing Pigs in Cuba

Fifty-four pigs averaging 75 days of age and ± 22.0 kg live weight. The pigs were allotted according to a random blocks design in three treatments, two replicas (house side) and nine repetitions for treatment in each replica. The effect of a feedstuffs "B" (balanced feed of medium quality with soybean and corn and 30% of the wheat Cuban byproduct)¹ in diets of sugar cane molasses type B (MB), and the inclusion in the diet of 10% of distiller dried grains with soluble obtained from the maize (DDGS)², on the animal performance traits in comparison with a concentrated feedstuffs³, was studied. There were no significant differences for the consumptions of MB in the diets of feedstuffs B + MB and the diet with 10% of DDGS inclusion; there were significant differences ($P < 0.01$) for the animals fed with the concentrated feedstuffs. The alimentary conversion was very significant ($P < 0.001$). The slaughter weight had significant differences ($P < 0.01$) among treatments. It is concluded, that diets of a feedstuffs B plus MB of sugar cane and diets including 10% of DDGS generate excellent productive indexes and constitute alternative sources under tropical conditions that substitute imports of cereals in the Cuban pig feeding.

Introducción

La utilización de la caña de azúcar en la alimentación porcina, al tratarse de una especie monogástrica, ha estado dirigida principalmente hacia el empleo de la fracción de los carbohidratos solubles de la planta, es decir, el jugo o los diferentes tipos de mieles (11, 14, 22, 24, 30, 35).

Es escasa la información existente internacionalmente relacionada con la sustitución de cereales por mieles de caña de azúcar en dietas para cerdos de engorde (16, 25, 27, 32).

La producción porcina en Cuba evidentemente no debe sustentarse en la importación de cereales, mucho menos si se tiene en cuenta la inestabilidad, así como la posibilidad del incremento de los precios

cada año (1). Por esto para aumentar la producción de carne de cerdo, se debe disponer de una base alimentaria nacional que respalde este propósito (12). En Cuba, desde hace algunos años se viene trabajando en una tecnología de alimentación basada en mieles enriquecidas de caña de azúcar como sustitutas del maíz en dietas para los cerdos (14) y en formulaciones de piensos balanceados de mediana calidad, basados en harina de soya, maíz y un 30% del subproducto cubano del trigo.

Por otra parte, a lo largo de los últimos 60 años, se han llevado a cabo trabajos de investigación evaluando tres tipos de subproductos de destilerías en dietas para cerdos solubles de

*Instituto de Investigaciones Porcinas, Gaveta Postal No. 1, Punta Brava, La Habana, Cuba.

Teléfono (53) 7 209 9545, (53) 47 31 92 47. E mail: ralmaguer@iip.co.cu

Recibido el 10.06.09 y aceptado para publicación el 26.03.10.

destilería secos (DDS), granos secos de destilería (DDG) y los granos secos de destilerías con solubles (DDGS). Cuba ha comenzado a utilizar los granos de destilerías desecados con solubles (DDGS, siglas en inglés) que son un subproducto de la fermentación del maíz, proceso durante el cual la concentración de los nutrientes remanentes en el grano se incrementa por tres veces (6, 36). Estos DDGS se han clasificado como un producto mediano, en cuanto a su contenido de fibra, pero presentan un alto contenido de aceite, lo cual permite su utilización en los alimentos para cerdos (7).

Por tal motivo se consideró de gran interés estudiar los rasgos de comportamiento de los cerdos en crecimiento-ceba alimentados con fórmulas de pienso B plus miel "B" de caña de azúcar y dietas donde se incluyó 10% de los DDGS.

Materiales y métodos

Se utilizaron 54 cerdos machos castrados (27) y hembras (27) de cruce comercial Yorkshire - Landrace x CC21 de 75 días de edad y con un peso vivo promedio de 22.0 ± 1.2 kg. Los animales se alojaron en corrales individuales en una instalación abierta y techada, y se distribuyeron según un experimento diseñado en bloques al azar en tres tratamientos experimentales, dos réplicas (posición en la nave) y nueve repeticiones por tratamiento en cada réplica.

Se estudió el efecto de la utilización de un pienso B (concentrado balanceado de mediana calidad basado en harina de soya + maíz y un 30% del subproducto cubano del trigo, obtenido de la molinería del trigo en la industria alimenticia cubana, PB) en dietas de miel "B" de caña de azúcar (fracción soluble que remueve el azúcar "B", ver (17, 18, para datos sobre su composición) y de la inclusión en la dieta de 10% de granos secos de destilerías con solubles de maíz (DDGS), sobre los rasgos de comportamiento en los animales, T¹ y T² respectivamente. Adicionalmente se utilizó un tercer tratamiento (T³) en el que se ofreció

un pienso concentrado basado en cereales y harina de soya (Tabla 1).

La composición analizada de los DDGS fue: 90,9 % de materia seca, 3965 kcal/kg de energía digestible, 26,4% de proteína bruta (N x 6.25), 8,1% de fibra bruta y 3,9% de cenizas. La alimentación de los cerdos fue a voluntad, no obstante se estimó un consumo promedio diario según las normas de alimentación propuestas en (20) y ajustando a satisfacer los requerimientos de proteína diario de los animales.

Los suplementos se ofertaron a los cerdos en cantidades tales que como promedio en toda la etapa de prueba, consumieron 360 g de proteína bruta/día, según las recomendaciones de (28), establecidas para dietas convencionales basadas en cereales. La miel "B" (MB) se ofreció al inicio del ensayo entre 500 y 700 g de miel/cerdo/día, después se ofertó a voluntad, con incrementos progresivos de este ingrediente del orden de 200 g/cerdo/día cada vez que no amaneció sobrante en los comederos. Diariamente se pesó el sobrante de MB a primera hora de la mañana para poder controlar el consumo de este ingrediente de la dieta.

Los cerdos se pesaron cada 14 días y se estudiaron los rasgos de comportamiento animal hasta el peso de sacrificio (100 kg de peso vivo como promedio). A los animales se les garantizó el agua a voluntad mediante bebederos automáticos tipo tetina. Los análisis bromatológicos de las fuentes de alimento se realizaron según (5).

Las medidas estudiadas se analizaron estadísticamente según las recomendaciones de (33) y se llevó a cabo comparaciones de medias mediante el procedimiento de (9) de comparación múltiple de medias, utilizando el paquete estadístico MINITAB (26).

Resultados

En la tabla 2 y 3 se muestran los resultados de los rasgos de comportamiento de los cerdos alimentados con las dietas experimentales.

No hubo diferencias significativas en los consumos de materia seca cuando se compararon las dietas de pienso B + MB y la de 10% de inclusión de los DDGS; en cambio las diferencias si fueron marcadas ($P < 0.01$) respecto a los animales que se alimentaron con el pienso concentrado. La conversión alimentaria también se comportó de forma muy significativa ($P < 0.001$) entre los cerdos de los tratamientos utilizados.

Se alcanzaron muy buenos pesos al sacrificio en los animales de todos los tratamientos estudiados, aunque se reportaron pesos superiores ($P < 0.01$) cuando se utilizó el alimento concentrado. Se encontraron marcadas diferencias ($P < 0.001$) para las ganancias de peso.

Discusión

A medida que disminuyó la calidad del pienso ofrecido, fue incrementándose el consumo de materia

Tabla 1
Composición de los piensos utilizados

Ingredientes	Tratamiento		
	T ₁	T ₂	T ₃
Maíz	42,2	72,0	77,0
Soya	22,8	14,3	19,3
Salvado de trigo	30,0	-	-
DDGS	-	10	-
Fosfato di cálcico	2,0	2,5	2,5
Carbonato de calcio	2,0	-	-
Cloruro de sodio	0,5	0,5	0,5
Premezcla ⁰	0,4	0,4	0,4
Cloruro de colina	0,06	0,08	0,08
Proteína Bruta, %	17,7	16,9	15,0

⁰Vitaminas y minerales según NRC (1998), ¹Pienso B, ²10% de inclusión de DDGS en la dieta, ³Pienso concentrado.

Tabla 2
Consumo y conversión alimentaria de los cerdos en el estudio realizado

	Tratamiento			P
	T ₁	T ₂	T ₃	
Consumo MS, kg/día	2,8 ± 1,6 ^a	2,7 ± 0,8 ^a	2,6 ± 0,7 ^b	< 0.01
Proteína bruta, g/día	360 ± 0,2	360 ± 0,2	360 ± 0,2	-
Consumo Miel B, kg/día	1,6 ± 1,1	-	-	-
Conversión, kg MS/kg ganancia	4,0 ± 1,3 ^a	3,5 ± 1,1 ^b	3,1 ± 1,3 ^c	< 0.001

^{abc} Medias sin letra en común en la misma fila difieren a P < 0.05 entre sí

¹Pienso B, ²10% de inclusión de DDGS en la dieta, ³Pienso concentrado.

Tabla 3
Peso vivo y ganancia en peso de cerdos en el ensayo

	Tratamiento			P
	T ₁	T ₂	T ₃	
Peso inicial, kg	22,3 ± 0,6	22,3 ± 0,6	22,3 ± 0,6	-
Peso final, kg	95,1 ± 0,9 ^b	96,8 ± 1,1 ^b	102,0 ± 0,7 ^a	< 0.01
Ganancia, g/día	687 ± 0,4 ^c	776 ± 0,5 ^b	831 ± 0,8 ^a	< 0.001
Días en prueba	106 ± 0,2	96 ± 0,2	96 ± 0,3	-

P < 0.01, *P < 0.001

^{abc} Medias sin letra en común en la misma fila difieren a P < 0.05 entre sí

¹Pienso B, ²10% de inclusión de DDGS en la dieta, ³Pienso concentrado.

seca. Estos resultados concuerdan con los referidos en estudios precedentes realizados por diferentes autores (2, 10). En este ensayo realizado, el consumo de proteína bruta no difirió entre los animales de los diferentes tratamientos, en este caso se utilizó un nivel alto de proteína en la dieta. Es de señalar que las dietas basadas en MB de caña de azúcar y harina de soya tienen la característica de que toda la proteína se aporta a través de la soya al ser la MB un alimento esencialmente energético prácticamente libre de proteína (11).

Los niveles de proteína en las dietas utilizados en este ensayo no coinciden con los empleados en estudios realizados por (13), quien planteó que cuando la proteína de la dieta viene dada prácticamente en su totalidad por una fuente proteica de alta concentración, buen balance y adecuada disponibilidad de aminoácidos esenciales como la soya, pero principalmente por su alto nivel de lisina, es posible satisfacer el requerimiento de los cerdos con un menor aporte de proteína. La autora recomendó que los requerimientos podían estimarse alrededor de 250 g/día, sin embargo, es necesario tener en cuenta que la ganancia diaria esperada también es importante de acuerdo a los requerimientos del NRC que estiman ganancias de peso promedio de aproximadamente 750 g/día en una ceba de cerdos de 30-90 kg de peso vivo. En este trabajo las ganancias de peso aún cuando los animales consumieron el pienso B de mediana calidad oscilaron alrededor de los 700 g/día, siendo muy superiores en el caso de la dieta con DDGS que sobrepasó los 750 g/día coincidiendo con resultados alcanzados por Maylin *et al.* (21). Los resultados obtenidos en este trabajo son similares a los encontrados por Ospina *et al.* (29), quien refirió que debido a los altos requerimientos de proteína cruda de los animales en el periodo de

crecimiento-ceba, niveles de 350g/día de proteína en una dieta de harina de raíz de yuca manifestaron tasas de ganancias diarias, pesos finales y conversiones alimentarias óptimas para cerdos en esta etapa.

El peso al sacrificio difirió significativamente (P < 0.01) entre tratamientos, pero al analizar las dietas utilizadas y los valores alcanzados en este indicador, los logros fueron notablemente satisfactorios, indicando que con la utilización de un pienso B de menor calidad que el pienso concentrado plus MB de caña de azúcar y la inclusión de 10% de granos secos de destilerías del maíz en las dietas para cerdos en ceba, se pueden obtener muy buenos índices productivos (2, 3, 15, 23, 31, 34), quienes llegaron a la conclusión que la inclusión de una fuente de fibra de calidad aceptable para animales monogástricos, como el salvado de trigo en dietas basadas en MB de caña de azúcar y harina de soya para cerdos en crecimiento-ceba, favorece los rasgos de comportamiento de estos animales. Esto posiblemente sea debido a un mejor ambiente en el ecosistema digestivo del cerdo, puesto que tanto las mieles de caña de azúcar como el material fibroso, favorecen un rápido tránsito de digesta, particularmente en el intestino grueso de los cerdos (19). También coincidimos con Díaz *et al.* (8), quienes opinaron que los DDGS a pesar de mostrar niveles de fibra elevados, son un alimento palatable y bien aceptado por los cerdos en niveles de 10, 20 y 30% de inclusión y con Almaguel *et al.* (4), quienes demostraron que es posible incluir hasta 10% de DDGS de maíz en la dieta de cerdos en crecimiento-ceba sin detrimento de los índices productivos de los cerdos.

Conclusiones

Los valores que se alcanzaron en los rasgos de comportamiento animal en esta prueba con la inclusión

de los DDGS en dietas para cerdos y con la utilización de pienso B en dietas basadas en MB de caña de azúcar, son resultados muy alentadores que demostraron una vez más que el uso de estos subproductos industriales

son una fuente muy favorable en la alimentación alternativa para nuestras condiciones tropicales y una posibilidad para sustituir importaciones de cereales en la alimentación porcina cubana.

Referencias bibliográficas

- Aho P., 1997, Situación actual y perspectiva de la avicultura mundial y la producción de granos. In: XV Congreso Latinoamericano de Avicultura. Cancún, 112 p.
- Almaguel R., Mederos C. & Torres Y., 2004, Utilización de diferentes niveles de polvo de arroz en dietas basadas en suplementos y miel enriquecida de caña de azúcar para cerdos en crecimiento – ceba. Revista Computadorizada de Producción Porcina, **11**, 1, 57-59.
- Almaguel R., Mederos C., Cruz E. & Ly J., 2008, Utilización de afrecho de trigo en el suplemento proteico para cerdos de engorde alimentados con miel "B" de caña de azúcar. Volume **20**, Article # 84. Retrieved July 16, 2008, from <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd20/6/alma20084.htm>
- Almaguel R., Cruz E., Piloto J. & Mederos C., 2009, Utilización de los granos secos de destilerías con solubles obtenidos a partir del maíz en la alimentación de cerdos. REDVET. Rev. Electrón. Vet. <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n020209.html>
- AOAC 2000, Official Methods of Analysis (17th edition) Association of Official Analytical Chemists. Gaithersburg, 2200 p.
- Cook D., Paton N. & Gibson M., 2005, Effect of dietary level of distillers dried grains with solubles (DDGS) on growth performance, mortality and carcass characteristics of grow finish barrows and gilts. Journal. Anim. Sci. **83**, 1, 490.
- De Decker J., Ellis M., Wolter B., Spencer J., Weibel D., Bertelsen C. & Peterson B., 2005, Effect of dietary level of distillers dried grains with solubles and fat on the growth performance of growing pigs. J. Anim. Sci. **83**, 2, 79.
- Díaz C., Macías M., García J. & Martínez O., 2007, Aceptabilidad y patrón de consumo en cerdos alimentados con niveles variables de derivados de granos de destilerías con solubles (DDGS) en la dieta. Revista Agrociencia, volumen especial, p. 81-86.
- Duncan D., 1955, Multiple range and multiple F test. Biometrics, **11**, 1-42.
- Figueroa V., 1989, Experiencias cubanas en el uso de las mieles de caña para la alimentación porcina. Livestock Research for Rural Development. Volume **1** # 1, from <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd1/1/vilda.htm>
- Figueroa V. & Ly J., 1990, Alimentación porcina no convencional a partir de la Caña de Azúcar. Ediciones GEPLACEA, Serie Diversificación. Distrito Federal de México, 215 p.
- Figueroa V., Maylin A. & Novo O., 1991, Efecto de bajos niveles de proteína sobre el comportamiento y las características de la canal de cerdos alimentados con miel B y levadura torula. Livestock Research for Rural Development. Volume **3** # 3, from <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd3/3/cuba2.htm>
- Figueroa V., 1995, La suplementación proteicas en las dietas no convencionales para credos. Revista Computadorizada de Producción Porcina, **2**, 3, 11-22.
- Figueroa V., 1996, Producción porcina con cultivos tropicales y reciclaje de nutrientes. Editorial CIPAV. Cali, 212 p.
- García A. & Figueroa V., 1989, Descripción tecnológica de la producción de subproductos de molinería cubanos y su composición bromatológica. Ciencia y Técnica en la Agricultura, Ganado Porcino, **2**, 2, 27-42.
- Hong Van B. & Thi Men L., 1991, Feeding of sugar cane juice and Amolasses to fattening pigs. In: T. R. Preston, B. Ogle eds. Increasing livestock production by making better use of local resources. Hanoi; AHRI p. 83-86.
- Ly J., 1990a, The physiological and biochemical basis for feeding pigs and poultry in the tropics (PART I). Livestock Research for Rural Development, **2**, 2, 32-45.
- Ly J., 1990b, The physiological and biochemical basis for feeding pigs and poultry in the tropics (PART II). Livestock Research for Rural Development, **2**, 2, 46-60.
- Ly J., 1996, Fisiología Digestiva del Cerdo. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia 119 p.
- Manual de crianza, 2007, Procedimientos técnicos para la crianza porcina. Ministerio de la Agricultura. Instituto de Investigaciones Porcinas. 137 p.
- Maylin A., Figueroa V. & Alfonso A., 1989, Efecto del nivel de proteína en la dieta sobre el comportamiento de cerdos cebados con miel B de caña de azúcar. III Jornada interna. Instituto de Investigaciones Porcinas, La Habana: 40-41.
- McLeod N., Preston T., Lassota L., Willis M. & Velázquez M., 1968, Miel y azúcar como fuentes energéticas para puercos. Revista Cubana Ciencia Agrícola, **2**, 205-209.
- Mederos C., García A., Piloto J., Novo O., Torres Y. & Martínez R., 2002, Perspectivas del uso de las mieles de caña de azúcar en la producción porcina de Cuba. In: XVIII Congreso Panamericano de Ciencias Veterinarias. La Habana, 32-36.
- Mederos C., 2003, Uso de la caña de azúcar en la alimentación de cerdos. In: Curso Internacional de Ganadería, Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente: Modelos Alternativos, Módulo III. La Habana: Instituto de Investigaciones de Pastos y Forrajes. P. 6-13.
- Mederos C., García A., Almaguel R. & Torres Y., 2007, Utilización de diferentes niveles del subproducto de trigo cubano en dietas basadas en NUPROVIM y Miel B de caña de azúcar para cerdos en crecimiento – ceba. Agrociencia. Vol. Especial **IX** Encuentro de Nutrición y Producción en Animales Monogástricos. Conferencia. Montevideo (Uruguay): p. 97-102.
- MINITAB, 1999, Minitab Release 12.23. Minitab Inc. Cary.
- Nhu Phuc B. & Trong Hieu L., 1991, A molasses in diets for growing pigs. In: T. R. Preston, B. Ogle eds. Increasing livestock production by making better use of local resources. Hanoi; AHRI p. 76-79.
- NRC, 1998, Nutrient Requirements of Swine. National Research Council National Academy Press (10th edition). Washington DC pp. 189.
- Ospina L., Preston T. & Ogle B., 1995, Effect of protein supply in cassava root meal based diets on the performance of growing-finishing pigs. Livestock Research for Rural Development, volume **7**, 2 from <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd7/2/6.htm>
- Preston T., 1980, A model for converting biomasa (sugar cane) into animal feed and fuel. In: Animal Production Systems for the Tropics. Publication N° 8, International Foundation for Science, Stockholm.
- Quintana J., 2004, Utilización de la tecnología de núcleos proteicos, vitaminas y minerales para cerdos en ceba en granjas agropecuarias del MININT. Tesis de Maestro en Producción Porcina. Instituto de Investigaciones Porcinas. La Habana, 115 p.
- Sarría P., Solano A. & Preston T., 1990, Utilización de jugo de caña de azúcar y cachaza panelera en la alimentación de cerdos. Livestock Research for Rural Development, **2**, 2, 1-10.
- Steel R., Torrie J. & Dickey M., 1997, Principles and procedures of statistics: a biometrical approach. Third Edition. McGraw-Hill Book Company in Company. Toronto pp. 666.
- Thompson D. & López J., 2006, Núcleos de proteína, vitaminas y minerales (suplementos) en la ceba de cerdos alimentados con miel final. Revista Computadorizada de Producción Porcina, **13**, 4, 11-14.
- Velázquez M., 1970, Uso de mieles en la alimentación de puercos en crecimiento. Tesis de Maestría en Ciencias Agrícolas. La Habana, Instituto de Ciencia Animal 42 p.
- Weigel J., Loyd D. & Kilmer L., 1997, Feed co-products of the dry corn milling process. Renewable Fuels Association and National Corn Growers Association. Washington, D.C and St. Louis Missouri, USA.

R.E. Almaguel González, Cuba, Master en Ciencias, Investigador Auxiliar, Grupo Alimentación y Manejo, Instituto de Investigaciones Porcinas.

Elizabeth Cruz Martínez, Cuba, Master en Ciencias, Investigador Auxiliar Grupo, Alimentación y Manejo, Instituto de Investigaciones Porcinas.

J.L. Piloto, Cuba, Master en Ciencias, Investigador Auxiliar Jefe del Grupo, Alimentación y Manejo, Instituto de Investigaciones Porcinas.

Performances des filtres plantes de *Echinochloa pyramidalis* dans l'épuration des eaux usées de distillerie en Afrique subsaharienne

T. Fonkou^{1*}, M.F. Fonteh², M. Djousse Kanou² & Amougou Akou³

Keywords: Vegetated beds- Effluent from distillery- *Echinochloa pyramidalis*- Cameroon

Résumé

Des essais d'épuration des effluents d'une distillerie au Cameroun produisant 432 m³/jour d'eaux usées ont été menés en station expérimentale avec les compartiments suivants: une structure de neutralisation, un bassin de pré-décantation, un décanteur digesteur et deux filtres à écoulement horizontal en sous-surface. La vinasse a été appliquée à des charges hydrauliques tests de 4, 10⁻² m.jour⁻¹, 3, 10⁻² m.jour⁻¹ et 2, 10⁻² m.jour⁻¹. Les performances du filtre planté de *E. pyramidalis* et du filtre non planté, tous soumis à 2, 10⁻² m.jour⁻¹ ont ensuite été comparées à partir des caractéristiques physico-chimiques de la vinasse dans les différents compartiments. Les résultats obtenus montrent que l'utilisation d'un filtre à écoulement horizontal permettrait de réduire la charge polluante de la vinasse, et de la rendre compatible avec le potentiel auto-épuration de la rivière réceptrice voisine. La présence de *E. pyramidalis* dans le filtre contribue effectivement à l'épuration puisque des abattements de 80% pour la conductivité, 90% pour la couleur, 79% pour les MES, 60% pour la DCO, 90% pour la DBO₅, 79% pour la teneur en azote total et 50% pour la teneur en phosphore total ont été obtenus, abattements dans l'ensemble supérieurs à ceux obtenus dans le filtre non planté.

Summary

Performances of Vegetated Beds with *Echinochloa pyramidalis* in the Purification of Wastewater from Distillery in Sub-Saharan Africa

Trials were made in a yard scale subsurface flow wetland system for the treatment of wastewater from a distillery in Cameroon producing 432 m³.d⁻¹ of effluent. The system comprises a neutralizing element, a pre-decantation basin, a digester and two horizontal subsurface flow wetlands. The system was submitted to experimental HLR of 4.10⁻² m.day⁻¹, 3.10⁻² m.day⁻¹ and 2.10⁻² m.day⁻¹. The performance of the system submitted to the HLR of 2.10⁻² m.day⁻¹ was then evaluated through monthly measurements of several physicochemical parameters. Results showed that a horizontal subsurface flow bed system can be used to reduce the pollution load of the effluent to be compatible with the self-purification capacities of the nearby river where it is discharged. The plant *E. pyramidalis* effectively contributed to the nutrient removal, since percentage reductions of 80%, 90%, 79%, 60%, 90%, 79% and 50% were obtained respectively for the water conductivity, colour, Suspended solids, BOD₅, total nitrogen and total phosphorus. These percentages are higher than those recorded in the control bed.

Introduction

La concentration humaine dans les villes implique des effets néfastes sur la qualité des eaux par la production des déchets domestiques et industriels dont les rejets se font très souvent dans les écosystèmes naturels sans traitement préalable. Dans les pays en voie de développement, cette situation s'empire à cause de la multiplicité des installations urbaines provisoires et très souvent inachevées, et du manque de structures appropriées d'assainissement des eaux usées. Compte tenu des mauvaises performances des structures conventionnelles et de leur inadaptabilité aux contextes de ces pays, beaucoup d'intérêt a été porté ces dernières décennies sur la phytoépuration des eaux usées. Les technologies développées exploitent les capacités d'adaptation des systèmes racinaires aux fortes charges polluantes et aux conditions

d'anoxie ou d'hypoxie du substrat, entraînant des relations symbiotiques entre les microorganismes et les racines qui favorisent l'élimination des polluants (17).

Dans la technologie les filtres plantés, des espèces connues de la flore sont organisées et structurées artificiellement de manière à exploiter efficacement leurs potentialités de rétention des différents paramètres de pollution (3, 9, 21, 25). Cette technologie se présente aujourd'hui comme la plus appropriée, compte tenu de la diversité des espèces végétales pouvant être utilisées, les faibles coûts d'installation et les bonnes performances (3, 10, 13, 18). Son application en zone tropicale est favorisée par l'activité biologique intense dans les écosystèmes et la productivité de plantes tout au long de l'année (18).

¹Université de Dschang, Laboratoire de Botanique Appliquée, BP 377, Dschang, Cameroun. Tél: +237 77570991, Email: tfonkou@yahoo.fr

²Université de Dschang, Faculté d'agronomie, Département de Génie Rural.

³Université de Yaoundé I, Faculté des Sciences, Département de Biologie et Physiologie Végétales.

Reçu le 23.12.09 et accepté pour publication le 08.04.10.

Au cours des deux dernières décennies, des études ont démontré le rôle joué par plusieurs espèces de plantes de marécage dans le processus d'épuration, ainsi que l'efficacité des filtres plantés dans cette écotechnologie (24). Des espèces ont été testées parmi lesquelles *Typha latifolia* et *Phragmites australis* (7, 19). Ces plantes filtrent les particules en suspension et servent de substrat pour la fixation d'organismes divers constitués de microalgues, de bactéries et de champignons. Elles produiraient également au niveau de leurs racines certaines substances qui activent le métabolisme rhizobactérien et absorberaient les produits de la biodégradation (12, 20, 26).

Des travaux récents sur la phytoépuration des eaux usées par lagunage à macrophytes au Cameroun, ont montré que cette écotechnologie donne des résultats acceptables en ce qui concerne l'amélioration de la qualité des eaux (1, 15, 16). Néanmoins, elle nécessite un travail manuel régulier de maintenance et d'entretien du système, rendant sa gestion quotidienne pénible (24).

Certaines plantes des marécages sont capables d'absorber et de concentrer dans leurs tissus d'importantes quantités de nutriments, de xénobiotiques et d'éléments toxiques tels que les métaux lourds, dans leurs milieux naturels (8). Des macrophytes proliférant dans des marécages pollués au Cameroun ont été identifiés et des essais de leurs cultures dans des filtres expérimentaux effectués (8). Cette étude a pour objectif principal de dimensionner un système de filtre planté de *E. pyramidalis* pour l'épuration de la vinasse produite par une distillerie, African Distilling Company (ADIC) au Cameroun. Les rejets liquides de cette agro-industrie sont caractérisés par des mesures de paramètres physicochimiques. Des essais sont ensuite effectués dans le but de déterminer la meilleure charge hydraulique applicable aux filtres expérimentaux. Les performances du système soumis à cette charge sont évaluées pendant une campagne d'activité de l'agro-industrie.

Matériels et méthodes

1. Site d'étude

African Distilling Company (ADIC) est une unité

agroindustrielle située dans la ville de Mbandjock au Cameroun. Son fonctionnement est tributaire de celui de la Société Sucrière du Cameroun (SOSUCAM), seule, fournissant la mélasse qui est la matière première.

2. Caractérisation des rejets liquides

Des échantillons prélevés à la sortie de l'usine et à trois sites dans la rivière Mengoré pendant la campagne d'activité et en période d'inter-campagne ont été caractérisés par des mesures de paramètres physicochimiques. Dans la Mengoré, dix prélèvements ont été effectués au point de rejet de la vinasse et à deux points situés à 500 m respectivement en amont et en aval. La température, la conductivité et les solides dissous totaux ont été mesurés sur le site grâce au TDS/Conductivimètre Hach™. Les teneurs en azote total, en phosphore total en matières en suspension (MES) ainsi que la couleur, la turbidité et la demande chimique en oxygène (DCO) sont mesurées grâce au spectrophotomètre DR2500 en suivant les procédures décrites par HACH (11). La demande biochimique en oxygène a été déterminée par respirométrie à l'incubateur grâce au BODTrak Hach™.

3. Mise en place de station expérimentale

La station expérimentale construite en parpaings bourrés de béton, comporte une structure de neutralisation de la vinasse, un décanteur-digester, et deux lits de traitement possédant chacun une structure amovible permettant de maintenir le niveau d'eau en dessous de la surface du substrat (Figure 1).

L'étanchéité dans ces structures est assurée grâce à un revêtement interne constitué du mélange de ciment CIMENCAM™ et de Sikalite™. Compte tenu du caractère acide de la vinasse, des essais avec de la soude au laboratoire ont permis de dimensionner la structure de neutralisation. Les composantes de la station expérimentale ont été dimensionnées en prenant en compte le temps de rétention et la charge hydraulique. Le tableau 1 résume les dimensions des différentes composantes de la station.

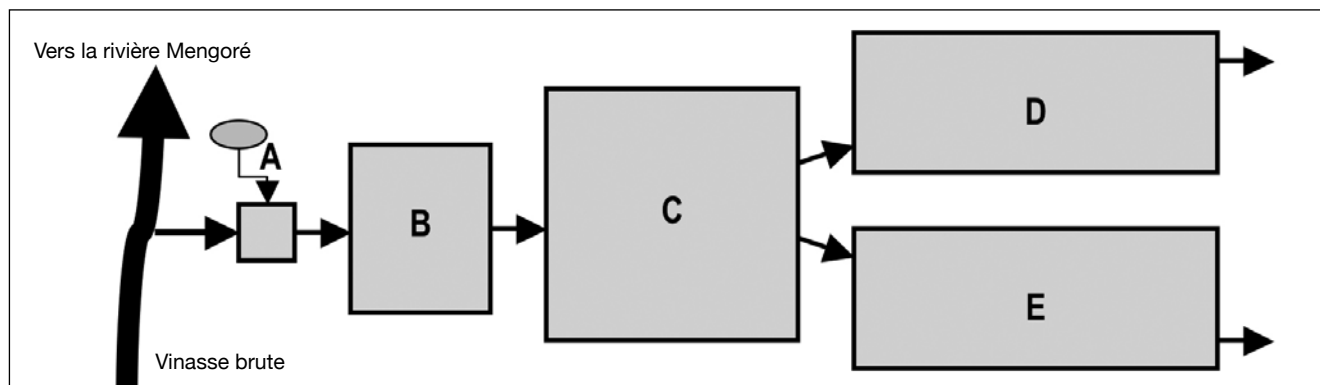


Figure 1: Plan de masse de la station expérimentale mise en place dans le site de ADIC (Mbandjock). A, dispositif de neutralisation de la vinasse; B, bassin d'égalisation et de prédécantation; C, décanteur-digester; D, filtre planté; E, filtre témoin.

Tableau 1
Dimensions des composantes de la station expérimentale

Composantes	Longueur (m)	Largeur (m)	Profondeur (m)	Surface (m ²)	Volume (m ³)
Bassin d'égalisation	1	1	0,80	1	0,68
Décanteur – digesteur	1,5	1	2,1	1,5	3,15
Lit de traitement	4	2	0,6	8	4,8

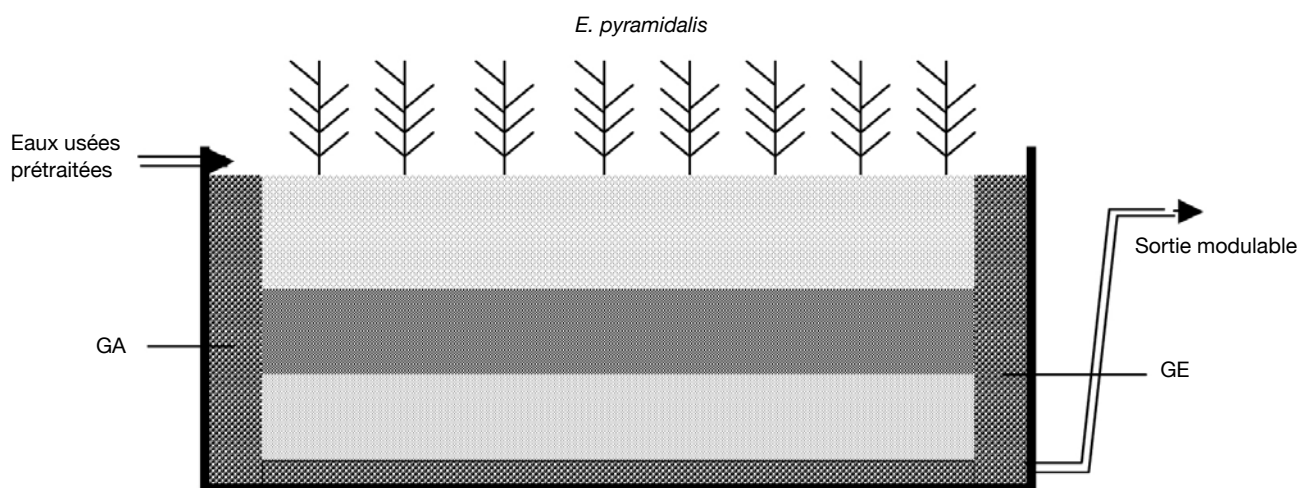


Figure 2: Coupe transversale du lit de traitement. GA, gabion d'alimentation; GB, gabion d'évacuation.

Un substrat de 55 cm d'épaisseur a été introduit dans chacun des deux lits de traitement. Il s'agit successivement d'une couche de 20 cm de sable au fond, 15 cm d'un mélange de caillasse de basalte et de sable, et de 20 cm d'un mélange de sable et de gravier. Des gabions d'alimentation et d'évacuation de 25 cm d'épaisseur et constitués de galets de granite, sont disposés à l'entrée et à la sortie de chaque lit de traitement afin d'assurer une application des eaux usées en sous-surface (Figure 2).

E. pyramidalis a été choisie pour les essais d'épuration de la vinasse, compte tenu de son abondance dans les zones marécageuses polluées ou non et des résultats obtenus préalablement lors des essais de domestication. La conception des différentes structures de la station expérimentale a été guidée d'une part par les caractéristiques de la vinasse et d'autre part par les résultats obtenus au cours des essais de culture des macrophytes. Pour cette expérimentation, le débit maximal journalier d'eau à traiter par lit filtrant a été fixé à 640 litres.

Des jeunes éclats de souche de *E. pyramidalis* ayant une hauteur de $30,5 \pm 5,3$ cm et possédant entre 2 et 3 feuilles avec un système racinaire long de $5,8 \pm 3,7$ cm ont été récoltés dans un marécage voisin de l'usine, et repiquées dans un des deux filtres sous la densité de 50 éclats de souche par mètre carré. Le second filtre est resté non planté pour servir de témoin.

Trois charges hydrauliques ont été expérimentées: celle de 0,04 m/jour; celle de 0,03 m/jour et celle de 0,02 m/jour, correspondant respectivement à des débits de 640 l/jour, 480 l/jour et 320 l/jour. Pour chaque charge,

des analyses sont effectuées sur des échantillons prélevés à la sortie du digesteur, à la sortie du filtre non planté et à la sortie du filtre planté. Les paramètres mesurés sont: DCO, DBO_5 , pH, température, turbidité, solides dissous totaux, matières en suspension, couleur, conductivité, azote total et phosphore total. Ces analyses physico-chimiques sont effectuées une fois par semaine pendant deux mois par les méthodes décrites par Hach (11).

Durant une campagne d'activité à ADIC (décembre à juillet), la station a été soumise à la charge hydraulique de 0,02 m/jour, soit un débit de 320 l/jour. Les performances de chaque composante ont été évaluées mensuellement en calculant pour chaque paramètre, le rendement épuratoire,

$$TA = \frac{Pe - Ps}{Pe} \times 100$$

(Pe, valeur du paramètre à l'entrée; Ps, valeur du paramètre à la sortie). Après l'analyse des variances et le test de Bartlett pour l'égalité des variances, le test de comparaison multiple de Newman-Keuls a été utilisé pour comparer les données des diverses composantes du marécage, grâce au logiciel Prims 3.0 sous Windows.

Résultats et discussion

1. Caractéristiques des rejets liquides de ADIC

Dans les conditions optimales de fonctionnement, le débit horaire des rejets liquides à ADIC Mbandjock est de 18 m³, soit 432 m³/jour. La production horaire optimale d'alcool est évaluée à 1500 litres pour les trois colonnes de distillation que comporte l'usine, soit 12 litres de vinasse par litre d'alcool. La température

moyenne à la sortie des colonnes de distillation est de 103 °C contre 58 °C dans le canal d'évacuation. La conductivité de 3740 $\mu\text{S}/\text{cm}$ obtenue est révélatrice de la présence de nombreux ions dans l'effluent. Les valeurs de la couleur et de la turbidité sont respectivement de 45167 PtCo et 4750 NTU, tandis que le pH est de 4,3 en moyenne. Les concentrations en azote et en phosphore dans la vinasse sont respectivement de 748 mg/l et 360 mg/l. Quant à la DCO, la DBO₅ et les MES, les valeurs obtenues ont été respectivement de 29600 mg/l, 7220 mg/l et 3720 mg/l.

Une forte dilution de la vinasse s'opère lors du mélange avec les eaux de la Mengoré impliquant inéluctablement une importante variation des caractéristiques naturelles de ce cours d'eau. En effet au contact de la vinasse, la qualité des eaux de la Mengoré est sensiblement détériorée, mais seulement 500 mètres plus loin dans son parcours, on observe une amélioration sensible des caractéristiques de ce cours d'eau (Figure 3).

2. Productivité de *E. pyramidalis* dans le filtre

Deux cents jeunes pousses de *E. pyramidalis* ont été

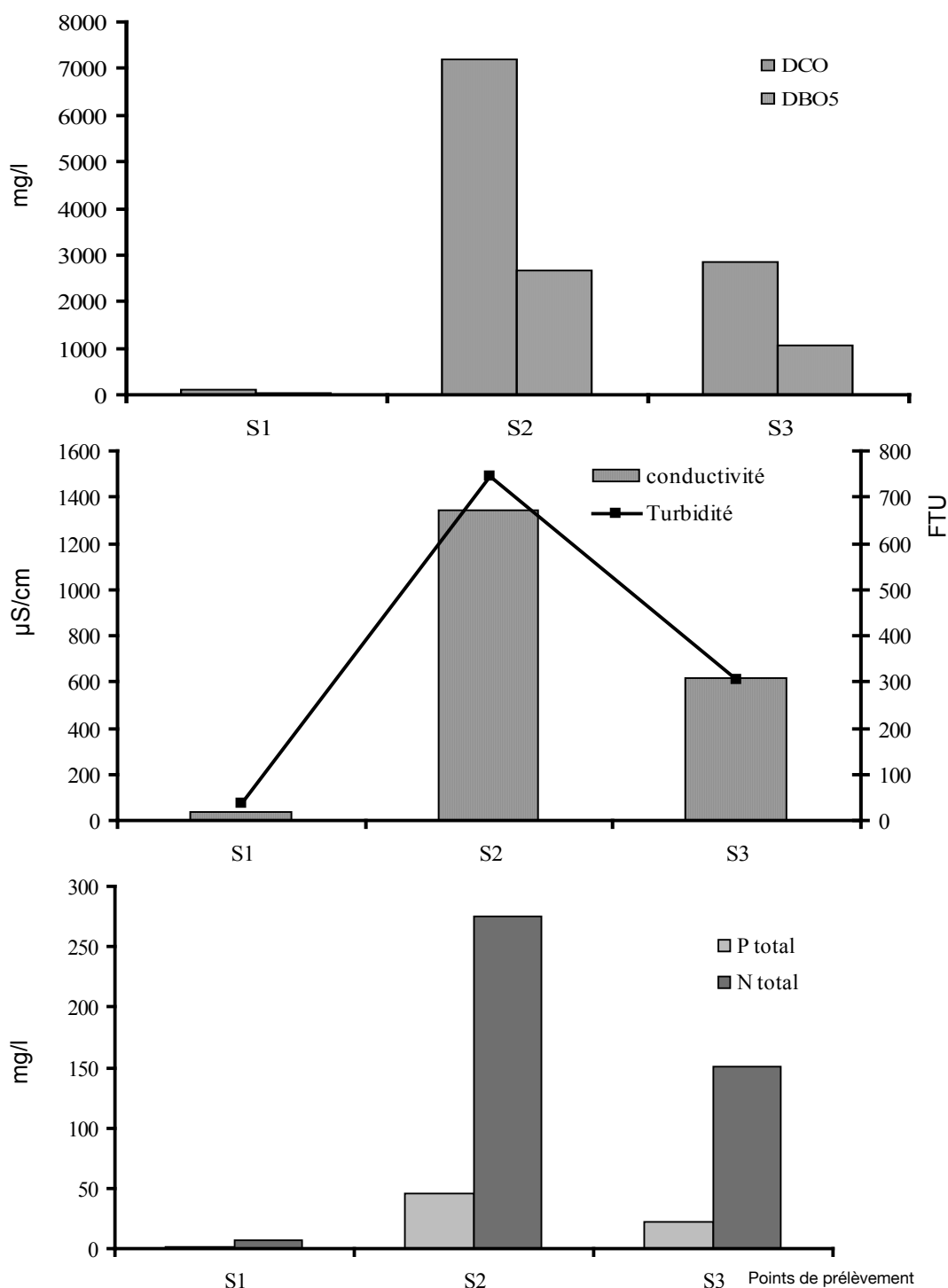


Figure 3: Influence des rejets liquides de ADIC sur la qualité des eaux et autoépuration de la Mengoré. S1, Eaux de la Mengoré; S2, Eau de la Mengoré au point de mélange avec la vinasse; S3, Eau de la Mengoré 500 m après le mélange.

ensemencées dans l'un des deux filtres et suivies pendant deux mois au cours desquels, l'alimentation en eau usée s'est faite de façon continue. Au bout de cette période, environ trois cent nouvelles plantes ont été produites avec une hauteur moyenne de la végétation dépassant 1 m. Sur un échantillon de 16 plantes récoltées, la longueur moyenne des racines était de 22,5 cm; soit environ quatre fois supérieure à celle des jeunes pousses. La végétation à ce stade a été considérée comme étant dans la phase de croissance, caractérisée par une production importante de jeunes pousses, optimale pour son implication dans les processus d'épuration. A cause du dessèchement précoce des feuilles observé lorsque le niveau d'eau dans le filtre était proche de la surface du substrat (2 à 3 cm), ce niveau a été maintenu à 5-7 cm pendant l'expérimentation.

3. Choix de la charge hydraulique applicable au système

Le traitement de la vinasse nécessite une neutralisation préalable à cause de son pH acide, dont la moyenne se situe autour de 4,3. Les essais en laboratoire avec une solution de NaOH 2 M ont permis de déterminer pour chaque charge hydraulique, le débit de la soude nécessaire pour ramener le pH de la vinasse à une valeur moyenne de 7,4 favorable au développement des microorganismes. Quelle que soit la charge appliquée, la conductivité et les solides dissous totaux augmentent à la sortie du digesteur, tandis que la variation de pH de l'effluent n'est pas significative. Par contre lorsqu'on considère les autres paramètres tels que la DCO, la DBO et les MES, des abattements dans l'ensemble supérieurs à 40% ont été obtenus. De plus, ces performances sont améliorées nettement avec la diminution de la charge hydraulique. C'est ainsi que pour les MES et la DCO par exemple, des abattements respectifs de 54% et de 40% ont été obtenus sous la charge hydraulique de $4,10^{-2} \text{ m.j}^{-1}$, tandis que pour les charges de $3,10^{-2} \text{ m.j}^{-1}$ et de $2,10^{-2} \text{ m.j}^{-1}$, ces abattements sont respectivement de 62% et

Tableau 2
Performances du digesteur soumis à différentes charges hydrauliques

Paramètres	% d'abattement à différentes charges hydrauliques		
	$4,10^{-2} \text{ m.j}^{-1}$	$3,10^{-2} \text{ m.j}^{-1}$	$2,10^{-2} \text{ m.j}^{-1}$
Température (°C)	59	60	61
Conductivité (µS/cm)	- 405	- 271	- 97
SDT (mg/l)	- 392	- 250	- 146
Turbidité (FTU)	59	78	86
Couleur (PtCo)	26	43	61
MES (mg/l)	54	62	72
DCO (mg/l)	40	55	65
DBO ₅ (mg/l)	36	45	65
N total (mg/l)	14	30	54
P total (mg/l)	57	63	78

54%, et de 72% et 64% (Tableau 2). Les meilleurs pourcentages de réduction des paramètres dans le digesteur sont donc obtenus avec une charge hydraulique de $2,10^{-2} \text{ m.j}^{-1}$.

Des abattements respectifs de 19%, 8%, 4% et 11% pour la DCO, la DBO₅, l'azote total et le phosphore total sont obtenus dans le filtre planté (FP) du système soumis à la charge hydraulique de $4,10^{-2} \text{ m}^3.\text{m}^{-2}.\text{j}^{-1}$, tandis qu'ils sont de 28%, 16%, 14%, 20% et de 28%, 48%, 61%, 50% respectivement dans le filtre planté des systèmes soumis aux charges $3,10^{-2} \text{ m}^3.\text{m}^{-2}.\text{j}^{-1}$ et $2,10^{-2} \text{ m}^3.\text{m}^{-2}.\text{j}^{-1}$. La même tendance est observée dans le filtre non planté (FT), où des abattements de la DBO₅ de 6%, 14% et 46%, ont été obtenus respectivement sous les charges $4,10^{-2} \text{ m.j}^{-1}$, $3,10^{-2} \text{ m.j}^{-1}$ et $2,10^{-2} \text{ m.j}^{-1}$. Lorsque le filtre planté est soumis à une forte charge polluante, les plantes ont tendance à dégénérer, limitant de ce fait ses performances. Quoique dans les systèmes soumis aux charges $2,10^{-2} \text{ m.j}^{-1}$ et $3,10^{-2} \text{ m.j}^{-1}$ les performances des filtres plantés soient meilleures que celles des filtres non plantés, il est à noter que les performances du système soumis à la charge $2,10^{-2} \text{ m.j}^{-1}$ sont nettement plus élevées (Tableau 3).

Tableau 3
Performances du filtre planté (FP) et du filtre témoin (FT) soumis à différentes charges hydrauliques

Paramètres	% d'abattement à différentes charges hydrauliques					
	$4,10^{-2} \text{ m.j}^{-1}$		$3,10^{-2} \text{ m.j}^{-1}$		$2,10^{-2} \text{ m.j}^{-1}$	
	FP	FT	FP	FT	FP	FT
Température (°C)	16	16	13	13	9	9
Conductivité (µS/cm)	3	11	4	4	63	64
SDT (mg/l)	4	16	-2	-5	63	66
Turbidité (FTU)	60	59	47	43	59	56
Couleur (PtCo)	14	22	6	5	72	76
MES (mg/l)	6	- 7	4	9	66	76
DCO (mg/l)	19	7	28	9	28	15
DBO ₅ (mg/l)	8	6	16	13	48	46
Azote total (mg/l)	4	4	14	6	61	45
Phosphore total (mg/l)	11	25	20	17	50	34

4. Performances du système soumis à la charge hydraulique de $2,10^{-2} \text{ m.j}^{-1}$

Quelques caractéristiques de la vinasse ainsi que les performances des divers compartiments du système soumis pendant la période d'activité de l'usine, à la charge hydraulique de $2,10^{-2} \text{ m.j}^{-1}$ ont été mesurées. Au début des analyses, le filtre planté avait une végétation installée depuis quatre mois, avec une taille moyenne de 1,5 mètres.

La contribution du décanteur-digester dans l'épuration de la vinasse apparaît importante, avec des abattements de l'ordre de 80%, 66% et 30% respectivement pour l'azote total, les MES et la DCO. Pour ce qui est des filtres, des abattements de l'ordre de 80%, 60%, 79%, 80% et 50% ont été ainsi obtenus respectivement pour la conductivité, la DCO, les MES, l'azote total et le phosphore total. Néanmoins en comparant les performances du filtre planté à celles du filtre non planté pendant cette période, des différences significatives au seuil de 5% ont été obtenues pour la DCO, l'azote total et le phosphore total, indiquant que la présence des macrophytes dans le filtre améliorerait ses performances.

Discussion

La variation de la température de la vinasse est imputable aux fluctuations du débit d'eau de refroidissement et du nombre de colonnes en fonctionnement. L'eau de refroidissement influence aussi toutes les autres caractéristiques de la vinasse par l'effet de dilution et par l'apport considérable de certains éléments tels que le calcium et le magnésium. L'acidité de la vinasse est essentiellement due à l'utilisation de fortes quantités d'acide sulfurique concentré (360 litres/jour) lors de la préparation des différents jus de fermentation. Les valeurs élevées de la couleur et de la turbidité, et la richesse de l'effluent en azote et en phosphore seraient liées à la nature de la mélasse, matière première issue de la caramélisation du jus de canne à sucre, ainsi qu'à l'utilisation de grandes quantités d'urée (72 kg/j) et de phosphate diammoniaque (156 kg/jour) lors de la préparation des mous pour la nutrition des levures responsables de la fermentation alcoolique. L'autoépuration de la rivière Mengoré est certes importante, mais la qualité des eaux reste fortement détériorée, avec probablement des conséquences néfastes sur sa diversité biologique. Il serait en effet probable que certaines espèces sensibles aux fortes charges polluantes disparaissent au profit des espèces tolérantes ou résistantes, et réduirait le nombre d'espèces peuplant le cours d'eau.

L'augmentation de la conductivité à la sortie du digester pour les trois charges hydrauliques, est une conséquence de la minéralisation de l'effluent. Le digester apparaît ainsi comme une composante essentielle du système, puisque c'est à ce niveau que débutent les processus de dégradation et

de liquéfaction des particules et substances biodégradables, sous l'action des microorganismes anaérobies. Il assure donc la principale partie du traitement, puisque les bonnes performances des filtres sont liées à son bon fonctionnement.

Les pourcentages d'abattement obtenus dans les filtres sont dans l'ensemble inférieurs à ceux du digester, quelle que soit la charge polluante considérée. Les réductions des paramètres indicateurs de la charge organique (DCO, DBO_5 , azote total et phosphore total) sont plus importantes dans les filtres plantés que dans les filtres non plantés. En effet, en plus des processus de biodégradation et de minéralisation dans les filtres, les relations symbiotiques au niveau de la rhizosphère favoriseraient l'absorption des nutriments dans les filtres plantés. De plus, on observe une augmentation de ces performances avec la diminution de la charge hydraulique appliquée. Des abattements de l'ordre de 80%, 60%, 79%, 80% et 50% ont été ainsi obtenus au cours du suivi du système soumis à la charge hydraulique de $2,10^{-2} \text{ m.j}^{-1}$.

Les comparaisons des performances du filtre planté à celles du filtre témoin ont montré des différences significatives, surtout en ce qui concerne les abattements du phosphore total et de l'azote total. Ces résultats sont en concordance avec ceux de plusieurs auteurs (3, 4, 13, 17, 21, 22, 23). L'élaboration de la nouvelle biomasse végétale peut en effet être corrélée aux capacités des macrophytes à absorber et bio-concentrer des nutriments, et dans certains cas des substances xénobiotiques tels que les métaux lourds, les résidus de pesticides et même des radioéléments (2, 6). Ces performances sont sans doute liées aux mécanismes biologiques complexes parmi lesquelles la symbiose entre les racines et les microorganismes a été largement élucidée. Les analyses physico-chimiques effectuées sur la Mengoré montrent que ce cours d'eau recevant la vinasse jouerait un rôle important dans la dilution de la vinasse, et l'abattement au cours de son trajet de la plupart des paramètres de pollution. Cette dilution contribue à elle seule à des réductions de 87%, 63%, 65%, 75%, 63% et 75% respectivement pour le phosphore total, l'azote total, le TDS, la DCO, la DBO_5 et la couleur.

En considérant les performances de la station expérimentale et les capacités épuratoires obtenues au niveau des divers compartiments, quelques paramètres physico-chimiques de la vinasse traitée seraient de: conductivité, $2860 \mu\text{S/cm}$; DCO, 11350 mg/l ; couleur, 13480 PtCo ; azote total, $9,5 \text{ mg/l}$ et phosphore total, 190 mg/l . Si ces caractéristiques sont prises comme objectif d'assainissement des rejets liquides de l'unité agroindustrielle, un système comportant les structures suivantes dont les estimations des dimensions ont été faites par extrapolation des résultats obtenus expérimentalement en appliquant la charge hydraulique de $2,10^{-2} \text{ m.j}^{-1}$, devrait être mis en place:

- Un dispositif de neutralisation de la vinasse débitant la soude 2 M à 22 cm³.mn⁻¹, soit environ 32 litres par jour. Celui-ci sera connecté au premier regard d'arrivée de la vinasse dans le système d'épuration.
- Un bassin d'égalisation et de pré-décantation d'une capacité de 864 m³, pour un temps de rétention de 2 jours.
- Un bassin de décantation et de digestion anaérobie, d'une capacité de 4250 m³, correspondant à un temps de rétention de 9,8 jours.
- Un filtre planté de *E. pyramidalis*, et couvrant une surface totale de 4,32 ha.

Si cette station de marécage est mise en place, la Mengoré aurait les caractéristiques suivantes lorsqu'on tient compte de la dilution de la vinasse: DCO 3500 mg/l, conductivité 300 µS/cm, MES 175 mg/l, azote total 3,5 mg/l; phosphore total 14 mg/l. En prenant en compte l'autoépuration, ce cours d'eau aura les caractéristiques suivantes après 500 m de parcours: DCO 1435 mg/l, conductivité 140 µS/cm, MES 52 mg/l, azote total 2 mg/l et phosphore total 7 mg/l. Cette qualité positionne cette rivière dans la classe 5 selon l'échelle de Bontoux (5), mais il est à noter que les teneurs en substances eutrophisantes (azote et phosphore) sont très basses. Si cette tendance autoépuration se poursuit dans le cours d'eau, il serait probable que sa qualité après une distance plus ou moins longue respecte des normes prescrites pour les

eaux de surface. En plus, la classification proposée par Bontoux (5) concerne les eaux des régions tempérées, et serait difficilement extrapolable aux eaux tropicales, compte tenu de la grande diversité biologique de ces dernières et les possibilités d'autoépuration.

Conclusions

Les résultats obtenus ont montré que l'utilisation d'un marécage artificiel à écoulement horizontal en sous surface permettrait de réduire la charge polluante de la vinasse, à un niveau compatible avec les possibilités d'autoépuration de la rivière Mengoré receptrice des effluents de la distillerie. La charge hydraulique qui permet d'obtenir les meilleurs résultats pour le traitement de la vinasse avec ce système est de 0,02 m/j. Avec cette charge, les abattements ont été de 80% pour la conductivité, 90% pour la couleur, 79% pour les matières en suspension, 60% pour la demande chimique en oxygène, 90% pour la demande biochimique en oxygène, 79% pour la teneur en azote total et 50% pour la teneur en phosphore total.

Remerciements

Les auteurs remercient la Fondation Internationale pour la Science (FIS, Stockholm, Suède) pour la bourse de recherche n° 3782-1 octroyée à Dr T. Fonkou.

Références bibliographiques

- Agendia P.L., Fonkou T., Sonwa D. & Kengne I., 1998, The appearance of two duckweed species in sewage effluents in Yaoundé (Cameroon) and their possible use for sewage treatment and feed production. Bulletin of the Geobotanical Institute ETH, 64, 63-68.
- Allstock M.S., Norman C.M. & Bushmann P.J., 2001, Common reed *Phragmites australis*: control and effects upon biodiversity in freshwater nontidal wetlands. Tellus B, 55,3, 137-138.
- Ayaz S.C. & Akça L., 2001, Treatment of wastewater by natural systems. Environment international, 26, 189-195.
- Bachand P.A.M. & Horne A.J., 2000, Denitrification in constructed free water surface wetlands. I. Very high nitrate removal rates in a macrocosm study. Ecological Engineering, 14, 9-15.
- Bontoux J., 1993, Introduction à l'étude des eaux douces: eaux naturelles, eaux usées, eaux de boisson. Edition CEBEDOC, Liège. 168 p.
- Cheng S., Grosse W., Karrenbrock F. & Thoenenissen M., 2002, Efficiency of constructed wetlands in decontamination of water polluted by heavy metals. Ecological Engineering, 18, 317-325.
- Clarke F. & Baldwin A.H., 2002, Responses of wetland plants to ammonia and water level. Ecological Engineering, 18, 257-264.
- Fonkou T., Agendia P.L., Kengne I.M., Akoa A., Focho D.A., Nya J. & Dongmo F., 2005, Heavy metals concentrations in some biotic and abiotic components of the Olezoa wetland complex (Yaoundé, Cameroon, West Africa). Water Quality Research Journal of Canada, 40, 4, 457-461.
- Gschlössl T., Steinmann C., Schleyen P. & Melzer A., 1998, Constructed wetlands for effluent polishing of lagoons. Water Research, 32, 9, 2639-2645.
- Haberl R., Perferler R. & Mayer H., 1995, Constructed wetlands in Europe. Water Science and Technology, 32, 305-315.
- Hach, 2004, The handbook. DR/2500 laboratory spectrophotometer. Hach Company®, Be Right™ Loveland, Colorado, USA. 1309 p.
- Ingersoll T.L. & Baker L.A., 1998, Nitrate removal in wetland microcosms. Water Res. 32, 677-684.
- Ji G., Ticheng S., Qixing Z., Xin S., Shijun C. & Peijun L., 2002, Constructed subsurface flow wetland for treating oil-produces water of the Liaohe oilfield in China. Ecological Engineering, 18, 459-465.
- Kadlec H.R., 1995, Overview of surface flow constructed wetlands. Water Science and Technology, 32, 1-2.
- Kengne I.M.F., Brissaud F., Akoa A., Atangana R.E., Nya J., Alomba N.E. & Fonkou T., 2003, Mosquito development in a macrophyte-based wastewater treatment plant in Cameroon (Central Africa). Ecological Engineering, 21,1,53-61.
- Kengne I.M.F., Nya J., Akoa A., Atangana R.E., Ndikeyfor A., Fonkou T. & Brissaud F., 2005, Microphyte and macrophyte-based lagooning in tropical regions. Water, Science and Technology, 51,12, 267-274.
- Kern I. & Idler C., 1999, Treatment of domestic and agricultural wastewater by reed bed systems. Ecological Engineering, 12, 13-25.
- Kivaisi A.K., 2001, The potential for constructed wetlands for wastewater treatment and reuse in developing counties: a review. Ecological Engineering, 16, 545-560.
- Lee A.A. & Bukaveckas P.A., 2002, Surface water nutrient concentration and litter decomposition rates in wetlands impacted by agriculture and mining activities. Aquatic Botany, 160,2,1-13.
- Liu J., Qiu C., Wiao B. & Cheng Z., 2000, The role of plants in channel-dyke and field irrigation systems for domestic wastewater treatment in an integrated eco-engineering system. Ecological Engineering, 16, 235-241.
- Lüderitz V. & Gerlach F., 2002, Phosphorus removal in different constructed wetlands. Acta Biotechnology, 22,1-2, 91-99.
- Lüderitz V., Eckert E., Lange-Weber M., Lange A. & Gersberg R.M., 2001, Nutrient removal efficiency and resource economics of vertical flow and horizontal flow constructed wetlands. Ecological Engineering, 18, 157-171.
- Shutes R.B.E., 2001, Artificial wetlands and water quality improvement. Environment International, 26, 441-447.
- Verhoeven J.T.A. & Meuleman A.F.M., 1999, Wetlands for wastewater

- treatment: Opportunities and limitations. *Ecological Engineering*, 12, 5-12.
25. Vrhovsek D., Kukanja V. & Bulc T., 1996, Constructed wetlands (CW) for industrial wastewater treatment. *Water Research*, **30**,10, 2287-2292.
26. Wetzel R.G., 2000, Fundamental processes within natural and constructed wetland ecosystems: Short-term Vs long-term objectives. *In: Wetlands systems for water pollution control*. Lake Buena Vista, 1, 3-11.
-

T. Fonkou, Camerounais, PhD, Enseignant/Chercheur, Chargé de cours, Université de Dschang, Faculté des Sciences, Département de Biologie végétale.

M.F. Fonteh, Camerounais, PhD, Enseignant/Chercheur, Maître de Conférences, Université de Dschang, Faculté d'Agronomie et des Sciences Agricoles, Département de Génie rural.

M. Djousse Kanouo, Camerounais, Ing. Agronome, Génie rural, Etudiant/Chercheur, Université de Dschang, Faculté d'Agronomie et des Sciences Agricoles, Département de Génie rural.

Amougou Akoa, Camerounais, Doctorat D'Etat, Enseignant/Chercheur, Professeur, Université de Yaoundé I, Faculté des Sciences, Département de Biologie et Physiologie Végétales.

Contribution of Men and Women to Farming Decisions in Cocoa Based Agroforestry Housholds of Ekiti State, Nigeria

A.A. Enete* & T.A. Amusa

Keywords: Women- Farm-decisions- Cash crop environment- Gender- Nigeria

Summary

Women are key players in the agricultural sector of most developing countries of the world. Despite this major role, however, the men have reportedly continued to dominate farm decision making, even in areas where women are the largest providers of farm labour. This could be counter productive, because there is bound to be conflict when women, as key players, carry out farm tasks without being part of the decision process, especially when the decisions fail to recognize their other peculiar household responsibilities. Previous efforts at estimating women's role in agriculture have tended to concentrate on evaluating their labour contributions. There has been little farm-level information regarding their role in farm decision making, particularly in male dominated cash crop environment like cocoa agro-forestry households. This paper aims to bridge this information gap. The paper is based on farm level data collected in Ekiti State, southwest Nigeria, from 120 randomly selected farm units. The results of the analysis show that in general, while women were responsible for food crop production activities decisions, men were in charge of decisions regarding cocoa production activities. This fails to confirm dominance by any gender in farm decision making but rather shows a clear gender division of labour in this regards. This corroborates the observation by Enete et al. (18) on gender division of labour regarding farm labour supply across six countries of Africa.

Résumé

Contribution des hommes et des femmes prenant les décisions concernant la production de cacao dans la région d'Ekiti, Nigeria

Dans la majorité des pays en développement, au secteur d'agriculture, les femmes jouent un rôle principal. Malgré ce fait, les hommes continuent de dominer la prise de décisions, même quand le grand pourcentage de main-d'œuvre est fait par les femmes. Ceci peut créer un problème, car quand les femmes qui travaillent beaucoup au champ n'assistent pas au processus des décisions de l'agriculture (particulièrement quand ces décisions ne tiennent pas compte de leurs responsabilités au foyer) il y aura conflit. Auparavant, les études faites sur le rôle des femmes dans l'agriculture se concentraient sur l'évaluation de leur contribution au travail fait aux champs. Il y a peu d'informations sur leur rôle dans la prise de décisions particulièrement quand il s'agit des produits d'exportation (tels que le cacao) qui sont dominés par des hommes. Le but de cette étude est de fournir ces informations. Le travail est basé sur des informations ramassées de 120 unités de fermes sélectionnées par hasard à Ekiti, sud-ouest du Nigeria. Le résultat montre que des femmes s'occupent de la prise de décisions pour les produits consommés localement, mais les hommes prennent des décisions pour les produits d'exportation, comme le cacao. Ce fait montre qu'aucun genre ne domine l'autre au processus de décisions mais une claire distribution de pouvoir est marquée. Ce résultat s'accorde avec l'observation faite par Enete et al. (8) sur la contribution au travail des champs, une étude faite à travers six pays africains.

Introduction

The agro-forestry sub-sector, which is the integration of trees, food crops and/or animals in an interactive manner, is of great significance to the Nigerian agricultural sector (34). It is one of the most popular agricultural practices in southwest Nigeria. Cocoa based agro-forestry therefore refers to that in which cocoa trees for the production of cocoa beans are the dominant component of the agro-forest and usually inter-planted with other food crops. Cocoa is

a high valued cash crop among farmers in the major producing areas in Nigeria. It originated from Upper Amazon in Latin America from where it spread to all parts of the world. Its cultivation started in Nigeria about 1879, when a local chief established a plantation at Bonny in eastern Nigeria. However, cultivation in western Nigeria began afterwards. By 1962, Nigeria had become the world leading producer with about 20% of the world total production (6). Cocoa was

*Corresponding author: Tel - +2348064448030, email – anselmenete@hotmail.com
Department of Agricultural Economics, University of Nigeria, Nsukka, Nigeria.
Received on 04.11.09 and accepted for publication on 12.04.10

among Nigeria's leading source of foreign exchange before the oil boom and up till now it is still Nigeria's largest agricultural foreign trade commodity and has helped to boost the economies of the major producing states in Nigeria.

Ekiti State is one of the 14 cocoa producing states in Nigeria and contributes significantly to the national cocoa output. For instance, Ondo and Ekiti States combined account for about 53.32% of the total Nigeria cocoa output based on available data from 1976 to 2003 (23).

This study focuses on cocoa producing households; which according to Koppelman and French (26) is the level at which all farm decisions are made. Decisions have to be made when persons having limited resources have alternative course of action and therefore must make some choice (32). Farmers make decisions on a number of pre-harvest and post-harvest activities such as what to produce, input use, harvest and post-harvest issues, which according to William (42) affect production, processing, distribution, prices and costs. Farming decisions are made to maximize farm objectives subject to available material and human resources. In all farm operations planning, farm decision is always at the core of farm management functions (1).

Women are key players in the Nigerian agricultural sector, especially within rural communities. They contribute between 40 and 65% of all hours spent in agricultural production and processing and also undertake 60 to 90% of the rural agricultural product marketing, thus providing more than two thirds of the workforce in agriculture (39). However, despite the significant role played by women in agricultural production, processing and marketing in Nigeria (11, 30), available literature show that men have continued to dominate farm decision making, even in areas where women are the largest providers of farm labour (5, 8, 29). Women have more or less been relegated to playing second fiddle in farm decision making. This could be counter productive, because, there is bound to be conflict when women, as key players, carry out these farm tasks without being part of the decision process, especially when the decisions fail to recognize their other peculiar household responsibilities. Previous efforts at estimating women's role in agriculture have tended to concentrate on evaluating their labour contributions (11, 18, 20). There has been little or no farm-level information regarding their role in farm decision making, particularly in male dominated cash crop environment like cocoa agro-forestry households (7). This paper aims to bridge this information gap by comparing the level of contributions of women and men in food crop and cocoa production activities decision making.

Method of the study

The study area

This study was conducted in Ekiti State, Nigeria, which is located between longitudes 4° 45' and 5° 45' East of the Greenwich meridian and latitudes 7° 15' and 8° 15' North of the Equator. The state has a climate marked by two major seasons; the rainy season which lasts between April to October and dry season lasting from November to March. The prevailing temperature in the state ranges between 21 °C to 28 °C with high humidity. Topographically, the state is mainly an upland area, rising above 250 metres above sea level (16).

The state has a population of 2,384,212 people. Agriculture is their main occupation; providing income and employment for more than 75% of the population. The major cash crops grown in the state are cocoa, coffee, kola nut, cashew and oil palm. Arable crops grown are yam, cassava, maize, cowpea and cocoyam (15). The major livestock reared in the state include goats, poultry, sheep and pigs

Data collection

Multi-stage random sampling method was used for selecting the respondents. Two local government areas were randomly selected from each of the three agricultural zones in the state, to make a total of six local government areas for the study. From the selected local government areas, two towns were randomly selected, making twelve towns for the study. From the list of cocoa farm households, provided by the Ekiti State Agricultural Development Project (ADP), ten households were randomly selected from each of the twelve towns, making a total of 120 farm units for the study. The data, which were collected in July 2008, included type of food crops grown in the system and the level of contributions of men and women to farm activities decisions, etc.

Estimation procedure

In comparing the contributions of women and men to food crops and cocoa production activities decision, a 4 - point Likert Rating Scale (LRS) was employed. This was graded as Very High (VH)= 4, High (H)= 3, Low (L)= 2, Very low (VL)= 1. The mean score of respondents based on the 4 - point LRS was computed as $4+3+2+1 = 10/4 = 2.50$.

Using the interval scale of 0.05, the upper limit cut-off point was determined as $2.50 + 0.05 = 2.55$; the lower limit as $2.50 - 0.05 = 2.45$. On the basis of this, mean scores below 2.45, (i.e. $MS < 2.45$) were ranked "Low; those between 2.45 and 2.54 were considered 'Medium' (i.e. $2.45 \leq MS \leq 2.54$) while mean scores that were greater than or equal to 2.55 (i.e. $MS \geq 2.55$) were considered 'High'.

Results and discussion

Food crops grown within the agro-forestry

The distribution of food crops, cultivated as part of the cocoa-based agro-forestry system in the study area is presented in table 1 below.

Table 1 above shows that all the sampled farm units diversified production by having food crops integrated into their cocoa farms. This supports the views of Adegeye and Dittoh (2); Bishop and Toussaint (12) that farmers diversify their production because of the risks and uncertainties involved in farming. About 100% of the farm units integrated banana, plantain and fruits of different kinds as components of their cocoa farms; while about 98% of them integrate cocoyam as part of their cocoa farms.

The above result agrees with the submission of SCCSP (40) that cocoa plants are intercropped with plantain and cocoyam and other fruit trees in order to provide the temporary shade required by the growing cocoa plants. About 62% of the farm units integrated

Chinese yam into their cocoa farms, 29% had white yam, 48% had yellow yam, 44% had different kinds of vegetables, while about 48% of them reported having walnuts¹ as part of the food crop component of their cocoa-based agro-forestry.

Contributions of women and men to food crops production activities decision making

Table 2 below presents the variations in the level of contributions to food crops production activities decision by women and their male counterparts. The table shows that the contributions of women to food crops production decisions at pre-harvest stage were high. For instance, sourcing for farm inputs, raising nursery, planting/transplanting, weeding and other management activities had LRS means ranging from 2.56-2.93. On the other hand, the contributions of men to decision making at pre-harvest stage were only high for sourcing for farm inputs, land/bed preparation and weeding with mean values ranging

Table 1
Frequency distribution of respondents by type of food crops cultivated

Food crops component status	Frequency	Percentage (%)
Cultivated food crops?	120	100
Did not cultivate food crops?	0	0
Total	120	100
Type of food crops cultivated	Frequency*	Percentage (%)*
White yam	35	29.2
Yellow yam	58	48.3
Cocoyam	118	98.3
Chinese yam	74	61.7
Banana and Plantain	120	100.0
Fruits	120	100.0
Vegetables	53	44.2
Walnuts	57	47.5

*There were multiple responses.

Source: Field survey, 2008.

Table 2
Result of Likert Rating Scale comparing the contributions of women and men to food crop production activities decisions

Farming activities involving decision making	Women	Men
1 Sourcing for farm inputs	2.79*** (0.83)	2.61*** (0.97)
2 Land/bed preparation	2.49** (0.96)	2.66*** (0.93)
3 Nursery raising (e.g vegetables)	2.93*** (0.81)	2.18* (0.90)
4 Planting/transplanting	2.79*** (0.86)	2.28* (0.91)
5 Application of fertilizer/manuring	2.48** (0.74)	2.53** (0.76)
6 Weeding	2.56*** (0.87)	2.63*** (0.86)
7 Management activities	2.78*** (0.98)	2.52** (0.84)
8 Harvesting of the food crops	3.06*** (0.76)	2.39* (0.88)
9 Processing of harvested crops	3.18*** (0.68)	1.94* (0.81)
10 Marketing of food crops (fresh or processed)	3.19*** (0.64)	1.85* (0.83)
11 Storage of fresh or processed food crops	2.68*** (0.93)	2.24* (0.96)
12 Expansion of the food crop farm	2.53** (0.96)	2.49** (0.94)

Note: Figures in parentheses represent the standard deviation, * Stands for low contributions, ** Stands for medium, *** Stands for high contributions

Source: Computed from field data, 2008.

¹ Walnuts are grown in Nigeria, particularly in the southern part. Processed ones are usually hawked and eaten in major Nigerian cities during the rainy season

from 2.61-2.66. Their (men) contributions to decision making were medium in fertilizer application and other management activities, but low in nursery raising and planting/transplanting operations.

Further, the contributions of women to food crop production decisions for farming activities ranging from harvesting through processing, storage to marketing of farm produce were high with means ranging from 2.68-3.19; whereas, the contributions of their male counterparts to these activities were low. For instance, the mean values of marketing and processing were as low as 1.85 and 1.94 respectively for the male farmers. In general, the contributions of women to decision making in these food crops production activities were generally higher than those of their male counterparts. The trend was further demonstrated as shown in figure 1. The figure represents percentage contributions of women and their male counterparts to decision making in food crop production. It shows consistently that women had higher contributions for all the activities except land preparation. Ijere (26) reported that men will only clear the bush and make ridges or heaps but other crop production activities from the planting to harvesting are left in the hands of farm women. The case of land preparation may be because under cocoa-based agro-forestry system, food crops are usually planted inside cocoa fields, so that its land preparation may also have to do with that of cocoa farm and cocoa is a male dominated crop. This domination by women in food crops production activities decisions may be because the bulk of the activities are usually in their hands (22). FAO (20) reported that available data demonstrates the significant role played by farm women in household

food production. Fresco (24) also noted that women farmers play vital roles in food production and food security, accounting for about 80% of food producers in Africa. Anyanwu and Agu (8) reported further that women are responsible for at least 70% of the staple food production in Africa and are closely responsible for household food processing, utilization and marketing. Their high level of involvement in food crop production activities could explain their high contributions to decision making in this regards. PATS (37) submitted that farm women play instrumental roles in decision making especially in relation to the farm tasks for which they are directly responsible.

Contributions of women and men to cocoa production activities decision making

Table 3 below presents the variation in the levels of contributions to farming decision in different cocoa production activities by gender. The table shows that the contributions of men to decision making at pre-harvest stage of cocoa production activities were exceedingly high, with LRS means ranging from 3.71-3.93. These activities ranged from choosing farm location through land preparation, securing planting materials, raising cocoa seedlings, transplanting, sourcing for farm inputs, weeding, to spraying of cocoa against pest and diseases. The contributions of women, on the other hand, were very low for these pre-harvest farm activities with means ranging from 1.42-2.32. The above were further demonstrated by figure 2. This is to be expected as Ojo (33) stated that men initiate the cultivation of cocoa and take responsibility for major initial farm activities while women only play supporting roles. FAO (20) reported

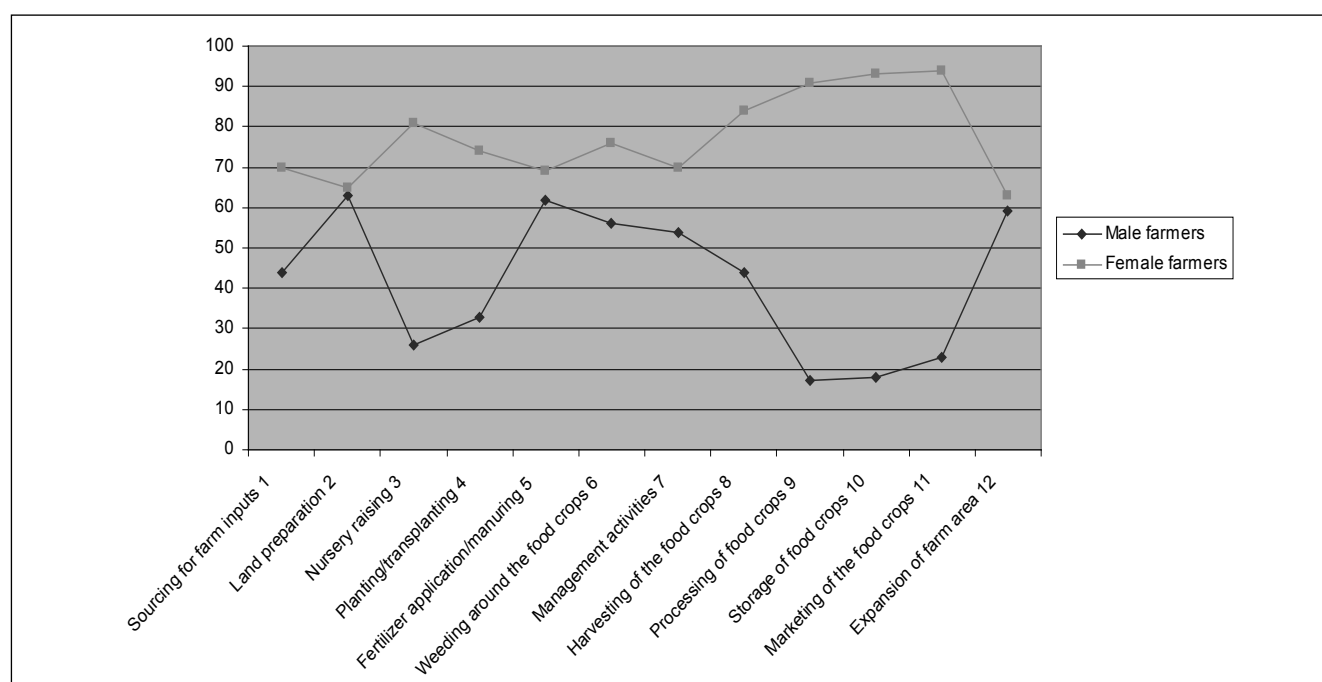


Figure 1: Percentage distribution of the contribution of women and men to farming decision making across food crop production activities.

Table 3
Result of Likert Rating Scale comparing the contributions of women and men in cocoa production activities decisions

Farming activities involving decision making		Men	Women
1	Choosing location for farm site	3.91*** (0.29)	1.42* (0.59)
2	Bush clearing and land preparation	3.88*** (0.35)	1.47* (0.67)
3	Securing planting materials	3.88*** (0.40)	2.19* (0.88)
4	Raising cocoa seedlings in nursery	3.78*** (0.51)	2.23* (0.86)
5	Transplanting cocoa seedlings to the field	3.75*** (0.48)	2.32* (1.00)
6	Sourcing for farm inputs (chemicals, equipment)	3.78*** (0.46)	1.97* (0.81)
7	Weeding and pruning in the cocoa farm	3.71*** (0.51)	2.06* (0.89)
8	Spraying cocoa with chemicals against pest & diseases	3.93*** (0.26)	1.60* (0.67)
9	Harvesting of ripped cocoa pods	3.94*** (0.24)	2.76*** (0.88)
10	Breaking and scooping out of cocoa seeds from pods	2.26* (0.92)	3.17*** (0.85)
11	Fermentation and checking of cocoa beans	2.82*** (1.08)	2.89*** (1.06)
12	Transportation of cocoa beans from farm to the house	2.48** (0.93)	3.03*** (0.96)
13	Sun-drying and removal of bad cocoa beans	2.66*** (0.92)	2.94*** (0.90)
14	Storage of dried cocoa beans and maintenance	2.95*** (0.84)	2.52** (0.96)
15	Marketing of cocoa to the buyers	2.48** (0.74)	3.23*** (0.80)
16	Sourcing for fund for farm operations	3.49*** (0.64)	2.27* (0.92)
17	Hiring labourers and wages to be paid	3.76*** (0.47)	2.13* (0.96)
18	Expansion of household cocoa farm	3.84*** (0.37)	1.98* (0.89)

Figures in parentheses represent the standard deviation.*Stands for low contributions **Stands for medium contributions ***Stands for high contributions.

that compared to women's critical roles in food crop production and rearing of livestock, their contributions to agro-forestry is less substantial.

The contributions of men to decision making were also high in harvesting and in some post-harvest activities such as fermentation, sun-drying and storage (Table 2). In transportation and marketing of cocoa, the contributions of men were medium but it was low in breaking and scooping out of cocoa seeds from harvested pods. On the other hand, the contributions of women to decision making in many of these harvest and post-harvest activities ranging from harvesting through breaking and scooping out of cocoa seeds, fermentation, transportation, sun-drying and marketing were also high with LRS means ranging from 2.76– 3.23. The high contributions by women to harvesting of ripped cocoa pods (most often with long sickle), was quite unexpected due to the technical nature of the job. This could be as a result of their high involvement in other immediate post-harvesting activities such as gathering, breaking, scooping out, further processing and marketing of cocoa beans. However, the high contributions of women to decision making on processing activities, storage and marketing of cocoa is *a priori* expected. Arene and Omoregie (10) had noted that Nigerian women are frequently in charge of processing, preservation and marketing of all farm produce. PATS (37) then reported that farm women's decision making is influenced by their overall level of involvement in the farm work. CIAS (13) stated that whoever does the job in the farm makes the decision; although, there is bound to be contributions from farm spouses and even children.

Cocoa-based agroforestry according to Alabi (4) is more capital intensive than food crop production. Thus, finance is a major factor in cocoa farming business such that decisions on sourcing for fund for farm operations and hiring of labourers occur at all stages of production - pre-harvest, harvest and post-harvest stages. Table 2 shows that the contributions of men to decision making in these two major aspects of cocoa production were high while that of women were low. CIAS (13) reported that women's low level of income and economic resources limit their contributions to household farming decision. In addition, men's contribution towards the expansion of cocoa farms was high while that of women for this activity was low (Table 2). This is to be expected because Nigerian women have less access and control over land. Fabiyi *et al.* (19) stated that women in Nigeria rarely own land despite their heavy involvement in agriculture. Ojo (33) reported that the production of cocoa is distinctly a man affair because men have more access to land, especially for the growing of permanent crops. The degree of access and control over land according to FAO (21) is a central factor affecting farmers' decisions.

These differences were further demonstrated by figure 2. The figure shows steady higher male contributions, especially at pre-harvest stage and relatively lower contributions by women across most of the cocoa production activities. However, unlike in food crop production activities, where women had consistently higher contributions in all the activities than men, in cocoa production, women still had higher contributions than men in many post-harvest activities (Figure 2 and Table 2). This underscores the heavy involvement of women in all agricultural activities (whether food

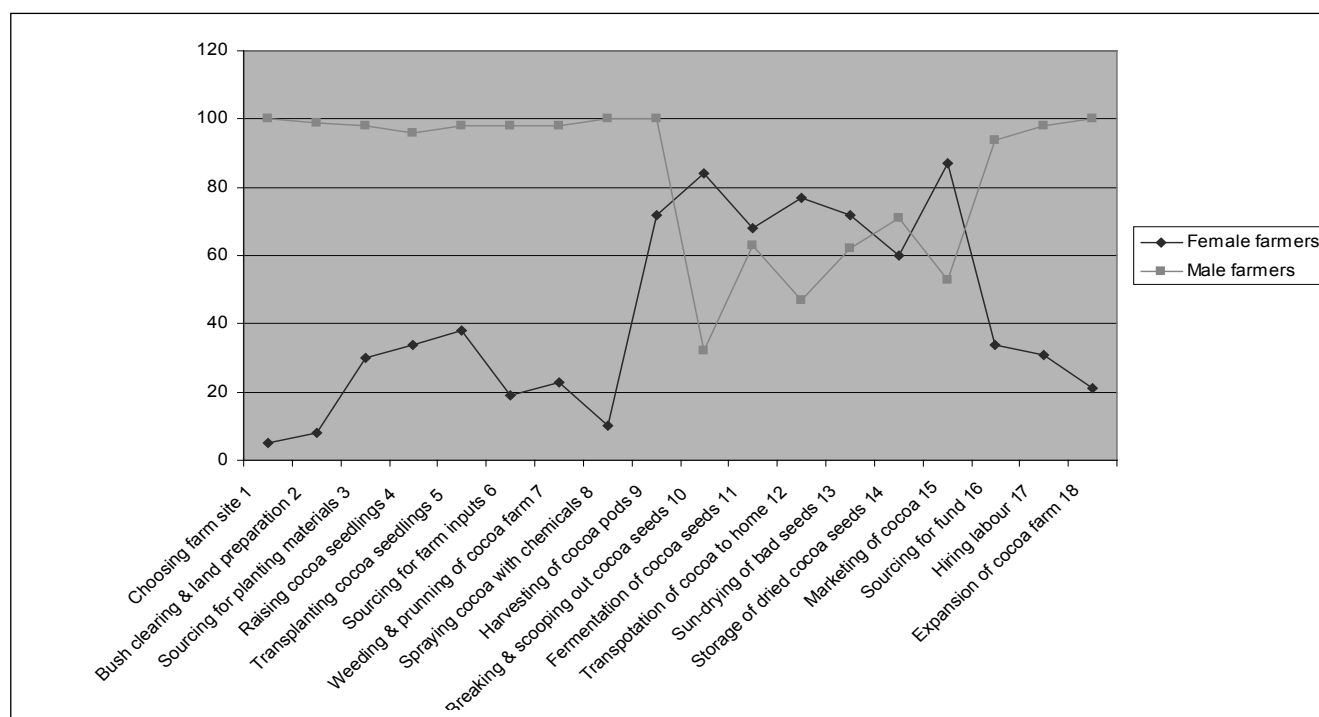


Figure 2: Percentage distribution of the level of contributions of men and women to decision making in cocoa production activities.

or cash crops) in the country. Arene and Omoregie (10) had noted that Nigerian women are frequently in charge of processing, preservation and marketing of all farm produce.

The foregoing discussions (both food crops and cocoa) fail to confirm dominance by men in farm decision making. Rather it shows clearly that there is gender division of labour even in decision making. While women were generally responsible for decisions regarding food crops, men were in charge of those of cocoa production activities. In terms of labour supply, Enete *et al.* (18) reported, across six countries in Africa, that while the number of fields in which women provided more labour for each farm operation increased consistently from the initial farm tasks such as land clearing and seedbed preparation, through sowing and weeding to the final farm operations such as harvesting and transportation, for which women provided more labour for the largest number of fields, the reverse was the case for men. This also shows

a clear gender division of labour, in terms of labour supply in the farm.

Conclusion

In general, the contributions of women to decision making in all food crops production activities were higher than those of men. On the other hand, there were steady higher male contributions, especially at pre-harvest stage and relatively lower contributions by women across most of the cocoa production activities. However, unlike in food crop production activities, where women had consistently higher contributions in all the activities than men, in cocoa production, women still had higher contributions than men in many post-harvest activities. This underscores the heavy involvement of women in all agricultural activities (whether food or cash crops) in the country. The observations further support that of Enete *et al.* (18) on gender division of labour in the farm and fail to show any dominance by either men or women

Literature

1. Akibu I.A., 2002, "Foundations of business policy". Ede: TAYBIS Computer Service.
2. Adegeye A.J & Dittoh, J.S. 1985 "Essential of agricultural economics" (New edition). Ibadan: Impact Publishers Nig. Ltd.
3. Adetunji M.O., Olaniyi O.A & Raufu M.O., 2007, "Assessment of benefits derived by cocoa farmers from cocoa development unit activities of Oyo State". Journal of Human Ecology, **22**, 3, 211-214.
4. Alabi R.A., 2003. "Human capital as determinant of technical inefficiency of cocoa-based agroforestry system". Journal of Food, Agriculture and Environment, **1**, 3-4, 277-281.
5. Amaechina E.C., 2002, Gender relations. Paper presented at gender and good governance training workshop for community leaders from 2 communities in Abia State (WorldWide Network / Erbert Stiftung foundation) June 2002.
6. Amos T.T., 2007, An Analysis of Productivity and Technical Efficiency of Smallholder Cocoa Farmers in Nigeria. Journal of Social Sciences, **15**, 2, 127-133.
7. Amusa T.A., 2009, Contributions of women to household production decisions in cocoa based agro-forestry households of Ekiti State, Nigeria. A M.Sc. thesis submitted to the Department of Agricultural Economics, University of Nigeria, Nsukka.
8. Anyanwu A.C. & Agu V.C., 1996, "Gender issues and priorities in agricultural extension delivery system". In: Adedoyin, S.F and Aihonsu, J.O.Y (Eds) Sustainable Development in Rural Nigeria. Proceedings of the

- Eight Annual Conference of the Nigerian Rural Sociological Association. pp. 108-118.
9. Ashley B., Amber S. & Anthony F., 2006, Education by nation: multivariate analysis. Retrieved April 22, 2008, from <http://www.users.muohio.edu/porterbm/Sunj/2006/start.s>
 10. Arene C.J. & Omoregie E.M., 1990, "The place of women in the agricultural labour force in Nigeria". *Beitritro.Landwirtsch.Vet.med.* **29**, 3, 277- 282.
 11. Barasa C., 2006, Poultry as a tool in poverty eradication and promotion of gender equity. *In: Entebbe A.C. (ed.), the agricultural sector programme support in Uganda. Preceedings of a workshop on Gender and poverty in Entebbe, Uganda.* Pp. 67-73.
 12. Bishop C.C. & Toussaint W.D., 1958, "Introduction to Agricultural Economic Analysis". New York: John Wiley & Sons.
 13. CIAS, 2004, "Women on dairy farms; juggling roles and responsibilities". Centre for Integrated Agricultural Systems (CIAS). Retrieved November 14, 2007, from <http://www.cias.wisc.edu/archives/>
 14. Eboh E.C. & Ogbazi J.U., 1990, "The role of women in Nigerian agricultural production and development". *In: Ikeme A.I. The Challenges of Agriculture in National Development (Ed).* pp. 117-126.
 15. Ekiti State Government, 2007, The people of Ekiti State. Retrieved August 13, 2007 from <http://www.ekitinigeria.net/>
 16. Ekiti State Government, 2008, Ekiti State Government Diary 2008. Ekiti State Government, Ado-Ekiti, Nigeria
 17. Enete A.A., Nweke F.I. & Tollens E., 2004, "Gender and cassava processing in Africa". *Quarterly Journal of International Agriculture*, **43**, 1, 57 -69.
 18. Enete A.A., Nweke F.I. & Tollens E., 2002, Determinants of cassava cash income in female headed households of Africa. *Quarterly Journal of International Agriculture*, **41**, 3, 241-254.
 19. Fabiyi E.F., Danladi B.B, Akande K.E, & Mahmood Y., 2007, "Role of women in agricultural development and their constraints: a case study of Biliri Local Government Area of Gombe State, Nigeria". *Pakistan Journal of Nutrition*, **6**, 6, 676-680.
 20. FAO, 1995, Women, agriculture and rural development in the near East: findings of an FAO Study, FAO, Rome, Italy.
 21. FAO, 2005, "Framework for farm household decision making", Retrieved November 10, 2007, from <http://www.fao.org/docrep/x0266e/x0266e01.htm-18k>
 22. Fakoya E.O., Apantaku S.O & Adereti F.O., 2006, "Gender involvement in arable crop cultivation and its contributions to household food security in Ogun State, Nigeria". *Research Journal of Social Sciences*, **1**, 1, 1-4.
 23. Folayan J.A., Daramola G.A. & Oguntade A.E., 2006, Structure and performance evaluation of cocoa marketing institutions in South-Western Nigeria: an economic analysis. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, **4**, 2, 125-128.
 24. Fresco L.O., 1998, "Higher agricultural education: an opportunity in rural development for women". Department of Sustainable Development, FAO, Rome, Italy.
 25. Guy M., 1992, Cocoa: The tropical agriculturists. CTA and Macmillan press, London.
 26. Ijere M.O., 1992, Prospects of Nigerian co-operative. Acena Publishers, Enugu, Nigeria.
 27. Kessler C.A., 2006, "Divisive key-factors influencing farm households soil and water conservation investment". *Journal of Applied Geography*, **26**, 40-60.
 28. Koppelman R. & French J.A., 2005, A framework for understanding agroforestry decision making at the farm household level. Retrieved 10/11/2007 from <http://www.fao.org/docrep/x0267e/x0267e00htm-4k>
 29. Mosha A.C., 1992, "Decision making on resource allocation in rural households for food security in Shinyanga rural district." Tanzania Food and Nutrition Centre Report. Dar-es Salaam, Tanzania.
 30. Nweke F.I. & Enete A.A., 1999, Gender surprises in food production, processing and marketing with emphasis on cassava in Africa. Collaborative Study of Cassava in Africa (COSCA) working paper N°. 19, COSCA, IITA, Ibadan, Nigeria.
 31. Ogundele O.O. & Okoruwa V.O., 2006, "Technical efficiency differentials in rice production technologies in Nigeria". AERC Research Paper 154, Nairobi, Kenya. Retrieved October 10, 2006 from <http://www.aecrafrica.org/documents/rp154.pdf>
 32. Oji K.O., 2002, Basic principles of economics for agricultural projects and policy analyses. Prize Publishers, Nsukka, Nigeria.
 33. Ojo O., 2001, "Yoruba women, cash crop production and the colonial State; 1920-1957." A paper presented at the Conference on Atlantic Crossings: Women's Voice, Women's Stories from the Caribbean and the Nigerian Hinterland. Dartmouth College, May 18-20.
 34. Okadi A.O., 2007, Managing agroforestry for sustainable food production and environmental quality in Northern Cross River State of Nigeria. An unpublished M.Ed thesis Submitted to the Department of Vocational Teacher Education, University of Nigeria, Nsukka.
 35. Olaitan S.O. & Austin O.O., 2006, Round-up agricultural science: a complete guide. Longman Nigerian PLC, Lagos.
 36. Opeke L.K., 1996, Tropical tree crops. Spectrum Book Ltd, Ibadan, Nigeria.
 37. PATS, 2001, The role of women on Wisconsin dairy farms at the turn of the 21st Century. The Program an Agricultural Technology Studies. Retrieved September 29, 2007, from <http://www.wisc.edc/parts>.
 38. Rafferty M., 1988, The roles of the women in economic development in Tanzania. *In: Nyerere, H.M (Ed), Women development and adult education in Tanzania.* Printer Publishers Ltd, London. Pp. 122-129.
 39. Sabo E., 2006, Participatory assessment of the impact of women in agriculture programme of Borno, Nigeria. *Journal of Tropical Agriculture*, **44**, 1-2, 52-56.
 40. SCCSP, 2006, "The structure of the cocoa-based agroforestry production system in Ghana." Sustainable and Competitive Cocoa Systems Project (SCCSP). Retrieved February 11, 2008, from http://www.sccsproject.net/Doc_En/Documents/Ghana_Struc_of_Cocoa_Prod_System.p
 41. Uguru M.I., 1996, Crop production; tools, techniques and practice. Fulladu Publishing Company, Nsukka, Nigeria.
 42. William D.M., 2003, Production costs critical to farming decisions. Retrieved December 10, 2007, from <http://www.ers.esda.goc/AmberWaves/September103>.

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

T.A. Amusa, Nigerian, Graduate student of the Department of Agricultural Economics, University of Nigeria, Nsukka, Nigeria.

Economic Efficiency of Small Scale Farmers in Ogun State, Nigeria

R. Adeyemo*, J.T.O. Oke & A.A. Akinola

Keywords: Cassava- Production efficiency- Profitability- Nigeria

Summary

Cassava holds a prominent position as a food and industrial crop in the Nigerian economy. Thus, there are government initiatives to support its mass production for domestic use and export. This study investigated the efficiencies of cassava production in Odeda Local Government of Ogun State. A random sample of 200 cassava producers was taken and subjected to budgetary and stochastic frontier analyses. Results indicated that most of the farmers were male (90%) with more than half (53%) above 50 years of age. Land holding by inheritance (78%) was prevalent. The gross margin and profit were ₦105, 775 and ₦95, 738,10 respectively. Cost ratio (1.8) and percentage profit (80%) indicated that cassava farming was profitable in the area. Total variable and labour costs were 91.6% and 68.2% of the total cost respectively. The return to scale was 1.024. Farm size (0.771) and quantity of planting stakes (0.203) significantly ($p \leq 0.01$) affected cassava production. Age and farming experience contributed to technical inefficiency while cost of fertilizer, cost of herbicides, membership of cooperative and level of education enhanced technical efficiency. Efficiency of cassava growers ranged between 88.69 and 100 with a mean of 89.4. It was concluded that cassava production was highly profitable in the area and farmers operated with maximum efficiency given the current technology. Farmers were advised to reduce labour costs and thus increase profit margin.

Résumé

Efficacité économique des petits fermiers dans l'Etat d'Ogun, Nigeria

Le manioc comme culture alimentaire et industrielle joue un rôle important dans l'économie nigériane. Ce qui justifie les interventions gouvernementales en vue de sa production massive pour la consommation domestique et l'exportation. Cette étude analyse l'efficacité de la production du manioc dans le Gouvernement Local d'Odeda dans l'Etat d'Ogun. Un échantillon aléatoire de 200 producteurs de manioc était sélectionné et les analyses de budgétisation et de frontière stochastique étaient utilisées. Les résultats indiquaient que la plupart des fermiers étaient masculin (90%) avec plus de la moitié (53%) âgés de plus de 50 ans. L'accès à la terre par héritage était prédominant (78% des enquêtés). La marge brute et le profit étaient respectivement de ₦105.775 et ₦95.738,10. Le ratio bénéfice-coût (1,8) et le taux de rentabilité (80%) indiquaient que la culture de manioc était profitable dans la région. Le coût total variable et le coût de main-d'œuvre représentaient respectivement 91,6% et 68,2% du coût total. Le rendement d'échelle était de 1,024. La taille de l'exploitation (0,771) et la quantité de boutures (0,203) influençaient significativement ($p \leq 0.01$) la production de manioc. L'âge et l'expérience contribuaient à l'inefficacité technique cependant que les coûts d'engrais et d'herbicides, l'adhésion à une coopérative et le niveau d'éducation améliorent l'efficacité technique. L'efficacité technique des producteurs de manioc varie entre 85,69 et 100, avec une moyenne de 89,4. Il pouvait être conclu que la production de manioc était très profitable dans la région et que les producteurs opéraient à efficacité maximale étant donné le niveau de technologie disponible. Il est recommandé que les producteurs réduisent le coût de main-d'œuvre pour accroître leur marge de profit.

Introduction

Cassava (*Manihot spp.*) is listed along with yams, rice, maize, sorghum, and millet as the main food crops in Nigeria (12). It is cultivated majorly for its carbohydrate rich edible root tubers. Because of the high costs of production of other food crops (coupled with their high agro-climatic requirements), they are more expensive compared to cassava, and may not be accessible to the urban poor at some periods of

the year (15). Thus, with the growing population in Nigeria and declining real incomes, cassava has the potential to become a highly demanded food crop. Various parts of cassava such as the leaves, stem and roots are used for different purposes. The leaves are common vegetables among the Sierra Leoneans while the stem is used as planting material during cassava production. The root tuber which is the most desirable

Department of Agricultural Economics, Obafemi Awolowo University, Ile-Ife, Nigeria.

*Author for correspondence: radeyemo@oauife.edu.ng

Received on 14.12.09 and accepted for publication on 12.04.10.

component is processed into various products like garri, cassava flour (lafun), fufu and tapioca. It is a rich source of industrial alcohol (ethanol) and starch. The export drive for the crop increased the demand for cassava and promoted its cultivation (4). Although Nigeria is one of the largest producers of cassava, it is yet to meet the potential demand both in the local and international markets. There is evidence of increase in efficiency of cassava production in Nigeria because national output of cassava increased by 12.1% from 31.7 million tons in 2003 to 36.1 million tons in 2005 while the land cultivated to cassava declined by 11.6% from 4,001 million hectares to 3,535 million hectares during the same periods (11). However, the low range of farm gate price between ₦17.59/kg in 2003 and ₦19.97/kg in 2005 (11) could act as disincentive to farmers.

Efficiency is a very important factor of productivity growth especially in developing agrarian economies, where resources are meager and opportunities for developing and adopting better technologies are dwindling. Such economies can benefit from efficiency studies which show that it is possible to raise productivity by improving efficiency without increasing the resource base or developing new technologies. Raising productivity and output of small farmers would not only increase their incomes and food security, but also stimulate the rest of the economy and contribute to broad-based food security and poverty alleviation (9).

The main objective of the study is to determine the efficiency of cassava production in Ogun State. Specifically, the study estimates the costs and returns to cassava production and determines the factors that affect cassava production efficiency in the area.

Methodology

The study was carried out in Odeda Local Government Area (LGA) of Ogun State. Ogun State is located in Southwestern part of Nigeria. Odeda LGA is purposively selected for the study because it has one of the largest number of producers and processors of cassava in the Ogun State. Two hundred cassava farmers were randomly selected for the interview. The data obtained were analyzed using descriptive statistics, budgetary technique and the stochastic frontier analysis. Budgetary technique is expressed as:

$$GM = TR - TVC; \text{ } \Pi = GM - TFC,$$

Where, GM= Gross Margin, Π = profit, TR= Total Revenue, VC= Total Variable Cost, TFC= Total Fixed Cost.

The production efficiency (PE) per cassava farmer was calculated as:

$$PE = ATR/ATC.$$

Where, ATR= Average Total Revenue, ATC= Average Total Cost.

Stochastic Production Frontier Model

Since the pioneering work of Farrell (5), production efficiency has been measured as the distance between an observation and an estimated ideal referred to as an efficient frontier (13). According to Lawson (7) the parametric frontier approach to efficiency measurement involving the specification and estimation of a parametric representation of the technology (frontier production, cost or profit function) has been applied extensively in many industries, including agriculture. Forsund *et al.* and Schmidt (6, 14) each provide a valuable overview of the modeling and estimation of parametric frontier functions and their relationship to efficiency measurement. In addition, Battese (2) provides a survey of empirical applications of the parametric frontier production approach to technical efficiency measurement in the agricultural sector. The specification of explicit Cobb-Douglas production function for cassava farms in the study area is therefore given as:

$$\ln Q = \alpha_0 + \alpha_1 \ln X_{1i} + \alpha_2 \ln X_{2i} + \alpha_3 \ln X_{3i} + \alpha_4 \ln X_{4i} + \alpha_5 \ln X_{5i} + (v_i + \mu_i) \dots \dots (1)$$

Where, Q= Total output (tonnes); X_1 = Fertilizer (kg/ha); X_2 = Labour (man-days)/ha; X_3 = Farm size (Ha); X_4 = Herbicides (litres)/ha; X_5 = Planting stakes (number of stem cuttings/ha).

The choice of the Cobb-Douglas is based on the fact that the methodology of the function is self dual in the case of production function (8). The efficiency model (μ_i) is expressed thus:

$$\mu_i = \delta_1 Z_{1i} + \delta_2 Z_{2i} + \delta_3 Z_{3i} + \dots + \delta_7 Z_{7i} \dots \dots (2)$$

Where, Z_{1-7} represent age, household size, cost of fertilizer, cost of herbicides, membership of cooperatives, farming experience and level of education respectively.

The estimates for all parameters of the stochastic production frontier model and inefficiency model are simultaneously obtained using the program - Frontier Version 4.1c.

Results and discussion

Most (90%) of the cassava farmers are male while 56% of them have formal education. It was discovered that the women and children are mostly involved in processing of cassava into various products like garri, lafun and starch. They are also involved in the marketing of these products within and outside the community.

Forty-seven percent of the farmers are 50 years or below while 53% are older than fifty years. Thus, more than half of the cassava growers are passing their productive farming age. There is the need to encourage youth to take up farming in the area. Most of the farmers (78%) acquired their land for cassava production through inheritance while the remaining (22%) got theirs by leasing. This is typical of core

rural communities in the region as opposed to urban and peri-urban areas where land ownership through purchase is more prominent.

Majority of the farmers interviewed (93%) have more than 10 years experience in cassava cultivation. Thus they are expected to be well grounded in the best practices of the enterprise. More of them (62%) planted improved varieties of cassava as against 38% that planted the local varieties. They got these planting materials from their own farm (70%), from friends and relative (6%) or by purchase (24%). The farmers attested that getting planting materials is not a problem in the area. The size of their farm revealed that they are smallholders as 79% grew 5 hectares or less of cassava per season.

Costs and returns

The budgetary analysis (Table 1) showed that the TVC formed the bulk 91.6% of the TC while the TFC was just 8.4%. This implies that farmers who want to be cost efficient have to reduce TVC especially the cost of labour that is more than three quarter (68.2%) of the total cost. TFC is small (8.8%) probably because of very low cost of land rent (1.6%) in the area. This is typical of core rural communities in Southwestern Nigeria where most lands are currently held by inheritance as presented in the result. The total profit of ₦95, 738.10 per hectare and percentage profit of 80% shows that cassava farming is a highly profitable venture in the area. All things being equal, farmers should be able to pay back loans even at commercial bank interest rate of 40% per annum. The cost ratio showed that a farmer that invested ₦1 realized ₦1.80 as revenue or gained 80k on each Naira expended.

Profitability measures

- (a) Profit= Total revenue – Total cost
 ₦215, 296 – ₦119, 557.90= ₦95, 738.10
- (b) Gross margin= Total revenue – Total variable costs
 ₦215, 296 – ₦109, 515 = ₦105, 775

Table 1
Budgetary analysis

S/N	Description	Value (₦)*	Percentage
VARIABLE COSTS			
I	Cost of labour	81, 580.00	68.24
II	Cost of fertilizer	18, 285.00	15.29
III	Cost of herbicides	9, 650.00	8.07
IV	Total variable cost (TVC)	109, 515.00	91.60
FIXED COSTS			
V	Land rent	1, 930.00	1.61
VI	Implement cost	8, 112.90	6.79
VII	Total fixed cost (TFC)	10, 042.90	8.40
VIII	Total cost (TC)	119, 557.90	100.00
IX	Total revenue (Income) (TR)	215, 296.00	
X	Profit (TR – TC)	95, 732.10	

* - \$1= ₦120 in 2008; Source: Data analysis, 2008.

- (c) Cost ratio= TR/TC= ₦215, 290/₦119, 557.90= 1.80
- (d) Gross ratio= TC/TR= ₦119, 557.90/₦215, 290= 0.56
- (e) Percent profit= Profit/Total cost x 100%
 = ₦94, 732.10/₦119, 557.90 x 100%= 80%

The stochastic production frontier estimates

The maximum likelihood estimate of the Cobb-Douglas production function is presented in table 2. The lambda value of 1.179 and gamma value of 1.502 which are significantly different from zero suggest that the model is a good fit.

The return to scale of 2.622 implies an increasing return to scale. Any additional input will lead to more than proportionate change in the output. This shows that the farmers are in stage 1 of production function. The coefficient of various variables in the model and their interpretation are as follows:

$$\ln Q = 1.598 - 0.013X_1 + 0.050X_2 + 0.771X_3 + 0.031X_4 + 0.203X_5 \\ (2.978)(-0.152) \quad (0.769) \quad (7.630)^{***} \quad (0.230) \quad (2.690)^{***}$$

The two significant variables ($p < 0.01$) in this model are farm size and the quantity of planting stakes. The coefficient of farm size (0.771) is positive and inelastic. This implies that increasing the farm size by one hectare will bring about 77% increases in output of the cassava growers in the area. Similarly, the quantity of planting stakes (0.203) has positive relationship

Table 2
The maximum likelihood estimates of parameters of the Cobb Douglas frontier function

Variable	Estimate
General model	
Constant	1.595*** (2.79)
Quantity of fertilizer	-0.013 (-0.152)
Labour (Man-days)	0.050 (0.077)
Farm size	0.771*** (7.630)
Quantity of herbicides	0.013 (0.230)
Quantity of planting stakes	0.203*** (2.69)
Inefficiency model	
Constant	1.776*** (6.527)
Age	-0.004** (2.045)
Household size	0.031 (1.483)
Cost of fertilizer	-0.009*** (-2.773)
Cost of herbicides	-0.001* (-1.892)
Cooperative	-0.041** (-2.113)
Farming experience	0.005* (1.654)
Educational level	-0.052*** (-3.241)
Variances parameter	
Sigma-square	0.010
Gamma	1.502 (2.874)
Lambda	1.179 (3.501)
Log likelihood function LLR	110.013
Return to scale	2.622

Figures in parenthesis are the t-ratios; *, **, *** Significant at 10, 5 and 1% levels respectively; Source: Data analysis, 2008.

with output. This implies that increasing the quantity of cassava stem cutting planted will increase output. This may come as a result of reducing the spacing within and between rows of cassava stands on the field.

$$\gamma = 1.776 - 0.004Z_1 + 0.0031Z_2 - 0.009Z_3 - 0.001Z_4 \\ (6.524)^{***} (-2.045)^{**} (1.483) (-2.778)^{***} (-1.892)^* \\ -0.041Z_5 + 0.005Z_6 - 0.052Z_7 \\ (-2.113)^{**} (1.654)^* (-3.241)^{***}$$

The figures in parenthesis are the t-ratios of the variables.

For farm specific characteristics, the significant variables include: age ($p < 0.05$), cost of fertilizer ($p < 0.01$), cost of herbicide ($p < 0.1$), membership of cooperatives ($p < 0.05$), farming experience ($p < 0.1$) and educational level ($p < 0.01$). Only age and farming experience are positive meaning that they contribute to technical inefficiency in cassava production in the area. This could be due to earlier result that indicated that the respondents are fairly old. Such people may not easily adopt improved technology that can enhance their efficiency. Cost of fertilizer, cost of herbicides, membership of cooperatives and educational level are negative and contribute to efficiency in cassava production. This means that as the cassava farmer procures more fertilizer and uses more herbicides on his farm, his efficiency improves. Also, when he joins himself to self-help groups that could assist in obtaining inputs or marketing his produce, he is rendered more efficient. Education obviously will improve his production efficiency as it will enable him to access improved technology and best practices available to the enterprise.

It is shown in table 3 that efficiency of the cassava growers ranged between 85.69 and 100 percent with a mean of 89.04 percent. Thus, they are all operating at very high levels of efficiency (more than 89 percentages) given the cassava production technology available to them. This may be a contributing factor to the high level of profitability of cassava production in the area.

Summary and conclusion

This study aimed at examining the efficiency of cassava production in Ogun State. Primary data were collected from 200 cassava growers in Odeda Local Government Area of the State. The data were

Table 3
Distribution of farmers by their technical efficiency

Technical efficiency (%)	No. of farmers	Percentage
85 – 90	126	62
>90	74	38
Total	200	100
Mean	89.04	
Minimum	85.69	
Maximum	100	

Source: Data analysis, 2008.

subjected to descriptive, gross margin and stochastic production frontier analyses. It was discovered that men (90%) dominated cassava farming and about half (54%) of them have formal education. Many of the farmers (53%) were above fifty years of age and most of them (78%) accessed land through inheritance. They had over ten years of experience in cassava production and 62% of them plant improved varieties in small land holdings below 5 hectares. With profit of ₦95, 738.10 per hectare and percentage profit of 80%, the venture is considered to be highly profitable. Farmers who invested ₦1 realized revenue of ₦1.80. There is increasing returns to scale of 2.6 in cassava production. Farm size (0.771) and quantity of planting stakes (0.203) are positive and significant ($p \leq 0.01$) variables in the production function estimated. Age of farmers, cost of fertilizer, cost of herbicide, membership of cooperatives, farming experience and level of education are the farm specific variables that affect efficiency of the cassava growers. Age and farming experience contributed to technical inefficiency while cost of fertilizer, cost of herbicides, membership of cooperative and level of education contributed to technical efficiency in cassava production. In conclusion, cassava has the potential for achieving twin objectives of poverty alleviation and food security for the growers in the core rural community of Odeda Local Government in Ogun State because it is highly profitable and leaves farmers with high returns on their investments. The farmers are highly efficient in its production at the present level of technology available to them. The level of efficiency 99% holds good prospect for the success of the cassava initiatives of the government. Farmers have to cut down the variable costs in order for them to increase their profit. Since the bulk of the variable cost is incurred on labour, attempts at reducing this cost will lead to greater gross margins and hence the profitability of the enterprise.

Literature

- Awoyemi T. & Kehinde A., 2006, "Towards improving cassava output: an examination of the determinants of cassava output in Nigeria using co-integration approach." Book of Proceedings of NAAE Conference held at Lautech, Ogbomosho, 23- 27 November, pp. 8-17.
- Battese G.E., 1992, "Frontier production functions and technical efficiency: a survey of - empirical applications in agricultural economics." *Agricultural Economics*, 7, 185-208.
- Bauer P.W., 1990, "Recent developments in the econometric estimation of frontiers." *Journal -of Econometrics*, 46, 39-56.
- CBN, 2004, Annual report, Central Bank of Nigeria, Abuja.
- Farrell M.J., 1957, "The measurement of productive efficiency." *A Journal of the Royal Statistical Society*, 120, 253-281.
- Forsund F., Lovell C.A.K. & Schmidt P., 1980, "A survey of frontier production functions and of their relationship to efficiency measurement." *Journal of Econometrics*, 13, 5-25.

7. Lansink A.O., Silva E. & S. Stefanou S., 2001, "Inter-firm and intra-firm efficiency measures" *Journal of Productivity Analysis*, 15, 185-199.
8. Lawson L.G., 2004, Relationships of efficiency to reproductive disorders in Danish milk production: A stochastic frontier analysis," *Journal of Dairy Science*, 87, 212-224.
9. Lipton M., 2005, "The family farm in a globalizing world: the role of crop science in alleviating poverty." IFPRI 2020 Discussion Paper 40, International Food Policy Research Institute, Washington D.C., 40 pp.
10. Lovell C.A.K. & Schmidt P., 1988, "A comparison of alternative approaches to the measurement of productive efficiency." *In*: Ali Dogramaci and Rolf Fare (eds.), *Applications of Modern Production Theory: Efficiency and Production*. Boston: Kluwer Academic Publishers.
11. Nigerian Bureau of Statistics (NBS), 2006, *The Nigerian statistical fact sheets on economic and social development*, the National Bureau of Statistics, Abuja, 105 pp.
12. NEEDS, 2004, *Nigeria: National economic empowerment and development strategy*, National Planning Commission, Abuja, 125 pp.
13. Nemoto J. & Goto M., 2003, "Measurement of dynamic efficiency in production: an application of data envelopment analysis to Japanese electric utilities," *Journal of Productivity Analysis*, 19, 191-210.
14. Schmidt P., 1986, "Frontier production functions." *Econometric Review*, 4, 289-328.
15. Tsegai D. & Kormawa P., 2002, Determinants of urban households' demand for cassava and cassava products in Kaduna, northern Nigeria: the application of AIDS model, Conference on International Agricultural Research for Development, Deutscher Tropentag – Witzenhausen, 9-11 October, 8 pp.

R. Adeyemo, Nigerian, Prof., Agricultural Economist, Department of Agricultural Economics, Obafemi Awolowo University, Ile-Ife, Nigeria.

J.T.O. Oke, Nigerian, PhD, Agricultural Economist, Department of Agricultural Economics, Obafemi Awolowo University, Ile-Ife, Nigeria.

A.A. Akinola, Nigerian, PhD, Agricultural Economist, Department of Agricultural Economics, Obafemi Awolowo University, Ile-Ife, Nigeria.

Sediment Production from Settlements and Farmlands within Lake Victoria Shoreline Zone in Uganda and Tanzania

M. Isabirye¹*, D. Kimaro² & O. Semalulu¹

Keywords: Sediment- Soil loss- Eutrophication- Settlement- Lake Victoria- Uganda- Tanzania

Summary

In spite of the general acceptance that the current land use changes are unlikely to yield a sustainable environment, the source of sediment that causes eutrophication in Lake Victoria is not clearly understood. It is hypothesized that roads, footpaths, and compounds (settlement) are a major source of sediments. This study was conducted on the northern Lake Victoria shoreline to determine the rate of sediment generated by agricultural and settlement land use types. Results show that settlements generate significantly higher sediment yields i.e. between 17-87 ton.ha⁻¹. yr⁻¹ whereas agricultural land use types produced between 0-27 ton ha⁻¹.yr⁻¹. The high sediment yield from settlements is attributed to high runoff coefficients and the occurrence of gully erosion. The high sediment yield from settlements justifies the need to conduct further investigations on the contribution of settlements to sediment production in catchments with different soil - landscape and climatic setting in the Lake Victoria catchment.

Résumé

Production de sédiments provenant des aménagements du territoire et des terres agricoles dans la zone de rivage du lac Victoria en Ouganda et en Tanzanie

Malgré l'acceptation générale que les changements d'utilisation de terre sont peu probables de produire un environnement durable, la source de sédiment qui cause l'eutrophication dans le Lac Victoria n'est pas clairement connue. Il est supposé que les routes, les trottoirs, et les aménagements du territoire constituent une source majeure de sédiments. Cette étude a été conduite sur le rivage de Lac Victoria pour déterminer le taux de sédiment produit par l'agriculture et ces autres types d'utilisation de la terre ou aménagements du territoire. Les résultats montrent que les aménagements du territoire produisent significativement les plus grandes productions de sédiment c-à-d entre 17-87 ha de tonne⁻¹.an⁻¹ tandis que l'agriculture produit entre 0-27 ha de tonne⁻¹.an⁻¹. La haute production de sédiment produite est attribuée aux coefficients élevés de ruissellement et d'événement d'érosion de caniveau. Le haut rendement de sédiment généré des aménagements du territoire confirme le besoin de conduire des investigations ultérieures sur la contribution des aménagements du territoire à la production de sédiment dans les captages avec des autres types de sol - le paysage et le cadre climatique dans le captage de Lac Victoria.

Introduction

Eutrophication of Lake Victoria, among others, has been identified as a major issue contributing to lower Lake Ecosystem productivity (10, 18). Whereas the impact of eutrophication on various Lake ecosystem functions and productivity has been quantified and well documented (1, 3, 9, 13, 23, 26), the source of nutrient load remains a controversial issue. Nutrient laden sediments, among others, are major pollutants of lake waters. Whereas eutrophication is confined to major urban areas around the lake shore (16, 18, 24, 31), rural areas have also taken the blame for sediment loading into Lake Victoria (9, 29, 30).

Studies on sediment yield in Lake Victoria basin are based on erosion models and soil loss data from runoff plots in agricultural fields (2, 4, 11, 17 19, 23). Data on soil loss from settlements in the Lake Victoria catchment is lacking yet settlements are associated with gullies (11) that are a major source of sediment (5).

It is hypothesized that roads, footpaths, and compounds (settlement) are a major source of sediments. Findings can direct intervention and policy to focus on roads, footpaths and compounds in addition to the crop fields. This study was conducted to determine

¹National Agricultural Research Organisation, Kawanda Agricultural Research Institute, P.O. Box 7065, Kampala, Uganda.

²Sokoine University of Agriculture, Dept. of Agricultural Engineering and Land Planning.

*Corresponding author: M. Isabirye Isabiryemoses@yahoo.com; Tel: 256 41 567696

Received on 08.06.09 and accepted for publication on 22.04.10.

the rate of sediment production in agricultural and settlement land use types in 2 representative micro-catchments in northern and southern Lake Victoria shoreline.

Materials and methods

The study was conducted in Iguluibi (ca. 20 km²) and Magu (ca. 12 km²) micro-catchments situated on the northern and southern shoreline of Lake Victoria in Uganda and Tanzania respectively (Figure 1).

Iguluibi micro-catchment (Uganda) is characterized by a bimodal rainfall pattern with a mean annual

precipitation of 1283 mm (12). The major soil types are very deep, sandy clay loam Luvisols on a side slope of a ridge in an undulating topography with average slope of 8%. The structure of the top soil is moderate sub-angular blocky with low organic carbon and available phosphorus levels. Soil exchangeable potassium is high with pH values of medium rating. The cation exchange capacity is low with the base saturation ranging from medium to high (Table 1).

Magu micro-catchment, is located in Simiyu – Duma river catchment (Tanzania) that is characterised by a unimodal rainfall pattern with a mean annual

Table 1
Soil physical and chemical properties for the soil type in Iguluibi, Uganda

Depth (cm)	0 - 22	22 - 51	51 - 80
Clay (%)	20	38	44
Silt (%)	15	11	7
Sand (%)	65	51	49
pH H ₂ O 1:2.5	5.8	5.9	5.0
Organic Carbon (%)	1.8	1.0	0.9
Avail. P Bray (mg/kg)	6.0	7.0	6.0
CEC NH ₄ OAc (cmol(+)/kg)	14.5	10.3	10.3
Base saturation (%)	51	71	68
Exch. Ca (cmol(+)/kg)	5.4	5.4	5.2
Exch. Mg (cmol(+)/kg)	1.2	1.1	1.2
Exch. K (cmol(+)/kg)	0.7	0.7	0.5
Exch. Na (cmol(+)/kg)	0.1	0.1	0.1

Source: Land Evaluation around Lake Victoria (11).

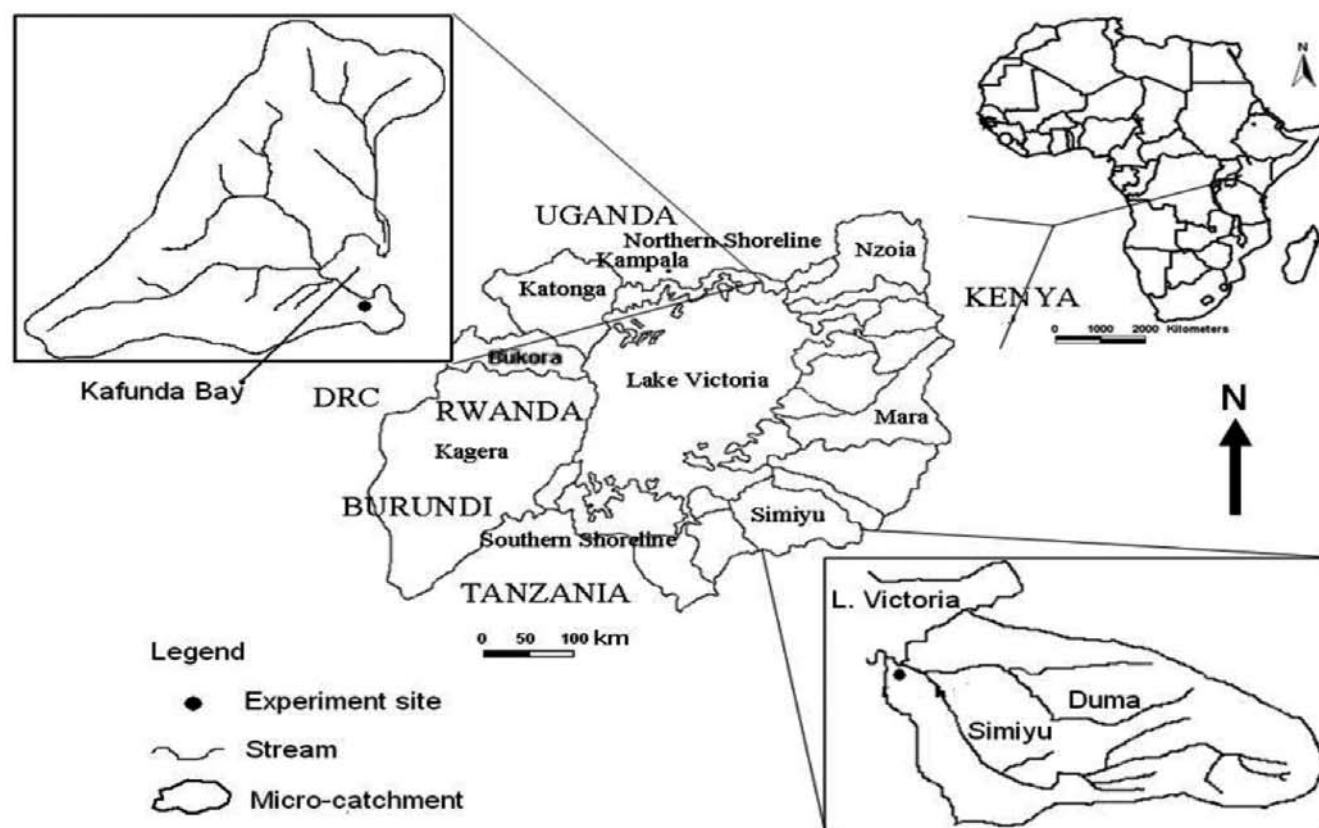


Figure 1: Location of micro-catchments where sediment yield measurements were done in Uganda and Tanzania.

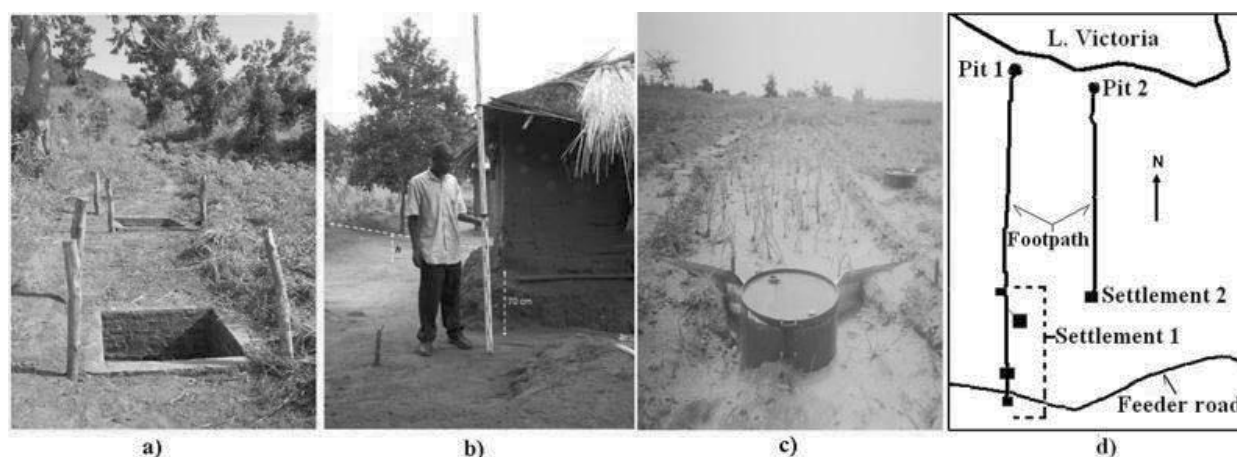


Figure 2: a) Catch-pits position along foot-paths; b) An eroded compound; c) a Gerlach trough placed to trap runoff from a plot; d) sketch map for catch-pit, path and compound connectivity.

precipitation of 800 - 1200 mm. The soils have sandy topsoils underlain by heavy sandy clays (*Regosols*) associated with *Vertisols* and *Leptosols* as inclusions on an undulating topography with average slope of 8%. *Vertisols* are associated with flat depressions in the landscape. *Arenosols* are located on lake terraces (15).

The pH is close to neutral (6.6 - 6.9) for the *Regosols* and *Vertisols* with the exception of *Arenosols* which are strongly acidic (5.1). The organic carbon content and exchangeable potassium are low (Table 2). With the exception of *Regosols* with a high level of available phosphorus, the levels are low for the *Arenosols* and *Vertisols*.

The cation exchange capacity is low for the *Arenosols* but high for the *Regosols* and *Vertisols*. The base saturation is low to medium for the *Arenosols* and high for the *Regosols* and *Vertisols*.

Gerlach sediment troughs (120 liters) were used to measure sediment yield from runoff plots (2 m x 20 m) in three replications under various land use types for

the year 2005. Land use types investigated in Igulubi included: sugarcane, coffee, millet, ground nuts, sweet potatoes, bananas, maize, maize+cassava+sorghum intercrop, and cassava. A mature plant crop of sugarcane; a 20 year old coffee plantation in an agroforestry setting with slashing as key weed control practice; millet, ground-nuts, sweet potatoes, maize, maize+cassava+sorghum intercrop, and cassava crops monitored throughout the growing period with hand hoe land opening and weed control practice. Land use types investigated in Magu included rice, cassava, maize, and cotton.

The plots were farmer managed.

Sediment ($\text{t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{yr}^{-1}$) and runoff water ($\text{liters} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{yr}^{-1}$) were collected during the year 2005 for Uganda and during the period October 2004-March 2005 for Tanzania (Table 3). Seventy three and 38 rainy days were recorded for Uganda and Tanzania respectively. Samplings were done on rainy days only (Table 3). Twenty three samplings were carried out for Uganda and 21 were done for Tanzania.

Sediment yield in catch-pits was monitored in Uganda

Table 2
Soil physical and chemical properties for the soil types in Magu, Tanzania

Soil type Depth (cm)	Regosol		Arenosol		Vertisol	
	0 - 30	30 - 90	0 - 35	35 - 75	0 - 40	40 - 100
Clay (%)	27	37	12	8	44	51
Silt (%)	10	12	9	6	23	21
Sand (%)	63	51	79	86	33	28
pH H ₂ O 1:2.5	6.6	6.9	5.1	5.1	6.9	7.8
Organic carbon (%)	0.9	0.7	0.6	0.6	1.3	1.0
Avail. P Bray (mg/kg)	35.5	11.4	4.2	0.4	13.2	30.9
CEC NH ₄ OAc (cmol(+)/kg)	19.0	32.6	8.2	9.8	34.8	34.2
Base saturation (%)	65	55	21	17	70	79
Exch. Ca (cmol(+)/kg)	8.9	14.4	0.7	0.6	16.4	16.6
Exch. Mg (cmol(+)/kg)	2.9	2.9	0.5	0.5	4.5	3.8
Exch. K (cmol(+)/kg)	0.16	0.18	0.13	0.19	0.5	0.32
Exch. Na (cmol(+)/kg)	0.37	0.60	0.42	0.38	2.95	6.37

Source: Soils and landscapes report March – April 2005 (15).

only since the nature of the footpaths in Tanzania did not allow proper placement of catch-pits. Sediment yield was monitored over a period of one year – 2005. Two footpaths, 80 meters apart, one connected to four compounds (Settlement 1) and the other to one compound (Settlement 2) were selected for sediment yield monitoring using catch-pits. The drainage area for the catch-pits 1 and 2 are 0.25 and 0.09 ha respectively

and it is a total measure for the compounds and footpath including sections of the feeder road draining to the catch-pit (Figure 2).

Results

Table 4 and figure 3 indicate that sediment yield from runoff plots in the gardens ranges from 0 - 27.3 t.ha⁻¹.

Table 3

Monthly total rainfall and rainy days during the sediment and runoff monitoring period in Uganda (2005) and Tanzania (2004 -2005)

Year	Month	Rainy days	Rainfall (mm)	Rainy Days	Rainfall (mm)
2004	October			3	28.8
	November			7	59.9
	December			10	144.5
2005	January	5	60.1	6	185.3
	February	2	8.2	6	44.3
	March	10	134	6	123.3
	April	8	166.8		
	May	11	269.3		
	June	9	123.3		
	July	3	74.4		
	August	7	223.6		
	September	8	128.7		
	October	6	114.3		
	November	4	76.2		

A rainy day is counted if rainfall exceeds 0.2 mm (20).

Table 4

Mean annual sediment yield (t⁻¹. ha⁻¹) measured on plots within various land use types in the Ugandan shoreline of Iguluibi

Land use (2005)	N	Mean	Median	SD	Min	Max
Agriculture						
Bananas	3	2.1	0.0	4.3	13.4	0
Cassava	3	27.3	8.7	37.9	0.2	138.8
Cassava maize sorghum intercrop	3	8.5	7.7	11	0	41.6
Coffee	3	0	0	0	0	0
Groundnuts	3	4	0.0	12	0	40
Maize	3	2.6	0.2	5.2	0	15.6
Millet	3	0.7	0.03	1.7	0	6.9
Sugarcane	3	0	0	0	0	0
Sweet potatoes	3	1.1	0.2	2.6	0	10.4
Built up						
		Cumulative yield (t.ha ⁻¹)	Mean yield (t.ha ⁻¹)			
Settlement 1 (Mean compound area = 0.25 ha)	1	87	52			
Settlement 2 (Mean compound area = 0.09 ha)	1	17				

N= Number of plots / path where sediment yield was measured during the year of 2005.

Table 5

Mean annual sediment yield (t.ha⁻¹) measured on plots within various land use types in the Tanzanian shoreline of Magu

Land use (2004 – 2005)	N	Mean	Median	SD	Min	Max
Rice	3	1.2	1.0	0.4	0.6	2.2
Cassava	3	7.9	6.3	4.8	1.3	19.5
Maize	3	15.6	13.8	5.8	6.7	29.1
Cotton	3	22.7	20.3	9.6	10.5	50.9

N= Number of sediment plots where sediment yield was measured during the year of 2004 - 2005.

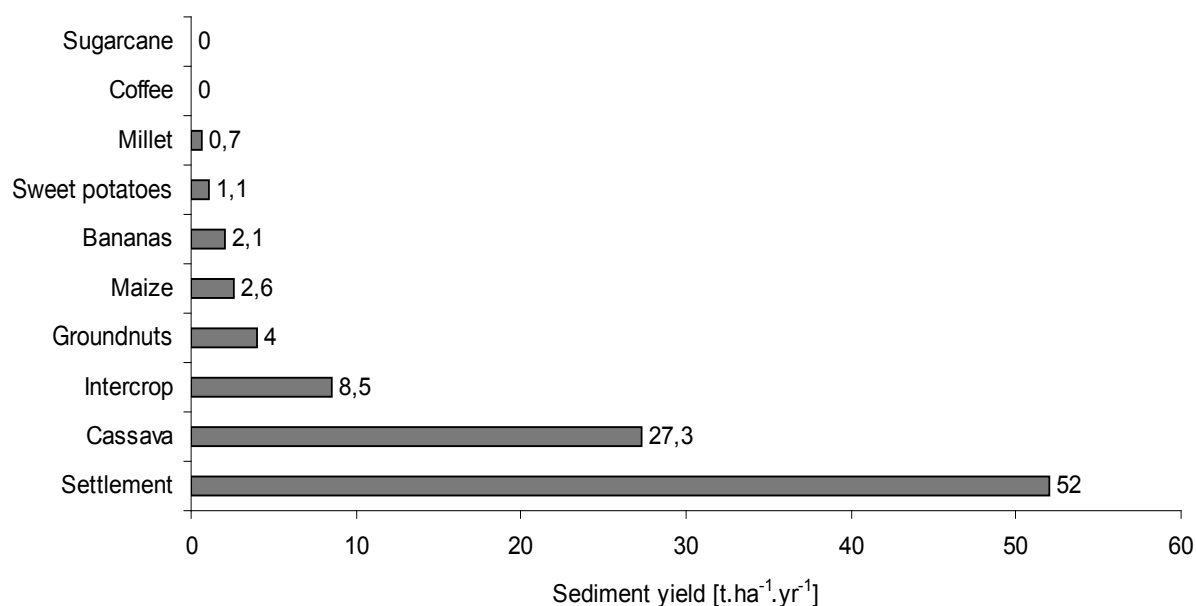


Figure 3: Mean sediment yield measured for various land use types in the Ugandan shoreline of Iguluibi. Intercrop= Maize + Cassava + Sorghum intercrop.

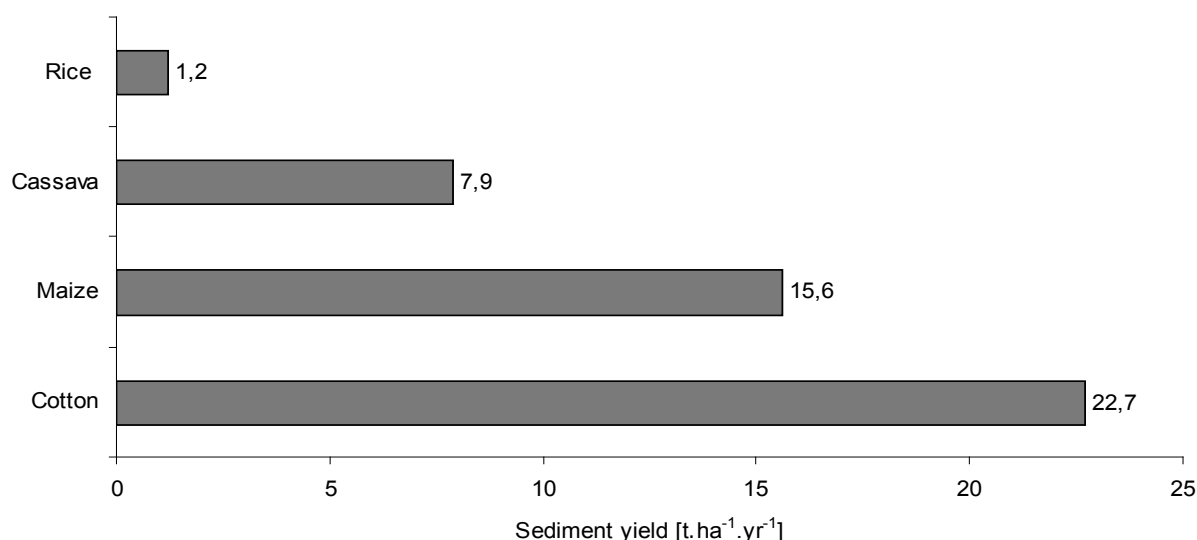


Figure 4: Mean sediment yield for various land use types in the Tanzanian shoreline of Magu.

yr⁻¹ with cassava generating the highest rates of 27.3 t.ha⁻¹.yr⁻¹ in the Ugandan shoreline of Iguluibi. The mean sediment yield from runoff plots equals 5.1 t.ha⁻¹.yr⁻¹. Table 5 and figure 4 depict sediment yield from runoff plots in the gardens in a range of 1.2 - 22.7 t.ha⁻¹.yr⁻¹ with cotton, unlike cassava in Uganda, generating medium rates (12 - 25 t.ha⁻¹.yr⁻¹) of sediment yield in Magu, Tanzania.

On the other hand, according to FAO (6) soil loss categories, medium to very high levels of sediment yield (i.e. 17 - 87 t.ha⁻¹) were observed under settlement land use types (Table 4). The number of settlements connected to a footpath is shown to affect sediment yield significantly as shown in table 4.

Discussion

Sediment yield rates obtained in the gardens are similar to those measured on runoff plots else where

in the Lake Victoria catchment of Uganda (Table 6).

Mean soil loss from runoff plots in the gardens is high to very high (0.2 - 138.8 t.ha⁻¹.yr⁻¹) under cassava and the settlements (52 t.ha⁻¹).

Table 6
Mean annual soil losses by water erosion measured on runoff plots or predicted using the USLE in the Lake Victoria catchment of Uganda

Land use	Soil loss (t.ha ⁻¹ .yr ⁻¹)		Source
	Approach		
	Measured	Predicted (USLE)	
Annual crops		2.0 – 9.0	4
Annual crops	17.0 – 86.8	74.4 – 93	2, 17, 19, 23,
Rangelands	3.2 – 53.2	52 – 91.5	23, 19
Coffee	19.6 – 44.9	38.0	19, 23
Banana	25.1 – 27.9	21.3 – 32	17, 23, 19
Banana-Coffee intercrop		26.6	23

The high rate of sediment yield observed under cassava in Uganda and cotton in Tanzania and from the settlements in Uganda call for soil conservation practices that ensure complete surface cover and encourage soil structure improvement to enhance infiltration are in place. This in turn minimizes soil erodibility through increased resistance to detachment and transport of soil particles.

Observed rates of soil loss are low ($< 12 \text{ t.ha}^{-1}.\text{yr}^{-1}$) for most crops with the exception of cassava (Uganda) and cotton (Tanzania). They fall within the tolerable range that varies from 1 to $12 \text{ t.ha}^{-1}.\text{yr}^{-1}$ (25) and $5 \text{ t.ha}^{-1}.\text{yr}^{-1}$ estimated for some soil types in Uganda (2).

Mean sediment yield of 52 t.ha^{-1} from settlements reflects the underestimation of sediment yield using extrapolated results from runoff plots and predictions by various models especially USLE that are widely used in Africa (25) and also embedded in models used to predict sediment yield at basin scale (5). Both approaches determine and predict rates of soil loss based on rill and inter-rill soil erosion processes leaving out the gullies that are commonly associated with household compounds, roads and footpaths (11). It is also evident that sediment yield measurements at one scale are not representative for sediment yield at another scale (5). The limitations with these approaches has been extensively reviewed by de Vente and Poesen (5) and observed by Morgan (21) and Roose (25).

Thomas (28), while working in the northern fringe of Lake Victoria, observed that soil erosion is not marked in the centre of the gardens and that any soil washed down is retained in the cultivated zone (gentle long back slopes). He however noted that erosion takes place in three places – first, on the bare ground near the houses; secondly, on the footpaths running down to the waterholes at the base of the hill; and thirdly in the ditches, which are sometimes nearly 1 m deep, cut down the sides of cultivated plots to prevent invasion by the rhizomes of *Digitaria scalarum*. He also observed that the soil is of the type resistant to erosion and is typical of that covering much of the slopes in the northern fringe of Lake Victoria; it consists of a red-brown loam, about 20 cm deep, over a red clay.

It is important to note that not all sediment produced in the gardens and the settlements ends up into the lake. Most of it is redeposited in the gardens and the wetland papyrus that act as natural silt traps (7, 8). The very high rates of soil lost from settlements threatens the existence of papyrus vegetation in the wetlands as excessive sediment is likely to clog the papyrus thereby reducing its capacity to filter sediments. The significant difference in sediment yield rates between one (17 t.ha^{-1}) and two (87 t.ha^{-1}) compounds

reveals the negative consequences of increased sediment production that may be associated with rural urbanisation due to population increase. Households have increased from 3 in 1936 to about 200 households in 2000 in Iguluibi. Fishing villages increased from one to eight during the same period (14).

Rates of sediment yield measured under field crops in this study are generally lower than those measured and predicted within the Lake Victoria catchment (Table 6) possibly because all factors involved were estimated using different indices. These differences also reflect the variation of factors that influence soil erosion (extensively reviewed by Roose, 25) across the lake catchment. Such factors include slope type and shape, extent and thickness of mulch in banana fields, rainfall erosivity and soil erodibility. It is a challenge faced when there is a need to extrapolate or scale up results from plot to catchment level. It therefore calls for a need to zone the catchment into sub-catchments with similar geo-hydrological characteristics (21, 27) within which interpolations can give a more realistic estimation of soil loss and therefore sediment yield.

The generally low rates of sediment yield ($< 12 \text{ t.ha}^{-1}.\text{yr}^{-1}$; 6) observed in the crop fields is explained by the deep porous sandy clay loams characterised by high (144 mm hr^{-1}) infiltration rates observed (11). Sugarcane, coffee plus bananas in addition to the canopy cover, are associated with mulch that completely covers the soil, thereby minimising runoff and erosion. In Tanzania, cassava is planted on ridges made on moderately deep sandy soils. This high textural porosity explains the low rates of soil loss observed under cassava in Tanzania compared to Uganda.

Conclusions

The nature of the field parcels, and overall farming techniques in the riparian zone of Lake Victoria has an overall effect of protecting soil structure against raindrop impact, encouraging water infiltration, obstructing runoff and therefore minimizing sediment yield i.e. $< 12 \text{ t.ha}^{-1}.\text{yr}^{-1}$ from the gardens. However, the presence of settlements is associated with very high rates of soil loss (i.e. $17\text{--}87 \text{ t.ha}^{-1}$), an indication that future unchecked expansion of settlements is likely to contribute greatly to sediment yield and therefore the likely sedimentation of Lake Victoria.

Although aquatic weeds are effective buffers against sedimentation, excessive sedimentation is likely to reduce the filtering capacity thereby rendering Lake Victoria vulnerable to pollution.

Acknowledgements

This research was funded by Swedish International Development Agency (SIDA) through the Lake Victoria Research Initiative (VicRes) under the Inter-University

Council of East Africa and the Flemish Inter-University Council (VLIR). We acknowledge the valuable technical guidance from Professors J. Poesen and J. Deckers

of the Katholieke Universiteit, Leuven, Belgium, and Dr. M. Magunda of the National Agricultural Research Laboratory, Kampala, Uganda.

Literature

- Amegovu I.L., 2002, Agricultural non-point source pollution in Uganda: a case study on Kakira sugarcane estate. MSc. Thesis, WERM 02. IHE Delft, Netherlands.
- Bagoora D., 1997, Assessment of runoff and soil loss on upland peasant farms in Rukiga highland eastern Kabale and the implications for environmental conservation. PhD Dissertation Makerere University, Kampala, Uganda.
- Balirwa J.S., Chapman C.A., Chapman L.J., Cowx I.A., Geheb K., Kaufman L., Lowe-McConnelly R.H., Seehausen O., Wanink J.H., Welcomme R.L. & Witte F., 2003, Biodiversity and fishery sustainability in the Lake Victoria basin: an unexpected marriage? *Bioscience*, 53, 703-716.
- Brunner A.C., Park S.J., Ruecker G.R., Dikau R. & Vlek P.L.G., 2004, Catenary soil development influencing erosion susceptibility along a hillslope in Uganda. *Catena*, 58, 1-2.
- De Vente J. & Poesen J., 2005, Predicting soil erosion and sediment yield at the basin scale: scale issues and semi-quantitative models. *Earth-Science Reviews*, 71, 95-125.
- FAO 1983, Guidelines: land evaluation for rainfed agriculture. FAO Soils Bulletin 52. Food and Agricultural Organization of the United Nations, Rome.
- Gaudet J.J., 1975, Mineral concentrations in papyrus in various African swamps. *Journal of Ecology*, 63, 2, 483-491.
- Gaudet J.J., 1977, Uptake, Accumulation, and loss of nutrients by papyrus in tropical swamps. *Ecology*, 58, 415-422.
- Hecky, R.E., Mugidde R., Bugenyi F.W.B. & Wang X., 2000, Phosphorus in Lake Victoria waters and sediments: sources, loadings, sinks and anthropogenic mobilization. Proceedings of the International Conference on Lake Victoria, Jinja, Uganda. http://www.lvemp.org/L_Publications/tanzania/Bibliography_limnology.htm
- ILEC (International Lake Environment Committee), 2001, Lake Victoria database <http://www.ilec.or.jp/database/afr/dafr05.html>; June 21st 2001.
- Isabirye M., 2005, Land evaluation around Lake Victoria: environmental implications of land use change. PhD dissertation, Katholieke Universiteit. Leuven, Belgium.
- Kakira Climate Report, 2000, Kakira Sugar Estate Technical Report on Climate. Kakira, Uganda.
- Kenyanya M.M., 2000, Observations on the limnology of Kenyan waters of Lake Victoria in relation to fisheries. Proceedings of the International Conference on Lake Victoria, Jinja, Uganda http://www.lvemp.org/L_Publications/tanzania/Bibliography_limnology.htm
- Kimaro D.N., Isabirye M. & Semalulu O., 2004, Evaluation of potential land use/cover types as sediment filters on the Lake Victoria shoreline. Socio-economic report March-April 2005. Lake Victoria Research Initiative (VicRes), InterUniversity Council of East Africa, Kampala, Uganda.
- Kimaro D.N., Isabirye M. & Semalulu O., 2005a. Evaluation of potential land use/cover types as sediment filters on the Lake Victoria Shoreline. Soils and landscape report March – April 2005. Lake Victoria Research Initiative (VicRes), InterUniversity Council of East Africa, Kampala, Uganda.
- Kirugara D., Nevejan N., Masai M., Mwamburi J. & Othina A., 1993, Identification of pollution sources in the Kenyan part of the Lake Victoria catchment area. Kenya Marine and Fisheries, Kisumu and Laboratory of General Botany and Nature Management, Free University of Brussels, Belgium.
- Lufafa A., Tenywa M.M., Isabirye M., Majaliwa M.J.G. & Woomer P.L., 2003, Prediction of soil erosion in a Lake Victoria basin catchment using a GIS-based Universal Soil Loss model. *Agricultural Systems*, 76, 883-894.
- LVEMP. 2004, About Lake Victoria. Lake Victoria Environment Management Program. Kampala, Uganda. <http://www.Lvemp.org/05/14/04>.
- Majaliwa J.G.M., 2004, Soil erosion from major agricultural land-uses and associated pollution loading in selected Lake Victoria micro-catchments. PhD dissertation, Makerere University. Kampala, Uganda.
- Meteorological department, 1968, Daily rainfall in Uganda, Kampala, Uganda.
- Morgan R.P.C., 1996, Soil erosion and conservation. Second Edition. Longman, England.
- Mugidde R., Hecky R.E. & Hendzel L., 2000, Importance of planktonic N fixation in Lake Victoria, LV2000- Conference proceedings, Jinja, Uganda.
- Mulebeke R., 2004, Validation of a GIS-based USLE model in a banana-based Micro-catchment of the Lake Victoria basin. MSc. dissertation. Makerere University. Kampala, Uganda.
- Ojok J., 2002, Assessment of pollution of sediments from selected Lake Victoria bays. MSc. Dissertation. Faculty of Science, Makerere University, Kampala, Uganda.
- Roose E., 1996, Land husbandry - components and strategy. FAO soils bulletin 70. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome
- Scheren P.A.G.M., Zanting H.A., & Lemmens A.M.C., 2000, Estimation of water pollution sources in Lake Victoria, East Africa: Application and elaboration of the rapid assessment methodology. *Journal of Environmental Management*, 58, 235-248.
- Sombroek W., 1995, Development of a framework for holistic land characterization and development at different scales. In: FAO, Land and water integration and river basin management. FAO Land and Water Bulletin 1, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Thomas A.S., 1945, The vegetation of some hillsides in Uganda: illustrations of human influence in tropical ecology. *Journal of Ecology*, 33, 10-43.
- Thomas C.J., Kerry K. & Odada E., 1999, The Holocene History of Lake Victoria. *AMBIO*, 29, 2-11.
- Verschuren D., Johnson T.C., Kling H.J., Edgington D.N., Leavitt P.R., Brown E.T., Talbot M.R. & Hecky R.E., 2002, History and timing of human impact on Lake Victoria, East Africa. *Proc. R. Soc. Lond B. Biol. Sci.*, 269, 289-94.
- Wogenga'h H.O., Okot-O.J., Keunenberger H., Wolf M. & Bugenyi F.W.B., 2001, Pollution from point sources into the urban wetlands of Jinja Municipality, Uganda. Proceedings of the International Conference on Lake Victoria, Jinja, Uganda. http://www.lvemp.org/L_Publications/tanzania/Bibliography_limnology.htm

M. Isabirye, Ugandan, PhD, Research Officer, Scientific Officer, National Agricultural Research Organisation, Uganda, Research Division, Ministry of Agriculture, Animal Industries and Fisheries, Uganda, National Agricultural Research Organization, Kawanda Agricultural Research Institute, P.O. Box 7065, Kampala, Uganda.

D.N. Kimaro, Ugandan, Tanzanian, Senior Lecturer, Sokoine University of Agriculture, Morogoro, Tanzania, Sokoine University of Agriculture, Department of Agricultural Engineering and Land use Planning, P.O. Box 3003, Morogoro, Tanzania.

O. Semalulu, Ugandan, PhD, Senior Research Officer, NARO. Involved in designing and conducting research in Natural Resource (Soils) Management for different agro-ecological zones, National Agricultural Research Laboratories-Kawanda, 13 km Bombo Road, P.O. Box 7065, Kampala, Uganda.

Déterminants économiques et sociaux de choix de la culture cotonnière et de son intensification dans un contexte de crise de la filière en Centrafrique

E. Mbétid-Bessane

Keywords: Econometric analysis- Determinant- Choice- Intensification- Cotton- Crisis- Central African Republic

Résumé

Les exploitations cotonnières en crise, du fait de la baisse du prix du coton et de la hausse des prix des intrants, développent diverses stratégies adaptatives: certaines ont abandonné le coton ou réduit sa surface pour développer les stratégies d'élevage, de vivriers marchands ou de diversification des activités mais d'autres développent la stratégie cotonnière intensive. L'objectif de l'étude est de cerner les déterminants du choix de la culture cotonnière et de son intensification pendant la crise et de proposer des appuis aux producteurs. Pour atteindre cet objectif, des analyses économétriques sont réalisées sur des enquêtes auprès de 350 exploitations. Les résultats montrent que les variables économiques et sociales ont un impact positif sur la probabilité de choix du coton en situation de crise. L'analyse de la sensibilité de cette probabilité montre que les variables économiques ont les effets marginaux les plus forts. Quant à l'intensification, les résultats montrent que la variable sociale telle que l'expérience en coton et les variables économiques sont ses déterminants en période de crise. Ce sont donc les grandes exploitations, ayant une longue expérience en coton, qui développent la stratégie cotonnière intensive pendant la crise. Des appuis pour l'accompagnement de cette stratégie en période de crise amélioreraient le résultat des exploitations.

Summary

Economic and Social Determinants of the Cotton Culture Choice and its Intensification in a Context of Crisis of the Sector in the Central African Republic

The cotton farms in crisis, because of the decrease of the price of cotton and the increase in prices of the inputs, develop various adaptive strategies: some abandoned cotton or reduced its surface to develop the strategies of livestock, marketed oriented foodstuffs or diversification of the activities but others develop the intensive cotton strategy. The objective of the paper is to find out the determinants of the cotton cultural choice and its intensification during the crisis and to propose some support to the producers. To reach this objective, econometric analyses are conducted based on surveys of 350 farms. The results show that the economic and social variables have a positive impact on the probability of cotton choice in the situation of crisis. The analysis of the sensitivity of this probability shows that the economic variables have the strongest marginal effects. As for the intensification, the results show that the social variable as experience in cotton cultivation and the economic variables are determinants in the period of crisis. Thus, the large size farms, having a long experience in cotton, develop the intensive cotton strategy during the crisis. Support for accompanying this strategy in a period of crisis would improve the results of these farms.

Introduction

Introduit en 1925, le coton était une culture d'exportation stratégique pour l'économie nationale. Il avait connu un succès inégal parmi les activités agricoles des exploitations et participé au développement rural du pays par son rôle moteur dans la diffusion des innovations techniques et contribué, en moyenne, à 25% au revenu des exploitations avec une production de 46.000 tonnes de coton graine en 1997/98 (7). Cet essor lié à la mise en place d'un système d'encadrement, de crédit et de garantie d'achat de la production à prix fixe est contesté, depuis quelques années, du fait de la lourdeur et du dysfonctionnement du système causant des déficits financiers importants et des difficultés mettant en cause l'intervention de l'Etat dans la filière. La remise en cause de ce système

se faisait à un moment où l'essoufflement de la production cotonnière suscite bien des interrogations du fait que plus de 85% des agriculteurs des régions du nord-ouest et du centre-est du pays cultivaient du coton en 1997/98, considéré comme leur principale source de leurs revenus monétaires (7).

Par ailleurs, la baisse des prix du coton graine de 12%, conjugué à la hausse du coût des intrants de 62% entre 1997/98 et 1999/00 et aux difficultés d'enlèvement et de paiement de coton aux producteurs, est incontestablement la principale cause de la crise cotonnière en Centrafrique. Cette crise, qui n'est pas la première, a conduit depuis la seconde moitié des années 80 à une restructuration de la filière pour rétablir les équilibres financiers, avec

pour corollaire le désengagement de l'Etat (5). Les exploitations agricoles familiales sont donc soumises à des bouleversements de leur environnement avec le désengagement de l'Etat du financement et de l'encadrement agricoles. Face à cette situation, les producteurs mettent en place des stratégies adaptatives pour assurer leur alimentation et générer des revenus monétaires: certains ont abandonné le coton ou réduit sa surface pour développer les stratégies d'élevage marchand (13%), de vivriers marchands (64%) ou de renforcement de la diversification des activités (13%) mais d'autres (10%) mettent en oeuvre la stratégie cotonnière intensive en dépit de la crise. Ainsi, la question des déterminants du choix de la culture cotonnière et de son intensification dans un contexte de crise de la filière en Centrafrique se pose. L'objectif de l'étude est de cerner les déterminants de choix de la culture cotonnière et de son intensification dans un contexte de crise de la filière en Centrafrique.

Méthodologie

Approche théorique des décisions de choix des agriculteurs

Le principe économique de rationalité et particulièrement l'hypothèse de maximisation de l'utilité constituent les fondements d'une analyse de choix (14). Le producteur rationnel préfère la culture qui lui procure le plus d'utilité.

Si un agriculteur i possède une fonction d'utilité $U_{ij} = U_{ij}(X_i)$ variant selon la culture j choisie ($j = 1, 2$; X_i est un vecteur colonne de k facteurs déterminant le choix des cultures et l'utilité résultant du choix), il choisira la culture 1 si $U_{i1} > U_{i2}$. Cette préférence de choix de l'agriculteur peut être représentée par la variable latente Y_i^* telle que : $Y_i^* = \beta X_i + \varepsilon_i$, avec β un vecteur ligne de k paramètres et ε_i une perturbation aléatoire; $Y_i^* > 0$ si $U_{i1} > U_{i2}$; $Y_i^* \leq 0$ si $U_{i1} \leq U_{i2}$.

En définissant une variable dichotomique Y_i telle que $Y_i = 1$ si la culture 1 est choisie et $Y_i = 0$ sinon, la probabilité P_i de choix de la culture 1 est donnée par :

$$P_i = \text{Prob}(Y_i = 1) = \text{Prob}(Y_i^* > 0) = \text{Prob}(\beta X_i + \varepsilon_i > 0) = \text{Prob}(\varepsilon_i > -\beta'X_i)$$

En supposant une distribution symétrique de ε_i , on obtient: $P_i = \text{Prob}(\varepsilon_i < \beta'X_i) = F(\beta'X_i)$, F étant une fonction de répartition définie par la loi de ε_i . Selon que ε_i suit une loi normale ou une loi logistique, le choix de l'agriculteur peut être représenté par un modèle logit ou un modèle probit. Ces modèles présentent la probabilité de choix sans mesurer l'intensité de la culture choisie, d'où le recours au modèle tobit (6).

Soit une variable latente V_h qui permet d'estimer l'intensité de la culture choisie par l'agriculteur h , le modèle tobit s'écrit:

$$V_h^* = \beta'Z_h + \mu_h \quad \text{si } V_h^* > 0; V_h = 0$$

sinon; V_h étant observable. En supposant que V_h est fonction des caractéristiques de l'agriculteur et de son exploitation, Z_h est le vecteur des caractéristiques de l'agriculteur et de son exploitation, β' les paramètres du modèle et μ_h est le terme d'erreur indépendamment et identiquement distribué selon la loi normale. Ce modèle permet d'estimer les paramètres à partir des observations de V_h et Z_h .

Méthodes d'estimation

Les modèles logit, probit ou tobit peuvent être estimés par la méthode de maximum de vraisemblance (6). En revanche, le modèle tobit peut être estimé par la méthode de maximum de vraisemblance s'il y a simultanément de la décision d'adoption et d'intensification sinon par la méthode des moindres carrés partiels (10). Cette dernière méthode donne aussi des estimateurs sans biais et convergents.

La présente étude utilise la méthode à deux étapes consistant à estimer d'abord la probabilité de choix de la culture cotonnière par la méthode de maximum de vraisemblance en utilisant le modèle logit, puisque la variable dépendante suit une loi normale, ensuite son intensité par la méthode des moindres carrés partiels en utilisant le modèle tobit, puisque les décisions de choix de la culture ne sont pas prises simultanément avec celles de son intensification, au moyen du logiciel XLSTAT.

Terrain de recherche et données collectées

La zone d'étude couvre les deux bassins cotonniers du pays. Le choix des agriculteurs enquêtés a été raisonné à partir des études sur les stratégies des producteurs dans ces bassins (7). Un échantillon de 350 producteurs a été constitué: 200 producteurs dans le bassin nord-ouest et 150 producteurs dans le bassin centre-est. Les données collectées, moyennant un questionnaire semi-directif, ont porté sur la campagne agricole 2007/08.

Résultats et discussion

Analyses descriptives

Les producteurs ayant une stratégie cotonnière intensive ont un âge moyen de 38,5 ans et sont tous localisés à plus de 50 km des villes de Bossangoa dans le nord-ouest et de Bambari dans le centre-est. Leur nombre d'actifs de 4,2 est élevé, par rapport à la moyenne des producteurs de coton en Centrafrique qui est de 3,05 (9), et ils disposent tous d'un équipement (charrues, sarclours, butteurs) avec 2 attelages permettant aussi des échanges de labour contre la main-d'œuvre pour les travaux manuels.

Depuis la crise de 1998, leur surface cotonnière est passée de 30% à 50% de la surface totale cultivée qui est en moyenne de 4,2 ha. La dose moyenne d'engrais est de 200 kg par ha alors que la norme vulgarisée et fournie par la société cotonnière est de 150 kg/ha et le nombre traitements insecticides est de 5 (7), ce qui a permis d'obtenir un rendement moyen en coton de 1.240 kg/ha (la moyenne des dernières campagnes est de 570 kg/ha). Le surplus d'engrais est acheté à un prix dérisoire (40% du prix pratiqué par la Société cotonnière) auprès des producteurs qui n'appliquent

pas la dose recommandée et revendent l'engrais obtenu à crédit pour alimenter leur trésorerie.

Le coton contribue en moyenne pour 70% au revenu monétaire des exploitations agricoles à stratégie cotonnière intensive qui est de 331.000 FCFA. Le niveau de capitalisation en cheptel ayant une fonction d'épargne est en moyenne de 212.000 FCFA. L'autosuffisance alimentaire étant déjà assurée, les producteurs commercialisent des excédents vivriers. Les activités para-agricoles sont peu pratiquées car la main-d'œuvre familiale est prioritairement affectée aux activités agricoles. Leur capacité d'investissement dépend du revenu du coton.

Enfin, la majorité de producteurs à stratégie cotonnière intensive sont des hommes (97%), ce qui montre que la culture cotonnière reste une activité fortement masculine en Centrafrique. Plus de 71 % de producteurs ont une expérience de plus de 10 ans dans la culture cotonnière.

Analyses économétriques

Modèle Logit de choix de la culture cotonnière

La variable expliquée est représentée par la décision ou non de produire du coton au cours de la campagne 2007/08. Il s'agit de la variable binaire suivante: choix ou non de la production cotonnière. Les variables explicatives sont des variables économiques et sociales; les variables institutionnelles ne sont pas prises en compte puisque tous les producteurs de coton bénéficient d'un même cadre institutionnel (accès à l'encadrement, à la formation et au crédit intrants, appartenance à un groupement coopératif, organisation du marché...).

Les variables économiques sont la contribution du coton au revenu agricole, le capital de l'exploitation, le nombre d'actifs familiaux, la superficie cultivée en coton et la localisation de l'agriculteur par rapport au marché. Quant aux variables sociales, il s'agit de l'âge du chef d'exploitation, du nombre d'années d'expérience dans la culture cotonnière et de son niveau d'alphabétisation.

L'analyse des déterminants du choix de la culture cotonnière à l'aide du modèle logit a révélé que les variables économiques telles que la contribution du coton au revenu de l'exploitation, le nombre d'actifs familiaux, le capital d'exploitation et la localisation par rapport au marché et les variables sociales telles que le sexe et l'expérience dans la culture cotonnière ont un impact positif sur la probabilité de choix du coton en situation de crise de la filière au seuil de 5% (Tableau 1). Cependant, les autres variables sociales telles que l'âge du producteur et son niveau d'alphabétisation n'ont pas d'impact significatif sur la probabilité de choix de la culture cotonnière en période de crise. En outre, l'analyse de la sensibilité de la probabilité du choix du coton par rapport aux variables explicatives montre que les variables économiques ont les effets marginaux les plus forts, notamment la contribution du coton au revenu d'exploitation et la localisation par rapport au marché.

Ces résultats de l'analyse des déterminants du choix de la culture cotonnière à l'aide du modèle logit sont conformes aux travaux de Boussard (2); Napier, Napier et Turcker (11); Ouedraogo (3); et Mbétid-Bessane (8) qui mettent l'accent sur des variables économiques et sociales comme facteurs explicatifs du choix des agriculteurs.

En effet, la contribution du coton au revenu d'exploitation reflète la situation économique conjoncturelle du producteur tandis que le capital de l'exploitation, la superficie cultivée en coton et le nombre d'actifs familiaux expriment le niveau économique structurel de l'exploitation. La localisation par rapport au marché traduit les possibilités d'accroissement de la production cotonnière. Ainsi, la contribution du coton au revenu de l'exploitation est un indicateur de spécialisation du producteur et joue un rôle important dans sa prise de décision. La superficie cultivée influe positivement le choix du coton en cas d'exploitation des terres peu fertiles et le capital de l'exploitation, qui mesure l'aisance matérielle, prédispose l'agriculteur

Tableau 1
Estimation du modèle Logit de choix du coton

Variabes	Coefficients	Ecart-types	P> Khi ²
Age du chef d'exploitation	0,078	0,146	0,591
Niveau d'alphabétisation	- 0,116	0,119	-0,330
Sexe	0,189	0,083	0,024
Expérience dans la culture cotonnière	0,179	0,044	0,012
Nombre d'actifs familiaux	0,480	0,198	0,015
Superficie cultivée en coton	0,489	0,168	0,011
Capital d'exploitation	0,566	0,265	0,033
Contribution du coton au revenu d'exploitation	1,398	0,348	0,000
Localisation par rapport au centre urbain	0,782	0,201	0,006
-2 Log (Vraisemblance)	: 282,210		
R ² (McFadden)	: 0,703		
R ² (Cox and Snell)	: 0,683		
R ² (Nagelkerke)	: 0,861		
Nombre d'observations	: 350,000		

Tableau 2
Estimation du modèle Tobit d'intensification du coton par les engrais

Variables	Coefficients	Ecart-types	t-Statistique
Age du chef d'exploitation	0,049	0,053	0,920
Sexe	- 0,005	0,008	- 0,620
Niveau d'alphabétisation	0,016	0,009	1,778
Expérience dans la culture cotonnière	0,029	0,010	2,900
Contribution du coton au revenu d'exploitation	0,277	0,071	3,900
Capital d'exploitation	0,273	0,042	6,500
Superficie cultivée en coton	0,397	0,047	8,440
Nombre d'actifs familiaux	0,012	0,009	1,333
Localisation par rapport au centre urbain	0,015	0,011	1,363
R ² = 0,965		Nombre d'observations: 350,000	

au choix du coton. Les producteurs ayant un grand nombre d'actifs familiaux sont prédisposés au choix du coton puisque certaines opérations sont exigeantes en main-d'œuvre. Les agriculteurs localisés plus loin des marchés n'ont pas d'avantage comparatif pour les cultures vivrières à cause du coût de transport, mais ont la possibilité d'accroître la surface cotonnière sachant que le coût de transport du coton est assuré par la Société.

Modèle Tobit d'intensification de la culture cotonnière par les engrais

La variable expliquée est représentée par le niveau d'intensification de culture cotonnière au cours de la même campagne agricole. Il s'agit de la quantité d'engrais chimique utilisée par unité de surface. En outre, les variables explicatives sont aussi des variables économiques et sociales.

L'estimation du modèle Tobit montre que l'intensification de la culture cotonnière par les engrais est aussi déterminée par des variables économiques telles que le capital d'exploitation, la superficie cultivée en coton et la contribution du coton au revenu de l'exploitation et la variable sociale telle que l'expérience en culture cotonnière. Ces variables influent positivement l'intensification de la culture cotonnière par les engrais (Tableau 2). Cependant, les variables économiques telles que la localisation par rapport au marché et le nombre d'actifs et les variables sociales telles que l'âge du chef d'exploitation, son sexe et son

niveau d'alphabétisation n'influent pas la décision de l'intensification de la production cotonnière par les engrais. Les effets marginaux montrent que ce sont les variables économiques, notamment la superficie cultivée en coton, la contribution du coton au revenu d'exploitation et le capital d'exploitation qui sont les facteurs les plus déterminants de l'intensification de la production cotonnière par les engrais en période de crise de la filière.

Ces résultats de l'analyse des déterminants de l'intensification de la culture cotonnière par les engrais à l'aide du modèle tobit sont aussi conformes aux travaux de Feder, Just et Zilberman (3); Feder et Umali (4); Nowak et Korsching (12); et Napier, Napier et Turcker (11) qui mettent l'accent sur les variables économiques et sociales comme facteurs explicatifs de l'intensification agricole.

Modèle Tobit d'intensification de la culture cotonnière par les insecticides

Les variables expliquées sont représentées par le niveau d'intensification de culture cotonnière au cours de la même campagne agricole. Il s'agit du nombre de traitements insecticides utilisés par unité de surface. Comme pour l'intensification de la production cotonnière par les engrais, l'estimation du modèle tobit révèle que l'intensification de la culture cotonnière par les insecticides est également déterminée par des variables économiques telles que le capital

Tableau 3
Estimation du modèle Tobit d'intensification du coton par les insecticides

Variable	Coefficients	Ecart-types	t-Statistique
Age du chef d'exploitation	0,055	0,031	1,774
Sexe	0,023	0,018	1,278
Niveau d'alphabétisation	- 0,027	0,017	1,588
Expérience dans la culture cotonnière	0,029	0,010	2,900
Contribution du coton au revenu d'exploitation	0,123	0,048	2,563
Capital d'exploitation	0,095	0,043	2,209
Superficie cultivée en coton	0,108	0,041	2,634
Nombre d'actifs familiaux	0,002	0,010	0,200
Localisation par rapport au centre urbain	0,012	0,015	0,800
R ² = 0,823		Nombre d'observations: 350,000	

d'exploitation, la superficie cultivée en coton et la contribution du coton au revenu de l'exploitation et la variable sociale telle que l'expérience en culture cotonnière. Ces variables influent positivement l'intensification de la culture cotonnière par les insecticides (Tableau 3). Cependant, les variables économiques telles que le nombre d'actifs et la localisation par rapport au marché et les variables sociales telles que l'âge du chef d'exploitation, son sexe et son niveau d'alphabétisation n'influencent pas la décision de l'intensification de la production cotonnière par les insecticides. Les effets marginaux montrent que ce sont les variables économiques, notamment la superficie cultivée en coton et la contribution du coton au revenu d'exploitation qui sont les facteurs les plus déterminants de l'intensification de la production cotonnière par les insecticides en situation de crise de la filière.

Ces résultats de l'analyse des déterminants de l'intensification de la culture cotonnière par les insecticides à l'aide du modèle tobit sont aussi conformes aux travaux de Feder, Just et Zilberman (3); Feder et Umali (4); Nowak et Korsching (12); et Napier, Napier et Turcker (11) qui mettent l'accent sur les variables économiques et sociales comme facteurs explicatifs de l'intensification agricole.

Conclusion

Les analyses économétriques ont montré que les décisions du choix de la culture cotonnière et de son intensification par les intrants chimiques, notamment les engrais et insecticides, en période de crise de la filière en Centrafrique sont déterminées par des variables économiques et des variables sociales.

Quant à la décision du choix de la culture cotonnière, il s'agit des variables sociales telles que le sexe du chef d'exploitation et son expérience dans la culture cotonnière et des variables économiques telles que la contribution du coton au revenu de l'exploitation, le

nombre d'actifs familiaux, le capital d'exploitation et la localisation par rapport au marché pour la décision du choix. Pour ce qui est de l'intensification de la culture cotonnière par les intrants, il s'agit de la variable sociale telle que l'expérience dans la culture cotonnière et les variables économiques telles que la contribution du coton au revenu de l'exploitation, la superficie cultivée en coton et le capital d'exploitation sont les facteurs déterminants en période de crise. Toutefois, ce sont les variables économiques qui ont le pouvoir explicatif le plus élevé des décisions de choix de la culture cotonnière et de son intensification par les intrants chimiques en période de crise de la filière. Ce sont donc les grandes exploitations agricoles, ayant une longue expérience dans la production cotonnière, qui mettent en œuvre la stratégie cotonnière intensive en dépit de la crise de la filière en Centrafrique.

En effet, les grandes exploitations agricoles des bassins du nord-ouest et du centre-est sont obligées de faire du coton, car elles n'ont pas d'autres alternatives monétaires. Abandonner la culture cotonnière, c'est revenir à l'agriculture de subsistance puisque le marché des produits vivriers est très étroit et ces exploitations agricoles sont défavorisées par leur localisation par rapport aux grands centres de consommation. En outre, leurs équipements les obligent à cultiver le coton pour mieux les valoriser.

Des actions d'appui pour l'accompagnement de cette stratégie cotonnière intensive en période de crise amélioreraient le résultat des exploitations si elles touchent l'environnement socioéconomique des producteurs. Ces actions peuvent concerner la restructuration des organisations cotonnières de base pour mettre en avant les producteurs ayant une stratégie cotonnière intensive et créer une Union nationale de producteurs de coton, la représentation de cette Union dans les instances nationales de fixation des prix des intrants et du coton graine, la prise de part de l'Union dans le capital de la nouvelle société cotonnière etc.

Références bibliographiques

1. Baidu-Ferson J., 1999, Factors influencing adoption of land-enhancing technology in the Sahel: lessons from a case study in Niger. *Agricultural Economics*, 20, 231-239.
2. Boussard J.M., 1987, *Economie de l'agriculture*. Economica, Paris, 310 p.
3. Feder G., Just R.E. & Zilberman D., 1985, Adoption of agricultural innovations in developing countries: a survey. *Economic Development and Cultural Change*, 33, 255-298.
4. Feder G. & Umali D.L., 1993, The adoption of agricultural innovations, *Review. Technological forecasting and Social Change*, 43, 215-239.
5. Gafsi M. & Mbéti-Bessane E., 2003, Stratégies des exploitations cotonnières et libéralisation de la filière. *Cahiers Agricultures*, 12, 4, 253-260.
6. Greene W., 2005, *Econométrie*. Pearson Education, 5^e éd., Paris, 943 p.
7. Mbéti-Bessane E., 2002, Gestion des exploitations agricoles dans le processus de libéralisation de la filière cotonnière en Centrafrique. Thèse de doctorat (unique) en Economie, Institut National Polytechnique, Toulouse, 317 p.
8. Mbéti-Bessane E., 2003, Crise cotonnière en Centrafrique et choix des agriculteurs en fonction de leur localisation à la ville. *Tropicultura*, 21, 4, 218-220.
9. Mbéti-Bessane E., 2009, Résilience des agriculteurs à la crise cotonnière et viabilité des exploitations agricoles en Centrafrique. Journées d'étude sur «Les ruraux centrafricains, entre dynamiques de marginalisation et stratégies d'adaptation: état des lieux, états des savoirs», Université de Bangui, Centrafrique, du 11 au 12/05/09, 10 p.
10. Meuriot V., 2007, Statistiques et économétrie. CIRAD-MOISA, Montpellier, 54 p.
11. Napier T.L., Napier A.S. & Turcker M.A., 1991, The social, economic and institutional factors affecting adoption of soil conservation practices: the asian experience. *Soil Tillage Research*, 20, 365-382.
12. Nowak P.J. & Korsching P.J., 1983, Social and institutional factors affecting the adoption and maintenance of agricultural BMPs. In: Schaller F. and Bailey H. (Eds), *Agricultural Management and Water Quality*. Iowa State University Press, Ames, IA, pp. 349-373.
13. Ouedraogo S.R., 2003, Déterminants économiques, sociodémographiques et institutionnels de l'adoption et de l'intensité d'utilisation de la culture attelée dans le Centre-Nord du Burkina Faso. *Annales de l'Université de Ouagadougou, Série B*, 001, 103-137.
14. Varian H.R., 2006, *Analyse microéconomique*. De Boeck, 6^e éd., Bruxelles, 824 p.

E. Mbéti-Bessane, Centrafricain, Docteur en Economie, Chef de département des sciences économiques à l'Université de Bangui, Chercheur au Pôle régional de recherche appliquée au développement des systèmes agricoles d'Afrique centrale.

Consentement à payer les biopesticides: une enquête auprès des maraîchers du littoral au sud-Togo

K. Yovo*

Keywords: Willingness to pay- Biopesticides- Vegetables producers- Togo

Résumé

La présente étude a évalué le consentement des maraîchers à payer les biopesticides comme une alternative plus viable que les pesticides chimiques. Il ressort de l'évaluation contingente que pour acquérir les biopesticides les maraîchers consentent à payer une prime de 18 à 22% par rapport au prix du Decis, un insecticide chimique parmi les plus chers et les plus utilisés en maraîchage dans le littoral. Le recours au modèle Tobit a révélé que parmi les facteurs qui affectent la décision des maraîchers, l'information et la taille des exploitations semblent jouer un rôle crucial. Compte tenu du faible niveau de la prime que les maraîchers consentent à payer et des caractéristiques actuelles des exploitations, l'introduction des biopesticides dans leur système cultural, pourrait conduire à un succès mitigé en l'absence d'un cadre incitatif approprié.

Summary

Willingness to Pay for Biopesticides: A Survey of Vegetables Producers in the South Coast of Togo

The actual study assessed the willingness to pay for biopesticides by vegetables producers in coastal Togo as more sustainable alternatives than chemical pesticides. Through contingent valuation, it appeared that for purchasing biopesticides, producers are willing to pay a premium of 18-20% base on the price of Decis, the chemical pesticides among the most expensive and the most used in coastal vegetable production in Togo. The Tobit model revealed that among factors affecting vegetables producers' decision making process, information and the farm size play a crucial role. Given the low level of the premium that vegetables producers are willing to pay and the current characteristics of the farm, the introduction of biopesticides within their cropping system, could lead to mitigated success in the absence of an appropriate incentive framework.

Introduction

Il est aujourd'hui reconnu que l'utilisation sans cesse croissante des pesticides chimiques en agriculture, et particulièrement en maraîchage, constitue un sérieux problème de santé publique en raison de la teneur de plus en plus appréciable des résidus dans les légumes produits et consommés dans les zones urbaine et péri-urbaine de l'Afrique de l'Ouest. C'est ce qui ressort du nombre de rapports sur l'utilisation des pesticides chimiques en Afrique de l'Ouest (2, 12, 16). Le danger est d'autant plus crucial que plusieurs producteurs utilisent clandestinement des organochlorés prohibés et des produits qualifiés de produits organiques persistants (POPs) pour le traitement des légumes consommés crus et dont le cycle végétatif n'excède guère trois mois. Ces inquiétudes sont renforcées par la perception négative et le désaveu de plus en plus persistants des consommateurs urbains et péri-urbains à l'égard des légumes traités aux pesticides chimiques (2, 16). Les options alternatives aux pesticides chimiques notamment, la lutte intégrée, la lutte biologique et récemment l'utilisation de plantes transgéniques ont réellement connu qu'un succès certain, surtout dans les pays en développement

(6). L'attention, aujourd'hui, semble se porter sur l'utilisation des biopesticides comme une alternative plus viable que les pesticides chimiques. Ce vocable désigne les pesticides d'origine biologique, c'est-à-dire des organismes vivants ou substances d'origine naturelle synthétisée par ces derniers et plus généralement tout produit de protection des plantes qui n'est pas issue de la chimie¹ (14).

Plusieurs raisons justifient le choix des biopesticides: ils restreignent ou éliminent l'utilisation des pesticides chimiques, sont moins toxiques que les pesticides chimiques, diminuent les risques de développer de la résistance, ont une plus grande spécificité d'action. Par ailleurs, ils améliorent la qualité de vie des travailleurs agricoles, n'exigent pas de délai requis avant récolte, offrent aux consommateurs des produits sains qui ont une meilleure presse auprès des consommateurs. Ils se dégradent rapidement diminuant ainsi le risque de pollution. De plus l'utilisation des biopesticides offre aux pays du Sud la possibilité de produire des produits bios respectant les normes de Limite Maximale de Résidu (LMR) requises aux produits agricoles exportés

¹ La plupart des biopesticides existants présentent des propriétés insecticides. Ce sont surtout les produits à base de souches bactériennes de *Bacillus thuringiensis* (bacille de Thuringe) qui se taillent la «part du lion» avec une part d'environ 75% du marché des biopesticides.

*Ecole Supérieure d'Agronomie, Université de Lomé, BP. 1515, Lomé, Togo. Téléphone mobile: 909.59.20 Téléphone fixe: 225.41.97 Email: koffiyovo@yahoo.fr
Reçu le 05.02.10 et accepté pour publication le 27.04.10.

sur le marché européen. En raison de ces avantages, on peut penser que le recours aux biopesticides est une option viable et devrait être choisie par les producteurs pourvu qu'ils soient disponibles. Toutefois, ces avantages fussent-ils réels, ne suffisent pas pour préjuger de l'adoption des biopesticides par les producteurs car leur utilisation comporte aussi des inconvénients: ils sont sélectifs et ont une action moins drastique que celle des pesticides chimiques. Par-dessus tout, ils sont plus chers que ces derniers. Au Togo, en dehors des extraits de plantes (macérée de feuilles et/ou grain de Neem, de tabac), l'utilisation des biopesticides conventionnels est quasi-inexistante. Le Ghana et dans une moindre mesure le Bénin ont déjà acquis une certaine expérience en matière de l'utilisation des biopesticides (5). Le Togo entend s'inspirer de l'expérience de ces voisins immédiats pour introduire les biopesticides en maraîchage.

La présente étude essaie d'évaluer les chances du succès de l'introduction des biopesticides dans le système de culture maraîchère au sud Togo. En d'autres termes, les producteurs de légumes au Togo, consentent-ils à payer une prime pour acquérir les biopesticides ? Si oui, combien seraient ils prêts à payer pour les acquérir? Quels sont les facteurs socio-économiques qui déterminent le consentement des producteurs de légumes à payer les biopesticides?

Méthodologie

En vue de déterminer le consentement des maraîchers à payer les biopesticides et les facteurs susceptibles d'affecter ce dernier, une enquête a été menée auprès de 310 maraîchers produisant des légumes le long du littoral entre Lomé, la capitale et Aneho, une ville côtière située à 43 km à l'Est de Lomé. Cette bande concentre la majorité des maraîchers qui ravitaillent les deux villes, Lomé et Aného en légumes. Les 310 maraîchers ont été sélectionnés suivant la méthode d'échantillonnage empirique basé sur la méthode des itinéraires, étant donné la non disponibilité d'une base de sondage. Elle a consisté à choisir les maraîchers en respectant l'itinéraire de Lomé à Aného. Suivant cet itinéraire, tous les maraîchers accessibles étaient enquêtés. En cas d'absence ou de refus d'un maraîcher à un point, l'enquêteur passe au maraîcher suivant.

Pour prédire la capacité financière des maraîchers à acquérir les biopesticides, il est procédé, comme le recommande la littérature, à une évaluation contingente consistant à construire un marché hypothétique à travers lequel on apprécie le montant maximal que les consommateurs consentent à payer (CAP) pour acquérir le bien contingent. Le montant

sera d'autant plus élevé que les consommateurs apprécieront les bénéfices environnementaux liés à l'utilisation du bien environnemental (4, 8, 10, 11). Dans le cas d'espèce, il est demandé aux maraîchers (consommateurs de biopesticides) la prime dont ils sont prêts à payer par rapport au Deltaméthrine² pour acquérir les biopesticides.

Suivant les recommandations de Arrow *et al.* (3) visant à rendre les résultats crédibles, le biopesticide qui est ici le bien contingent est clairement décrit au maraîcher. Puis deux scénarii lui sont présentés: 1) lorsqu'on suppose que le biopesticide augmentera le niveau actuel du rendement physique entre 10 et 25% toutes choses étant égales par ailleurs; 2) lorsqu'on suppose que le biopesticide améliorera la qualité des légumes, ce qui augmentera leur demande domestique et facilitera leur exportation.

Une fois le consentement à payer (CAP) déterminé, il a été procédé à l'identification des déterminants du CAP grâce à l'estimation d'un modèle Tobit. De manière générale, le modèle Tobit³ s'écrit:

$$Y_i^* = X_i\beta + \varepsilon_i$$

$$Y_i = Y_i^* \text{ si } Y_i^* > 0$$

et 0 dans le cas contraire.

Comme pour les modèles à variables qualitatives binaires, le modèle Tobit définit une variable Y_i^* , la valeur latente du CAP et Y_i , la valeur observée, X_i est le vecteur des variables socio-économiques et ε_i , le terme d'erreur supposé normalement distribué.

Résultats et discussion

1. Evaluation du consentement à payer les biopesticides

Suivant le scénario 1, il ressort que 93% des 310 maraîchers sont disposés à utiliser des biopesticides pour la protection de leurs légumes et 67% sont prêts à payer une prime pour ce type de pesticide si ce dernier permet un accroissement du rendement de 10 à 25%. La prime moyenne que le producteur est prêt à payer est de 1.672 FCFA, soit un montant additionnel de 17,7% du prix actuel du pesticide chimique le plus utilisé, qui est le Decis (Tableau 1). Il convient de remarquer que le calcul du CAP moyen n'a pas pris en compte les zéros, c'est-à-dire le montant des non consentants, c'est ce qui explique que les valeurs minimales ne sont pas nulles. Par ailleurs, le prix du Decis a varié selon les sources d'approvisionnement et les sites d'enquête avec une moyenne qui se chiffre 9.421 FCFA.

Suivant le scénario 2, les producteurs sont prêts à payer une prime moyenne de 2.018 FCFA, soit un accroissement de 22% du prix actuel du pesticide

² Le Deltaméthrine est l'un des pesticides les plus chers et les plus utilisés en maraîchage. Il est commercialisé sous divers noms commerciaux notamment le Decis ou le Deltacal

³ Il s'agit d'un modèle Tobit censuré étant donné que l'échantillon comporte des observations pour lesquelles la valeur de la variable dépendante (le CAP) est nulle.

Tableau 1
Consentement des producteurs à payer les biopesticides

	Scénario 1			Scénario 2		
	Effectif des répondants	Prix moyen (FCFA/L)	Ecart-type	Effectif des répondants	Prix moyen (FCFA/L)	Ecart-type
Prix du Decis	228	9421	1688	288	9421	1688
CAP biopesticide	210	11093	2033	205	11439	2025
Prime (FCFA)		1672			2018	
Prime (%)		17,7			22	

Source: Données d'enquête auprès des maraîchers.

chimique le plus utilisé, le Decis.

Au total, sur les 310 maraîchers, 93% consentent à payer une prime pour acheter des biopesticides, des alternatives plus viables que le Decis. Parmi ces derniers, en moyenne, 64% ont déclaré des montants correspondant à une prime variant entre 1.672-2.018 FCFA, soit une augmentation de 18 à 22% par rapport à l'actuel prix du Decis. Ces primes sont modestes, ce qui n'est pas surprenant car le pouvoir d'achat des maraîchers s'est beaucoup dégradé du fait de la hausse du prix des insecticides ces dernières années. Par ailleurs, le scénario 2 semble indiquer que les maraîchers seraient beaucoup plus motivés lorsque le nouveau pesticide leur permettrait d'améliorer la qualité des légumes en vue de leur exportation.

Au Ghana, Al-Hassan et Jatoe (2), au moyen des questions ouvertes, ont obtenu des valeurs de CAP relatives à l'achat du Dipel ou du Biotite⁴ variant entre 6,75 et 7,88 \$US soit l'équivalent de 3.376 et 3.942 FCFA avec des scénari identiques. Nos CAPs moyens sont compris entre 11.093 et 11.439 FCFA. Par ailleurs, Coulibaly *et al.* (5) avec les mêmes scénarii ont obtenu pour les mêmes biopesticides des valeurs du CAP comprises entre 7-8 au Ghana et 8-9 \$US au Bénin, ce qui correspond à des primes respectives comprises entre 43-53% et 43-57% par rapport au prix unitaire du Dipel⁵ qui est de 5,18 \$US au Bénin et de 5,75 \$US au Ghana. La différence entre nos valeurs et celles obtenues par Al-Hassan et Jatoe (2) d'une part et Coulibaly *et al.* (5) d'autre part, s'explique par les différents niveaux des prix d'ancrage liés à la nature des biens de référence choisis. Le constat est que notre prix d'ancrage, celui du Decis, est relativement plus élevé. Toutefois, de l'avis des importateurs privés des produits phytosanitaires au Togo, les CAP déclarés sont assez modestes pour préjuger d'une réelle adoption des biopesticides par les maraîchers. L'implication de ce résultat est que les pouvoirs publics doivent créer des conditions d'incitation à l'adoption des biopesticides. Le soutien public pourra consister en une subvention des biopesticides en vue de les rendre plus accessibles aux maraîchers. La probabilité de la mise en œuvre de cette première

solution est toutefois faible compte tenu de la précarité actuelle des finances publiques. Une solution de remplacement serait de créer un cadre incitatif approprié au commerce des biopesticides. Il s'agira de mettre en œuvre une batterie de mesures notamment la gratuité de l'homologation et l'exonération fiscale sur l'importation des biopesticides. A ces mesures, il convient d'ajouter l'amélioration des systèmes de distribution et d'acquisition des biopesticides. Par exemple, on pourra aider les unions de groupements de maraîchers à s'organiser en vue des commandes groupées.

2. Analyse des déterminants du consentement à payer les biopesticides

Le tableau 2 donne les statistiques descriptives des variables socio-économiques susceptibles d'affecter le consentement à payer des maraîchers. Il ressort de la lecture du tableau que 80% des exploitants sont des hommes. L'âge moyen des maraîchers est de 41 ans. Ils sont pour la plupart mariés avec environ 7 personnes à charge. Ils ont un niveau d'éducation formelle équivalent au cours moyen. Vingt-deux pour cent seulement reçoivent au moins une visite par an des agents de vulgarisation. Les exploitations ont une taille moyenne de 568 m² soit approximativement l'équivalent de 6 ares. Le maraîchage constitue leur principale source de revenu néanmoins. Au moins 18 sortes de légumes y sont produits dont les plus importants sont: le *Adémé*, le *Gboma* qui sont les légumes traditionnels, la laitue, le chou et la carotte qui sont des légumes exotiques. Vingt et un pour cent des maraîchers disposent d'autres sources de revenu telles que le commerce et l'artisanat. Les maraîchers pour la plupart (71%) n'ont jamais entendu parler de biopesticide et 82%, n'ont jamais fait usage d'extrait végétal ou de biopesticide. Toutefois 43% des maraîchers estiment que les pesticides chimiques couramment utilisés sont devenus peu efficaces. Vingt-cinq pour cent seulement des maraîchers sont conscients que les légumes traités avec les pesticides peuvent contenir des résidus qui affectent la santé humaine et même, certains des maraîchers affirment ressentir de malaise après un exercice de traitement.

⁴ Le Dipel et le Biotite sont des biopesticides en expérimentation au Ghana et au Bénin.

⁵ Etant en expérimentation, le prix du Dipel et celui du Biotite sont subventionnés.

Tableau 2
Définition des variables explicatives potentielles du CAP et résultats descriptifs, N= 310

Variables	Description des variables	Moyenne	Ecart-type
Genre	Variable muette =1 si homme 0= si femme	0,80	0,38
Age	Age de l'exploitant: Nombre d'années	41,06	9,00
Age1	1 si l'âge de l'exploitant est supérieur à la moyenne de 41 ans et 0 sinon	0,54	0,02
Statut	Variable muette =1 si marié, 0=sinon	0,88	0,20
Dependant	Nombre de dépendants à la charge de l'exploitant	6,57	4,26
Taille	Taille de l'exploitation en m ²	568	32,34
Education	Variable muette =1 si l'exploitant a eu une scolarité supérieure à 6 années, 0 sinon.	0,36	1,10
Vulgarisation	Variable muette =1 si l'exploitant reçoit au moins une visite par an des agents de vulgarisation et 0 sinon	0,22	0,57
Revenu extra	Variable muette =1 si l'exploitant a une source de revenu autre que le maraîchage et 0 sinon.	0,21	0,13
Usage bio	Variable muette =1 si l'exploitant a une fois fait usage d'un extrait végétal ou d'un biopesticide et 0 sinon	0,18	0,39
Inefficacité	Variable muette =1 si l'exploitant perçoit que les pesticides chimiques courants sont devenus peu efficaces et 0 sinon	0,43	0,18
Info bio	Variable muette =1 si l'exploitant a une fois entendu parler de biopesticide et 0 sinon.	0,29	0,10
Résidu	Variable muette =1 si l'exploitant est conscient que les légumes traités aux pesticides peuvent contenir des résidus qui affectent la santé humaine et 0 sinon.	0,25	0,14
Environnement	Variable muette =1 si l'exploitant est conscient que l'utilisation des pesticides chimiques dégrade l'environnement et 0 sinon.	0,22	0,10

Source: Données d'enquête auprès des maraîchers.

Enfin, 22% seulement sont conscients que l'utilisation des pesticides chimiques dégrade l'environnement.

Le tableau 3 résume les résultats d'estimation du modèle Tobit estimé. Il ressort de la lecture du tableau que le modèle estimé est globalement significatif

Tableau 3
Résultats de l'estimation du modèle Tobit

Variables	Coefficients	T-ratio	Effets marginaux
Genre	0,98	4,28***	0,21
Age	0,02	0,92	-
Age1	- 1,20	- 1,97*	-0,11
Statut	0,14	1,07	-
Dépendant	0,02	0,84	-
Taille	0,23	2,11**	0,32
Education	0,05	2,19**	0,07
Vulgarisation	- 0,05	- 0,11	-
Revenu extra	0,35	1,01	-
Usage bio	0,19	1,92*	0,04
Info bio	1,05	3,22***	0,23
Résidu	0,25	0,65	-
Inefficacité	0,11	0,98	-
Environnement	0,67	0,30	-
Constante	- 1,05	- 1,19	-
LogL			- 180,73
LR chi2			34,25
Prob>chi2			0,00
Pseudo R2			0,37
Pourcentage de bonne prédiction			0,74

Source: Données d'enquête auprès des maraîchers.

*** significatif à 1% ** significatif à 5% * significatif à 10%

c'est-à-dire que les variables explicatives expliquent dans une proportion importante le consentement à payer les biopesticides. En effet, la statistique du ratio du Log de vraisemblance, est significative au seuil de 1%. De même le pseudo R^2 et le pourcentage de bonne prédiction sont à des niveaux acceptables et conformes aux résultats obtenus par d'autres études (9, 13)

L'estimation du modèle Tobit a fait apparaître au total six variables significatives. Il s'agit des variables Genre, Age1, Taille, Education, Usage bio et Info bio. Les signes des estimations de toutes les variables sont conformes aux prévisions.

Le genre est un facteur significatif en matière de décision d'adopter les biopesticides. Les résultats indiquent qu'en passant du groupe cible féminin au groupe cible masculin, on accroît la probabilité de la disposition à payer de 21%. Certaines études menées dans la même région (7) ont mentionné des effets contraires où les femmes semblent être plus concernées par les questions environnementales. Le cas d'espèce traduirait simplement le fait que les hommes ont plus de responsabilité que les femmes. Chefs de ménage, et parfois polygames, ils sont garants de la subsistance du ménage et demanderaient plus à l'agriculture que les femmes. Ils seraient donc plus enclins à rechercher l'information, à l'obtenir et à adopter les technologies susceptibles d'accroître leurs revenus.

L'âge est un facteur intrinsèque à l'exploitant qui influence positivement le CAP. Les maraîchers âgés de moins de 41 ans, l'âge moyen de l'échantillon, sont plus enclins à adopter les biopesticides que les maraîchers plus âgés. Ce résultat n'est pas contre intuitif car les jeunes sont souvent considérés comme ayant une très grande prédisposition à l'adoption d'innovations, plus flexibles aux nouvelles idées, plus de dynamisme dans la recherche de l'information et ayant moins de l'aversion pour le risque. On ne sait pas clairement quelles limites supérieures peuvent être fixées à ce niveau d'âge. Si pour Polson et Spencer (13), cet âge peut se situer entre 20 et 50 ans, Akinola (1), Voh (15), par exemple, tout en reconnaissant que les paysans plus vieux sont moins enclins à essayer de nouvelles pratiques culturales, n'ont pas pu spécifier un niveau d'âge seuil. Cela peut être dû au fait qu'en Afrique au sud du Sahara, dans les ménages à vocation agricole, les enfants entrent très jeunes dans l'activité agricole et sont amenés à prendre des décisions très tôt dans la vie. Dans le cas d'espèce, il s'agit en fait des jeunes déscolarisés qui faute de support se sont vus contraints à embrasser très tôt la carrière de leurs parents. Une implication de ce résultat est que les exploitants plus jeunes et « progressistes » devraient constituer la première cible des services de vulgarisation impliqués dans la diffusion des biopesticides.

Concernant l'éducation formelle, son effet sur la probabilité du consentement à payer des maraîchers n'est pas négligeable. Le passage du groupe de maraîchers moins instruit au groupe plus instruit accroît la probabilité de la disposition à payer de 7%. Cet effet positif est conforme aux attentes car l'éducation, un indicateur du capital humain, devrait permettre aux maraîchers de mieux percevoir la supériorité des avantages des biopesticides sur ceux des pesticides chimiques.

Les autres variables déterminantes dans le processus de prise des maraîchers sont Usage bio et Info bio. Le fait que le maraîcher ait une fois fait usage d'un extrait végétal ou qu'il est ait une fois entendu parler de biopesticide est déterminant pour son consentement, parce que l'expérience et l'information lui permettent d'avoir une représentation plus ou moins exacte du bien contingent.

La taille des exploitations a un effet positif significatif sur les montants déclarés par les maraîchers. Toutes choses étant égales par ailleurs, lorsque la taille de l'exploitation augmente de 100 m², la disposition à payer augmente en moyenne de 32%. Ce résultat concorde avec plusieurs études qui ont montré de façon générale que les grandes exploitations sont plus aptes à l'adoption de nouvelles technologies par rapport aux petites exploitations parce que, à prime abord, la dimension de l'exploitation est un indicateur de richesse économique, ensuite avec la taille, l'échelle de production fait baisser les coûts moyens fixes d'adoption (13).

Les variables comme Résidu, Environnement et Vulgarisation ne se sont pas avérées déterminantes dans la décision des producteurs. Cela montre que les questions de santé des consommateurs ni celles de la préservation de l'environnement ne constituent des préoccupations immédiates chez les maraîchers. La raison, comme le révèlent les statiques descriptives, est qu'ils sont peu conscients des dangers liés à l'utilisation des pesticides chimiques. Par conséquent, les pouvoirs publics doivent intensifier les actions de sensibilisation basées sur les méthodes proactives à l'endroit des maraîchers.

Au total, parmi les facteurs qui affectent la décision des maraîchers, la variable information et taille des exploitations semblent jouer un rôle crucial dans le processus de prise de décision des maraîchers. Ce résultat interpelle le pouvoir public pour la mise en place d'un système d'information sur les biopesticides. Compte tenu de la sous information des maraîchers, les messages à diffuser doivent mettre l'accent sur l'avantage des biopesticides et les risques liés à l'utilisation de pesticides chimiques. Les résultats suggèrent également que les avantages de la sensibilisation seraient maximisés si l'on ciblait dans un premier temps compte tenu du profil des adoptants, les jeunes maraîchers instruits, du sexe masculin, ayant une fois fait usage d'un extrait végétal et disposant des exploitations de taille non négligeable. Avec le temps, les autres pourraient ajuster leurs ressources productives limitées ou se défaire des vieilles habitudes culturales pour s'approprier de la technologie, à mesure qu'ils se rendent compte des avantages y afférents.

Conclusion

Les normes de Limite Maximale de Résidu (LMR) requises sur les marchés d'exportation et le désaveu de plus en plus persistant des consommateurs urbain et péri-urbain à l'égard des légumes traités aux pesticides chimiques contraignent les producteurs des pays en développement à restreindre l'utilisation de ces derniers en production maraîchère. La présente étude menée au Togo a évalué le consentement des maraîchers à payer les biopesticides comme des alternatives plus viables que les pesticides chimiques et les facteurs susceptibles d'affecter ce consentement. Il ressort de l'évaluation contingente que les CAP déclarés sont assez modestes pour préjuger d'une réelle adoption des biopesticides par les maraîchers.

S'agissant des déterminants du CAP, les facteurs information et taille des exploitations semblent jouer un rôle crucial dans le processus de prise de décision des maraîchers.

Ces résultats suggèrent de la nécessité d'un soutien public à travers la création d'un cadre incitatif approprié à l'adoption des biopesticides et de la mise en place

d'un système d'information sur les biopesticides. Ces actions devraient constituer des préalables à la vulgarisation des biopesticides auprès des maraîchers du sud Togo. Etant donné le faible niveau des CAP

et la faible taille des exploitations, l'introduction des biopesticides auprès des maraîchers, en l'état actuel de leur système cultural, pourrait conduire à un succès mitigé.

Références Bibliographiques

1. Akinola A.A., 1987, An application of probit analysis to adoption of tractors hiring service scheme in Nigeria. *Oxford Agrarian studies*, 17, 0-82.
2. Al-Hassan R. & Jatoo J.D., 2005, Socioeconomic study of pesticides in Ghana, implications for development of biopesticides. Draft Final Report, Department of Agricultural Economy and Farm Management, University of Ghana, Legon, Ghana. 47 p.
3. Arrow K., Solow R., Portney P.R., Leamer E.E., Radner R. & Schuman H., 1993, Report of the NOAA panel on contingent valuation, Technical report, n° 58, January, pp.1601-1614.
4. Bonniex F., 1998, Principes, mise en œuvre et limites de la méthode d'évaluation contingente. *Études et Recherches en Économie Publique*, n° 1, IDEP, pp. 2-49.
5. Coulibaly O., Cherry A.J., Nouhoheflin T., Aitchedji C.C. & Al-Hassan R., 2006, Vegetable producer perceptions and willingness to pay for biopesticides. *Journal of Vegetable Science*, Vol.12, 27-41.
6. Deguine J. & Ferron P., 2006, Protection des cultures, préservation de la biodiversité, respect de l'environnement. *Cahiers d'études et de recherches francophones/Agricultures*. Vol 15, 307-311.
7. Edjabou M., 2007, Analyse économique de la gestion des ressources naturelles au Togo: cas des ceintures vertes dans l'AVE. Mémoire d'Ingénieur Agronome, ESA, Université de Lomé. 48-50.
8. Gouriéroux C., 1998, Aspects statistiques de la méthode d'évaluation contingente, *Études et Recherches en Économie Publique*, n° 1, 91-124.
9. Guerin O., 2007, Modèle Tobit: l'intérêt de la spécification de Cragg. Une application à la politique de couverture du risque de taux d'intérêt des collectivités territoriales françaises. Centre de Recherche sur l'Entreprise Familiale et Financière (C.R.E.F.F.), IAE Bordeaux, pp.1-12.
10. Hanemann W.M., 1991, Willingness to pay and willingness to accept: how much can they differ? *American Economic Review*, vol. 81, 635-647.
11. Luchini S., 2002, De la singularité de la méthode d'évaluation contingente. *Economie et statistiques*, pp. 357-358.
12. Maty B.D., 2004, Urban and periurban horticulture and livestock activities in the Dakar region: situations and constraints. *Cahiers d'études et de recherches francophones/ Agricultures*. Vol. 13, 39-49.
13. Polson R.A. & Spencer D.S.C., 1992, Le processus d'adoption de technologies chez les petits agriculteurs: le cas du manioc dans le sud-ouest du Nigeria. *La recherche à l'IITA N°5*, 12-177.
14. Rochefort S., Lalancette R., Labbe R. & Brodeur J., 2006, Recherche et développement de biopesticides et pesticides naturels à faible toxicité pour les organismes non ciblés et respectueux de l'environnement. Rapport final, Projet PARDE, Volet Entomologie, Université Laval. Pp.10-28.
15. Voh J.P., 1982, A study of factors associated with the adoption of recommended farm practices in a Nigeria village. *Agricultural Administration*, 9, 17-29.
16. Yovo K. & Sedzro K., 2007, Etude de la sous-filière maraîchère: perception des risques liés à l'utilisation des pesticides chimiques par les producteurs et consommateurs de légumes. Rapport de recherche ITRA/CORAF/IITA., ITRA, Lomé, 210 p.

K. Yovo, Togolais, Docteur en Economie Rurale, Enseignant Chercheur au Département d'Economie et de Sociologie Rurales, Ecole Supérieure d'Agronomie /Université de Lomé. BP: 1515 Lomé, Togo. Téléphone mobile: 909.59.20 Téléphone fixe: 225.41.97 E-mail: koffiyovo@yahoo.fr

Désertification des parcours arides au Maroc

H. Mahyouh^{1,2*}, B. Tychon¹, R. Balaghi³, J. Mimouni² & R. Paul⁴

Keywords: Arid rangeland- Desertification- Indicators- Surveillance- Morocco

Résumé

Les terres de parcours naturels arides du Maroc sont des écosystèmes avec une végétation naturelle ou semi naturelle composée de steppes, d'arbustes et de prairies. Elles représentent 82% de la superficie des terres arides marocaines. Ces terres offrent des moyens de subsistance à des milliers de personnes et protègent le pays d'une désertification rapide. Malgré l'importance de ces zones fragiles, il est étonnant qu'il n'y ait, à ce jour, aucune évaluation globale de leur état et de leur évolution, entravant ainsi tout plan d'aménagement ou de lutte contre la désertification. Toutefois, les informations disponibles sur certaines zones pilotes montrent que ces terres sont menacées par la désertification. Ce phénomène agit grandement sur la perte de la biodiversité végétale et contribue, en outre, aux changements climatiques. Les causes principales de la dégradation sont les actions anthropiques qui sont accentuées par le climat. La mise en place d'un système de surveillance global basé sur de la télédétection spatiale, des données biophysiques et socio-économiques, doit être envisagée pour fournir aux décideurs un outil opérationnel adapté du suivi spatio-temporel de la désertification.

Summary

Desertification of Arid Rangelands in Morocco

Rangeland or natural arid pastures of Morocco are ecosystems where there is a natural or semi-natural vegetation composed of steppes, shrubs and grassland. They cover about 82% of the Moroccan arid lands. These areas represent livelihoods for thousands of people and protect the country from desertification. Despite the importance of the rangelands and the threat of desertification, it is surprising that up to date there is no comprehensive assessment of their condition and their evolution, hindering any plan for desertification alleviation. However, the available information on selected pilot areas shows that these rangelands are threatened by desertification. It's associated with biodiversity loss and contributes to climate change. The leading causes of land degradation are the human actions combined with climate. The establishment of a comprehensive surveillance system based on remote sensing, biophysics and socio-economic data must be envisaged to provide policymakers with an operational tool adapted to the spatio-temporal monitoring of desertification.

Introduction

Au Maroc, les terres de parcours correspondent à des écosystèmes portant une végétation naturelle ou semi naturelle composée de steppes, arbustes et prairies, utilisés essentiellement pour la production animale, le climat et le sol étant très défavorables pour l'agriculture. La plupart de ces terres se trouvent dans les zones arides et semi-arides (54% du territoire). Elles se situent dans les régions où les isohyètes sont inférieures à 600 mm/an (11). Ces terres sont classées en trois sous-types d'aridités: hyperaride, aride, semi-aride respectivement pour des zones situées dans les isohyètes inférieures à 100, 100-400 et 400-600 mm (16). Le niveau d'aridité typique pour chacun de ces sous-types est défini par un indice d'aridité correspondant au rapport entre les précipitations annuelles moyennes et l'évapotranspiration potentielle annuelle moyenne. La suite du texte ne considérera plus que les deux zones arides et semi-arides qui

seront reprises sous le terme unique de zone aride (Figure 1, encadré dans la partie supérieure droite de la figure). Ces terres de parcours offrent des moyens de subsistance à des milliers de personnes et protègent le pays d'une désertification rapide.

Le terme désertification désigne la dégradation des terres dans les zones arides, semi-arides et subhumides sèches par suite de divers facteurs, parmi lesquels les variations climatiques et les activités humaines (29). En ce sens, la dégradation des terres désigne la diminution ou la disparition, dans les zones susmentionnées, de la productivité biologique ou économique des terres cultivées non irriguées, des terres cultivées irriguées, des parcours, des pâturages, des forêts ou des surfaces boisées, du fait de l'utilisation des terres ou d'un ou de plusieurs phénomènes tels que l'érosion des sols causée par le vent et/ou l'eau, la détérioration des sols et la

¹Faculté des Sciences, Université de Liège (ULg). Campus Arlon. Département Sciences et Gestion de l'Environnement. Avenue de Longwy, 185 - B-6700 Arlon. mahyouh@yahoo.com; bernard.tychon@ulg.ac.be

²Centre Régional de la Recherche Agronomique. Oujda. INRA Maroc B.P 428. jmimouni@yahoo.com

³INRA, Département de l'Environnement et des Ressources Naturelles, Division Scientifique. Avenue de la Victoire, BP 415, Rabat RP, Maroc. riad.balaghi@gmail.com

⁴Université de Liège, (GxABT ex FuSAGx), Laboratoire de toxicologie environnementale, 2, Passage des Déportés, 5030 Gembloux, Belgique. paul.r@fsagx.ac.be

Reçu le 12.11.09 et accepté pour publication le 26.04.10.

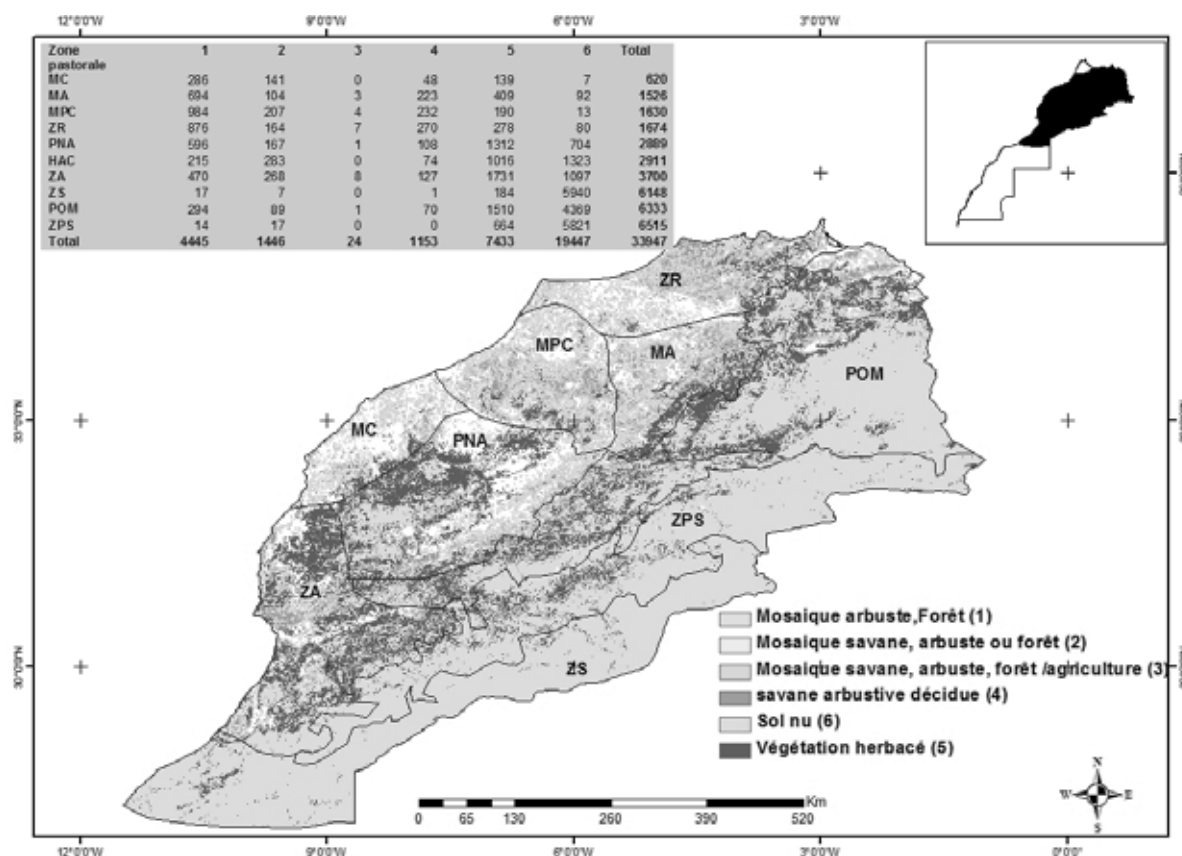


Figure 1: Occupation du sol des terres de parcours par zone pastorale (en 1000 ha) dans la zone aride du Maroc.
Données Sources: MARA (20) et Globcover for North Africa (14).

MC: Meseta Côtière, MPC: Zone de la Mamora et Plateau Central, RB: Zone Rifaine et ses Bordures, MA: Le Moyen Atlas de l'Arganier, ZS: Zone Saharienne, ZPS: Zones Présahariennes, POM: Plateaux de l'Oriental et Vallée de la Moulouya. PNA: Plateaux et Plaines Nord Atlasiques, HAC: Zone du Haut Atlas Central et Oriental, ZA: Zone

disparition à long terme du couvert végétal (29). Malgré l'importance des terres de parcours, la littérature sur leur état au Maroc est très controversée. Les documents officiels du gouvernement annoncent des chiffres alarmants sur le taux d'avancée du désert et sur les surfaces affectées par la désertification (26). D'autres sources, en revanche, annoncent que la désertification a été surévaluée depuis des décennies pour faciliter et justifier les politiques et les changements de lois qui sont systématiquement désavantageux aux populations locales et aux autres acteurs, causant ainsi des dommages à l'environnement (6). Etant donné le manque d'informations scientifiques cohérentes sur l'état des parcours au Maroc, la plupart des projets de développement des terres de parcours ont été mis en application en se basant principalement sur des opinions d'experts ou sur des sources secondaires. Cet article a pour but de présenter un aperçu sur la menace de la désertification qui pèse sur les terres de parcours marocaines, d'en déterminer les causes et d'en analyser les conséquences pour conduire à une proposition de surveillance spatio-temporelle à long terme.

Matériels et méthodes

L'approche utilisée s'articule sur la récolte et l'analyse de trois sources d'informations: les sources écrites

ou bibliographiques, les sources cartographiques géoréférencées et les sources statistiques ainsi que les données climatiques.

Sources bibliographiques: Il s'agit de réaliser une exploitation des documents officiels, des études et rapports existants au niveau national ou au niveau des zones pilotes sur la dégradation des parcours arides marocains. La bibliographie internationale et la documentation disponible sur d'autres régions similaires ont aussi été utilisées. Ces informations ont été exploitées de façon à explorer les processus de désertification des parcours arides, et à connaître les indicateurs, les causes et les outils de surveillance. Cette étape nous a permis l'élaboration d'une synthèse documentaire sur la désertification des parcours arides.

Sources cartographiques: Afin de compléter la documentation disponible, une base de données sous forme de Système d'Information Géographique (SIG) a été élaborée. Les principales sources utilisées en cartographie sont les limites administratives, la carte d'occupation du sol extraite à partir de Globcover (14), la carte des écosystèmes pastoraux marocains, la carte d'aridité et d'autres données auxiliaires. La carte digitale d'occupation des sols «Globcover», élaborée

en 2008, est l'unique référence, issue de la télédétection, à moyenne résolution spatiale publiée en la matière et qui intègre le Maroc dans sa zone de couverture. Toutefois, elle présente des limites concernant la réalité de la couverture végétale, notamment son incapacité à bien différencier le sol nu de la végétation naturelle dégradée comme en témoigne la classification de la zone des Plateaux de l'Oriental, surestimant très largement la part attribuée aux sols nus (23). Les différentes informations ont été intégrées dans un SIG puis traitées et analysées dans le but d'aider à expliquer le phénomène de désertification dans les zones arides marocaines. Les cartes thématiques disponibles sous format papier ont été scannées, puis digitalisées. Ces différentes cartes thématiques ont permis de délimiter les zones arides du Maroc, les différentes zones pastorales, l'occupation du sol des parcours arides par zone pastorale, l'état de dégradation ainsi que les statistiques correspondantes.

Sources statistiques et données climatiques: Les statistiques officielles sur les petits ruminants durant la période 1979-2006, ont servi de base de données pour l'analyse des tendances actuelles concernant la répartition du cheptel ruminant. Egalement, une analyse climatique a été réalisée en se basant sur des séries pluviométriques mensuelles qui s'étalent de 1979 à 2006.

Résultats et discussion

1. Etat actuel des terres de parcours arides

Au Maroc les terres de parcours se retrouvent sur dix zones pastorales (Figure 1) qui diffèrent les unes des autres par leurs compositions floristiques et leurs conditions édapho-climatiques (20).

L'analyse de la carte Globcover sur SIG montre que 82% de la superficie des zones arides est occupée par les terres de parcours (Tableau 1). Les principales espèces végétales sont citées dans la littérature en fonction des zones pastorales (3).

Les terres de parcours sont dominées essentiellement par les classes: sol nu, végétation herbacée, végétation arbustive décidue et mosaïque savane/ arbuste ou forêt. On constate que les terres de parcours désertifiées (classe «sol nu») représentent 57% de la superficie des terres de parcours arides

2. Les indicateurs de la désertification

Les indicateurs de désertification peuvent être divisés en trois grandes catégories: les indicateurs physiques, biologiques et socio-économiques. Le manque de publications sur tous ces indicateurs de dégradation au niveau des parcours arides nous amène à n'aborder dans cette partie que les indicateurs biologiques principalement ceux liés au végétal.

2.1. Réduction des surfaces et perte de la biodiversité végétale

La carte d'occupation du sol «Globcover» met en évidence l'étendue des parcours dégradés. Ainsi, les sols nus représenteraient 57% de la superficie des parcours des zones arides.

Les études récentes ayant trait à la dynamique de la végétation peuvent illustrer cette situation. En effet, l'analyse de deux images satellitaires Landsat TM, prises en 1988 et en 2000 dans le périmètre pastoral de Ain Béni Mathar au nord des POM, a permis d'estimer la perte annuelle des steppes alfatière (*Stipa tenacissima*) et à armoise blanche (*Artemisia herba alba*) à 3%, avec une tendance vers la disparition de l'armoise blanche (22).

Dans une autre étude (23), la comparaison de trois périodes (1970, 1988 et 2004), respectivement par une carte de végétation et deux images satellites Landsat, couvrant 700 000 ha dans le sud des POM, montre une réduction de la surface des steppes et un changement dans leur composition floristique. Les steppes alfatières et à armoise blanche sont remplacées par des espèces indicatrices de dégradation de la végétation, telles que *Noaea*

Tableau 1

Superficie et pourcentage des classes d'occupation du sol dans les zones arides du Maroc selon la carte Globcover 2008

Classe d'occupation du sol	Superficie (x1000 ha)	(%)
Agriculture	7264,4	17,4
Forêt dense	71,2	0,2
Ville	238,0	0,6
Eau	122,2	0,3
Mosaïque savane, arbuste, forêt (50-70%) / agriculture (20-25%)	4445,9	10,7
Mosaïque arbuste ou forêt (50-70%) / savane (20-50%)	1445,4	3,5
Mosaïque savane (50-70%) / arbuste ou forêt (20-50%)	24,2	0,1
Savane arbustive décidue	1153,2	2,8
Végétation herbacée (<15%)	7428,5	17,8
Sol nu	19463,9	46,7
Total	41656,9	100,0

Les zones pastorales les plus importantes en termes de superficie, notamment la zone saharienne (ZS), présaharienne (ZPS) et le Plateau de l'Oriental et la Vallée de la Moulouya (POM), sont les plus dégradées avec respectivement 97; 89 et 69%.

Tableau 2
Superficie désertifiée des terres de parcours arides

	Superficie parcours (x1000ha)	Surface désertifiée (x1000 ha)	(%)	Surface non désertifiée (x1000 ha)	(%)
Total	33961	19464	57	14497	43
ZS	6148	5940	97	208	3
ZPS	6515	5821	89	694	11
POM	6333	4369	69	1964	31
HAC	2911	1323	45	1588	55
ZA	3700	1097	30	2603	70
PNA	2889	704	24	2185	76
MA	1526	92	6	1434	94
ZR	1674	80	5	1594	95
MPC	1630	13	1	1616	99
MC	620	7	1	613	99

mucronata et *Peganum harmala*, ou laissent place à des sols nus. Les steppes à armoise blanche ont quasiment disparu et les steppes alfatières ont subi des pertes annuelles moyennes de 2,7 % (23).

2.2 Réduction de la productivité des parcours

Malgré l'importance de la productivité fourragère des parcours, les informations disponibles sur ce paramètre sont loin de rendre compte de la diversité des écosystèmes pastoraux, et encore moins de leur variabilité dans le temps, due aux conditions climatiques. L'évolution de la production n'est que rarement appréhendée sur un grand nombre d'années. Dès lors, il est difficile de dresser un tableau exhaustif des productions. Le manque de stations de mesures et de suivi des ressources pastorales est très marqué et les données disponibles dans la littérature correspondent le plus souvent uniquement aux pics de production des parcours (en avril, mai et juin).

La production était de 300-590 kilogrammes de matière sèche par hectare et par année (kg MS/ha/an), 240-600 kg MS/ha/an; 750-830; 590-883 et inférieure à 200 kg MS/ha/an, respectivement dans les zones présahariennes (ZPS), Zone du Haut Atlas Central et Oriental (HAC), Plateaux et Plaines Nord Atlasiques

(PNA), Meseta Côtière (MC) et Zone de l'Arganier (ZA) (19). Ces productions sont mentionnées à titre indicatif car les références sont anciennes et ne reflètent plus nécessairement la réalité actuelle.

Dans la zone POM, qui est la plus étudiée et qui est située sur des sols limoneux à argileux et sous une pluviométrie annuelle moyenne de 200 mm, la production oscille entre 10 et 100 kg MS/ha/an (17). L'analyse des données disponibles en 1970 (18), 1989 (2) et 2006 (17) montre une forte évolution de la variabilité de la production: d'un facteur de 1 à 27 pendant les années 1970, avec une moyenne élevée de 272 kg MS/ha/an, la production a varié d'un facteur de 1 à 20 en 1989, avec une moyenne de 156 kg de MS/ha/an, pour se réduire considérablement en 2006 où la production maximum a été à peine 10 fois supérieure au minimum pour une production moyenne très faible de 44 kg MS/ha/an.

Cette tendance est confirmée par les productions moyennes des steppes alfatières citées par plusieurs auteurs à différentes périodes (2, 12, 18, 21) (Figure 2). Avant 1990, La variabilité de la production était normale et suivait celle de la pluviométrie. A partir de 1990, on observe que la production diminue malgré

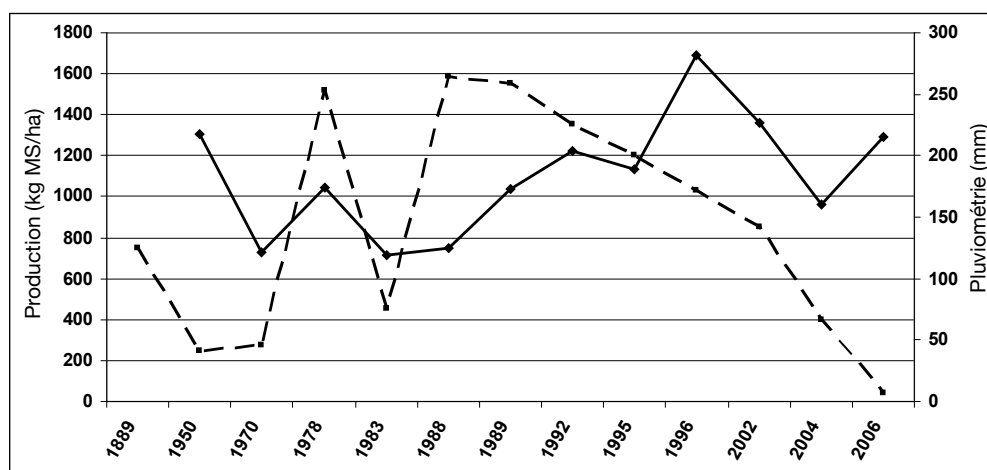


Figure 2: Variabilité interannuelle de la production des steppes alfatières (en kilogramme de matière sèche par hectare) et de la pluviométrie dans l'écosystème POM.

des années pluvieuses. Cette tendance régressive débouchera, à terme, sur des steppes à faible couvert végétal et à faible potentialité qualitative et quantitative. Ce type d'évolution a été noté ailleurs, comme conséquence de la dégradation des espèces pérennes (1).

Le recouvrement global aérien est généralement inférieur à 10 % dans la plupart des parcours (17). La production fourragère y varie entre 20 et 60 Unités Fourragères par hectare (21). L'apport des parcours dans le bilan fourrager du cheptel s'est fortement réduit, passant de 37% à 21% entre les périodes 1989 à 1992 et 2000 à 2003 (4).

3. Les causes de la désertification

La désertification des terres de parcours est causée par une combinaison de facteurs qui évoluent dans le temps: les facteurs indirects, tels que la croissance démographique, et les facteurs directs, comme les pratiques d'utilisation de ces terres et les changements climatiques.

3.1 Croissance démographique

De 1950 à 2004, la population marocaine a triplé (27) et les projections futures montrent qu'elle dépassera les 50 millions d'habitants en 2050 (5). La population urbaine représente actuellement 55% de la population totale, alors qu'elle ne représentait que 30% en 1960 (5, 27).

La croissance démographique semble être parmi les principales causes de dégradation des terres de parcours marocain en raison d'un changement dans le mode de consommation et une forte demande des produits issus des zones pastorales. La diminution de la population des zones pastorales, en raison de l'émigration interne et externe, s'est traduite par une tendance à la sédentarisation. On assiste à la disparition du libre accès aux parcours, et à une appropriation de ces terres conduisant à une surexploitation des ressources pastorales et une conversion des parcours en zones de culture.

3.2 Changements climatiques

Au Maroc, la pluviométrie saisonnière et annuelle des zones arides est fortement variable avec des coefficients de variation de la pluviométrie annuelle de 25 à 100% selon l'endroit (15). Ce sont surtout les précipitations printanières qui ont diminué (-40%), et les températures moyennes ont augmenté de 0,16 °C par décennie depuis les années soixante (7).

Les tendances futures, montrent, en général, une baisse des précipitations et une augmentation des températures au niveau national. La pluviométrie annuelle baissera de l'ordre de 20% d'ici 2050 et de

40% à l'horizon 2080. Cette chute affectera surtout les saisons pluvieuses notamment, l'automne et le printemps (13). Le réchauffement avoisinera 3 °C d'ici 2080 et atteindra même 5 °C dans certaines zones pastorales. Cet accroissement entraînera une augmentation de l'évapotranspiration de l'ordre de 20% d'ici 2050 et 40% à l'horizon 2080 (13). De même, il est tout à fait possible que les événements extrêmes, tels que les sécheresses prolongées et les pluies intensives, deviennent fréquents dans les terres de parcours arides (7). Ces tendances futures, conjuguées aux impacts déjà existants, vont entraîner une perte de la biodiversité des terres de parcours et augmenter leur vulnérabilité à la désertification.

3.3 Extension des zones de culture

Au Maroc, les terres de parcours ont, pour la plupart, un statut juridique collectif. La règle appliquée à ces terres, reprise du droit coutumier et inscrite dans le droit moderne, affirme que c'est l'appartenance au groupe ethnique (tribu, fraction, lignage..) qui ouvre le droit au parcours collectif (25).

La substitution progressive des entités administratives et élues aux organisations communautaires coutumières a entravé les règles communautaires régissant l'accès aux terres de parcours, au bénéfice des règles basées sur la propriété privée (25). L'expression la plus plausible de ce changement est l'accentuation du défrichement et l'extension des labours sur les terres de parcours dans le but de s'approprier individuellement ces terres.

Ainsi, la progression des terres de culture, avec une sédentarisation des familles, s'accélère. La comparaison entre les recensements généraux de l'agriculture de 1974 et 1996 et les statistiques officielles récentes du Ministère de l'Agriculture révèlent que la superficie cultivée au Maroc est passée de 7,2 à 8,5 puis à 9,2 millions, d'hectares notamment par le biais du défrichement des terres de parcours. Les superficies mises en cultures ont été multipliées par 5 et 14 respectivement dans le sud et le nord du POM en référence à l'année 1970, avec un rythme annuel de 500 ha et de 300 à 400 ha (9, 8). Cette conversion des parcours de façon anarchique en terres de cultures fait partie des principaux facteurs de dégradation et de conflits dans les zones pastorales. Elle joue un rôle clé dans la désertification par un surpâturage sur les terres non défrichées et une perte des sols par érosion éolienne et hydrique des terres mises en culture.

3.4 Surpâturage

La disparition progressive de la gestion des parcours par l'organisation communautaire traditionnelle a engendré l'émergence d'une situation de «tragédie

Tableau 3
Importance du cheptel par écosystème pastoral (moyenne 1979-2006)

Système	Nombre de têtes ovines (x1000)	Nombre de têtes caprines (x1000)
ZA	653,8	618,0
POM	2209,6	717,0
ZS	64,3	82,3
MA	1781,9	182,5
PNA	1792,4	426,3
MPC	1439,6	181,0
RB	760,3	495,6
ZPS	1074,7	923,1
HAC	752,4	624,8
MC	2067,6	93,8

MC: Meseta Côtière MPC: Zone de la Mamora et Plateau Central RB: Zone Rifaine et ses Bordures MA: Le Moyen Atlas PNA: Plateaux et Plaines Nord Atlasiques

HAC: Zone du Haut Atlas Central et Oriental ZA: Zone de l'Arganier ZS: Zone Saharienne ZPS: Zones Présahariennes POM: Plateaux de l'Oriental et Vallée de la Moulouya

Données Sources: Ministère de l'Agriculture, des Pêches Maritimes et du Développement Rural. 2007.

des communs» où une forte compétition sur les ressources pastorales est constatée entre la population d'un groupement ethnique. La principale conséquence en est le surpâturage qui est considéré comme la cause principale de la désertification des parcours (24).

Le surpâturage est une conséquence directe d'une augmentation de l'effectif des petits ruminants car les terres de parcours sont leur principale source d'alimentation. Aujourd'hui, cet effectif dépasse les 22 millions de têtes dont 76 % sont des ovins (Tableau 3).

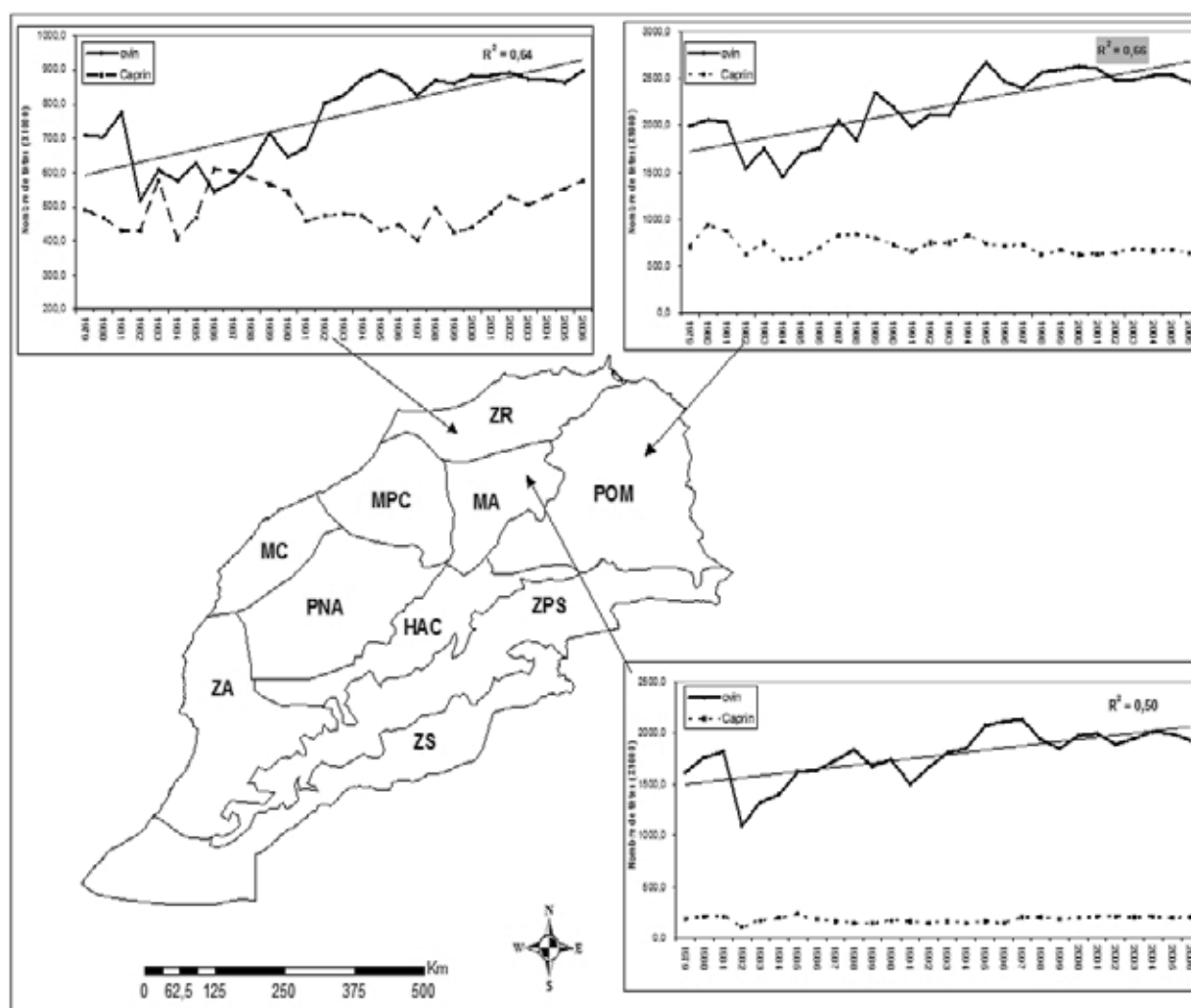


Figure 3: Evolution du cheptel ovin et caprin illustrée par trois zones pastorales (POM, RB et MA).

Globalement, sur les vingt-huit dernières années, le cheptel ovin a enregistré une augmentation, tandis que les caprins ont connu une diminution. Ces tendances ont varié d'un écosystème pastoral à l'autre. On remarque une augmentation très marquée des ovins dans les zones POM, Moyen Atlas (MA) et Rifaine et bordures (RB) (Figure 3). La zone RB, d'habitude caractérisée par l'élevage caprin voit, quant à elle, le cheptel ovin augmenter, probablement suite à la sédentarisation des éleveurs via la complémentation par l'achat d'aliments pour le bétail et à la dégradation des terres de parcours propices aux caprins.

L'augmentation de l'effectif du cheptel ovin n'est pas liée à la variation pluviométrique. A ce titre, l'exemple de la zone POM est frappant. Malgré une tendance de la pluviométrie à la baisse (- 0,25%/an), le cheptel ovin augmente de façon extraordinaire, en moyenne de 16.500 têtes/an (+ 4%/an). La mise en place, par le gouvernement marocain, du « fonds de sauvegarde du cheptel » a permis d'apporter un soutien aux éleveurs, sous forme de subvention d'aliments pour bétail et de prise en charge des frais de transport, ce qui a encouragé le maintien d'un nombre important d'ovins durant les périodes de sécheresse.

4. Surveillance de la désertification

L'absence de données précises sur le niveau global de dégradation des parcours arides et la contribution des différents facteurs rendent extrêmement difficiles la conception et la mise en application d'un système de lutte ou même le lancement d'actions préventives.

L'installation de stations de mesure des ressources pastorales au niveau de différentes zones est obligatoire pour permettre une surveillance efficiente à long terme. Cependant, les méthodes conventionnelles de surveillance de la désertification ne sont pas adaptées à l'échelle spatiale des parcours, qui couvrent d'immenses étendues et présentent des niveaux de désertification très variables et forts peu corrélés spatialement. En effet, les méthodes traditionnelles sont peu compatibles avec la vitesse de dégradation du milieu. Elles sont souvent longues à réaliser, compliquées à archiver et à diffuser, et leur mise à jour est toujours une opération lourde et très coûteuse.

La géomatique peut permettre de réaliser un outil de surveillance continu de la désertification et d'offrir des informations pour concevoir des scénarios de lutte (28). Cet outil doit se baser sur une série d'indicateurs spatiaux de dégradation du milieu issus d'une intégration pertinente de la télédétection spatiale combinée à de la biophysique de terrain, à l'agro-climatologie et aux informations socio-économiques dans un SIG.

La désertification étant un phénomène lent et graduel touchant de grands territoires, elle nécessite de longues séries d'images satellitaires de plusieurs dizaines de milliers de km². Les images à haute résolution spatiale sont limitées par leur coût élevé surtout quand il faut traiter de grands espaces. En définitive, les images de moyenne résolution spatiale (250 m x 250 m de taille de pixel) peuvent constituer un compromis intéressant en association avec les images satellitaires à haute résolution spatiale en des endroits ciblés du territoire à surveiller (10).

Le système de surveillance pourra être amélioré par l'intégration des données agro-climatiques, obtenues à partir d'un réseau de stations climatiques. A défaut de stations d'observation au sol, des données dérivées de modèles météorologiques peuvent être utilisées, comme celles issues du centre européen de prévision météorologique à moyenne échelle qui a de nouveau analysé toutes les observations météorologiques des 40 dernières années et les a rendues sous forme de grilles d'un demi degré. Enfin, des informations socio-économiques, notamment celles sur la population et le cheptel, viendront renforcer l'outil de suivi spatial en renseignant dans chaque zone pastorale sur les sources possibles de dégradation du milieu.

Conclusion

Les terres de parcours aride du Maroc s'étendent sur dix zones pastorales, soit une superficie dépassant 33 millions d'hectares. Ces zones contribuent à la subsistance de milliers de ruraux à faibles revenus et protègent le pays contre la désertification. L'évaluation de la désertification dans ces zones été approchée par des vues générales, par des opinions d'experts, ou par des documents officiels qui ont traité les causes, les conséquences et le processus impliqués dans le phénomène, mais en raison des problèmes méthodologiques, l'évaluation de la désertification demeure controversée. Le manque d'études d'inventaires scientifiquement robuste sur la désertification n'a pas encore rendu possible l'obtention d'une image claire de l'état de dégradation de ces terres.

Le Maroc est amené à rechercher une méthode de surveillance basée sur l'information issue de la télédétection spatiale, de données biophysiques et socio-économiques pour le développement d'une base de données et d'indicateurs de désertification.

Un tel outil est réalisable actuellement au Maroc et il pourrait constituer une aide précieuse à la lutte contre la désertification des terres de parcours du pays.

Remerciement

Nous remercions la Coopération Technique Belge (BTC-CTB) pour son appui financier à cette étude.

Références bibliographiques

1. Aïdoud A., Le Floc'h E. & Le Houérou H.N., 2006, Les steppes arides du nord de l'Afrique. *Sécheresse*, **17**, 1-2, 19-30.
2. Berkat O. & Hammoui M., 1990, Etude de synthèse cartographique sur les parcours des communes rurales de Mérja, El Ateuf, Tendirra et Bouarfa». M.A.R.A., Rabat. 56 p.
3. Berkat O. & Tazi M., Profil fourrager Maroc. In: http://www.fao.org/ag/AGP/AGPC/doc/Counprof/frenchtrad/morocco_fr/Morocco_fr.htm.
4. Boulanouar B. & Benlekhal A., 2006, L'élevage ovin au Maroc: de la production à la consommation. L'élevage du mouton et ses systèmes de production au Maroc, 3-32.
5. Brauch H.G., 2002, Urbanization and natural disasters in the Mediterranean: population growth and climate change in the 21st Century. Chap. 11, 149-164, in: <http://www.afes-press.de>.
6. Davis D.K., 2005, Indigenous knowledge and the desertification debate: problematising expert knowledge in North Africa. *Geoforum*, **36**, 509-524.
7. Driouech F., 2006, Etude des indices de changements climatiques sur le Maroc: températures et précipitations. DMN "INFOMET" de novembre. Casablanca.
8. El Koudrim M., Mahyou H., Acherkouk M., Bentaleb M., Bouayad A. & Bounejmate M., 2001, Etude de l'extension des cultures sur les parcours. Cas de la Commune Rurale des Béni Mathar. Proceeding du séminaire "Gestion durable des ressources agro-pastorale dans l'Orient du Maroc". Oujda, 73-84 p.
9. El Koudrim M. & Bechchari A., 2005, Mise en culture des parcours du Maroc oriental. Proceeding du séminaire "Gestion durable des ressources agropastorales de base dans le Maghreb". Oujda, 175-185.
10. Escadafal R., 2007, Les bases de la surveillance de la désertification par satellites. *Sécheresse*, **18**, 4, 263-70.
11. Food and Agriculture Organisation of the United Nations, 1987, Committee on agriculture (9th session). Improving Productivity of Dryland Areas. FAO, Rome.
12. Ghazi M., 2003, Phyto-écologie, production et valorisation de l'Alfa (*Stipa tenacissima*) du Maroc Oriental. Thèse de Doctorat. Université Mohamed I, Oujda.
13. Gommès R., El Hairech T., Rosillon D. & Balaghi R., 2009, Impact of climate change on agricultural yields in Morocco. FAO. Roma, Italy. 105 p.
14. <http://postel.mediasfrance.org/fr/PROJETS/Pre-operationnels-GMES/GLOBCOVER/>
15. Knippertz P., 2003, Tropical-extratropical interactions causing precipitation in Northwest Africa: statistical analysis and seasonal variations. *Monthly Weather Review*, **131**: 3069-3076.
16. Le Houérou H.N., 2006, Environmental constraints and limits to livestock husbandry in arid lands. *Sécheresse*, **17**, 1-2, 10-8.
17. M.A.D.R.P.M., 2007, Etude de la nappe alfatière. Communes rurales de Maâtarka, Tendirra et Beni Guil. Etat actuel. Rabat. 29 p.
18. M.A.R.A., 1970, Etude pour l'aménagement des terrains de parcours du Maroc oriental. 1^{re} partie: situation actuelle. Rabat, 439 p.
19. M.A.R.A., 1986, Développement de la Production Fourragère. Parcours hors forêt. Rabat. 182 p.
20. M.A.R.A., 1992, Stratégie de Développement des Terres de Parcours au Maroc. Situation Actuelle des Terres de Parcours. Volume 1. Rabat, 103 p.
21. Maâtougui A., Acherkouk M., Mahyou H., Tiedeman J., El Mourid M. & Dutilly-Diane C., 2005, Ecosystème pastoral de la commune rurale de Maâtarka: écologie et productivité. Proceeding du séminaire "Gestion durable des ressources agropastorales de base dans le Maghreb". Oujda, 137-149.
22. Mahyou H., Tahri M., Nicola T. & Bounejmate M., 2001, Etude de la dégradation des parcours de Ain Beni Mathar. Proceeding du séminaire "Gestion durable des ressources agropastorales de base dans le Maghreb". Oujda: 73-84.
23. Mahyou H., Maâtougui A., Acherkouk M., Tiedeman J. & El Mourid M., 2005, Etude de la dégradation des parcours de la commune Rurale de Maâtarka. Proceeding du séminaire "Gestion durable des ressources agropastorales de base dans le Maghreb". Oujda: 161-174.
24. Millennium Ecosystem Assessment, 2005, Ecosystems and human well-being: biodiversity synthesis. World Resources Institute, Washington, DC. 100 p.
25. Narjisse H., 2006, Les écosystèmes agricoles et pastoraux: état des lieux et voies d'évolution. Cinquante ans de développement humain au Maroc et perspectif 2025, 349-391.
26. Programme d'Action National de lutte contre la désertification, 2000, M.A.D.R.E.F. Rabat. Maroc, 62 p.
27. Royaume du Maroc. Haut commissariat au plan, 2004, recensement général de la population et de l'habitat. Rapport National, 68 p.
28. Tueller P.T., 1989, Remote sensing technology for rangeland management applications. *Journal of range management*, **42**, 6, 442-453.
29. UNCCD., 1994, United Nations Convention to Combat Desertification in those countries experiencing serious drought and/or desertification, particularly in Africa. United Nations Environment Programme (UNEP). Geneva Executive Center. Geneve. 71 p.

H. Mahyou, Marocain, Ingénieur d'Etat en Agronomie, Doctorant en Science (Université de Liège. Belgique), Chercheur et responsable du Laboratoire Système d'Information Géographique et télédétection spatiale, Institut National de la Recherche Agronomique, Maroc.

B. Tychon, Belge, Docteur en Sciences de l'Environnement, Professeur et Chef de Travaux dans le Département des Sciences et Gestion de l'Environnement, Faculté des Sciences de l'Université de Liège, Belgique.

R. Balaghi, Marocain, Docteur en Sciences de l'Environnement, Chef du Département de l'Environnement et des Ressources Naturelles, Institut National de la Recherche Agronomique, Maroc.

J. Mimouni, Marocain, Doctorat d'Etat ès Sciences Biologiques, Chercheur en agro-climatologie, Institut National de la Recherche Agronomique, Maroc.

R. Paul, Belge, Docteur en Sciences agronomiques, Professeur, Faculté des Sciences de l'Université de Liège, Belgique.

Pratiques sylvicoles et culturelles dans les parcs agroforestiers suivant un gradient pluviométrique nord-sud dans la région de Maradi au Niger

M. Larwanou^{1, 4*}, I. Oumarou², Laura Snook³, I. Danguimbo² & O. Eyog-Matig⁴

Keywords: Sylvicultural operations- Parklands- Rainfall gradient- Farmer managed natural regeneration- Sahel-Niger

Résumé

*Une étude sur les pratiques sylvicoles et culturelles dans les parcs agroforestiers a été conduite dans trois terroirs villageois de la région de Maradi suivant un gradient pluviométrique nord-sud. Des enquêtes auprès des producteurs et des relevés sur le terrain sont les outils méthodologiques utilisés pour la collecte des données. Les résultats obtenus montrent que la pratique de la régénération naturelle assistée dans les terroirs villageois a révélé qu'elle a duré au moins 10 ans. Elle se pratique par imitation des parents ou des voisins ou est initiée par les projets et les services techniques de vulgarisation. Les raisons qui ont guidé les paysans à protéger et entretenir les arbres sont l'approvisionnement en bois, la fertilisation des sols, l'alimentation du bétail, la pharmacopée traditionnelle et la lutte contre l'érosion. La diversité végétale est beaucoup plus importante dans le terroir villageois de Moulmouchi que dans ceux de Batchaka et Koda. Il ressort également que les espèces à grande valeur agronomique, économique et alimentaire sont préférées par les producteurs. Les différentes opérations sylvicoles utilisées dans les terroirs montrent que les paysans accordent beaucoup d'attention à la protection et la gestion des ligneux dans les champs. Certaines espèces comme *Acacia senegal*, *Azadirachta indica* et *Adansonia digitata* rencontrées au cours de l'inventaire dans les champs ont été plantées et maintenues avec celles issues de la régénération naturelle. Les opérations sylvicoles et culturelles pratiquées par les paysans pour la gestion des arbres dans les champs sont multiples et diverses. Les opérations les plus pratiquées sont le défrichement amélioré, l'élagage et le tuteurage. Les paysans utilisent certaines pratiques qui ne favorisent pas la préservation des arbres dans les champs. C'est le cas des coupes abusives, de la culture de souchet, de l'écorçage, de la culture attelée et des coupes des éleveurs transhumants. La pharmacopée, la construction, l'énergie, le fourrage et l'alimentation humaine sont les principales utilisations faites des espèces ligneuses entretenues et protégées dans les*

Summary

Sylvicultural and Cultural Practices in Agroforestry Parklands According to a North-South Rainfall Gradient in Maradi Region, Niger

A study on sylvicultural and cultural practices in the parklands was conducted in three village territories of Maradi region following a rainfall gradient. Surveys conducted with farmers coupled with sylvicultural data collection are used as the methodological tools.

*The results showed that farmers' managed natural regeneration in the village territories has lasted at least 10 years. It is practiced by imitating relatives and neighbors or initiated by development projects or extension services. The reasons that guided farmers to care and protect trees are wood provision to households, soil fertilization, fodder, and pharmacopeia and erosion control. Plant diversity is more important in Moulmouchi than Batchaka and Koda. Also, species with high agronomic, economic and food values are preferred by farmers. The different sylvicultural operations carried out in the village territories indicate that farmers pay attention to the protection and management of trees in their farms. Some species like *Acacia senegal*, *Azadirachta indica* and *Adansonia digitata* inventoried in the farms have been planted and conserved with others from natural regeneration. Sylvicultural and cultural operations used by farmers for tree management in the fields are many and diverse. The more used operations are improved clearing, pruning and by staking plant. Nevertheless, farmers use some practices which do not favour the preservation of trees in the farms. Some of them are abusive cutting, groundnut growing, bark removal, use of animals for plowing and illegal cutting of trees by transhumant herders. Pharmacopeia, construction and energy, fodder, human food are the principal uses of tree species in this region. The most harvested tree organs are wood, leaves, fruits and barks. Benefits derived from trees are what make farmers to manage and protect trees in their farms without external intervention.*

¹*African Forest Forum (AFF), C/o World Agroforestry Center (ICRAF), United Nations Avenue, P.O. Box 30677, 00100 Nairobi, Kenya. Phone: +254207224000 Ext. 4624; Email: m. larwanou@cgiar.org; website: www.afforum.org

²Faculté d'agronomie, Université de Niamey, BP 10960, Niamey, Niger.

³Bioversity International, Via dei Tre Denari 472/a, 00057 Maccarese (Rome), Italy.

⁴Bioversity International, C/o CIFOR, BP. 2008, Messa Yaoundé, Cameroun.

Reçu le 24.08.09 et accepté pour publication le 05.05.10.

champs. Les organes les plus exploités sont le bois, les feuilles, les fruits et les écorces. Les bénéfices que tirent les producteurs des arbres les poussent à les entretenir et à les protéger sans intervention extérieure.

Introduction

En zone sahélienne de l'Afrique de l'Ouest en général et au Niger en particulier, l'arbre joue un rôle central dans la vie des communautés rurales. Il procure de nombreux produits et services qui sont utilisés par les populations. L'arbre a de multiples fonctions et utilisations, en dehors du bois. Il a non seulement une fonction écologique, fourragère, énergétique, mais aussi alimentaire, sociale et économique (4). L'arbre est utilisé pour la pharmacopée locale à travers ses différents organes.

Suite aux différentes sécheresses qui se sont succédées au Sahel ces dernières années et à la pression démographique, le couvert forestier a complètement disparu dans certaines parties du Niger. Les populations des zones rurales sont confrontées à divers problèmes notamment la pénurie du bois de chauffe et de service ainsi qu'à la baisse de la fertilité des sols due aux différents types d'érosion. Ce contexte d'appauvrissement du capital productif a plongé les paysans dans une situation d'intensification des terres de cultures, une diminution voire même une disparition des jachères et espaces pastoraux ainsi qu'une surexploitation des ressources ligneuses et de pâturage (10, 11). Pour pallier à ce phénomène, la protection des arbres dans les champs individuels était la solution idoine. La pratique de la régénération naturelle assistée (RNA) a été initiée vers la fin des années 1980 dans cette même région de Maradi. Les producteurs ont massivement adopté cette pratique mais à des degrés différents (9, 10). La RNA se base sur des souches existantes où des rejets naturels sont sélectionnés, élagués et protégés pour accélérer la croissance contrairement à la pratique conventionnelle des paysans qui était de couper systématiquement les rejets lors de la préparation des champs (6). Cette pratique est appliquée et adoptée dans presque tous les villages car elle est très facile à appliquer. Marou *et al.* (10) ont montré que dans la région de Maradi, cette technique est utilisée par tous les producteurs et cela a permis une transformation positive de la végétation par rapport à ce qui s'observait il y a 20 ans.

Il a été observé ces dernières années un reverdissement de la zone sahélienne au Niger (8). Pour une grande partie du Niger, ce reverdissement observé est dû en partie à cette pratique de la RNA. Dans une récente étude (7a), il a été observé que plus d'un million d'hectares ont été récupérés et reverdis dans la région de Zinder en utilisant cette pratique. Aussi, la même étude a révélé que le degré de réussite de cette pratique dépasse largement les plantations d'arbres

faites depuis plus de 40 ans au Niger. Les producteurs qui entretiennent et protègent ces arbres dans leurs champs utilisent des pratiques sylvicoles et culturelles permettant le développement de ces arbres.

Afin de mieux comprendre les pratiques qui permettent le développement des arbres, une étude dont les résultats sont présentés dans cette publication a été initiée en utilisant le gradient pluviométrique nord-sud dans la région de Maradi. L'objectif visé à travers cette étude était d'identifier à l'échelle des champs des producteurs, les opérations sylvicoles et les méthodes de repérage, d'entretien et de protection de la régénération naturelle et de connaître les atouts et les contraintes de la gestion des arbres en milieu paysan suivant un gradient pluviométrique nord-sud dans cette région du Niger. Ceci devait permettre d'asseoir une base compréhensive de l'implication des producteurs ruraux de la région de Maradi dans la revégétalisation des écosystèmes forestiers, et cela à travers les opérations sylvicoles et les techniques culturelles utilisées dans la protection des espèces ligneuses.

Matériel et méthodes

1. Les sites de l'étude

L'étude a été conduite dans trois terroirs villageois correspondant à des secteurs phytogéographiques et agro-écologiques (13) allant du nord au sud de la région avec un village par secteur. C'est donc le critère de gradient pluviométrique qui était le plus déterminant dans le choix des villages. Les villages choisis sont:

Village de Koda: situé dans l'extrême Nord de la région de Maradi dans la commune rurale de Tagriss, à 14°29'52" N et 7°31'14" E, et est compris entre l'isohyète 200 à 300 mm. La population est répartie en 63 ménages et est composée en majorité par les Haoussas avec une minorité de Touaregs (selon le chef du village). Le climat qui caractérise cette zone est du type sahélo-saharien avec deux saisons bien distinctes: une longue saison sèche et une courte saison de pluie. Avec une température moyenne annuelle variant entre 30 et 33 °C. La pluviométrie varie très souvent avec une irrégularité assez notable. Un tel état pluviométrique explique d'ailleurs en partie la dégradation continue de cette zone. Cette précarité influe aussi bien sur l'extinction des espèces végétales que sur l'évolution du parcours du cheptel et les possibilités de régénération naturelle.

Village de Batchaka: Situé en plein cœur de la région de Maradi, ce village est classé dans la zone agropastorale entre les isohyètes 300 et 400 mm. Il se localise aux coordonnées géographiques 13°45'54" de latitude Nord et 07°21'26" de longitude Est. La population est composée des Haoussas, répartie dans environ 72 ménages. L'agriculture et l'élevage constituent 80% des activités de la population. Le mode d'élevage est de type semi-intensif et les espaces pastoraux sont essentiellement constitués des terres en jachère. Le climat se caractérise par une longue saison sèche allant de novembre à mai et d'une saison de pluie de juin à septembre avec des précipitations relativement moyennes par rapport au reste de la région.

Village de Moulmouchi: Situé dans la zone agricole dans l'extrême sud de la région aux coordonnées géographiques 13°11'10" latitude Nord et 07°01'20" longitude Est et entre les isohyètes 400 et 500 mm avec une population majoritairement des Haoussas et comprenant 83 ménages. Le terroir est caractérisé par un climat de type soudano-sahélien avec une longue saison sèche allant de novembre à mai et une saison des pluies de juin à septembre avec des précipitations abondantes. Le régime thermique se caractérise par des températures élevées dans l'ensemble avec une moyenne de 22 °C en saison froide et 39 °C en saison chaude. La végétation se caractérise essentiellement par des Combrétacées sur les sols dunaires et des *Acacia spp.* dans la vallée du Goulbi. On rencontre aussi des espèces comme *Vitellaria paradoxa*, *Diospyros mespiliformis*, *Tamarindus indica* et *Hyphaene thebaica* parsemées le long des bas fonds.

2. Collecte et analyse des données

Au niveau de chaque village, 9 producteurs, tous chefs de famille et ayant des champs ont été choisis au hasard pour la conduite de cette étude.

Deux types de questionnaire ont été utilisés pour la collecte des données. Il s'agissait d'un questionnaire adressé au chef d'exploitation; il vise à collecter les informations suivantes: statut social, opérations sylvicoles, utilisations faites de chaque espèce recensée dans le champ, pratiques culturelles, contraintes et avantages des pratiques agroforestières de revégétalisation. Ce questionnaire est appuyé d'une fiche de collecte de données au champ lors de la caractérisation des arbres.

Le deuxième type de questionnaire ou guide d'entretien est adressé à un groupe ciblé à travers un entretien de groupe qui est en fait une assemblée villageoise présidée par le chef de village. Le but de cet entretien est de pouvoir recueillir des informations sur la pratique de la RNA à l'échelle du terroir et des informations qui n'auraient pas pu être obtenues lors

des observations directes et des mesures dans les champs.

Au niveau de chaque exploitation, ont été identifiées et listées, les utilisations possibles pour chacune des espèces ligneuses, les organes concernés, les opérations sylvicoles appropriées pour chacune des espèces.

Les données collectées ont été analysées avec le logiciel SPSS (Statistical Package for Social Sciences) pour les analyses descriptives et de corrélation entre paramètres.

Résultats et discussions

1. Origine et raisons de la pratique de la RNA

Dans les villages étudiés d'une manière générale, la pratique de la RNA a duré en moyenne plus de 10 ans (63% des réponses). Au niveau de Koda, le village situé plus au nord, la pratique a commencé il y a moins de 10 ans (78% des réponses). Elle est plus ancienne dans les villages de Moulmouchi et Batchaka.

Quant à la question de l'initiation à la pratique, à Koda, 90% des producteurs affirment avoir vu, lors des voyages plus au sud, d'autres utiliser ces pratiques et ils les ont imitées. Ce village n'a reçu aucun encadrement ni de la part d'un projet ni des services de vulgarisation. A Batchaka, seulement 22% des producteurs affirment être encadrés par les services de vulgarisation. Autrement, ils ont appris la pratique lors des voyages dans les villages bénéficiaires ou grâce aux voisins. Moulmouchi a bénéficié de l'encadrement des services techniques et des projets. Cet engouement observé dans les villages par rapport à cette pratique pourrait s'expliquer par les conditions pluviométriques qui se seraient dégradées aux dires des paysans dans la zone (même si par ailleurs, il est observé un retour de la pluviométrie ces dernières années), les obligeant ainsi à l'adoption des nouvelles technologies améliorant leur système agricole.

2. Principaux rôles de la RNA

Dans les champs des producteurs, les arbres sont gérés et conservés parce qu'ils présentent différents atouts.

2.1. Bois issu de la RNA

La production de bois est un des rôles importants des ligneux qui motive les paysans à entretenir et à protéger les arbres dans leurs champs. Les usages du bois issus de la RNA sont multiples dont les principaux sont la construction des maisons et des greniers, la fabrication des outils aratoires, de cuisine et d'objets d'arts, le bois énergie, etc.

Ainsi, pour les producteurs interrogés à Koda et Batchaka, la totalité du bois utilisé dans les ménages

provient des champs. Par contre pour les paysans de Moulmouchi, le bois provenant des champs contribue à la moitié des besoins en bois exprimés par les ménages. Ceci s'explique par la proximité du village du massif forestier de Banban Rafi.

Ce type d'utilisation concerne toutes les espèces ligneuses présentes dans les terroirs villageois de l'étude.

2.2. Fertilisation des sols

L'amélioration de la fertilité des sols constitue un apport des arbres dans les champs qui guide les paysans dans le choix des espèces à gérer. Les paysans reconnaissent que certaines espèces ligneuses améliorent la fertilité des sols. C'est ainsi qu'à Koda, les espèces choisies pour ce rôle sont: *Faidherbia albida*, *Guiera senegalensis*, *Piliostigma reticulatum* et *Albizia chevalieri*.

Quant au village de Batchaka, on peut citer: *Faidherbia albida*, *Guiera senegalensis*, *Piliostigma reticulatum*, *Albizia chevalieri*, *Prosopis africana*, *Annona senegalensis* et *Balanites aegyptiaca*. Par contre à Moulmouchi presque toutes les espèces répertoriées sont utilisées pour fertiliser les champs sauf: *Ficus platyphylla*, *Lannea acida*, *Acacia nilotica* et *Gardenia erubescens* considérés comme espèces dépressives.

2.3. Pharmacopée traditionnelle

Les populations ont recours aux plantes en raison de la très faible couverture sanitaire en zones rurales au Niger. Les organes utilisés sont les feuilles, l'écorce et les racines. Ils sont exploités par écorçage, arrachage des feuilles et déracinement. L'exploitation des organes touche l'écrasante majorité des espèces et le mode d'utilisation concerne la décoction d'organes et la préparation de poudre de feuilles, d'écorce et de racine. Selon les paysans, les espèces utilisées dans le traitement des maladies sont: *Guiera senegalensis*, *Azadirachta indica*, *Acacia nilotica*, *Prosopis africana*, *Annona senegalensis*, etc pour les traitements des maladies humaines et *Boscia senegalensis* pour les maladies animales.

2.4. Alimentation animale

Pour les paysans des terroirs d'étude, les ligneux les plus utilisés pour l'alimentation animale sont: *Stereospermum kunthianum*, *Faidherbia albida*, *Ziziphus mauritiana*, *Combretum acculeatum*, *Bauhinia rufescens*, *Vitellaria paradoxa* etc. Plusieurs espèces ligneuses jouent un rôle primordial dans l'alimentation des animaux, en leur assurant toujours un fourrage vert. Les ligneux fourragers sont utilisés par le bétail soit directement dans les champs, soit par l'intermédiaire de l'homme suite à l'émondage (3).

2.5. Impact sur l'environnement

Les paysans interrogés dans les villages reconnaissent bien les impacts de la RNA sur leur environnement. Les arbres délibérément laissés dans les champs

fournissent divers services environnementaux à savoir:

- amélioration du microclimat: à côté des arbres, le milieu est plus humide et la chaleur est moins intense affirment les paysans;
- amélioration de la fertilité des sols: plus la densité des arbres est importante, plus la production agricole croît sauf pour quelques espèces dépressives (*Lannea acida*, *Acacia nilotica*...);
- protection contre l'érosion: la RNA, en plus de son apport à la gestion de la fertilité constitue selon les producteurs un rempart contre l'érosion éolienne;
- amélioration du bien-être: les producteurs affirment que la présence des arbres dans leurs terroirs les rend plus à l'aise du point de vue esthétique du paysage et du bien-être.

A travers la lutte contre la désertification, rôle que donnent les paysans aux arbres, l'environnement a connu des changements positifs tangibles ces dernières années. Selon les producteurs interrogés, on assiste à la régénération de certaines espèces menacées de disparition comme *Sclerocarya birrea* à Koda, *Detarium microcarpum* et *Lannea microcarpa* à Batchaka et à Moulmouchi.

Ces rôles de la RNA ont été évoqués par plusieurs auteurs qui ont travaillé sur le sujet dans la région de Maradi. Mari (9) indiquait que les produits issus de la RNA sont utilisés dans l'alimentation humaine et animale ainsi que dans la pharmacopée traditionnelle. L'érosion éolienne, la fertilisation des sols, l'approvisionnement en bois et les avantages économiques sont à la base de l'adoption de la RNA et de sa large diffusion dans la zone.

3. Espèces ligneuses inventoriées dans les champs

Il existe une différence hautement significative ($p < 0,01$) entre les espèces inventoriées dans les champs au niveau des villages. Le village le plus au nord c'est-à-dire Koda comporte moins d'espèces (28 ± 10) suivi de Batchaka (33 ± 13) et Moulmouchi plus au sud (37 ± 13). Les espèces les plus importantes en termes de contribution spécifique diffèrent aussi d'un site à un autre. A Koda, les espèces ayant une fréquence spécifique importante sont *Calotropis procera*, *Boscia senegalensis*, *Guiera senegalensis*, etc. Ces espèces sont caractéristiques des zones très arides (Tableau 1). Les dix premières espèces représentent 97,71% de l'ensemble des 28 espèces recensées dans ce site. Ces résultats sont similaires à ceux trouvés par Mari (9) dans la région de Maradi où l'inventaire des

Tableau 1
Fréquence et proportion des espèces inventoriées dans les champs au niveau des sites

Sites	Espèces	Familles	Pourcentages
Koda	<i>Calotropis procera</i>	Asclépiadacées	37,83
	<i>Boscia senegalensis</i>	Capparacées	20,14
	<i>Guiera senegalensis</i>	Combrétacées	17,45
	<i>Faidherbia albida</i>	Mimosacées	11,58
	<i>Maerua crassifolia</i>	Capparacées	6,34
	<i>Leptadenia pyrotechnica</i>	Asclépiadacées	1,19
	<i>Combretum glutinosum</i>	Combrétacées	1,11
	<i>Albizia chevalieri</i>	Mimosacées	0,95
	<i>Balanites aegyptiaca</i>	Bombacacées	0,56
	<i>Ziziphus mauritiana</i>	Rhamnacées	0,56
Batchaka	<i>Faidherbia albida</i>	Mimosacées	21,27
	<i>Guiera senegalensis</i>	Combrétacées	21,07
	<i>Piliostigma reticulatum</i>	Césalpiniacées	11,53
	<i>Calotropis procera</i>	Asclépiadacées	10,9
	<i>Annona senegalensis</i>	Annonacées	9,22
	<i>Combretum glutinosum</i>	Combrétacées	5,03
	<i>Sclerocarya birrea</i>	Anacardiacees	3,46
	<i>Balanites aegyptiaca</i>	Balanitacées	3,35
	<i>Albizia chevalieri</i>	Mimosacées	2,62
	<i>Hyphaene thebaica</i>	Arécacées	2,41
Moulmouchi	<i>Piliostigma reticulatum</i>	Césalpiniacées	27,27
	<i>Guiera senegalensis</i>	Combrétacées	26,96
	<i>Albizia chevalieri</i>	Mimosacées	7,95
	<i>Hyphaene thebaica</i>	Arécacées	7,95
	<i>Faidherbia albida</i>	Mimosacées	6,71
	<i>Annona senegalensis</i>	Annonacées	3,93
	<i>Dichrostachys cinerea</i>	Mimosacées	2,79
	<i>Maerua angolensis</i>	Capparacées	1,65
	<i>Prosopis africana</i>	Mimosacées	1,65
	<i>Ziziphus mauritiana</i>	Rhamnacées	1,65

ligneux a donné un ensemble de 29 espèces dont 10 protégées par le code forestier nigérien.

Dans le site du centre, les espèces caractéristiques sont *Faidherbia albida*, *Guiera senegalensis*, *Piliostigma reticulatum*, etc. Les dix premières espèces en termes de contribution spécifiques représentent 90,86% des 33 espèces recensées dans le terroir (Tableau 1). Au niveau de Moulmouchi, le site le plus au sud, les espèces caractéristiques sont *Piliostigma reticulatum*, *Guiera senegalensis*, *Albizia chevalieri*, etc. Les dix premières espèces en termes de contribution spécifique représentent 88,51% des 37 espèces recensées (Tableau 1).

4. Les différentes pratiques sylvicoles dans les sites d'étude

Quatorze différentes pratiques sylvicoles ont été recensées dans les 3 terroirs villageois. Parmi ces pratiques, les plus utilisées sont le défrichement amélioré et l'élagage, le défrichement amélioré simple et l'élagage simple. Elles représentent 46,44; 35,35 et 12,97% respectivement (Tableau 2). Certaines pratiques sylvicoles comme l'élagage permettent une production importante en feuilles et en fruits de certaines espèces et permet aussi le rajeunissement de certains sujets (2, 8).

Quatorze espèces reçoivent plus de 90% de l'entretien apporté à travers les différentes opérations sylvicoles ci-dessus énumérées. Ces espèces sont celles caractéristiques des différents sites et donc les plus importantes en termes de contribution spécifiques. Ce sont en général les espèces sur lesquelles davantage d'attention est accordée par les producteurs. Parmi ces espèces, on pourra noter par ordre d'importance: *Calotropis procera*, *Faidherbia albida*, *Guiera senegalensis*, *Piliostigma reticulatum*, *Albizia chevalieri*, *Combretum glutinosum*, *Annona senegalensis*, *Sclerocarya birrea*, etc.

Il existe une corrélation hautement significative ($p < 0,01$) entre les pratiques sylvicoles et les espèces. Cette corrélation est négative - 0,176, indiquant que plus la pratique est mal utilisée plus elle affecte l'espèce négativement. Les producteurs affirment qu'un défrichement ou un élagage sévère agit négativement sur les espèces. C'est donc pour ces raisons qu'ils appliquent les pratiques en respectant les normes conseillées.

5. Les pratiques culturelles dans les sites

5.1. Coupe frauduleuse ou coupe abusive

Cette pratique constitue un facteur majeur de dégradation qui menace la régénération de certaines espèces de valeur. Elle est surtout pratiquée aussi bien par les paysans au sein du village que par ceux des villages voisins et les éleveurs transhumants. Selon les paysans, elle se pratique nuitamment par des fraudeurs pour la satisfaction des besoins en bois et/ou en fourrage. Les producteurs affirment que les espèces les plus touchées sont surtout: *Prosopis africana* et *Guiera senegalensis* ainsi que les espèces à épines dont la coupe se fait par le producteur même comme méthode de lutte contre les oiseaux granivores.

5.2. Pratiques culturelles

Les semis du souchet se font à l'aide des semoirs en ligne à traction animale. A cet effet, la présence des arbres sur la zone de culture gêne énormément les paysans lors des semis. C'est pourquoi selon les

Table 2
Différentes pratiques sylvicoles dans les sites d'étude

Opérations sylvicoles	Villages			Moyennes
	Batchaka	Koda	Moulmouchi	
Défrichement amélioré et élagage	70,18	19,32	46,60	46,44
Défrichement amélioré	23,62	58,22	16,23	35,35
Elagage	2,29	14,10	35,08	12,97
Tuteurage et élagage		3,92		1,49
Elagage et émondage	0,23	2,87		1,19
Plantation et élagage	1,83		1,05	0,99
Plantation	0,69		1,05	0,50
Défrichement amélioré et émondage	0,46			0,20
Défrichement amélioré et tuteurage	0,46			0,20
Emondage		0,52		0,20
Tuteurage, élagage et émondage		0,52		0,20
Plantation et clôture épineuse		0,26		0,10
Plantation, tuteurage et clôture épineuse	0,23			0,10
Plantation, tuteurage et élagage		0,26		0,10
Total	100	100	100	100

paysans interrogés, il paraît important et nécessaire de couper les ligneux qui y sont présents pour permettre une bonne accessibilité du terrain, assurant ainsi un semis complet. En plus de cela, au moment de sa récolte, il faudra complètement brûler les parties aériennes de la culture, ce qui endommage sérieusement les arbres présents sur place conduisant parfois à leur mort.

Les principales cultures pratiquées dans les terroirs villageois de l'étude vont des céréales (mil et sorgho) aux cultures de rentes telles que le niébé, l'arachide, le souchet et le tabac. L'introduction de ces cultures de rentes dans ces terroirs pousse les paysans à une pratique culturale plus intensifiée: " la culture attelée".

Cette pratique a fait en sorte que le potentiel ligneux des champs soit dévasté, car aux yeux des producteurs, les racines et les tiges des arbres/arbustes gênent la pratique de la culture attelée.

5.3. Ecorçage

Il se présente de deux manières:

- ✓ La première se pratique sur *Piliostigma reticulatum* dont l'écorce est utilisée pour servir de corde pour attacher le bois, pour la construction des cases et des greniers.
- ✓ La seconde se pratique sur les espèces dont l'écorce présente une valeur importante dans la pharmacopée traditionnelle.
- ✓ Cette pratique représente un véritable danger pour la survie des espèces car les exposants à toutes sortes d'attaque.

5.4. Coupe par les éleveurs transhumants

Cette contrainte touche spécialement *Faidherbia*

albida, *Bauhinia rufescens* et *Ziziphus mauritiana* pour leur qualité fourragère importante. Les éleveurs coupent les arbres délibérément pour les donner à leurs animaux à l'insu des paysans propriétaires des champs. Ceci peut provoquer des conflits entre agriculteurs et éleveurs. La coupe des éleveurs fait également en sorte que les paysans de Moulmouchi n'aient pas protéger ces espèces car ils sont menacés par les agents forestiers qui sans connaître l'auteur de coupe condamnent le paysan

6. Les différentes utilisations

Parmi les 58 différentes utilisations recensées dans les terroirs étudiés, les dix plus importantes faites des espèces ligneuses représentent 87,73% (Figure 1). Les utilisations les plus importantes ont trait à la pharmacopée, la construction et l'énergie, le fourrage, l'alimentation humaine, etc. Ce sont en général les utilisations des espèces prioritaires ou importantes recensées plus haut. Illiasou (5) signalait que, les ligneux issus de la RNA constituent, à travers leurs produits et sous-produits (feuilles, fruits), une source de revenus monétaires, d'alimentation et d'équilibre sanitaire et culturel pour la population rurale.

Quant aux organes utilisés, leur proportion diffère aussi d'un village à un autre. Les plus utilisés sont le bois, les feuilles, les écorces, les fruits, les racines, etc (Tableau 3). Ces organes sont récoltés à l'issue des différentes opérations sylvicoles présentées ci-dessus.

Les producteurs prennent soin de ces organes lors de la récolte pour les utilisations souhaitées. Par ailleurs, Aichatou (1) a montré que la régénération naturelle contribue à la sécurité alimentaire et nutritionnelle des ménages aussi bien ruraux qu'urbains. En effet,

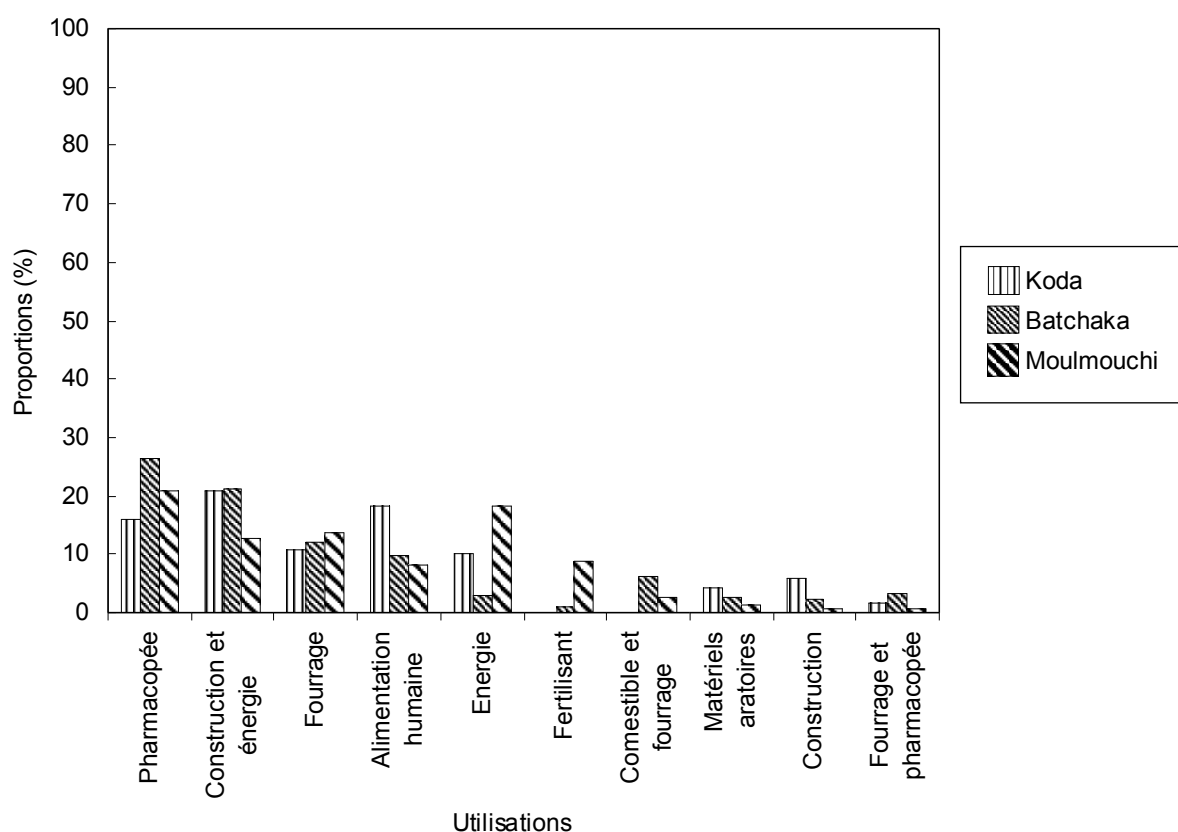


Figure 1: Proportion des principales utilisations faites des espèces au niveau des villages.

beaucoup de plantes spontanées sont consommées par les populations pendant la période de soudure qui correspond à la période d'épuisement du stock céréalier. Les activités de commercialisation des produits génèrent aussi des revenus non négligeables aux exploitants.

Il existe une corrélation hautement significative $p <$

Tableau 3
Différents organes et la proportion (%) de leur utilisation

Organes	Villages			Moyennes
	Koda	Batchaka	Moulmouchi	
Bois	37,87	29,54	28,02	30,54
Feuilles	21,89	26,46	29,67	26,92
Ecorce	8,88	14,46	14,56	13,4
Fruits	11,24	12,62	11,81	12
Racine	7,69	12	12,91	11,54
Gousse	5,33	3,38	2,2	3,26
Brins	4,73	0	0	0,93
Gomme	1,78	0,92	0,55	0,93
Graine	0	0,62	0	0,23
Fleurs	0,59	0	0	0,12
Latex	0	0	0,27	0,12
Total	100	100	100	100

0,01 entre les organes et les utilisations et aussi entre la collecte des organes et la survie des espèces.

Ce qui présuppose que l'utilisation des différents organes pourrait affecter le développement des pieds, et au-delà, celui des espèces. L'intensité forte de prélèvement des organes pour divers usages entraînerait la diminution progressive de l'espèce. En d'autres termes, il a été identifié que le manque de régénération de certaines espèces comme *Prosopis africana* et *Tamarindus indica* est causé principalement par le fait que les fleurs et les fruits sont systématiquement prélevés pour la consommation humaine. Les graines ne se développent pas à maturité pour germer et donner de nouveaux individus.

Conclusion

La conservation des espèces ligneuses dans les champs des paysans est une activité qui se pratique dans la plupart des pays sahéliens et plus particulièrement au Niger. Elle permet aux producteurs de s'auto-suffire en termes des produits ligneux et non ligneux exploités directement des champs individuels. Cette pratique a permis à beaucoup de régions sahéliennes de se reverdir et d'avoir un couvert ligneux acceptable depuis les sécheresses des dernières décennies. Le succès de cette pratique est attribué

en partie par le retour de la pluviométrie observée ces 15 dernières années au Sahel. L'exploitation des différents organes des arbres se fait d'une manière minutieuse afin de ne pas porter atteinte à la survie de ces derniers. Ces organes collectés sont utilisés pour divers usages qui rentrent dans la vie quotidienne et le bien être des populations rurales. Cependant certaines espèces reçoivent plus d'attention que d'autres et

cela à cause des bénéfices que le producteur peut en tirer.

Remerciements

Nous tenons à remercier très vivement Bioversity International pour avoir financé cette étude. Les auteurs remercient également les producteurs des villages concernés par cette étude.

Références bibliographiques

1. Aichatou D.L., 2008, Contribution de la régénération naturelle des ligneux dans la sécurité alimentaire des ménages: cas des terroirs villageois de Kangna Malan Gaja et Garin Daoudou. Thèse de Masters, Fac. Agro/ Université Abdou Moumouni, Niamey, Niger. 85 p.
 2. Bayala J., Ouedraogo S.J. & Teklehaimanot Z., 2008, Rejuvenating indigenous trees in agroforestry parkland systems for better fruit production using crown pruning. *Agroforestry System*, 72, 187-194
 3. Dan Guimbo I., 2007, Etude des facteurs socio-économiques influant la biodiversité des systèmes des parcs agroforestiers dans le sud-ouest nigériens: cas des terroirs villageois de Boumba, Kotaki, Sorikoir, Gongueye et Djabbou. Mémoire de fin d'étude DEA, Faculté des lettres et sciences humaines, Université Abdou Moumouni, Niamey, Niger, 131 p.
 4. Fleur E.S., 2000, Les habitants du Sahel face à la déforestation. Activités quotidiennes et lutte des femmes, INRA, France, 6 p.
 5. Illiassou M., 2007, Impacts de la régénération naturelle assistée dans la minimisation des risques environnementaux. Thèse de Masters. Fac. Agro., Université Abdou Moumouni, Niamey, Niger, 90 p.
 6. Larwanou M. & Abasse T., 2009, Les techniques de régénération naturelle assistée au Sahel. Manuel de formation à l'intention des agents de vulgarisation et des producteurs sahéliens. ICRAF training material, 18 p.
 7. Larwanou M., Abdoulaye M. & Reij C., 2006a, Etude de la régénération naturelle assistée dans la région de Zinder (Niger): première exploration d'un phénomène spectaculaire. International Resources Group, Washington DC. 67 p.
 8. Larwanou M. & Saadou M., 2006b, Influence du régime de coupe sur la régénération de l'espèce *Acacia nilotica* (L.) Wild. dans une formation de bas-fonds (Forêt de Korop) au Niger. *Etudes et Recherches Sahéliennes*, N°11 – janvier 2006: 34-40.
 9. Mari M.M., 2008, Facteurs favorisant l'adoption de la régénération naturelle assistée dans quelques villages de la commune de Matamèye (Niger), 54 p.
 10. Marou Z., Abasse A.T., Bokar M., Niang A. & Traoré C.O., 2002, Analyse de l'adoption de la régénération naturelle assistée dans la région de Maradi au Niger: 2^{ème} atelier régional sur les aspects socio-économiques de l'agroforesterie au Sahel, Bamako du 4 au 6 mars 2002. CERRA (Maradi), INRAN (Niamey), ICRAF (Bamako). <http://www.plg.ulaval.ca/projet.agf.sahel/Marou-Zarafi-A.pdf>.
 11. Morphy I.M., 1997, Contribution à l'étude de faisabilité technique et économique du semis direct de six espèces forestières en milieu paysan. Mémoire d'obtention de DESA, CRESA/FA, Université Abdou Moumouni, Niamey, Niger, 78 p.
 12. Eklundh O.L. & Ardo J., 2005, A recent greening of the Sahel-trends, patterns and potential causes. *Journal of Arid Environment*, 63, 556-566.
 13. Saadou M., 1991, Propositions de subdivision phytogéographiques du Niger-Séminaire sur la recherche et le développement des ressources agro-sylvo-pastorales au Sahel, Niamey, 1994. 39 p.
- M. Larwanou, Nigérien, Ph.D, Senior Programme Officer, African Forest Forum, C/o World Agroforestry Centre (ICRAF), Nairobi, Kenya.
- I. Oumarou, Nigérien, Ingénieur forestier, Etudiant à la Faculté d'agronomie, Université de Niamey, BP 10960, Niamey, Niger.
- Laura Snook, Américaine, Ph.D, Programme Director, Bioversity International, Via dei Tre Denari 472/a, 00057 Maccarese (Rome), Italy.
- I. Danguimbo, Nigérien, Ingénieur forestier, Etudiant Doctorant, Faculté d'agronomie, Université de Niamey, BP 10960, Niamey, Niger.
- O. Eyog-Matic, Camerounais, Ph.D, Forest scientist, Bioversity International, C/o CIFOR, BP. 2008, Messa Yaoundé, Cameroun.

LES ACTIONS DE LA DGCD

DE ACTIVITEITEN VAN DE DGOS

DGDC'S ACTIVITIES

LAS ACTIVIDADES DEL DGCD

Prize of the Belgian Development Cooperation

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

From the edition 2010 onwards, the Prize is organized around a central theme. For 2010 this theme was "Biodiversity and Environment for Improved Livelihoods".

The prize consists of a line of credit which can be used for the continuation of research activities or for career development (participation in seminars, training, ...) and amounts per laureate to:

1. EURO 5.000 in the category of the students linked to a Belgian university
2. EURO 5.000 in the category of the students linked to a university from a partner country
3. EURO 15.000 in the category of the young researchers linked to a university/research institute in a partner country

The prize is granted to maximum 3 laureates (1 per category).

In the framework of this year's Prize, the works of 4 Belgians and 6 students and researchers from the South have been nominated among a large number of applications. The nominees from the South were invited to Belgium on this occasion. All nominees had to present their work orally in front of a jury, who then selected one prize-winner in each category.

The prize-winners for 2010 are:

- in the category of the students linked to a Belgian university: Sarah Haesaert, with her Master's thesis "Applied ethnobotany: identification, use and the socio-economic importance of wild edible plants among the Turumbu (Democratic Republic of Congo, Tshopo district)
- in the category of the students linked to a university of a partner country: Joseph Macharia, with his Master's thesis, "Status and the potential of stingless bees (*Apidae: Meliponinae*) for forest conservation and income generation: case study of Kakamega forest"
- in the category of the researchers linked to a university/research institute in a partner country: Mohamed Omar Said Mohamed, with his Ph D thesis « Are peri-urban mangrove forests viable? Effects of sewage pollution and wood exploitation on the structure and development of the mangroves of Mombasa (Kenya)".

Four abstracts regarding the accomplishment of the nominees from Kenya and Belgium awarded in 2010 are presented below.

"Are Peri-Urban Mangrove Forests Viable? Effects of Sewage Pollution and Wood Exploitation on the Structure and Development of the Mangroves of Mombasa (Kenya)"

Mohamed Omar Said Mohamed¹

Mangrove forests are one of Kenya's important ecosystems. They provide the local population – especially the poorest segment – with food (fish, molluscs and shellfish) and wood (firewood, charcoal and other wood products), and they protect the coastal belt. Moreover, mangroves are characterized by a great biodiversity.

¹Mohamed Omar Said Mohamed, 1974, Kenyan, Master in Ecological Marine Management, Vrije Universiteit Brussel & Universiteit Antwerpen, Belgium, 2003. Doctor of Sciences, Vrije Universiteit Brussel & Université Libre de Bruxelles, Belgium, 2008.

In this work the negative influence of heavy population pressure on the peri-urban mangrove forests of Tudor Creek in Mombasa is evaluated in a soundly-underpinned and scientific way. Firstly, there is pollution caused by the dumping of sewage. The discharging of domestic waste water does contribute nutrients to the ecosystem, but rarely in the composition required for the optimal functioning of the ecosystem. For instance, it has been observed that the mangroves' healthy aerobic-anaerobic composting system is turned into a fully anaerobic system in which nutrients circulate much more slowly and are retained in the sediment. Secondly, overexploitation of the mangrove ecosystem results in a reduced yield in wood products as well as a drastic reduction of biodiversity: unregulated felling causes gaps in the tree canopy and seeds cannot travel from one place to another.

Yet despite the observed degradation of the mangrove system this study ends on a positive note, setting out potential solutions that take into account the existing situation – that is, the heavy population pressure. At present the mangrove ecosystem is for the most part public property, and so everyone can exploit it as he chooses. This study argues for the putting in place of an integrated adaptable system that is based on a comprehensive knowledge of the ecosystem. Everyone – and certainly the poorest section of the population – should have his due in this system too, but in a sustainable way, so that the mangrove ecosystem remains a major source of food and wood products in the future.

“Soil Surface Lowering Due to Soil Erosion in Villages near Lake Victoria, Uganda”

Annelies De Meyer²

As part of a joint project between the K.U.Leuven and the Kawanda Agricultural Research Institute in Uganda, Annelies De Meyer spent three months in the field studying the pollution of Lake Victoria caused by soil erosion in the surrounding villages. In this study area she has identified the places that are susceptible to soil erosion, and has gathered quantitative data about lake-wards sediment flux from the villages on the edge of the lake.

An estimate was made of the level and speed of soil erosion in households and on paths and roads. It appears, for example, that households are responsible for 56% of the total soil loss. Paths and roads are also a major source of sediment transport, together accounting for 22%. Soil erosion was mapped and an analysis made of the connectivity in sediment flux to Lake Victoria. Annelies De Meyer also took an active part in discussions with the local farming and fishing populations on measures to stem the erosion problem. In some places planting grasses may offer a solution, but on paths and roads, for example, other methods must be found.

This work has great relevance to development. The study of soil erosion in villages and settlements and the devising of appropriate ways to reduce it are crucial to the whole population. Erosion is highly detrimental to agricultural yields and the sediment that is transported to the lake causes great problems for the environment and biodiversity. And among other things it also causes a greatly reduced fish catch. This study is also entirely in keeping with the theme of the prize: “Biodiversity and environment for a better life”.

²Annelies De Meyer, 1985, Belgian, Bio-engineer in Land and Forest Management, K.U.Leuven, Belgium 2008. de.meyer.annelies@gmail.com

“Productie en houtkwaliteit van limba (*Terminalia superba* Engl. & Diels) uit aanplantingen in het Luki-reservaat, Bas-Congo, DRC”

(Production and Wood Quality of Limba (*Terminalia superba* Engl. & Diels) from Plantations in the Luki Reserve, Lower Congo, Democratic Republic of Congo)

Wannes Hubau³

The Law on Belgian International Cooperation of 19th May 1999 assesses the relevance of development on the basis of six principles: strengthening institutional and management capabilities; social and economic impact; technical and financial viability; effectiveness of the planned implementation procedure; focus on equality between men and women; and respect for protection and safeguarding of the environment.

Wannes Hubau's study scores on five out of these six basic principles (only the fourth is less apparent). This the Belgian researcher has achieved by putting himself in the local researcher's situation both mentally and physically.

Hubau began with a thorough study of the literature on the topic but the set-up of his research was also meticulously documented.

The overexploitation of forests in the Democratic Republic of Congo has been a matter of concern from as early as the 1950s. In order to maintain wood stocks at an acceptable level the Colonial State decided on large-scale artificial regeneration in and around the specially-created Luki Reserve.

The studied plantations, which cover an area of 11,000 hectares and are now sixty years old, are one of the oldest documented limba plantings in the Democratic Republic of Congo. They have a high scientific value and so attract the attention of both Congolese and international researchers. Both the local population and project developers must be convinced of the value of this high-potential species. The use of indigenous species, of which limba is one, also has the advantage of their being adapted to habitat and climate.

Felling a species at the optimum moment can contribute to a more sustainable management of natural resources. This research has, moreover, an exemplary function, showing the local population that well managed plantations can ensure an extra source of income. The results of this thesis are encouraging for this tree species, for it can become a valuable resource in a short space of time. Its potential for use as a veneer wood is also promising. In summary it can be stated that new limba plantations are recommended in local reforestation projects.

³Wannes Hubau, 1985, Belgian, Bio-engineer in Land and Forest Management, Universiteit Gent, Belgium, 2008. wannes.hubau@UGent.be

“Analyse systémique des contraintes en culture bananière au Rwanda”

(System Analysis of Pressures in Banana Cultivation in Rwanda)

Julie Van Damme

For millions of people in Rwanda and the whole African Great Lakes area bananas are the most important food crop. They are mainly cultivated by small-scale farmers. The majority of the bananas they grow are not the yellow dessert type but cooking bananas. Also grown are beer bananas, whose juice can be drunk fresh but which are mostly used for brewing beer.

Bananas are harvested throughout the year, their permanent foliage protects the steep slopes against erosion and the banana plant waste is returned to the soil. Bananas are therefore very important, not only in enabling the farmers to feed their families but also in terms of income and the sustainability of their exploitation. A high percentage of cultivated land is therefore planted with bananas, usually mixed with beans and other crops. Recent years have seen a significant drop in banana yields, however, largely due to disease and insects. Researchers attempt to solve this by way of improved and more specially adapted cultivating methods and/or improved plant material.

In densely populated Rwanda the government has also addressed the issue of how to use the small amount of steep and often poor land available to feed the more than ten million people. It was decided to divide the land into agricultural production zones. Farmers were then asked to concentrate on the crop that was chosen for their zone – potatoes in the north-west, for example, manioc in the south and bananas in the south-east. This “agricultural specialization” is intended to modernize farming and so increase production. For instance, the government aims to replace the majority of beer bananas with cooking bananas. In some areas farmers are no longer allowed to cultivate beans in the banana fields, as it is thought that this would reduce the yield.

As a student at the Université Catholique de Louvain, Van Damme examined what farmers, agriculture advisors, researchers and policy makers saw as the most important problems and possibilities for these banana systems. This she did working jointly with national and international researchers from the CIALCA consortium, which is supported by the Belgian Directorate-General for Development Cooperation (www.cialca.org).

In her interviews the author observed that farmers did not always agree with the government's view. The agriculture advisors had great difficulty in convincing the farmers of the usefulness of government policy, which runs counter to years of tradition. Other problems are poor access to the market, more variable rainy seasons with longer dry seasons, limited possibilities for industrial processing of (beer) bananas and a limited capacity to rapidly reproduce new and better banana varieties and to make these available to the farmer.

Julie Van Damme's research makes it very clear that solutions for small-scale farmers can only work sustainably if there is technical coherence throughout the scheme and when a support base is established that extends from farmer to policy-maker. Within CIALCA the results of her research are used to develop solutions that best fit the priorities of both farmers and policy-makers.

⁴Julie Van Damme, 1985, Belgian, Bio-engineer, Agricultural Sciences, Université Catholique de Louvain, Louvain-la-Neuve, Belgium, 2008.
julie.vandamme@uclouvain.be

Projet Interuniversitaire Ciblé (PIC)

La mosaïque africaine du manioc

Espoir Bisimwa, Godefroid Monde, Jean Walangululu & Claude Bragard

La mosaïque du manioc est une maladie virale qui s'attaque aux plantes de manioc en Afrique et, dans une moindre mesure, en Asie. Les virus qui provoquent cette maladie appartiennent à la famille des *Geminiviridae*, une famille de virus dévastateurs, capables de provoquer des épidémies à large échelle.

Contexte

De la même manière, le virus de la mosaïque africaine du manioc (*African Cassava Mosaic Virus* - ACMV) et, plus virulent encore, le virus de la mosaïque est-africaine du manioc (*East African Cassava Mosaic Virus* - EACMV) sont associés à la maladie. Ces virus sont disséminés et transmis d'une manière très efficace par un minuscule insecte, une mouche blanche appelée *Bemisia*.

La mosaïque, en cas de forte infestation, peut provoquer des pertes de rendement catastrophiques. L'impact de la maladie est important dans les pays où le manioc constitue une base essentielle de l'alimentation. L'épidémie initiée en Ouganda est aujourd'hui présente au Kivu en République démocratique du Congo ainsi qu'au Burundi...

Le manioc est, avec la banane plantain, l'aliment de base pour plus de la moitié de la population de la République démocratique du Congo. Il est cultivé dans toutes les provinces. Comme dans toutes les régions productrices de manioc en Afrique, la mosaïque africaine constitue une des contraintes majeures à la production, capable de provoquer des pertes de l'ordre de 25 à 95% selon les conditions écologiques, les souches du virus en présence, le niveau de résistance/susceptibilité des variétés utilisées,...

Au cours de la décennie écoulée, une pandémie de mosaïque a balayé l'Afrique de l'Est, au départ de l'Ouganda (Ouganda, Kenya, Tanzanie). L'analyse des souches a révélé l'existence d'un complexe de deux principales espèces virales, l'ACMV et l'EACMV, dont la souche ougandaise (EACMV-Ugv) est signalée comme étant la plus virulente. La présence simultanée et le synergisme entre les différentes espèces provoquent des symptômes et des pertes de rendements encore plus sévères. L'objectif de ce projet est de comprendre la dynamique de la maladie, dans une région où elle a été très peu étudiée, pour développer les outils de contrôle de cette pandémie.

Objectifs

Initié en 2003, le projet a pour objectif global d'améliorer la productivité locale du manioc au travers des objectifs suivants:

- quantifier l'impact de la mosaïque du manioc dans la région en fonction des variétés cultivées;
- identifier avec précision les souches virales de la région et leur distribution;
- tester le niveau de résistance des variétés de manioc utilisées localement par les agriculteurs;
- identifier, en collaboration avec les agriculteurs, les pratiques culturales à adopter pour limiter l'impact de la maladie et améliorer le rendement du manioc en milieu paysan.

Localisation et partenaires du projet

Basé à Bukavu, le projet a principalement couvert le Sud Kivu. Il a bénéficié d'une dynamique de collaborations tant au Nord qu'au Sud. Outre l'Unité de Phytopathologie de l'Université catholique de Louvain, l'Unité de Biochimie et de Biologie cellulaire des Facultés universitaires Notre-Dame de la Paix à Namur et la Faculté des Sciences agronomiques de l'Université catholique de Bukavu, partenaires initiaux du projet, plusieurs unités de recherche ont contribué à ce dernier, comme la Deutsche Sammlung von Mikroorganismen und Zellkulturen GmbH (Braunschweig, Allemagne), l'Université de Kinshasa, l'Institut Facultaire Agronomique de Yangambi - IFA (RDC), le réseau manioc de l'Institut National pour l'Étude et la Recherche Agronomiques au Congo - INERA (Mvuazi, RDC) et, spécialement, la Station de Mulungu, l'Université du Burundi et l'Institut des Sciences Agronomiques du

Burundi - ISABU (Bujumbura), l'Institut international d'Agriculture tropicale (Namulonge, Ouganda) et le Centre de Recherche international pour les Régions semi-arides (Sadoré, Niger) qui ont participé aux succès et à la formation des acteurs du projet.

Résultats

Après quatre ans, les objectifs initiaux ont été largement atteints. Ainsi, nous avons pu démontrer que l'épidémie virale était bien présente dans le Kivu et, dans une moindre mesure, autour de Kisangani et de Yangambi. Le génome des souches d'ACMV et EACMV détectées dans la région a été partiellement ou totalement séquencé, ce qui a permis de mettre en évidence de nombreuses infections mixtes. Les variétés de manioc utilisées localement ont été patiemment décrites et caractérisées pour leur résistance au virus et aux maladies en général. Le projet a ainsi pu montrer tout l'intérêt des cultures en association, comme celle du haricot avec le manioc, pour le contrôle du virus et de son vecteur.

Le projet a aussi permis la mise en place d'une équipe de recherche sur la mosaïque, aussi bien à Bukavu qu'à Kisangani. Il a largement contribué à la formation des étudiants de deuxième cycle de la Faculté des Sciences agronomiques de l'Université catholique de Bukavu, via leurs travaux pratiques, mémoires et travaux de fin de cycles. Deux thèses de doctorat ont été initiées dans ce domaine. En outre, plusieurs étudiants bioingénieurs africains et belges ont réalisé un travail de recherche au Burundi et en RDC avec l'approche enrichissante d'un travail collégial, en binôme Nord-Sud. Les interactions entre chercheurs et paysans, lors des nombreuses sorties sur le terrain, ont permis un enrichissement et un apprentissage mutuels des compétences.

Enfin, une conférence internationale organisée à Bukavu a rassemblé plus de 100 participants pour la présentation des résultats du projet et des dernières connaissances scientifiques sur le sujet. Dans ce cadre, une table ronde a permis de réunir plusieurs acteurs majeurs (les chercheurs universitaires et des centres de recherche, les ONG, l'inspection de l'agriculture, l'INERA, l'ISABU, la FAO) dans le domaine agricole au Sud-Kivu, dans l'optique d'un contrôle plus efficace de la pandémie.

Conclusion

Au terme de ce projet qui a permis de montrer qu'une collaboration active et efficace sur le plan scientifique pouvait se dérouler, malgré une situation compliquée sur le terrain par l'insécurité au Sud-Kivu, nous tenons à exprimer nos plus vifs remerciements à la CUD et à son personnel, ainsi qu'à celui de nos universités respectives, pour le soutien apporté dans cette aventure qui nous a permis de relever le défi d'étudier ce virus responsable d'une famine préoccupante...

Espoir Bisimwa, Université catholique de Bukavu, Laboratoire de Phytopathologie ebisimwa@yahoo.com

Godefroid Monde, Doctorant à l'Institut Facultaire Agronomique de Yangambi - IFA Yangambi mondekaz@yahoo.fr

Jean Walangululu, Professeur à l'Université catholique de Bukavu, Doyen de la Faculté des Sciences agronomiques walangululu@yahoo.fr

Claude Bragard, Professeur à l'UCL, Unité de Phytopathologie, claud.bragard@uclouvain.be

Cet article a été publié dans l'Echosud ⁽¹⁸⁾, Bulletin trimestriel de la Commission Universitaire pour le Développement (CUD), mars 2008, pp. 2-3.

ORGANISATION

Concept of editors and objectives of TROPICULTURA

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

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

Board

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

Editorial Staff

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

Publication secretariat

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

Distribution

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

SCOPE OF THE PUBLICATION

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

INSTRUCTIONS TO AUTHORS

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

TROPICULTURA

2010 Vol. 28 N° 2
Four issues a year (April - May - June)
CONTENTS

ORIGINAL ARTICLES

Use of Industry Byproducts in the Feeding of Finishing Pigs in Cuba (<i>in Spanish</i>) R.E. Almaguel González, Elizabeth Cruz Martinez & J.L. Piloto Montero	65
Performances of Vegetated Beds with <i>Echinochloa pyramidalis</i> in the Purification of Wastewater from Distillery in Sub-Saharan Africa (<i>in French</i>) T. Fonkou, M.F. Fonteh, M. Djousse Kanouo & Amougou Akoa	69
Contribution of Men and Women to Farming Decisions in Cocoa Based Agroforestry Housholds of Ekiti State, Nigeria (<i>in English</i>) A.A. Enete & T.A. Amusa	77
Economic Efficiency of Small Scale Farmers in Ogun State, Nigeria (<i>in English</i>) R. Adeyemo, J.T.O. Oke & A.A. Akinola	84
Sediment Production from Settlements and Farmlands within Lake Victoria Shoreline Zone in Uganda and Tanzania (<i>in English</i>) M. Isabirye, D. Kimaro & O. Semalulu	89
Economic and Social Determinants of the Cotton Culture Choice and its Intensification in a Context of Crisis of the Sector in the Central African Republic (<i>in French</i>) E. Mbétid-Bessane	96
Willingness to Pay for Biopesticides: A Survey of Vegetables Producers in the South Coast of Togo (<i>in French</i>) K. Yovo	101
Desertification of Arid Rangelands in Morocco (<i>in French</i>) H. Mahyou, B.Tychon, R. Balaghi, J. Mimouni & R. Paul	107
Sylvicultural and Cultural Practices in Agroforestry Parklands According to a North-South Rainfall Gradient in Maradi Region, Niger (<i>in French</i>) M. Larwanou, I. Oumarou, Laura Snook, I. Danguimbo & O. Eyog- Matic	115
DGDC'S ACTIVITIES	123

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

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