

ISSN-0771-3312

TROPICULTURA

2014 Vol. 32 N°1

Trimestriel (janvier- février- mars)

Driemaandelijks (januari- februari- maart)

Se publica po año (en enero- febrero- marzo)



Boutures de *Jatropha curcas*

Crédit: G. Mergeai, 2013

Editeur responsable/Verantwoordelijke uitgever: J. Vercruysse
Avenue Louise 231 Louizalaan
1050 Bruxelles/ Brussel

Avec le soutien
de l'Académie Royale des Sciences d'Outre-Mer ARSOM, www.kaowarsom.be
et de la Région Bruxelles Capitale

Met de steun van
de Koninklijke Academie voor Overzeese Wetenschappen www.kaowarsom.be
en van het Brussels Gewest



SOMMAIRE / INHOUD/ SUMARIO

EDITORIAL/EDITORIAAL/EDITORIAL

- Artemisia annua*, a hope for controlling the major parasitic diseases in sub-saharan Africa?
Artemisia annua, un espoir pour contrôler les principales maladies parasitaires en Afrique subsaharienne?
Artemisia annua, een hoop voor het regelen van de belangrijkste parasitaire ziekten in Afrika bezuiden de Sahara?
Artemisia annua, una esperanza para el control de las principales enfermedades parasitarias en el África subsahariana?
G. Mergeai 1

ARTICLES ORIGINAUX/ OORSPROKENLIJKE ARTIKELS/ ARTICULOS ORIGINALES

- A Screening Procedure for Evaluating Cotton for *Rotylenchulus reniformis* Resistance in Controlled Conditions
Mise au point d'une méthode d'évaluation de la résistance du cotonnier à *Rotylenchulus reniformis* en conditions contrôlées
Ontwikkeling van een evaluatiemethode van de weerstand van katoen tegen *Rotylenchulus reniformis* onder gecontroleerde omstandigheden
Desarrollo de una método de evaluación de la resistencia del algodón al nematodo reniforme *Rotylenchulus reniformis* en condiciones controladas
N.O. Konan, M. De Proft, O. Ruano, J.-P. Baudoin & G. Mergeai 3
- Effect of Repeated Administration of hCG on Ovarian Response in PMSG-superovulated Ouled Djellal Ewes (Algeria)
Effet de l'administration répétée de l'hCG sur la réponse ovarienne chez la brebis « Ouled Djellal » superovulée avec de la PMSG (Algérie)
Effect van herhaalde toediening van hCG op de ovariële respons van « Ouled Djellal » ooien gesuperovuleerd met PMSG (Algerije)
Efecto de la administración repetida de hCG sobre la respuesta ovárica en la oveja «Ouled Djellal » superovulada con PMSG (Argelia)
R. Lamraoui, F. Afri-Bouzebda, Z. Bouzebda, M. Franck & E. Gherissi Djallel 10
- Adoption et intensification du Nouveau Riz pour l'Afrique en Centrafrique
Adoptie en intensivering van Nieuwe Rijst voor Afrika in Centraal-Afrikaanse Republiek
La adopción y la intensificación del Nuevo Arroz para África en la República Centroafricana
E. Mbétid-Bessane 16
- Sondage sérologique de la fièvre Q chez les ovins par la méthode ELISA et prévalence des avortements dans la région de Ksar El Boukhari (Algérie)
Serologisch onderzoek van Q-koorts bij schapen met een ELISA-test en prevalentie van abortussen in de Ksar El Bukhari regio (Algerije)
Encuesta serológica de la fiebre Q en el ganado ovino mediante ELISA y prevalencia de abortos en la región de Ksar El Bujari (Argelia)
W.-I. Yahiaoui, F. Afri-Bouzebda, Z. Bouzebda & A. Dahmani 22
- Valorisation des ordures ménagères par compostage dans la ville de Dschang, Cameroun
Valorisatie van huishoudelijk afval door compostering in de stad van Dschang, Kameroen
Valuación de basura por compostaje en la ciudad de Dschang, Camerún
E. Temgoua, E. Ngnikam, H. Dameni & G.S. Kouedeu Kameni 28
- Importance de *Coula edulis* Baill. pour les populations du Sud-Est du Gabon: niveaux de prélèvement et potentiel économique de l'espèce
Belang van *Coula edulis* Baill. voor de bevolking van het zuidoosten van Gabon: oogst niveaus en economische potentieel
Importancia de *Coula edulis* Baill. para la gente del sureste de Gabón: los niveles de cosecha y el potencial económico de las especies
C. Moupela, C. Vermeulen, J.-L. Doucet, K. Dainou & P. Lebailly 37
- Pig Production in Tanzania: a Critical Review
La production porcine en Tanzanie: revue critique
Varkensteelt in Tanzania: een kritische literatuurstudie
La producción porcina en Tanzania: una revisión crítica
R.T. Wilson & E.S. Swai 46
- Induction d'oestrus et insemination artificielle chez les zebus Azawak et zebus Goudali au Burkina Faso
Oestrus inductie en kunstmatige inseminatie bij de Azawak- en de Goudali zebos in Burkina Faso
Inducción del estro e inseminación artificial en los cebú Azawak y los cebú Goudali en Burkina Faso
M. Zongo, B. Bayala, W. Pitala, C. Meyer, H. Boly & L. Sawadogo 54
- ANNONCES/ AANKONDIGINGEN/ ANUNCIOS 62

The opinions expressed, and the form adopted are the sole responsibility of the author(s) concerned
Les opinions émises et la forme utilisée sont sous la seule responsabilité des auteurs
De geformuleerde stellingen en de gebruikte vorm zijn op verantwoordelijkheid van de betrokken auteur(s)
Las opiniones emitidas y la forma utilizada son de la exclusiva responsabilidad de sus autores

EDITORIAL

EDITORIAAL

EDITORIALES

Artemisia annua, un espoir pour contrôler les principales maladies parasitaires en Afrique subsaharienne?

De nombreuses maladies parasitaires affectent la capacité de travail des agriculteurs africains et la santé de leurs animaux d'élevage. Parmi celles-ci, le paludisme est particulièrement néfaste. Selon différentes études, il serait à l'origine de plus de la moitié des hospitalisations en zones rurales; tout particulièrement au moment des récoltes. Les trypanosomiasés, humaine et animale, constituent un autre fléau qui affecte les ruraux et leur bétail. Il prévaut principalement en République démocratique du Congo mais touche également une bonne partie des autres pays d'Afrique subsaharienne. Il en va de même pour la bilharziose dont souffrent plusieurs dizaines de milliers de personnes sur le continent. La coccidiose quant à elle touche une proportion importante des élevages traditionnels de volaille dans la région.

Les statistiques montrent que plus de 80% des ménages africains ont recours aux plantes médicinales pour se soigner. Plusieurs centaines d'espèces végétales sont ainsi utilisées à des fins thérapeutiques par la population indigène.

L'armoise annuelle (*Artemisia annua* L.) est une nouvelle venue dans la pharmacopée locale. Utilisée depuis plus de 2000 ans en Chine pour soigner différentes pathologies, sa culture s'est développée à grande échelle au Kenya, en Tanzanie, en Ouganda et à Madagascar à partir de la fin des années 1990 pour extraire de ses tissus l'artémisinine, une molécule particulièrement efficace pour empêcher le développement des protozoaires vecteurs du paludisme. L'artémisinine a en outre une action anti-inflammatoire et antipyrétique; elle est active non seulement sur *Plasmodium falciparum*, mais également sur de nombreuses bactéries et virus et notamment le VIH. Elle a été utilisée avec succès dans la désinfection de l'eau et sur certaines parasitoses comme les leishmanioses ou les schistosomiasés. Enfin, elle a un rôle dans la limitation de la prolifération des cellules cancéreuses.

A. annua produit également une large gamme d'autres produits bioactifs (flavonoïdes, coumarines, stéroïdes, etc.) dont certains pourraient également jouer un rôle dans son action antiparasitaire.

Plusieurs associations prônent son utilisation directement sous forme d'infusion ou de poudre de tissus séchés. Les résultats d'essais cliniques réalisés *in vitro* ou sur des animaux de laboratoire ainsi que des études épidémiologiques réalisées, entre autres, au Cameroun, au Sénégal et en Ouganda, à partir d'infusions d'*A. annua* semblent confirmer le potentiel curatif de ce mode de traitement.

Compte tenu du coût élevé des médicaments pharmaceutiques et de la longue tradition d'utilisation de cette plante en Chine, ces résultats sont source d'espoirs pour le traitement en Afrique subsaharienne des principales maladies parasitaires, tant de l'homme que des animaux domestiques. Avant d'utiliser cette herbe, il faut cependant être conscient que, comme tout traitement curatif, elle peut entraîner une série d'effets secondaires. Ainsi, elle n'est pas recommandée pour les personnes qui prennent des médicaments antiépileptiques parce qu'elle peut provoquer des convulsions. Les personnes ayant des problèmes gastro-intestinaux doivent également éviter de l'utiliser car elle crée un excès d'acide dans l'estomac. Elle peut également induire des dermatites, une perte d'appétit, des maux d'estomac, des nausées et de la diarrhée. Son pollen peut causer des réactions allergiques. Les diabétiques et les femmes enceintes doivent tout particulièrement faire preuve de prudence et consulter un médecin avant de l'utiliser. Ces désagréments sont à mettre en balance par rapport à ses bienfaits potentiels.

Deux défis majeurs devraient de plus être relevés avant de pouvoir assister à l'emploi à grande échelle de l'armoise annuelle dans la pharmacopée traditionnelle africaine. Il s'agit de la sélection d'écotypes adaptés aux différentes zones agro-écologiques du continent et de la mise au point de techniques permettant sa culture dans chacune de celles-ci.

J'encourage les lecteurs intéressés par cette problématique de se faire par eux même une opinion en consultant les différents articles scientifiques cités par Weathers *et al.* (2014)*.

Bonne lecture.

Guy Mergeai
Rédacteur en chef

*Weathers PJ, Reed K, Hassanali A, Lutgen P, Engeu PO (2014), Chapter 4: Whole plant approaches to therapeutic use of *Artemisia annua* L. (Asteraceae). IN: *Artemisia annua*. - Pharmacology and Biotechnology. Eds., T Aftab, JFS Ferreira, MMA Khan, M Naeem Springer, Heidelberg, GDR pp. 51-74.

Artemisia annua, a hope for controlling the major parasitic diseases in sub-saharan Africa?

Many parasitic diseases affect the working ability of African farmers and the health of their domesticated animals. Among these, malaria is particularly harmful. According to various studies, it is the cause of more than half of the hospitalizations in rural areas, especially at harvest time. The trypanosomiasis, human and animal, is another scourge that affects rural people and livestock. It prevails mainly in the Democratic Republic of Congo but also affects a large part of other sub-Saharan countries. It is the same for schistosomiasis affecting tens of thousands of people on the continent. Coccidiosis for its part affects a large proportion of traditional poultry farms in the region.

Statistics show that over 80% of African households use medicinal plants to treat themselves. Hundreds of plant species are so used for therapeutic purposes by the indigenous population.

Annual wormwood (*Artemisia annua* L.) is a newcomer in the local pharmacopoeia. Used for over 2000 years in China to treat various diseases, its cultivation has developed on a large scale in Kenya, Tanzania, Uganda and Madagascar from the late 1990s to extract artemisinin from its tissues, a molecule particularly effective to prevent the development of protozoa vectors of malaria. Artemisinin has further anti-inflammatory and antipyretic activity and is active not only on *Plasmodium falciparum*, but also on many bacteria and viruses, including HIV. It has been successfully used in the disinfection of water and on certain parasitic diseases such as leishmaniasis and schistosomiasis. Finally, it has a role in the limitation of the proliferation of cancer cells.

A. annua also produces a wide range of other bioactive products (flavonoids, coumarins, steroids, etc.) some of which may also play a role in its antiparasitic action.

Several associations advocate its use directly in the form of infusion or powder of dried tissue. The results of clinical trials conducted *in vitro* or on laboratory animals, and epidemiological studies carried out, among others, in Cameroon, Senegal, and Uganda, using infusions of *A. annua* seem to confirm the curative potential of this mode of treatment.

Given the high cost of pharmaceutical drugs and the long tradition of using this plant in China, these results are a source of hope for the treatment in sub-Saharan Africa of human and livestock major parasitic diseases. Before using this herb, however, one should be aware that, like any cure, it can cause a series of side effects. *Artemisia annua* is not recommended for people who take anti-seizure drugs because the herb can cause seizures. People with gastrointestinal problems or ulcers also should avoid the herb because it creates excess acid in the stomach. Side effects of this herb can include dermatitis, a loss of appetite, stomach pain, nausea and diarrhea. The plant's pollen has been known to cause allergic reactions, which can include headaches. Patients who want to add *A. annua* to their healthcare regimen should consult their physician because of the associated risks and the herb's allergic properties. Diabetics and pregnant women also should exercise caution and consult their physicians before using this herb. These annoyances are to be weighed against its potential benefits.

Moreover, two major challenges should be addressed before seeing the use of *Artemisia annua* at a large scale in traditional African medicine. It is the selection of ecotypes adapted to the different agro-ecological zones in Africa, and of the development of cultivation techniques adapted to each of them.

I encourage readers interested in this issue to make up their mind about it by consulting the various scientific articles cited by Weathers *et al.* (2014)*.

Good reading.

Guy Mergeai
Editor-in-chief

*Weathers PJ, Reed K, Hassanali A, Lutgen P, Engeu PO (2014), Chapter 4: Whole plant approaches to therapeutic use of *Artemisia annua* L. (Asteraceae). IN: *Artemisia annua*. - Pharmacology and Biotechnology. Eds., T Aftab, JFS Ferreira, MMA Khan, M Naeem Springer, Heidelberg, GDR pp. 51-74.

ARTICLES ORIGINAUX

OORSPRONKELIJKE ARTIKELS

ORIGINAL ARTICLES

ARTICULOS ORIGINALES

A Screening Procedure for Evaluating Cotton for *Rotylenchulus reniformis* Resistance in Controlled Conditions

N.O. Konan^{1*}, M. De Proft², O. Ruano³, J.-P. Baudoin⁴ & G. Mergeai⁴

Keywords: Cotton- Resistance- *Rotylenchulus reniformis*- Nematode- Belgium

Summary

Rotylenchulus reniformis is one of the most important nematode pests of cotton. Currently, no cotton cultivar resistant to this pest is available. In the framework of a breeding program aiming at producing cotton genotype resistant to this nematode, a *R. reniformis* resistance evaluation protocol based on egg inoculation, extraction and counting, has been established. Two environment conditions (growth chamber and greenhouse), four sieves (75, 50, 20 and 10 μm), three doses of inoculum (1,500; 3,000 and 6,000 eggs), and five durations of infestation (20, 30, 40, 50 and 60 days after inoculation) have been tested. The growth chamber programmed to provide 12 h of light, 55%-60% relative humidity and 30-26°C day-night air temperatures revealed to be adequate. The NaOCl (sodium hypochloride)-blender-sieving-centrifugation-flotation method, using 75- μm and 20- μm sieves, kaolin powder and MgSO₄ (magnesium sulfate) solution (specific gravity 1.18) proved to be suitable for effective *R. reniformis* egg extraction (from roots) and counting. Inoculation of 6,000 eggs per seedling and 60 days duration of infestation seemed to be sufficient dose and period for a reliable resistance evaluation. The protocol developed has been tested on known susceptible and resistant cotton genotypes: *G. hirsutum* L (main cultivated species through the world, susceptible), *G. thurberi* Tod. (wild cotton species, moderately susceptible) *G. longicalyx* Hutch. and Lee (wild cotton species, very resistant). The results obtained were in accordance with the response expected from the genotypes

tested, proving the reliability of the evaluation procedure developed.

Résumé

Mise au point d'une méthode d'évaluation de la résistance du cotonnier à *Rotylenchulus reniformis* en conditions contrôlées

Rotylenchulus reniformis est l'un des plus importants nématodes parasites du cotonnier. Actuellement, aucun cultivar de cotonnier résistant à ce ravageur n'est disponible. Dans le cadre d'un programme de sélection visant à produire des génotypes de cotonnier résistants à ce nématode, un protocole d'évaluation de la résistance à *R. reniformis* basé sur l'inoculation, l'extraction et le comptage des œufs, a été développé. Deux conditions environnementales (chambre de croissance et serre), quatre tamis (de mailles 75, 50, 20 et 10 μm), trois doses d'inoculum (1500, 3000 et 6000 œufs), et cinq durées d'infestation (20, 30, 40, 50 et 60 jours après l'inoculation) ont été testés. La chambre de croissance programmée pour fournir 12 h de lumière, 55% à 60% d'humidité relative et 30/26°C de température jour/nuit s'est révélée être adéquate au bon développement du nématode. L'utilisation d'un mixer, de tamis de mailles 75 μm et 20 μm , et de la technique de flottaison-centrifugation avec de la poudre de kaolin et une solution de sulfate de magnésium (MgSO₄) de densité 1,18 s'est avérée efficace pour l'extraction (à partir de racines) et le comptage des œufs de *R. reniformis*. L'inoculation de 6000 œufs par plante et une durée d'infestation de 60 jours semblaient être la dose et la durée suffisante pour

1 Jean Lorougnon Guede University, Daloa, Ivory Coast.

2 Walloon Agricultural Research Center (CRA-W), Life Sciences, Unit of Plant Protection and Ecotoxicology, Gembloux, Belgium.

3 Instituto agronomico do Parana (IAPAR), Parana, Brazil.

4 University of Liege, Gembloux Agro-Bio Tech, Unit of tropical phytotechnology and horticulture, Gembloux, Belgium.

* Corresponding author: E-mail: nguessanolivier@yahoo.fr

Received on 15.07.2013 and accepted for publication on 26.11.2013

une évaluation fiable de la résistance. Le protocole mis au point a été testé sur des espèces sensibles et résistantes de cotonnier: *G. hirsutum* L. (principale espèce de cotonnier cultivée à travers le monde, sensible), *G. thurberi* Tod. (espèce de cotonnier sauvage, moyennement sensible) *G.*

longicalyx Hutch. et Lee (espèce de cotonnier sauvage, très résistant). Les résultats obtenus étaient conformes à la réponse attendue de la part des génotypes testés, ce qui prouve la fiabilité de la procédure d'évaluation mise au point.

Introduction

The reniform nematode (*Rotylenchulus reniformis* Linford and Oliveira) is becoming one of the most damaging nematode species of cotton and currently no resistant cotton variety is available (1, 4, 5, 10). The common management practices to manage this nematode in cotton include crop rotation and nematicide applications (4, 11). However, genetic resistance is, because of environmental and economical reasons, the most desirable control method (1, 3).

For a breeding program aiming at developing cotton varieties resistant to this nematode, a reliable screening procedure to evaluate in controlled conditions the resistance of the plants is important. On its host, *R. reniformis* has a semi-endoparasitic habit and only females parasitize plant roots. The immature female imbeds her head into root tissue and establishes a permanent-feeding; the posterior portion remains on the root surface, swells and is surrounded by a gelatinous matrix (eggsac) in which the mature female deposits eggs. Host susceptibility to *R. reniformis* is correlated with the degree of development of the females and with the number of eggs they produced (12). Healthy females and large eggsacs were observed on susceptible plants whereas degenerated females and small eggsacs were common in roots of resistant plants (1, 12). Therefore, the number of *R. reniformis* eggs on a plant can be a good indicator for the assessment of host reaction to this nematode (7, 8, 10). Consequently, a screening procedure should involve inoculation of *R. reniformis* vermiform stages and/or eggs onto plantlet roots and counting the number of eggs developed on these roots. The efficiency of such a procedure depends firstly upon an effective nematode eggs extraction from roots and on an easy and reliable counting. Several basic techniques for nematode egg extractions have been developed from which the NaOCl (sodium hypochloride) -Blender-Sieving method (12) and the NaOCl-Blender-Sieving-Centrifugation-Flotation method (2) can be used for *R. reniformis* egg extraction and count in an evaluation of plant resistance. But, as the efficacy of nematode extractions for many commonly used techniques

ranges from about 10% to 50% (9), it is important to ensure the efficiency of the method chosen, especially when sieving is involved in the procedure (major egg losses can occur during the sieving process if sieves are not appropriate). Moreover, because many other factors (soil composition, inoculum dose, infestation duration, environmental conditions, etc.) can influence the efficiency of the global resistance screening procedure, it is essential to determine the suitable conditions for an effective and reliable screening technique.

This paper deals with experiments carried out to establish a simple and reliable screening technique based in inoculation, extraction, and counting of nematode eggs in the framework of a breeding program aiming at producing cotton resistant genotypes to *R. reniformis*.

Materials and methods

Determination of appropriate sieves for *R. reniformis* egg extraction

To determine the appropriate sieves for *R. reniformis* egg extraction, four sieves (75, 50, 20 and 10 μ m) were tested. A suspension of vermiform stages and eggs of *R. reniformis* was poured through the sieves nested in descending order. A stream of tap water was used to facilitate the sieving process. The residues from each sieve were collected for counting in a petri dish under a stereomicroscope (Wild, Heerbrugg, Switzerland, M5-65480).

Comparison of NaOCl-Blender-Sieving and NaOCl-Blender-Sieving-Centrifugation-Flotation methods

NaOCl-Blender-Sieving method:

Roots of *G. hirsutum* infected by *R. reniformis*, were gently washed to remove soil particles. They were then cut into \pm 1-cm pieces and mixed in 0.25% NaOCl solution with a blender (Braun AG, Frankfurt/M, Germany) for 30 seconds to free the eggs from the eggsacs and to disperse them. The mixture was poured through a 75- μ m sieve, nested over a 20- μ m sieve. The sieves were placed under a stream of cold water to remove the residual NaOCl and to separate eggs from the root debris.

The residue on the 20- μ m sieve was gently washed and collected in 1,000 ml water into a beaker. The suspension was agitated while two 20-ml aliquots were taken and eggs were counted.

NaOCI-Blender-Sieving-Centrifugation-Flotation method:

The rest of the 1,000 ml suspension was used to test the NaOCI-Blender-Sieving-Centrifugation-Flotation method. The suspension was agitated

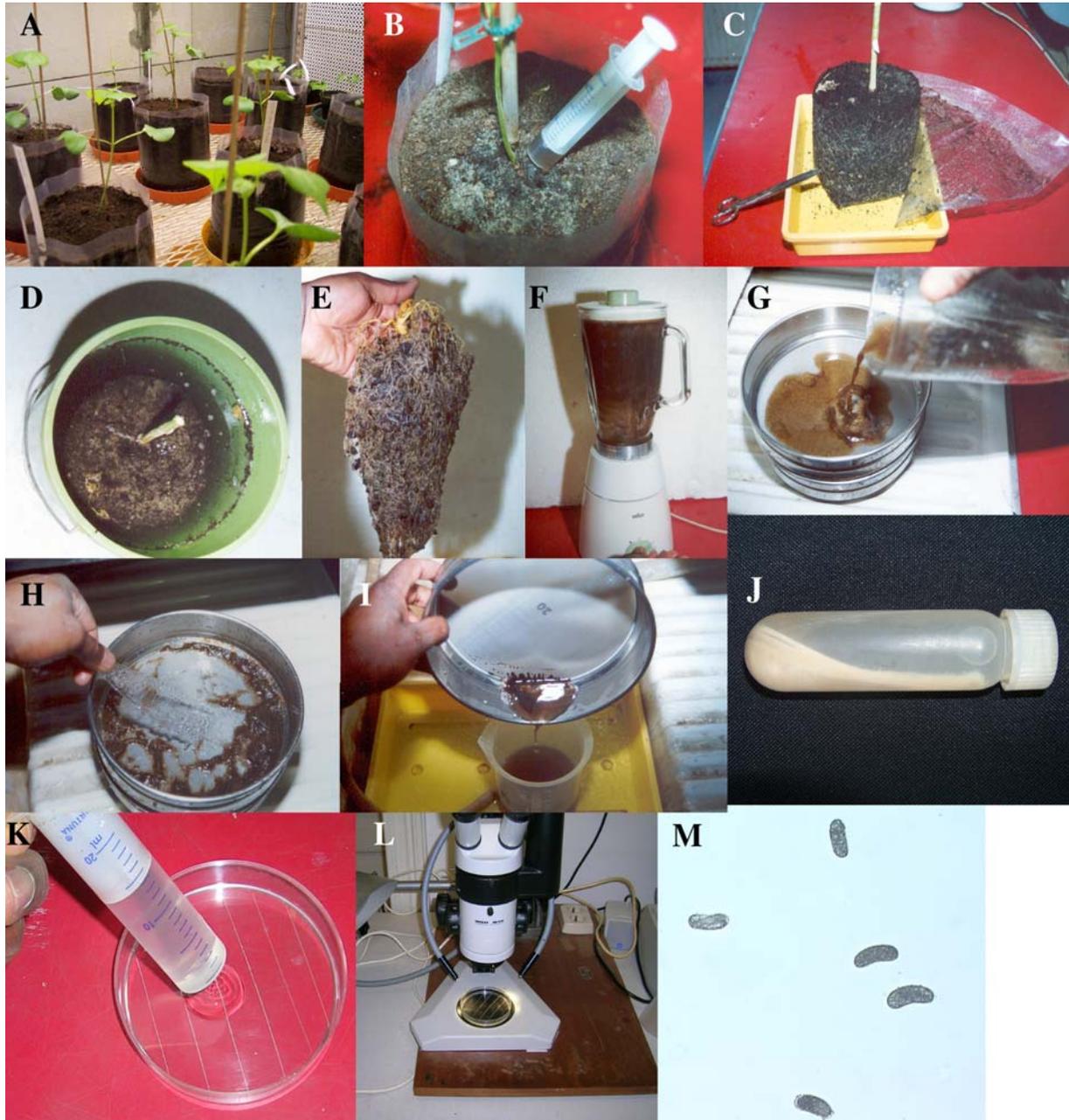


Figure 1: Main steps of the screening procedure to evaluate cotton for resistance to *R. reniformis*: A) Cotton seedlings planted in 5 litres pots filled with a 3:2:1 (v:v:v) mixture of compost, sand and peat; B) Inoculation with 6,000 *R. reniformis* eggs by injection of the appropriate nematode egg suspension; C) Roots with soil, after 60 days of infestation; D) Soaking of the roots with the soil in a bucket of water; E) Harvest of the roots; F) Blending of the roots in 0.25% NaOCI solution; G-H) Sieving of the blending with 75 and 20- μ m mesh sieves; I) Collection of residue retained by the 20- μ m mesh sieve; J) A centrifuge tube after centrifugation; K) After centrifugal flotation, putting of a 20-ml egg suspension in a petri dish (especially divided) for counting; L) Counting of eggs under a stereomicroscope; M) Some *R. reniformis* eggs seen with the stereomicroscope.

while two 20-ml aliquots were taken in 50-ml centrifuge tubes containing, per tube, 4 g of kaolin powder. The volumes were adjusted with water and were rapidly mixed in a circular motion. The tubes were centrifuged 5 min at 3,000 rpm. The supernatant water was removed and replaced with a MgSO₄ (magnesium sulfate) solution (specific gravity 1.18, or 500 g of MgSO₄ made up to 1 L with water) into which the pellet is thoroughly dissolved. The tubes were centrifuged at 3,000 rpm for 6 min. The supernatant MgSO₄ solution was sieved through a 20- μ m sieve. The eggs retained by the sieve were washed, collected in 20-mL water and counted.

Comparison of *R. reniformis* development in greenhouse and in growth chamber

Greenhouse and growth chamber environmental conditions were compared to choose the one which allows the best development of *R. reniformis*. Six 30-days *G. hirsutum* seedlings, planted in 20-cm-diameter plastic pots containing sterile mixture of 3:2:1 (v:v:v) compost, sand and peat, were inoculated each with 5,000 *R. reniformis* eggs. The inoculum preparation consisted in a suspension in water of *R. reniformis* eggs extracted and counted from infested cotton roots according to the NaOCl-Blender-Sieving-Centrifugation-Flotation method as presented above. For inoculation, the planting medium in each pot was infested with 5000 *R. reniformis* eggs by injecting the appropriate egg suspension 2 to 5-cm deep at four points located 2 cm apart from the stem. Three of the infested plants were placed in greenhouse and the three others in a growth chamber. The growth chamber was programmed to provide 12-hr light per day, 55%-60% relative humidity and 30-26°C day-night air temperatures. No effective control was possible on the greenhouse conditions where light, temperature and relative humidity were mostly influenced by outside conditions and were very variable. In the period (summer) corresponding to the experiment in the greenhouse the relative humidity was 30-40%, and the temperature varied from 30°C to 55°C the day and from 28°C to 35°C the night. Sixty days after inoculation, the number of eggs on each plant was determined by extracting and counting them according to the NaOCl-Blender-Sieving-Centrifugation-Flotation method as presented above.

Determination of the adequate period for egg extraction

To determine the adequate duration of the test before egg extraction, five periods (20, 30, 40, 50 and 60 days after inoculation) were tested in a

growth chamber programmed for 12-hr light, 55%-60% relative humidity and 30-26°C day-night air temperatures. Ten susceptible cotton (*G. hirsutum* cv C2) seedlings of 30 days, planted in 20-cm-diameter plastic pots containing sterile mixture of 3:2:1 (v:v:v) compost, sand and peat, were inoculated with about 5,000 eggs of *R. reniformis*. After each tested period, 2 plants were used for egg extraction and counting according to the NaOCl-Blender-Sieving-Centrifugation-Flotation method as presented above.

Determination of the inoculum dose

Three doses of inoculum (1,500, 3,000 and 6,000 eggs per plant) were tested in growth chamber programmed for 12-hr light, 55%-60% relative humidity and 30°C-26°C day-night air temperatures. Inoculum preparation consisted in a suspension in water of *R. reniformis* eggs extracted from infested cotton roots according to the NaOCl-Blender-Sieving as presented above. For each dose, three cotton (*G. hirsutum* cv C2) seedlings of 30 days, planted in 20-cm-diameter plastic pots containing sterile mixture of 3:2:1 (v:v:v) compost, sand and peat, were inoculated. Sixty days after inoculation, roots of each plant were weighed and eggs produced on each plant were extracted and counted according to the NaOCl-Blender-Sieving-Centrifugation-Flotation method.

Check of the reliability of the screening protocol established

A screening procedure was established from the results of the experiments carried out above. The reliability of this procedure was checked using susceptible and resistant cotton genotypes. These genotypes were *G. hirsutum* L. (main cultivated cotton species), *G. longicalyx* Hutch. and Lee (wild diploid cotton species), *G. thurberi* Tod (wild diploid cotton species) respectively susceptible, resistant and moderately susceptible to *R. reniformis* (4, 6, 10, 12). Three seedlings of each genotype were tested. The general protocol for this screening was as follows (Figure 1):

Three 30-days seedlings of each genotypes, planted in 20-cm-diameter plastic pots containing sterile mixture of 3:2:1 (v:v:v) compost, sand and peat, were inoculated with 6000 *R. reniformis* eggs. Sixty days after inoculation, the soil was removed by soaking the roots in water and entire root systems were gently harvested and weighed. Eggs were then extracted and counted according to the NaOCl-Blender-Sieving-Centrifugation-Flotation method as presented above. For each plant, the number of eggs per gram roots was determined.

These numbers were used to assess the relative resistance of each plant compared to the susceptible control *G. hirsutum* by calculating the percentage of eggs per gram root on each plant considering the 100% level for the susceptible control. The scale of relative resistance we used contains the following classes: 0% = immune, 1-10% = highly resistant, 11-25% = resistant, 26-40% = moderately resistant, 41-60% = low susceptible, 61-100% = susceptible as check, and above 100% = very susceptible (12).

Results and discussion

Determination of the appropriate sieves for *R. reniformis* egg extraction:

All the tested sieves, allowed passage of vermiform stages through them (Table 1), demonstrating that vermiform stages of *R. reniformis* could be lost during sieving when using these sieves. Concerning eggs, the 75- μ m sieve let all the eggs pass through it. The 50- μ m sieve kept some eggs (31 eggs) but let the majority of them (446 eggs) pass through it. The 20- μ m kept all the eggs (446 eggs) coming from the 50- μ m sieve. These results show that the sieves used here, have not the same efficiency regarding *R. reniformis* egg collection. The sieves with larger apertures (50 and 75) that let the eggs pass through them, are not good to collect eggs; their aperture seemed be larger than the width of most of *R. reniformis* eggs. The most suitable sieves for a *R. reniformis* egg extraction process, are the 75- μ m and the 20- μ m sieves. Both the 75- μ m and the 20- μ m sieves can be used efficiently to separate *R. reniformis* eggs from plant debris. Indeed, the 75- μ m sieve will retain only the root debris while the 20- μ m sieve will collect the totality of the eggs.

Table 1

Number (N.) of vermiform *R. reniformis* (Rr) and eggs retained by the 75- μ m, 50- μ m, 20- μ m and 10- μ m mesh sieves.

	Size of sieves			
	75- μ m mesh	50- μ m mesh	20- μ m mesh	10- μ m mesh
N. of vermiform Rr retained	28	39	33	1
N. of Rr eggs retained	0	31	446	0

Counting of eggs collected with the NaOCl-Blender-Sieving method and with the NaOCl-Blender-Sieving-Centrifugation-Flotation method:

Egg counting from the NaOCl-Blender-Sieving extraction method was not easy. Sieves alone were not efficient in separating all the root debris from

the nematode eggs. The egg suspension contained a lot of residual root debris that can be confused with eggs, rendering the counting difficult. On the contrary, the suspension coming from the NaOCl-Blender-Sieving-Centrifugation-Flotation method was very clear and eggs were readily distinguishable (Figure 1: K and M). The kaolin powder used in this method, bound to roots debris in pellet while nematode eggs floated in the MgSO₄ solution because of its greater specific gravity; the specific gravity of the MgSO₄ solution used was 1.18 while most nematodes have a specific gravity ranging from 1.06 to 1.10 (2). The eggs collected from the supernatant MgSO₄ solution were free of root debris. In the egg suspension obtained by this method, eggs were counted more easily. The NaOCl-Blender-Sieving-Centrifugation-Flotation method is more reliable for the counting of *R. reniformis* eggs.

Comparison of *R. reniformis* development in greenhouse and in growth chamber:

All the plants grown in growth chamber, gave a greater number of eggs per gram root than the ones grown in greenhouse. The mean number of eggs produced per gram root on plants grown in greenhouse (230 eggs) was twenty times inferior to the mean number of eggs counted per gram root on plants grown in growth chamber (4770 eggs). These results indicate that the nematode reproduced better in growth chamber conditions than in greenhouse. This relative low development of *R. reniformis* in greenhouse could be explained by the high instability of temperature in summer at Gembloux, with temperature in greenhouse going sometimes up to 40°C; while *R. reniformis* has optimal temperatures for movement and reproduction between 27°C and 32°C (5). For a reliable screening procedure aiming at evaluating plant for resistance to *R. reniformis*, the results obtained here suggest that assays must be carried out in conditions avoiding extreme temperature levels.

Determination of the adequate period for egg extraction:

At 20, 30 and 40 days after inoculation, the number of eggs on the plant were on average inferior to 150 eggs per gram root (Figure 2). The highest production of eggs occurred at 50 and 60 days with 645 and 988 eggs per gram root, respectively. Fifty or sixty days after inoculation can be good periods for the evaluation of the resistance of cotton plants to *R. reniformis*, since these periods allowed the greatest egg productions.

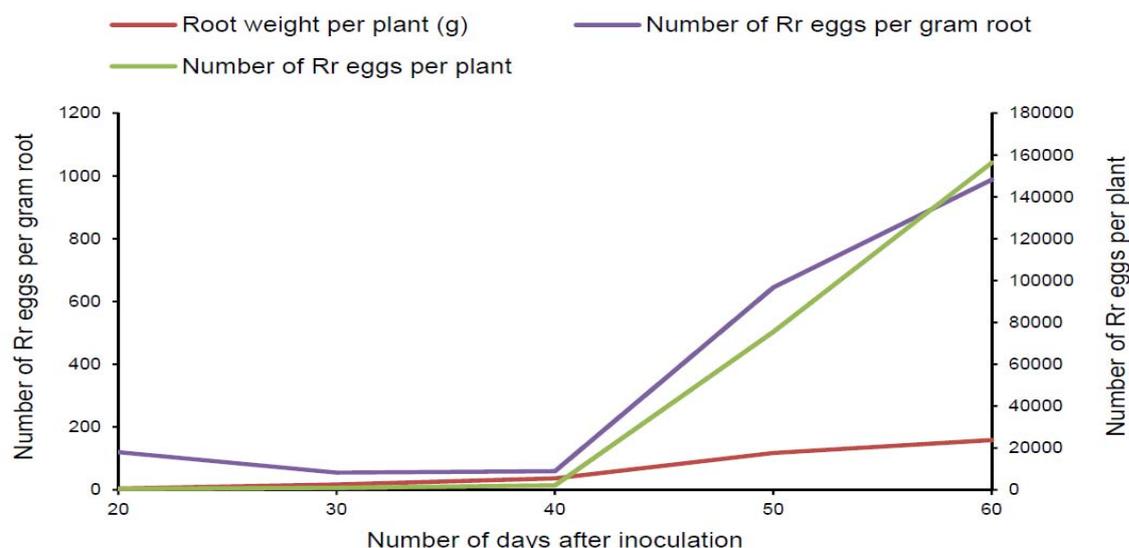


Figure 2: Number of *R. reniformis* (Rr) eggs collected on *G. hirsutum* (cv C2) 20, 30, 40, 50 and 60 days after inoculation of 5,000 eggs.

Inoculum dose:

Three doses of inoculum were examined: 1,500; 3,000 and 6,000 eggs per plant (Table 2). The level of egg production was a function of the initial dose. The higher the initial dose the higher the number of eggs produced on the plant. The dose of 6,000 eggs gave the largest number of eggs produced (287,042 eggs per plant on an average) while the dose of 3,000 and 1,500 eggs gave respectively 90,841 and 54,142 eggs per plant.

The number of eggs produced with the dose 6,000 represented three times the numbers of eggs obtained with the dose 3,000 and five times the number of eggs obtained with the dose of 1,500. As

Table 2
Number of *R. reniformis* (Rr) eggs collected on *G. hirsutum* sixty days after inoculation of 1,500, 3,000 and 6,000 eggs.

Inoculum dose	Number of plants	Mean number of Rr eggs per plant
1,500 eggs	3	54,142
3,000 eggs	3	90,841
6,000 eggs	3	287,042

the objective of the resistance evaluation procedure is to test the reaction of plants to *R. reniformis*, the dose 6,000 which gave the largest number of eggs per gram root seems to be the more suitable dose for this assessment.

Check of the reliability of the screening protocol established: The reaction of each tested genotype to *R. reniformis* inoculation was known before the test. *G. hirsutum* is susceptible, *G. thurberi* is low susceptible, *G. longicalyx* is very resistant (4, 6, 10, 12). Our aim was to assess the reliability of the evaluation procedure developed. *G. hirsutum* presented the highest number of eggs per gram root (14,690 eggs.g⁻¹). *G. thurberi* comes to the second position with 8,570 eggs.g⁻¹ (Table 3). The number of eggs per gram root of *G. longicalyx* was very low (186 eggs.g⁻¹). Compared to the susceptible *G. hirsutum*, the wild species *G. thurberi* was lowly susceptible (58% eggs.g⁻¹) whereas *G. longicalyx* (1.27% eggs.g⁻¹) was very resistant. These results are in accordance with the response expected and prove the reliability of the evaluation procedure developed.

Table 3
Evaluation of the resistance to *R. reniformis* of three cotton genotypes using the procedure developed.

Genotypes	Number of plants	Eggs produced per gram roots	Percentage of egg productions per gram root	Host status
<i>G. hirsutum</i> (C2)	3	14,690	100%	S ^a
<i>G. thurberi</i>	3	8,570	58%	LS ^b
<i>G. longicalyx</i>	3	186	1.27 %	HR ^c

^a S: susceptible; ^b LS: low susceptible; ^c HR: highly resistant

Conclusion

The results obtained from the experiments reported in this manuscript and the main conclusions drawn allow us to propose the following protocol for the evaluation of the resistance of cotton plants to *R. reniformis*:

1. **Inoculum preparation:** Inoculum is prepared from the nematode reared on susceptible *G. hirsutum* cultivars. The inoculum preparation consists in a suspension in water of *R. reniformis* eggs extracted and counted from the infested cotton roots according to the NaOCl-Blender-Sieving-Centrifugation-Flotation method.

2. **Inoculation:** Inoculate 30-days seedlings planted in 20-cm-diameter pots with 6000 *R. reniformis* eggs.

3. **Evaluation of the resistance:** Sixty days after inoculation, evaluate the plants for *R. reniformis* resistance according to the following steps (Figure 1):

(i) Collection and weighing of the roots;

For easily collection of roots, a cultivation substrate with too much compost or peat must be avoided. A heavy soil that strongly stuck to the roots can cause a lot of *R. reniformis* eggsacs losses during removal of roots from such a soil. In our works we used 3:2:1 (v:v:v) mixture of compost, sand and peat.

(ii) Extraction of eggs from the roots by the NaOCl-Blender-Sieving method;

(iii) Separation of eggs from the residual debris according to the Centrifugation-Flotation method and counting;

(iv) Assessment of host status for each plant by calculating the percentage of eggs per gram root. Use the scale of relative resistance of Yik and Birchfield (12) that contains the following classes: 0% = immune, 1-10% = highly resistant, 11-25% = resistant, 26-40% = moderately resistant, 41-60% = low susceptible, 61-100% = susceptible as check, and above 100% = very susceptible.

Acknowledgements

This research was financially supported by Dow Agrosciences LLC.

Literature

- Agudelo P., Robbins R., Stewart J.M., Bell A.A. & Robinson A.F., 2005, Histological observations of *Rotylenchulus reniformis* on *Gossypium longicalyx* and interspecific cotton hybrids. *J. Nematology*, **37**, 444-447.
- Carta L.K., Handoo Z.A., Powers T.O., Miller S.A., Pérez-Zuburi R. & Ramírez-Suárez A., 2005, Guidelines for isolation and identification of regulated nematodes of potato (*Solanum tuberosum* L.) in North America. *Rev. Mex. Fitopatología*, **23**, 211-222.
- Castagnone-Sereno P., 2002, Genetic variability of nematodes: Threat to the durability of plant resistant genes? *Euphytica*, **124**, 193-199.
- Koenning S.R., Wrather J., Kirkpatrick T.L., Walker N.R., Star J.L. & Mueller J.D., 2004, Plant-parasitic nematodes attacking cotton in the United States: Old and emerging production challenges. *Plant Dis.*, **88**, 100-113.
- Robinson A.F., 1999, Cotton nematodes pp 595-615. In : W.C. Smith (Editor), *Cotton: Origin, history, technology and production*.
- Robinson A.F., Bridges, A.C. & Percival A.E., 2004, New sources of resistance to the reniform (*Rotylenchulus reniformis* Linford and Oliveira) and root-knot (*Meloidogyne incognita* (Kofoid & White) Chitwood) nematode in upland (*Gossypium hirsutum* L.) and sea island (*G. barbadense* L.) cotton. *J. Cotton Sci.*, **8**, 191-197.
- Sharma S.B., Ashokkumar, P., 1991, A screening technique to evaluate pigeonpea for resistance to *Rotylenchulus reniformis*. *Ann. Appl. Biol.*, **119**, 323-330.
- Stetina S.R. & Young L.D., 2006, Comparisons of female and egg assays to identify *Rotylenchulus reniformis* resistance in cotton. *J. Nematology*, **38**, 326-332.
- Stirling G., Nicol J. & Reay F., 2002, *Advisory services for nematode pests: Operational guidelines. Rural Industries Research and Development Corporation publication n. 99*, Barton, ACT, Australia, 119 p.
- Weaver D.B., Lawrence K.S. & Van Santen E., 2007, Reniform nematode resistance in upland cotton germplasm. *Crop Sci.*, **47**, 19-24.
- Westphal A. & Scott A.W., 2005, Implementation of soybean in cotton cropping sequences for management of reniform nematode in South Texas. *Crop Sc.*, **45**, 233-239.
- Yik C.P. & Birchfield W., 1984, Resistant germplasm in *Gossypium* species and related plants to *Rotylenchulus reniformis*. *J. Nematology*, **16**, 146-15.

N.O. Konan, Ivorian, Doctorate, Jean Lorougnon Guédé University, Assistant Professor, Daloa, Ivory Coast.

M. De Proft, Belgian, Doctorate, Walloon Agricultural Research Center (CRA-W), Head of the Unit of Plant Protection and Ecotoxicology, Gembloux, Belgium.

O. Ruano, Brazilian, Engineer in agronomy, Agricultural Research Institute of Parana (IAPAR), Head of the Agricultural Research Institute of Parana (IAPAR), Parana, Brazil.

J.-P. Baudoin, Belgian, Doctorate, Professor, University of Liege, Gembloux Agro-Bio Tech, Unit of Tropical Phytotechnology and Horticulture, Gembloux, Belgium.

G. Mergeai, Belgian, Doctorate, Professor, University of Liege, Gembloux Agro-Bio Tech, Head of the Unit of Tropical Phytotechnology and Horticulture, Gembloux, Belgium.

Effect of Repeated Administration of hCG on Ovarian Response in PMSG-superovulated Ouled Djellal Ewes (Algeria)

R. Lamraoui¹, F. Afri-Bouzebda^{1*}, Z. Bouzebda¹, M. Franck² & D.E. Gherissi¹

Keywords : Superovulation- Progesterone- hCG- Ewe- Ouled-Djellal- Algeria

Summary

The objective of this study was to evaluate the effect of repeated administration of hCG on ovarian response in PMSG-superovulated ewes. Intravaginal pessaries containing 40 mg fluorogestone acetate (FGA) were inserted in all ewes (n=9) and remained in situ for 14 days. Two days prior to pessary removal, all ewes were treated with 1000 IU of PMSG. On the day of sponge removal (day 0), the females were randomly assigned to 2 treatments. The first group (n=3) did not receive any hCG, while the second group (n=6) treated inter-muscular with hCG (500 IU) during days 0-2. On day 8, laparotomy was performed to assess numbers of corpora lutea (CL) and anovulatory follicles (AF). Blood samples were collected for analysis of serum progesterone (P4) using radioimmunoassay (RIA) method. The results obtained for first and second group was in number of CL (6.33 ± 1.15 and 10.50 ± 5.54), number of AF (2 ± 3.46 and 4.16 ± 5.70), then the levels of P4 (5.75 ± 4.45 and 13.22 ± 6.80 ng/ml), respectively. These results indicate that the repeated administration of hCG post-sponge removal increases number of CL and improves luteal function in ewes after PMSG-superovulatory treatment.

Résumé

Effet de l'administration répétée de l'hCG sur la réponse ovarienne chez la brebis « Ouled Djellal » superovulée avec de la PMSG (Algérie)

L'objectif de cette étude est de déterminer l'effet de l'administration répétée de l'hCG sur la réponse ovarienne chez la brebis « Ouled Djellal » superovulée avec de la PMSG. Après synchronisation des chaleurs, par des éponges vaginales de 40 mg de FGA pendant 14 jours, 2 jours avant le retrait des éponges toutes les brebis (n=9) reçoivent une injection de PMSG (1000 UI). Au jour de retrait des éponges (J0), les brebis ont été réparties en 2 lots, le premier (n=3) n'a reçu aucune injection de l'hCG, cependant le deuxième lot (n=6) a reçu une double injections de l'hCG (500 UI) au jour 0-2. Le contrôle de la réponse ovarienne est effectué au 8^e jour, par comptage des structures ovariennes par laparotomie : Corps Jaune (CJ), Follicules Anovulatoires (FA) et par un dosage radio immunologique de Progestérone (P4). Les résultats obtenus dans le 1^{er} et le 2^e lot sont respectivement en nombre de CJ ($6,33 \pm 1,15$ et $10,50 \pm 5,54$), en nombre de FA ($2 \pm 3,46$ et $4,16 \pm 5,70$), et les niveaux moyens de P4 ($5,75 \pm 4,45$ et $13,22 \pm 6,80$ ng/ml). Les résultats obtenus dans cette étude montre que l'administration répétée de l'hCG après le retrait des éponges vaginales augmentent le nombre de CJ et améliore la fonction lutéale chez la brebis superovulée avec de la PMSG.

Introduction

Superovulation plays an important role in the embryo transfer (ET) programs. It aims at inducing a high number of ovulations and a high yield of embryos of good quality (4). Any treatment regimen designed to induce multiple follicular development

must override a physiologic system operating to permit only a single follicle to mature for ovulation. Thus, treatment must be initiated prior to the emergence of the dominant follicle. Additionally, the stimulation must not only promote follicular development but must also provide normal

¹ University of El-Tarf, Institute of Veterinary Science. Laboratory of Animal Production, Biotechnology and Health. El-Tarf, Algeria

² National Veterinary School of Lyon, Lyon, France

* Corresponding author: E-mail: bfafr@yahoo.fr

development of granulosa and thecal cells so that luteal function being normal (12).

Superovulation protocols allow taking advantage of the relatively short gestation length of sheep and utilize the ewe to her fullest potential (5). One of the more problematic aspects of the ET procedure is the variable response by the donor to superovulatory treatment and the percentage of embryos available for transfer from each donor (4).

The pregnant mare's serum gonadotrophin (PMSG) act as analog to the hypophyseal gonadotropin FSH (10).

Human chorionic gonadotropin (hCG), which is similar to LH in function, causes ovulation in female animals. Due to its high content of sialic acid, the half life of hCG (about 8 hours) is much longer than that of LH, ranged between 12 to 50 min. hCG produces an effect similar to LH on luteal cells since it managed by the same receptors as hypophyseal gonadotropin (10). Thus, possibility of utilizing hCG associated with PMSG for inducing superovulation has to be verified.

Four gonadotropic preparations (human menopausal gonadotropin, human follicle stimulating hormone, pregnant mare's serum gonadotropin, and porcine FSH), in combination with human chorionic gonadotropin, are successful in inducing multiple follicular develop. Treatment with these gonadotropin preparations, in combination with hCG, results in multiple follicular development (12).

The aim of the present study was to test the hypothesis that the repeated administration of hCG at a dose level of 500 IU after sponge removal, in PMSG-superovulated Ouled Djellal ewes, may improve ovarian response and enhance serum P4 concentration at the time of embryo collection.

Materials and Methods

Animals and treatments

This trial was carried out in Ras El Aioun town, Department of Batna, Algeria. The present study was performed during the reproductive season (September) for ewes. Adult non-lactating, non-pregnant and clinically healthy Ouled Djellal ewes (n=9) were used. They averaged 25 months old, 55 kg mean body weight and raised in a semi-intensive system under a natural lighting. None of these females has previously received a superovulation treatment.

Estrus was synchronized (during the breeding season) using intravaginal sponges that contained 40 mg fluorogestone acetate (Synchropart), which was inserted for 14 days. The ewes were superovulated using an administration of a single dose of 1000 IU PMSG (Folligon®, Intervet International, Netherlands), two days before sponge withdrawal (1). On the day of sponge removal (day 0) females were randomly assigned to two treatments, the first group (n=3) did not receive any hCG treatment, while the second group (n=6) received a double injection of hCG (500 IU) (Chorulon®, Intervet International, Boxmeer, Pays-Bas) at days 0 and 2 (Figure 1) (7).

Control of ovarian response

a. Laparotomy

Ovarian response was performed through an anterior mid-ventral laparotomy, on day 8 post-sponge removal. After the reproductive tract was exposed, the superovulatory response was assessed, by counting CL and AF.

b. Hormone analysis

Blood samples (10 ml) were taken by jugular venipuncture into vacutainers on day 8 post-sponge removal. The samples were centrifuged for 10 min at 2000xg, the serum was aspirated and frozen at -20°C, until assayed. Concentrations of P4 were measured by radioimmunoassay analysis (RIA) (13). The sensitivity of the assay was 0.05-60 ng/ml and the intra and inter assays coefficient of variation were 5.8 and 9.0%, respectively.

Statistical analyses

Statistical differences between the treatment groups, in CL and AF numbers per animal, were analyzed by student t test. Correlation analyses were used to determine the correlations between the number of CL, AF and serum P4 concentrations on day 8.

Results and Discussion

The data of the luteal and follicular characteristics on day 8th are set out in table 1. Percentage of ewes responding to synchronization of estrus treatment with fluorogestone acetate (40 mg) was 100% (Table 1). A proportion of ewes (11.11%) did not respond to PMSG induction for superovulation, which was manifested by the presence of 1 to 4 corpus luteum (CL) after PMSG treatment. However, the percentage of superovulated ewes was 88.88% which observed 8 days post-vaginal sponge removal by laparotomy (Figures 2 and 3).

Yields are decreased by the presence of females not bearing any ovulation and ewes with very low ovulatory responses after the exogenous hormone supply (11). The superovulated ewes has more than 4 CL (5, 13).

The treatment of ewes with double injection of Human chorionic gonadotrophin (hCG) increases The mean number of CL in T2 group (PMSG 1000 IU+2 injections of hCG) (10.50 ± 5.54) than in T1 (PMSG 1000 IU) (6.33 ± 1.15). The mean number of anovulatory follicles (AF) tended to be greater in hCG treated group (T2) (4.16 ± 5.70) than in control

ewes (T1) (2.00 ± 3.46) (Table 1).

The number of CL induced by the hCG treatment were significantly greater ($P < 0.05$) in the T2 group than the T1. However, no significant differences noticed between the number of AF in T1 and T2 groups (Table 1).

The presence of AF was early described by Grant *et al.* (6). Its incidence can reach 50% of the preovulatory follicles with some treatments. According to Veiga-Lopez *et al.* (11) the incidence of anovulation in superovulated sheep can reach up

Table 1

The mean effect of repeated administration of hCG on luteal and follicular characteristics in PMSG-superovulated Ouled Djellal ewes.

Variable	T1*	T2*
Number of ewes	3	6
Ewes in oestrus (%)	(3/3)100	(6/6)100
Average number of CL*	6.33 ± 1.15	10.50 ± 5.54
Average number of AF*	2.00 ± 3.46	4.16 ± 5.70
Average of TR*	8.33 ± 4.16	14.66 ± 2.33
Average of AF rate	15.38 ± 26.64	27.46 ± 37.87
Average of ovulation rate	84.61 ± 26.65	72.53 ± 37.87
Average of AF diameter (mm)	12.5 ± 2.16	12.85 ± 4.92
Average of P4* level (ng/ml)	5.75 ± 4.45	13.22 ± 6.80

T1* (PMSG 1000IU); T2* (PMSG 1000IU + 2 injections of hCG); CL* (Corpus Luteum); AF* (Anovulatory Follicles); TR*(Total Response); P4*(Progesterone).

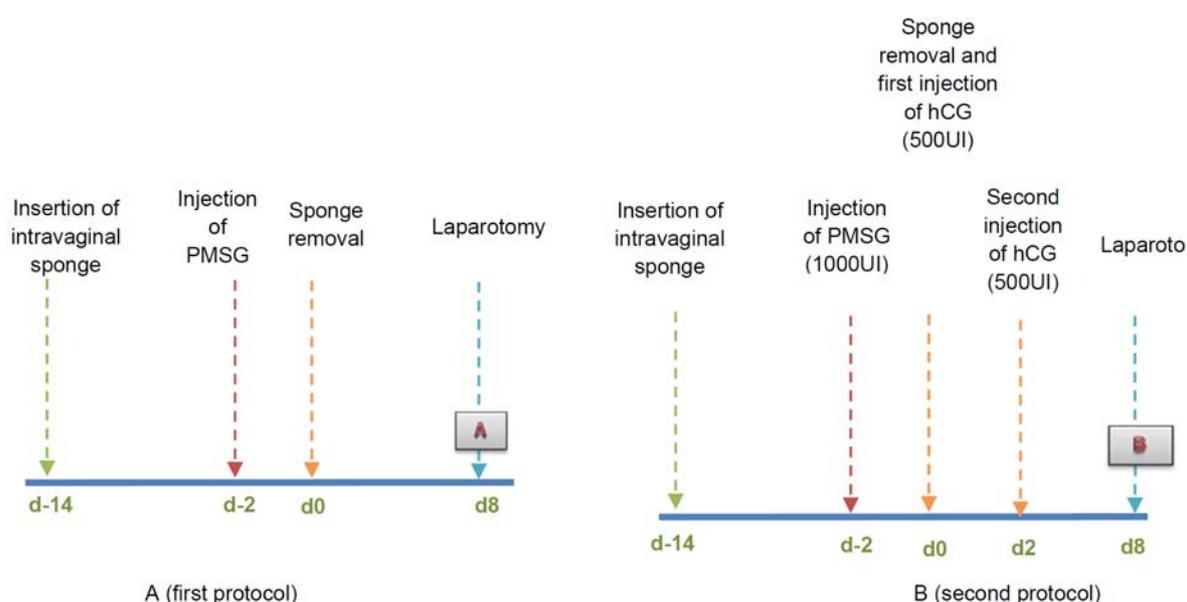


Figure 1: First and second protocol.

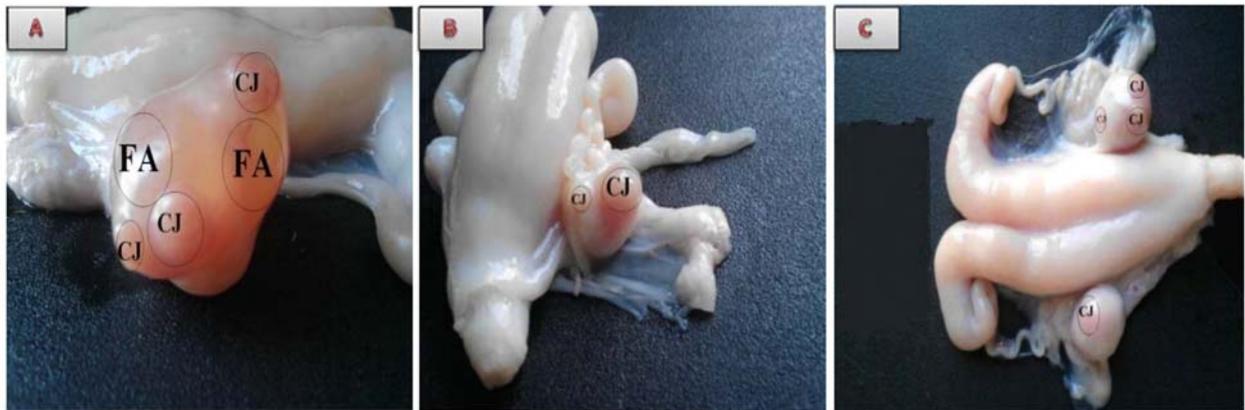


Figure 2: Ewes' ovary in T1*.

T1*(PMSG 1000IU); CL (Corpora Lutea); AF (Anovulatory Follicles); A, B and C (superovulated ewes).

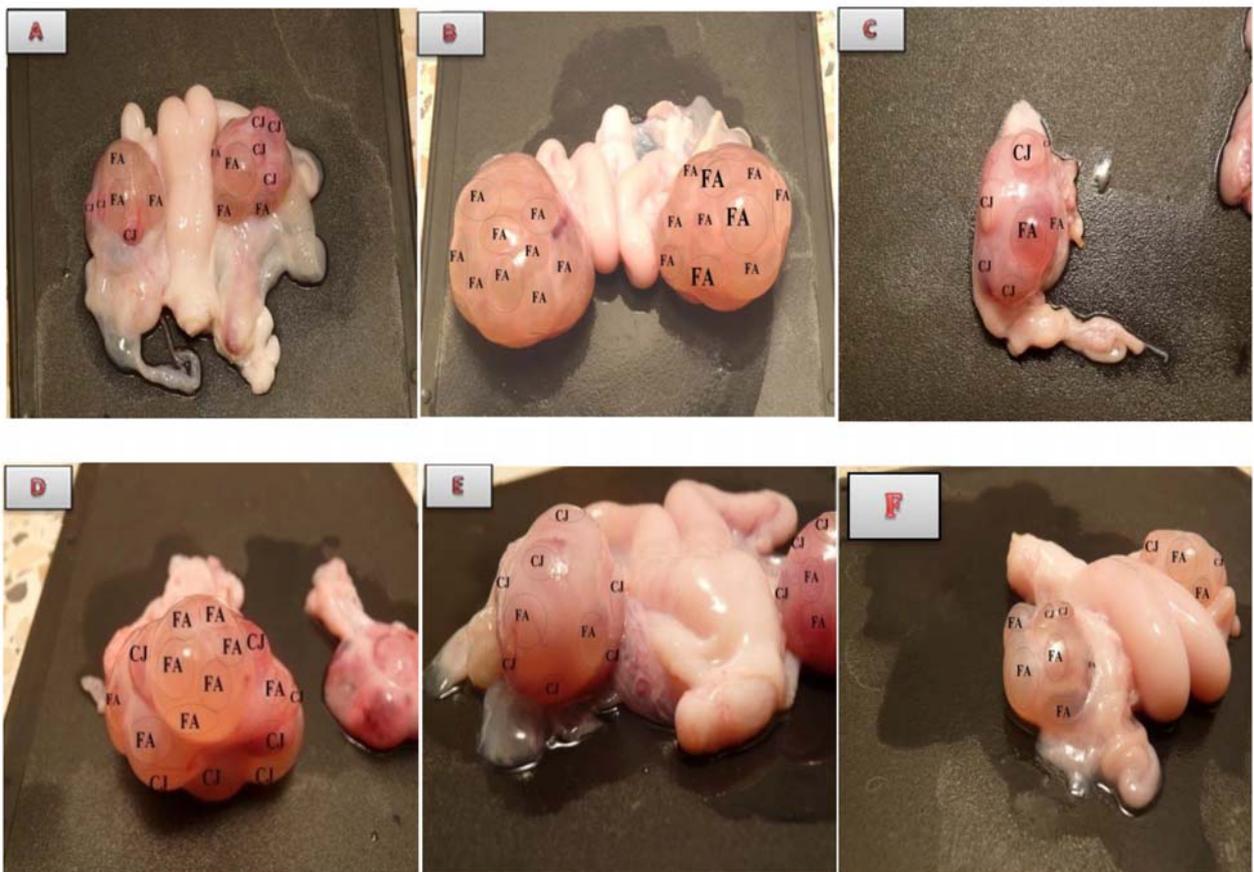


Figure 3: Ewes' ovary in T2*.

T2*(PMSG 1000IU + 2 injections of hCG); CL (Corpora Lutea); AF (Anovulatory Follicles); A, C, D, E and F (superovulated ewes); B (non-superovulated ewe).

to 34.6% of the preovulatory follicles. However, in the present study, the incidence of AF was 15.38% and 27.46% in both treatments T1 and T2, respectively.

Results obtained in this study show that the mean AF diameter increased in T2 group, compared to T1 (12.85 ± 4.92 vs. 12.5 ± 2.16 mm). No data were available in the literature regarding the effects of repeated administration of hCG on follicle diameter in ewes.

The serum P4 concentrations were significantly higher ($P < 0.05$) in T2 group, compared to T1 group on day 8 after intravaginal sponge removal (13.22 ± 6.80 vs. 5.75 ± 4.45 ng/ml), respectively (Table 1). Human chorionic gonadotrophin (hCG), with its LH-like activity, may provide luteotrophic stimulation to the CL. This luteotrophic stimulation may either be in the form of conversion of small luteal cells to large luteal cells, or may even be ascribed to an increase in the size of large luteal cells, hCG has been shown to increase luteal weight and endogenous synthesis of progesterone (P4) from the CL in sheep (7). hCG treatment in sheep has been linked to elevated numbers of large luteal cells and a concomitant reduction in the number of small luteal cells, accompanied by increased plasma P4 concentrations (9). Although the luteal cell ratio and luteal size were not assessed in the present study.

The administration of hCG in the early luteal stage induces the formation of accessory corpora lutea, increases the surface area and the volume of the CL and may, or may not increase the diameter of CL. It also encourages luteal cells to become larger and rise plasma P4 concentrations. This rise was mainly due to secretion by accessory CL besides the stimulation of the spontaneous CL (9).

hCG and GnRH have similar effects on the ovary, but hCG acts independent of the pituitary gland and has a longer half-life than natural LH.

The number of CL was positively correlated to the serum P4 concentrations ($r = 0.75$). Windorski *et al.* (13) reported a positive relationship between number of CL and serum P4 level.

In our results, a negative correlation between the number of AF and the serum P4 concentrations was recorded ($r = -0.37$). According to Veiga-Lopez *et al.* (11), most of the AF showed signs of functionality failures, either immaturity or atresia, as indicated by a low intrafollicular estradiol concentration. However, 22.4% of them were highly estrogenic (> 200 ng/ml) and their permanence beyond the occurrence of ovulation was related to a

drop in the fertilization rate, leading to decreased final superovulatory yields.

In this study, approximately 11.11% of ewes did not respond to the superovulation treatment. In agreement with our data, Windorski *et al.* (13) report that about 20% of ewes did not respond to superovulatory treatment.

There is evidence that the superstimulatory ovarian response in ewes may be increased when eCG is administrated several days prior to progesterone sponge withdrawal. According to Ali (1), administration of eCG 2 days before intravaginal sponge removal in ewes induced an increase in the number of small follicles (< 3 mm) on day 3 after sponge removal.

In this study, it was not possible to reduce the number of AF. The administration of hCG at the onset of estrus in ewes superovulated with PMSG, was unable to reduce the number of AF. Thus suggesting that the problem was not necessarily an inadequate preovulatory LH surge, but rather a lack of response of some follicles to the LH secreted at that time (7).

The presence of sheep without or with very few ovulations still remains as one of the main causes of the high variability in multiple ovulation and embryo transfer (MOET) yields. Possible causes may be related to a deficient or inexistent preovulatory LH surge, or to the presence of non-responsive follicles, due to a down-regulation of the granulosa and theca LH receptors (11). Ovulatory failure may be ascribed to asynchronous follicular growth, which could ultimately result in a lack of LH receptors in those follicles that are in the earlier stages of development at the time of the endogenous preovulatory LH peak (8).

The causes of these partial ovulation failures may be also related to altered patterns of the LH secretion, since high LH concentrations for extended periods before LH surge has been found to disturb the ovulatory ability of follicles. However, AF might appear even if the LH surge follows a normal pattern, and alterations in the follicular status at the onset of the superovulatory treatment and/or their growth would be the main causes. Follicles in early atresia can be rescued and stimulated to growth by exogenous gonadotrophins; however, their development has been associated with a lower ability to ovulate (3). Furthermore, the continued presence of eCG in the circulation, due to its long half-life, could induce the growth of new estradiol-producing follicles, even after the first wave of superovulation has taken place (8).

It has been hypothesized that a lack of superovulatory response by some ewes is due to heterogeneity in the morphological feature of the ovulatory follicles or to the number of small antral follicles present in the ovaries when superovulatory treatment was initiated (5). The response to superovulation is considered related to the presence of a large (dominant) follicle or the presence/absence of corpora lutea at the start of or during superovulation treatments. Dominant follicles impair the development of smaller gonadotrophin-dependent follicles by suppressing FSH and inducing their atresia (2). Multiple ovulation output is also decreased by the presence of females with

ovaries joining ovulations and anovulatory follicles.

Conclusion

In conclusion, the present data obtained on PMSG-superovulated Ouled Djellal ewes confirm that, we can improve superovulation response by repeat administration of hCG. However it was not possible to reduce the number of AF. Further detailed studies are needed to clarify the effect of repeated hCG administration on not only the plasma P4 production and CL characteristics, but also on the quality and quantity of embryos produced.

Literature

1. Ali A., 2007, Effect of time of eCG administration on follicular response and reproductive performance of FGA-treated Ossimi ewes. *Small Rumin. Res.*, **72**, 33-37.
2. Campbell B.K., Scaramuzzi R.J. & Webb R., 1995, Control of follicle development and selection in sheep and cattle. *J. Reprod. Fertil. Suppl.*, **49**, 335-350.
3. Dobson H., Campbell B.K. & Scaramuzzi R.J., 1997, Use of a GnRH antagonist in conjunction with low amplitude, high frequency LH pulses to induce follicular growth without an LH surge and ovulation in ewes. *Anim. Reprod. Sci.*, **46**, 213-22.
4. Gonzalez F., Calero P. & Beckers J.F., 2002, *Induction of superovulation in domestic ruminants* pp 209-223, in: R. Renaville and A. Burny (Editors), *Biotechnology in Animal Husbandry*, New York, 352 p.
5. Gonzalez-Bulnes A., Baird D.T., Campbell K., Cocero M.J., Garcia-Garcia R.M. *et al.*, 2004, Multiple factors affecting multiple ovulation and embryo transfer in sheep and goats. *Reprod. Fertil. Develop.*, **16**, 421-435.
6. Grant R., 1934, Studies on the physiology of reproduction in the ewe. Part III. Gross changes in the ovaries. *Trans. Roy. Soc. Edin.*, **58**, 36-47.
7. Kelidari H.R., Souri M., Shabankareh H.K. & Hashemi S.B., 2010, Repeated administration of hCG on follicular and luteal characteristics and serum progesterone concentrations in eCG-superovulated does. *Small. Rumin. Res.*, **90**, 95-100.
8. Pendleton R.J., Young C.R., Rorie R.W., Pool S.H., Memon M.A. & Godke R.A., 1992, Follicle stimulating hormone versus pregnant mare serum gonadotrophin for superovulation of dairy goats. *Small. Rumin. Res.*, **8**, 217-224.
9. Schmitt E.J.P., Barros C.M., Fields P.A., Fields M.J., Diaz T., Kluge J.M. & Thatcher W.W., 1996, A cellular and endocrine characterization of the original and induced corpus luteum after administration of a gonadotropin-releasing hormone agonist or human chorionic gonadotropin on Day 5 of the estrous cycle. *J. Anim. Sci.*, **74**, 19, 15-29.
10. Sousa N.M., Figueiredo J.R. & Beckers J.F., 2002, *Placental proteins in Ruminants: Biochemical, physiological and zootechnical aspects* pp 179-208, in: R. Renaville and A. Burny (Editors), *Biotechnology in animal husbandry*, New York, 352 p.
11. Veiga-Lopez A., Gonzalez-Bulnes A., Tresguerres J.A., Dominguez V., Ariznavarreta C. & Cocero M.J., 2006, Causes, characteristics and consequences of anovulatory follicles in superovulated sheep. *Domest. Anim. Endocrinol.*, **30**, 76-87.
12. Williams R.F., 2000, *Ovarian stimulation in non-human primates* pp 117-129, in: R.S. Tuan and Lo C.W (Editors), *Developmental biology protocols*, Totowa, New Jersey, 513 p.
13. Windorski E.J., Redmer D.A., Luther J.S., Bilski J.J., Kirsch J.D., Kraft K.C. *et al.*, 2007, Superovulation in sheep: number and weight of the corpora lutea and serum progesterone. *Proceedings, Western Section, Am. Soc. Am. Sci.*, **58**, 304-308.

R. Lamraoui, Algerian, PhD Student; Institute of Veterinary Science of El-Tarf, Researcher in Laboratory Animals' Production, Biotechnology and Health, Algeria.

F. Afri-Bouzebda, Algerian, PhD, Lecturer. Head of the Magister Studies, Lecturer at the Institute of Veterinary Science of El Tarf, Algeria.

Z. Bouzebda, Algerian, PhD, Lecturer, Lecturer at the Institute of Veterinary Science of El Tarf, Director of Laboratory Animals' Production, Biotechnology and Health, Algeria.

M. Franck, French., PhD, Professor, National Veterinary School of Lyon, France. Chair of Animal Husbandry and Rural Economy.

D.E. Gherissi, Algerian, PhD Student, Specialty: Animal Husbandry, Title: Biotechnology and Animal Production. Researcher at INRA, Algeria.

Adoption et intensification du Nouveau Riz pour l'Afrique en Centrafrique

E. Mbétid-Bessane^{1*}

Keywords: Determinant- Adoption- Intensification- New Rice for Africa- Central African Republic

Résumé

L'objectif de l'étude est de mettre en évidence les déterminants de l'adoption et de l'intensification de variétés du nouveau riz pour l'Afrique (Nerica) afin de proposer des actions d'accroissement durable de la production rizicole. Pour atteindre cet objectif, des enquêtes à deux passages ont été réalisées auprès de 150 riziculteurs dans la zone périurbaine de Bangui où deux variétés de Nerica (NL60 en irrigué et N7 en pluvial) avaient été diffusées. Des outils d'analyses descriptives et économétriques ont été utilisés pour le traitement des données collectées. Les résultats montrent que le taux d'adoption des variétés de Nerica est de 33% deux années après leur introduction et elle est déterminée par des variables sociales et institutionnelles. Le niveau d'intensification par les semences améliorées et les engrais chimiques reste cependant encore faible et est déterminé, en plus des variables institutionnelles et sociales, par des variables économiques. Les variables les plus décisives de l'intensification rizicole sont le revenu agricole et l'accès au crédit. Ainsi, les actions à mettre en place doivent se focaliser, d'une part, sur l'amélioration du niveau d'intensification de ceux qui ont déjà adopté les intrants et, d'autre part, sur l'amélioration du taux d'adoption de ceux-ci. Ces actions concerneront (i) le renforcement des capacités des riziculteurs par l'alphabétisation, la formation et l'encadrement agricoles, et (ii) l'amélioration de l'environnement économique par l'accès au crédit et une meilleure organisation de la commercialisation.

Summary

Adoption and Intensification of New Rice for Africa in the Central African Republic

The objective of the study is to highlight the determinants of adoption and intensification of Nerica (new rice for Africa) varieties in order to propose actions to increase sustainably rice production. To achieve this goal, the working method is based on surveys conducted with two passes with 150 rice farmers in the suburban area of Bangui where two varieties of Nerica (irrigated NL60 and rainfed N7) were disseminated. Descriptive analysis and econometric tools have been used for processing the data collected. The results show that the rate of adoption of the Nerica varieties is 33% after two years of introduction and it is determined by social and institutional variables. The level of intensification by improved seeds and chemical fertilizers is however still low and is determined, beside the institutional and social variables, by economic variables. The most decisive variables of rice intensification are agricultural income and access to credit. Thus, actions to implement should focus firstly on the level of intensification of those who have already adopted the inputs, and secondly on improving adoption rates of the different inputs. These actions will involve (i) the capacity building of rice producers by literacy, agricultural training and extension, and (ii) improving the business environment through access to credit and a better marketing organization.

Introduction

En Afrique subsaharienne, le riz est devenu le produit alimentaire dont la consommation croît le plus rapidement. La demande de la région augmente d'environ 6% par an (5) et l'écart entre la

demande et la production ne cesse de s'élargir.

En Centrafrique, la production rizicole connaît une hausse indéniable. Elle est passée de 7.800 tonnes de paddy en 1990 à 38.500 tonnes en 2008. Elle ne permet cependant pas de couvrir les besoins de la

¹ Université de Bangui, Faculté des Sciences Economiques et de Gestion, Laboratoire d'Economie Rurale et de Sécurité Alimentaire, Bangui, Centrafrique.

* Auteur correspondant : E-mail : mbetid_bessane@hotmail.fr

Reçu le 16.11.2012 et accepté pour publication le 26.08.2013

population. Selon l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO), la consommation moyenne a atteint 5 kg/pers./an en 2008. Au cours de ces dernières années, les importations du riz n'ont cessé de croître. Elles ont atteint en moyenne 4.200 tonnes/an entre 1990 et 2008. Par ailleurs, avec une production 23.100 tonnes d'équivalent riz blanc, la filière rapporterait plus de 11,5 milliards de FCFA/an à l'économie nationale (7). Ces revenus, destinés souvent aux petits agriculteurs, jouent un rôle important dans la lutte contre la pauvreté rurale.

Outre ces atouts qui font du riz un produit porteur, le pays dispose de ressources naturelles relativement abondantes et des conditions agro-écologiques favorables à la riziculture. Le climat dans tout le pays est propice à une riziculture pluviale et le réseau hydrographique permet une bonne disponibilité en eaux pour la riziculture irriguée. La surface agricole utilisable est de 15 millions d'ha de terres arables dont seulement 800.000 ha sont cultivés chaque année, correspondant à 5,3% du total disponible (9). Tous ces atouts agroécologiques conjugués aux atouts socioéconomiques et à l'introduction de variétés du Nouveau riz pour l'Afrique (Nerica) en zones périurbaines depuis la campagne agricole 2008/09 devraient permettre l'intensification rizicole.

En effet, les variétés de Nerica présente de multiples avantages par rapport au riz local, entre autres le cycle de croissance court, la résistance aux nuisibles et prédateurs, la tolérance à la sécheresse, etc. Deux variétés de celui-ci sont introduites par la recherche en zones périurbaines (NL60 en irrigué et N7 en pluvial) et pour qu'elles expriment leur potentiel de production des paquets techniques d'accompagnement sont proposés (doses d'intrants, itinéraires techniques...).

La revue de la littérature a montré que l'adoption d'une technologie agricole et l'intensification agricole dépendaient de plusieurs facteurs tels que la perception que l'agriculteur a des caractéristiques de l'innovation par rapport à la technologie traditionnelle, l'attitude de l'agriculteur face au risque, les facteurs sociaux (âge du producteur, son niveau d'alphabétisation, son expérience dans l'activité); les facteurs institutionnels (formation et encadrement agricoles, accès au crédit, appartenance à un groupement coopératif); et les prix et revenu agricoles (1, 3, 4, 8, 10, 11, 12, 13).

L'objet de cet article est d'identifier les déterminants d'adoption du Nerica et de son intensification, sur lesquels le gouvernement pourrait agir pour

accroître durablement la production rizicole et renforcer la sécurité alimentaire en Centrafrique.

Méthodologie

Théorie des décisions d'adoption des technologies et d'intensification agricoles

L'hypothèse de maximisation de l'utilité constitue le fondement d'une analyse de choix du producteur (14). Dans le cas d'une culture, l'agriculteur rationnel préfère la variété qui lui procure le plus d'utilité.

Si un agriculteur i possède une fonction d'utilité $U_j = U_j(X_i)$ variant selon la variété j choisie ($j=1, 2$); X_i est un vecteur colonne de k facteurs déterminant le choix de la variété et l'utilité résultant du choix), il choisira la variété 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 variété 1 est choisie et $Y_i = 0$ sinon, la probabilité P_i de choix de la variété 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 Probit. Ces modèles présentent la probabilité d'adoption sans mesurer l'intensité d'utilisation de l'innovation, d'où le recours au modèle Tobit (6).

Si on considère que la variable latente V_h permet d'estimer l'intensité d'utilisation de l'innovation adoptée par l'agriculteur h , le modèle Tobit s'écrit: $V_h^* = \beta' Z_h + \mu_h$ 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' représentent 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 .

Méthode d'estimation et terrain de recherche

Les présents travaux utilisent la méthode à deux étapes qui consiste à estimer d'abord la probabilité

d'adoption du Nerica par la méthode du maximum de vraisemblance en utilisant le modèle Logit/Probit. Ensuite, son intensité d'utilisation par la méthode des moindres carrés partiels en utilisant le modèle Tobit puisque la décision d'adoption n'est pas prise simultanément avec celle d'intensification (dose de semences améliorées, dose d'engrais).

Zone d'étude

La zone d'étude couvre le centre rizicole de Sakaï dans la zone périurbaine de Bangui. Un échantillon de 150 producteurs a été constitué à partir d'une typologie structurelle de leurs exploitations. Les données ont été collectées auprès de ceux-ci avec un questionnaire semi-directif. Elles portaient sur les campagnes agricoles 2010/11 et 2011/12.

Résultats et discussion

Analyses descriptives

On observe une multifonctionnalité agricole dans la zone périurbaine de Bangui: les riziculteurs sont aussi des maraîchers dans 72% des cas (8). Ce qui peut expliquer que l'âge moyen des riziculteurs (30,11 ans) et celui des maraîchers (30 ans) soient très proches. On compte en moyenne 2,26 actifs familiaux par exploitation rizicole, ce qui est plus faible que les 3,05 actifs dénombrés par exploitation agricole au niveau national. La stratégie de recours à la main-d'œuvre extérieure salariée permet aux riziculteurs de satisfaire les besoins en force de travail de l'exploitation. La superficie rizicole moyenne est de 0,25 ha par exploitation pour un rendement de 1.500 kg/ha en culture pluviale et de 3.200 kg/ha en culture irriguée, ce qui reste encore faible par rapport aux potentialités des variétés de Nerica (3.000 à 4.000 kg/ha en culture pluviale et 5.000 à 8.000 kg/ha en culture irriguée). Le capital d'exploitation, se réduisant aux petits outillages agricoles (houes, machettes...), a une valeur monétaire très faible, soit en moyenne 12.000 FCFA par exploitation agricole. Le paiement des prestations de tiers pour réaliser le labour des parcelles et la location de pulvérisateurs pour l'application des pesticides représentent environ 20% de coût total de la production rizicole (2).

La majorité des riziculteurs de la zone périurbaine de Bangui enquêtés (63%) ont une expérience moyenne de 5 ans dans la culture de riz. Au total, 65% des riziculteurs de cette zone sont alphabétisés. Parmi eux, 71% n'ont pas bénéficié d'une formation en riziculture ni d'un encadrement au cours des cinq dernières années. De même, aucun de ceux-ci n'a eu accès au crédit agricole au cours de la même période. Toutefois, 63% de ces

riziculteurs sont membres du groupement de producteurs du centre de Sakaï qui les appuie dans le labour motorisé, la pulvérisation des parcelles pour quelques uns et le décorticage de paddy contre la fourniture d'une partie de la récolte de riz et moins de 50% de ces producteurs appartiennent aux groupements coopératifs.

Le taux d'adoption des deux variétés de Nerica diffusées dans la zone d'étude est de 33% après deux campagnes agricoles d'introduction. De même, les engrais chimiques qui ont été proposés parallèlement à l'emploi de cette technologie agricole sont adoptés par 65% de l'ensemble des riziculteurs enquêtés. Les insecticides ne sont quasiment pas utilisés dans la zone d'étude à cause de leur coût d'accès qui est très élevé. Cependant, les niveaux d'intensification rizicole restent très faibles: la dose de semences de Nerica et la dose d'engrais chimique que les producteurs appliquent sont encore inférieures aux normes (20 kg/ha de semences en irrigué et 40 kg/ha en pluvial, 200 kg/ha de NPK et 50 kg/ha d'urée en irrigué, 150 kg/ha de NPK et 50 kg/ha d'urée en pluvial) recommandées par la recherche agricole (7). Les écarts à combler par ces derniers par rapport aux doses d'intrants recommandées par la recherche pour assurer une production rizicole optimale restent encore élevés. Ces écarts s'élèvent respectivement en moyenne à 65% pour les semences de Nerica et à 68% pour les engrais chimiques. Ainsi donc, l'Institut Centrafricain de la Recherche Agronomique (ICRA) qui assure la diffusion du Nerica et l'Agence Centrafricaine de Développement Agricole (ACDA) qui assure la formation et l'encadrement des producteurs doivent fournir davantage d'efforts pour réduire ces écarts.

Analyses économétriques

a. Déterminants de l'adoption des variétés de Nerica

L'analyse des déterminants de l'adoption des variétés Nerica à l'aide du modèle Logit a révélé que les variables sociales et institutionnelles telles que l'expérience du producteur en riziculture (EXPRIZ), le niveau d'alphabétisation du producteur (ALPHA), l'encadrement et la formation du producteur en riziculture (ENFOR) ont un impact positif sur la probabilité d'adoption des variétés de Nerica diffusées au seuil significatif de 1% (Tableau 1).

Les autres variables telles que l'appartenance du producteur à un groupement coopératif (GROUP), son accès au crédit agricole (ACRED), le nombre d'actifs par exploitation agricole (ACTIF), la

superficie cultivée (SUPCU), le capital d'exploitation (CAPEX) et le revenu agricole (REVAG) n'ont pas d'impact significatif sur la probabilité d'adoption des variétés de Nerica.

Ces résultats confirment les travaux de Baidu-Forson (1); Feder *et al.* (3); Feder et Umali (4); Napier *et al.* (10); Nowak et Korsching (11); Ouedraogo (12) et Mbétid-Bessane (8) qui ont mis en évidence les facteurs sociaux et les facteurs institutionnels comme déterminants de l'adoption des technologies agricoles.

Le nombre d'actifs familiaux, avec une moyenne de 2,26 par exploitation, n'influe pas la décision d'adoption des variétés de Nerica puisque les exploitations rizicoles se démarquent de la logique des exploitations agricoles familiales en Centrafrique et recourent à la main-d'œuvre extérieure salariée pour assurer les travaux. Quant au capital d'exploitation, son influence n'est pas perçue du fait que l'adoption des variétés de Nerica ne requière pas de moyens matériels spécifiques.

Pour ce qui est de l'appartenance du producteur à un groupement coopératif, son influence ne se fait pas sentir puisque ses actions sont limitées à l'entraide pour la main-d'œuvre. Comme pendant la période de pointe de travail les riziculteurs doivent tous réaliser en même temps sur une durée très courte les mêmes travaux, il leur est difficile de bénéficier de l'appui du groupement.

b. Déterminants de l'intensification rizicole par les semences et les engrais

Tableau 1

Estimation du modèle Logit d'adoption de Nerica.

Variables	Coefficients	Ecart-type	P > Chi²
Constante	-2,1812	0,50734	0,0005
ACTIF	0,0341	0,202	0,8359
SUPCU	0	0,0006	0,9603
CAPEX	0	0	0,5913
REVAG	0	0	0,6521
EXPRIZ	2,7202	0,6469	< 0,0001
ALPHA	2,2912	0,6176	0,0003
ENFOR	1,8241	0,5575	0,0082
GROUP	0,0554	0,4412	0,8922
ACRED	-0,2616	0,6249	0,6703
-2 Log (Vraisemblance) : 124			
R² (Nagelkerke) : 0,78			
R² (McFadden) : 0,72			
Nombre d'observations : 150			
R² (Cox and Snell) : 0,65			

L'estimation économétrique du modèle Tobit montre que l'intensification rizicole par les semences de Nerica est déterminée par des variables économiques, sociales et institutionnelles. La superficie cultivée, le revenu agricole, le niveau d'alphabétisation du producteur, l'encadrement et la formation agricoles et l'accès au crédit influent positivement l'intensification rizicole par les semences de Nerica au seuil significatif de 1% (Tableau 2).

Ces mêmes variables mises en évidence, en plus de l'expérience en riziculture du producteur et de l'intensification rizicole par les semences de Nerica (SEMAM), déterminent aussi l'intensification rizicole par les engrais chimiques au seuil significatif de 1% (Tableau 3).

Tableau 2

Estimation du modèle Tobit d'intensification par les semences de Nerica.

Variables	Coefficients	Ecart-type	t-Statistique
ACTIF	0,031	0,05	0,62
SUPCU	0,069	0,017	4,058
CAPEX	-0,011	0,009	-1,222
REVAG	0,201	0,022	9,131
EXPCU	0,061	0,023	2,652
ALPHA	0,092	0,015	6,133
ENFOR	0,078	0,012	6,5
GROUP	0,02	0,015	1,333
ACRED	0,251	0,021	11,952
R² : 0,799			
Nombre d'observations : 150			

Tableau 3

Estimation du modèle Tobit d'intensification par les engrais chimiques.

Variables	Coefficients	Ecart-type	t-Statistique
ACTIF	-0,012	0,021	-0,571
SUPCU	0,049	0,011	4,454
CAPEX	0,019	0,023	0,826
REVAG	0,199	0,021	9,476
SEMAM	0,171	0,013	13,153
EXPCU	0,061	0,022	2,772
ALPHA	0,081	0,008	10,125
ENFOR	0,078	0,015	5,2
GROUP	-0,011	0,02	-0,55
ACRED	0,15	0,022	6,818
Nombre d'observations : 150			
R² : 0,774			

Les résultats économétriques des modèles Tobit d'intensification rizicole par les semences de Nerica et les engrais chimiques dans la zone périurbaine de Bangui ne confirment pas les résultats des travaux de Ouedraogo réalisés au Burkina Faso (13) mais vont dans le sens des résultats des travaux de Mbétid-Bessane sur le maraîchage réalisés en Centrafrique (8).

Les variables institutionnelles, sociales et économiques jouent un rôle déterminant dans l'intensification rizicole par les semences de Nerica. Les élasticités révèlent que l'augmentation de la superficie cultivée entraîne une augmentation de la dose de semences de Nerica, de même pour celle du revenu agricole. Quand le riziculteur non alphabétisé devient alphabétisé, la dose de semences de Nerica utilisée croît. Le fait que le producteur soit formé aux techniques rizicoles et encadré augmente la dose de semences de Nerica utilisée dans son exploitation. L'accès du riziculteur au crédit agricole augmente la dose de semences de Nerica utilisée. Les effets de l'accès au crédit et du revenu agricole sur l'intensification rizicole par les semences de Nerica sont les plus importants.

De même, les variables institutionnelles, sociales et économiques expliquent l'intensification rizicole par les engrais chimiques. Les élasticités montrent que, lorsque la superficie cultivée augmente, la dose d'engrais chimique augmente; de même pour celle du revenu agricole de l'exploitation. En outre, l'augmentation de la dose de semences de Nerica entraîne celle des engrais chimiques. Aussi quand on passe d'un riziculteur inexpérimenté à un riziculteur expérimenté, et d'un riziculteur non alphabétisé à un riziculteur alphabétisé, la dose d'engrais chimique utilisée augmente-t-elle. Enfin, lorsque le riziculteur est formé et encadré par une structure et lorsqu'il a accès au crédit agricole, la dose d'engrais chimique augmente. Cependant, les effets du revenu agricole et de l'accès au crédit du producteur sur l'intensification rizicole par les engrais chimiques sont les plus importants.

Ainsi, l'intensification rizicole par les semences de Nerica influence l'intensification rizicole par les engrais chimiques. Les variables institutionnelles (l'encadrement et la formation agricoles du producteur, l'accès au crédit agricole), les variables sociales (l'alphabétisation, l'expérience en riziculture) et les variables économiques (la superficie cultivée, le revenu agricole) sont les déterminants de l'intensification rizicole par les intrants.

En revanche, les variables telles que le nombre d'actifs par exploitation agricole, le capital d'exploitation et l'appartenance à un groupement coopératif, attendues comme déterminantes de l'adoption des intrants et de l'intensification rizicole ne le sont pas en Centrafrique.

Conclusion

Les travaux de recherche réalisés ont permis de mettre en évidence que le taux d'adoption des deux variétés de Nerica diffusées dans la zone d'étude est de 33% après deux années d'introduction. Les engrais chimiques qui accompagnent les semences de Nerica sont adoptés à 65% tandis que les insecticides ne sont quasiment pas utilisés à cause de leur coût d'accès élevé. Cependant, les niveaux d'intensification restent très faibles et inférieurs aux normes recommandées par la recherche. Les écarts à combler par rapport aux doses prescrites par la recherche pour assurer une production rizicole optimale restent encore élevés, avec 65% pour les semences de Nerica et 68% pour les engrais chimiques. Par ailleurs, l'adoption des variétés de Nerica était déterminée par des variables sociales et institutionnelles, essentiellement le niveau d'alphabétisation, l'expérience en riziculture, l'encadrement et la formation agricoles. En outre, l'adoption des semences de Nerica influe sur celle des engrais chimiques.

Il ressort des résultats obtenus concernant l'intensification rizicole par les intrants (semences et engrais) qu'en plus des variables institutionnelles (encadrement et formation, accès au crédit) et sociales (alphabétisation, expérience en riziculture), les variables économiques (superficie cultivée, revenu agricole) sont aussi des facteurs déterminants. Toutefois, les variables les plus décisives de l'intensification rizicole sont le revenu agricole et l'accès au crédit.

Ainsi, les actions à mettre en place pour augmenter durablement la production rizicole doivent se focaliser, d'une part, sur les niveaux d'intensification de ceux qui ont déjà adopté une variété de Nerica et, d'autre part, sur l'amélioration du taux d'adoption de ce type de variétés. Ces actions doivent concerner principalement le renforcement des capacités des riziculteurs par l'alphabétisation, la formation et l'encadrement agricoles et l'amélioration de l'environnement économique par l'accès au crédit et l'organisation de la commercialisation.

Références bibliographiques

1. Baidu-Ferson J., 1999, Factors influencing adoption of land-enhancing technology in the Sahel: lessons from a case study in Niger. *Agric. Econ.*, **20**, 231-239.
2. Bingui-Noazi C.V., 2012, *Analyse de la filière rizicole en Centrafrique*. Mémoire de Master 2 recherche en sciences économiques, Laboratoire d'Economie Rurale et de Sécurité Alimentaire (LERSA) / Faculté des Sciences Economiques et de Gestion, Université de Bangui.
3. Feder G., Just R.E. & Zilberman D., 1985, Adoption of agricultural innovations in developing countries: a survey. *Econ. Dev. Cultural Change*, **33**, 255-298.
4. Feder G. & Umali D.L., 1993, The adoption of agricultural innovations, *Rev. Technol. Forecasting Social Change*, **43**, 215-239.
5. Fonds commun pour les produits de base, 2007, *Améliorer la compétitivité du riz en Afrique centrale*. Rapport d'évaluation, Amsterdam.
6. Greene W., 2005, *Econométrie*. Pearson Education, 5^e éd., Paris, 943 p.
7. Kadékoy-Tigagué D., 2010, *Analyse du secteur rizicole en République Centrafricaine*. Rapport d'étude, ICRA, Bangui.
8. Mbétid-Bessane E., 2010, Modélisation de l'adoption des innovations techniques en cultures maraîchères en République Centrafricaine. *Agron. Africaine*, **22**, 3, 273-283.
9. Ministère de l'agriculture et du développement rural, 2011, *Stratégies de développement rural, de l'agriculture et de la sécurité alimentaire*. Rapport final, Bangui.
10. 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. *S. T. R.*, **20**, 365-382.
11. Nowak P.J. & Korsching P.J., 1983, Social and institutional factors affecting the adoption and maintenance of agricultural BMPs, in: Schaller F. and Bauley H. (Eds), *Agricultural Management and Water Quality*. Iowa State University Press, Ames, IA, pp. 349-373.
12. 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.
13. Ouedraogo S.R., 2005, *Déterminants institutionnels de l'intensification agricole dans le Centre-Nord du Burkina Faso*. Journées de la SFER, Montpellier 7 - 9/11/05, 15 p.
14. Varian H.R., 2006, *Analyse microéconomique*. De Boeck, 6^e éd., Bruxelles, 824 p.

E. Mbétid-Bessane, Centrafricain, Docteur en Economie Rurale, Maître de Conférences, Directeur du Laboratoire d' Economie Rurale et de Sécurité Alimentaire (LERSA), Doyen de la Faculté des Sciences Economiques et de Gestion (FASEG), Université de Bangui.

Sondage sérologique de la fièvre Q chez les ovins par la méthode ELISA et prévalence des avortements dans la région de Ksar El Boukhari (Algérie)

W.-I. Yahiaoui¹, F. Afri-Bouzebda¹, Z. Bouzebda^{1*} & A. Dahmani²

Keywords : *Coxiella burnetii*- Abortion- Ksar El Boukhari- Sheep- Prevalence- Algeria

Résumé

L'objectif de la présente étude est d'une part de déterminer l'importance des avortements dans la région d'étude, et d'autre part de vérifier l'existence d'une éventuelle corrélation entre la présence des anticorps anti-*Coxiella burnetii* et les avortements observés au sein du cheptel sondé. L'enquête a été menée dans la région de Ksar Boukhari, au mois d'octobre 2011, sur 20 troupeaux mixtes. Nous avons recherché la présence d'anticorps anti-*Coxiella burnetii* par la méthode ELISA sur 184 sérums de brebis mises à la reproduction. A l'issue de cette enquête, nous avons obtenu une prévalence troupeau des avortements de l'ordre de $40\% \pm 4,38$; mais $75\% \pm 2,44$ (soit 6/8) des troupeaux ayant avorté se sont révélés porteurs d'Ac anti-*Coxiella burnetii*; néanmoins, nous n'avons observé aucune corrélation significative entre la présence d'anticorps anti-*Coxiella burnetii* et les avortements du troupeau.

Summary

Serological Survey of Q Fever Using an ELISA Assay and Prevalence of Abortion in a Sheep Flock of Ksar El Boukhari (Algeria)

The objective of this study is to investigate about the prevalence of abortions in sheep flock in the region of Ksar El Boukhari, and verify a possible correlation between herd-level *Coxiella burnetii* seroprevalence and herd-level abortion. A sample was taken from 20 mixed flock in the region of ksar El Boukhari during the lambing season of 2011. The serum taken from 184 sheep was used to identify the infection using ELISA kit. Following this investigation, we obtained a prevalence of abortions in the order of $40\% \pm 4.38$ but $75\% \pm 2.44$ (6/8) of aborted flock are seropositive, however the obtained results showed that there is no significant correlation between herd-level *Coxiella burnetii* seroprevalence and the herd-level abortion.

Introduction

Les maladies abortives d'origine infectieuse, ou parasitaire occasionnent des pertes économiques sévères, de par leurs effets directs quant à la perte des animaux et leurs effets indirects par la réduction de la fertilité des troupeaux. L'étude et la prophylaxie de ces pathologies se justifient par leur impact sanitaire pour la santé publique surtout quand il s'agit d'une zoonose, telle la fièvre Q. La fièvre Q (coxiellose) est une zoonose signalée dans le monde entier, causée par la bactérie intracellulaire obligatoire, *Coxiella burnetii*. Les ruminants constituent le principal réservoir (12). La principale manifestation clinique associée à *C. burnetii* dans les troupeaux ovins et caprins est l'avortement (15). Il est à signaler, que récemment des études ont démontré, que cette pathologie serait impliquée dans l'infertilité des troupeaux

ovins (15). En Algérie, le premier cas de la fièvre Q humaine a été signalé en 1951 dans le nord-est du pays chez les fonctionnaires des abattoirs (2). Sa gravité potentielle sur la santé publique et ses conséquences sur l'élevage, en font une maladie animale à déclaration obligatoire en Algérie, néanmoins la maladie reste mal connue (7, 11). Toutefois, quelques épisodes épidémiques humains ont été décrits dans les collectivités militaires à Batna, et dans l'Oranie par Pierrou et Moumoune en Avril 1955 [cités par Bernard *et al.*, (2)]; ces auteurs ont signalé 175 cas sur 500 hommes ayant effectué un voyage dans des wagons qui ont servi au transfert de moutons.

L'objectif de la présente étude est de déterminer l'importance des avortements dans la région d'étude et de vérifier une éventuelle corrélation entre la présence des anticorps anti-*Coxiella burnetii* et les avortements au sein des cheptels.

1 Université d'El-Tarf, Laboratoire de productions animales, biotechnologies et santé, Algérie.

2 Direction des services de l'agriculture, Médéa. Algérie.

* Auteur correspondant : E-mail: bouzebdaz@yahoo.fr

Reçu le 07.01.2013 et accepté pour publication le 26.08.2013.

Matériel et méthodes

Milieu d'étude

La région de Ksar El Boukhari, est rattachée administrativement à la Wilaya de Médéa. C'est un plateau d'une superficie de plus de 3.288 km², situé entre la chaîne montagneuse de l'Atlas Tellien au nord et les hautes plaines de M'sila et de Djelfa au sud. Le climat est de type méditerranéen semi continental, froid et humide en hiver, tempéré au printemps et chaud sec en été. En hiver, la température chute au dessous de -5°C, alors qu'en été elle dépasse 45°C. La pluviométrie est irrégulière et les précipitations annuelles ne dépassent pas 350 mm. La région enregistre plus de 2.300 troupeaux. Elle constitue, le carrefour de deux races ovines importantes en Algérie; Ouled-Djellal au Sud-est, Rembi au Sud-ouest et à un degré moindre, la race berbère au nord sur les monts de l'Atlas Tellien.

Méthodologie

Un plan d'échantillonnage à plusieurs degrés a été préconisé pour l'enquête, dont le premier concerne le choix de la Daïra de Chahbounia ; ce choix est justifié d'une part par l'importance de la superficie de la région, et d'autre part par sa vocation pastorale; en effet cette dernière représente plus de la moitié de la superficie de la région de Ksar El Boukhari avec près de 1.000 élevages mixtes. Le deuxième degré, concerne les unités d'échantillonnage des troupeaux à tirer au sort. Pour ce faire, une base de sondage a été établie selon la liste des éleveurs de la Daïra de Chahbounia adhérant à la campagne de vaccination anti-clavelée durant l'année 2011. Nous avons choisi de travailler avec une précision relative de 60% et une prévalence troupeau attendue de 35%. Pour les besoins de l'enquête 20 troupeaux ont été tirés au sort (17), un sondage simple par une table de hasard est réalisé à cet effet à partir de la base de données. Le troisième degré concerne les animaux à tirer au sort au sein de chaque troupeau visité; ce dernier concerne les strates des femelles mises à la reproduction, avec un taux de sondage de 10%. Nous avons récupéré, 5 ml de sang veineux au niveau de la jugulaire sur des tubes secs pour chaque animal désigné. L'étude a été menée lors de la saison d'agnelage de l'année 2011. Une visite des 20 troupeaux tirés au sort à été programmée, avec le concours des vétérinaires praticiens de la région. Des informations relatives aux troupeaux et aux animaux prélevés ont été recueillies grâce à la mise en place des fiches de renseignements préalablement élaborées. Les tubes identifiés ont

été laissés pour décantation à température ambiante. Ces derniers sont ensuite transportés au laboratoire, pour des fins de centrifugation afin de séparer les sérums du caillot sanguin. Les sérums sont mis dans tubes eppendorf identifiés et congelés à -20°C, jusqu'au jour de la lecture. La technique que nous avons utilisée pour la mise en évidence des anticorps anti-*Coxiella burnetii* est la méthode ELISA. Des titres supérieurs à 40 sont considérés comme positifs.

Résultats

Séroprévalence animale en fonction de la taille du troupeau

L'enquête a révélé que la prévalence troupeau relative à l'infection par *Coxiella burnetii* est de 85,71% pour les troupeaux à effectifs importants, alors qu'elle est de 77,77% pour les troupeaux de taille moyenne (entre 60 et 100 têtes), contre 75% pour les troupeaux de petite taille (entre 40 et 60 têtes). Les résultats font ressortir que les troupeaux à effectif importants sont les plus atteints, contrairement aux troupeaux de taille moyenne.

Séroprévalence animale en fonction de l'âge des brebis

Dix-sept brebis âgées de moins de deux ans sur les 37 de l'échantillon sont séropositives, versus 31 brebis âgées de plus de deux ans sur 147. L'enquête a révélé également que 18,81% des brebis âgées de moins de deux ans (4/37), sont fortement positives contre 3,4% des brebis dont l'âge est supérieur à deux ans (5/147). Les brebis de moins de deux ans présentent des taux de positivité plus élevés que celles âgées de plus de deux ans.

Mixité des élevages de la région d'étude

L'analyse statistique des élevages enquêtés, relève que tous les élevages de la région sont de type mixte. En effet, 85% des éleveurs de l'échantillon étudié possèdent au moins une vache logée dans le même bâtiment d'élevage, il faut néanmoins signaler que 75% des troupeaux sont associés aux caprins (Figure 1).

Prévalence des avortements-troupeaux

L'enquête a révélé que 8 troupeaux sur 20 ont présenté des avortements, soit un taux de prévalence troupeau de 40%±4,38 des troupeaux ayant fait au moins un avortement durant la saison d'agnelage d'automne 2011, avec une prévalence animale comprise entre 0 et 3,3%.

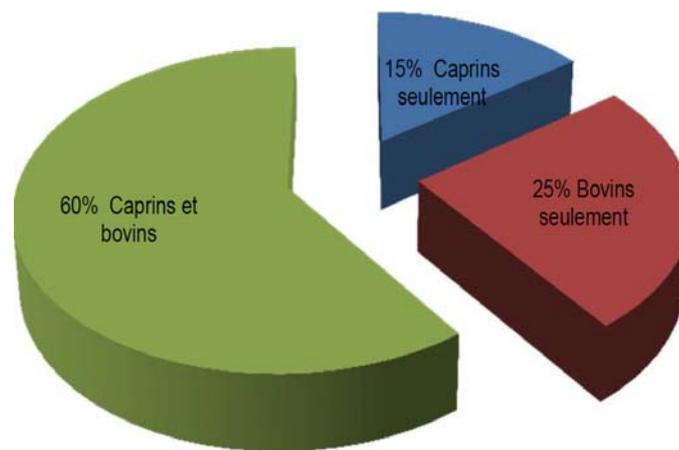


Figure 1: Mixité des élevages ovins de la région d'étude.

Bv : Bovin , Cp : Caprin

Tableau 1
Relation entre le statut épidémiologique du troupeau et les avortements.

	Troupeaux séropositifs ^(b)	Troupeaux indemnes	Total
Troupeaux ayant avorté ^(a)	6	2	8
Troupeaux n'ayant pas avorté	10	2	12
Total	16	4	20

(a) troupeaux avec au moins un cas séropositif

(b) troupeaux avec au moins un cas d'avortement

Relation entre statut épidémiologique du troupeau et avortements

Sur les 16 troupeaux séropositifs, 6 parmi ces derniers ont présenté des avortements au moment de l'étude. Nous avons observé que 6 troupeaux sur les 8 ayant avorté, soit $75\% \pm 2,44$ se sont révélés infectés par *Coxiella burnetii* alors que 2/8 troupeaux ($25\% \pm 2,44$) d'entre eux ont présenté des avortements, bien que ceux-ci soient indemnes de fièvre Q (Tableau 1).

L'Odds Ratio (OR) a été calculé pour vérifier une éventuelle association entre les avortements et le statut épidémiologique du troupeau, ce dernier est de $0,6 \pm 1,01$; par voie de conséquence, on peut déduire que le facteur considéré à savoir « avortement du troupeau », n'est pas associé à la fièvre Q.

Discussion

Séroprévalence animale en fonction de la taille du troupeau

L'enquête a révélé que la prévalence troupeau est de 85,71 pour les troupeaux d'effectif important, de 77,77% pour les troupeaux de taille moyenne (entre 60 et 100 têtes) et de 75% pour les troupeaux de petite taille (entre 40 et 60 têtes). Les troupeaux de grande taille sont donc plus infectés que les troupeaux de moyenne et petite taille. En effet, l'étude de Kennerman *et al.* (9), réalisée sur 42 troupeaux ovins répartis sur trois classes selon leurs tailles, a démontré une association entre la taille du troupeau et le taux d'infection de la maladie.

Séroprévalences animales en fonction de l'âge des brebis

L'étude a révélé un risque relatif de $RR=2\pm 0,57$ pour les brebis âgées de moins de deux ans. On constate également que 18,81% (4/37) des brebis de cette catégorie sont fortement positives alors que 3,4% (5/147) seulement de celles plus âgées sont fortement positives. Le risque est donc deux fois plus élevé chez la catégorie des brebis de moins de deux ans, qui est également la plus souvent fortement positive.

Cela correspond aux résultats de l'étude de Kennerman *et al.* (9), menée entre 2001–2004 sur 743 sujets repartis sur 42 troupeaux de trois provinces de Turquie. L'étude a démontré que *C. burnetii* circulait parmi la jeune population de moins de deux ans, et que cette catégorie est associée à une forte séropositivité et un taux de séroprévalence plus élevé. Cela s'explique par la cinétique des anticorps qui chutent au bout d'un certain moment après l'exposition par conséquent les brebis les plus âgées expriment des scores d'anticorps moins élevés.

Prévalence des avortements dans les troupeaux séropositifs

La prévalence troupeau des avortements est de $40\pm 4,38$ (8/20) dans la région d'étude; ce taux est important, mais inférieur à celui observé lors de l'enquête menée par Dahmani *et al.* (6), dans la même région durant l'année 2009-2010, en effet ces auteurs observent une prévalence troupeau de 59,25%. Il est à signaler, que 85% des cheptels de l'échantillon sont logés dans un même bâtiment où séjournent des bovins. La présence de ces derniers à côté des petits ruminants est considérée comme un facteur de risque. En effet, Khammassi-Khabou *et al.* (10) rapportent que le risque d'avortement est multiplié par quatre en cas de présence d'ovins, de bovins et de caprins dans le même élevage. Compte-tenu que la plupart des agents abortifs sont communs aux ruminants (11, 13) et que la circulation de la brucellose, de la chlamydie et de la fièvre Q a été déjà constatée dans la région d'étude (15), on peut avancer que la mixité des élevages et la promiscuité des espèces constituent un facteur de risque non négligeable d'avortement de la population sondée

La prévalence animale des avortements dans les troupeaux infectés au moment de l'étude varie entre 0 et 3,3%. Selon Dubreuil et Arsenault (8), un taux compris entre 2 et 5% dans un cheptel est considéré comme normal, il est excellent quand ce dernier est inférieur à 2.

Les taux d'anticorps anti-*Coxiella burnetii* chez les brebis ayant été exposées stopperait toute colonisation ultérieure du placenta, prévenant ainsi un second avortement (5). Le taux minime s'expliquerait par le moment précoce du prélèvement; car la saison d'agnelage a été retardée cette année d'après nos constatations du terrain (la moitié des brebis prélevées étaient encore gestantes au moment du prélèvement): et comme les avortements liés à *C. burnetii* ont lieu généralement entre le mois d'octobre et le mois d'avril (13), durant le dernier mois de gestation des brebis, on peut présumer que les avortements liés à *C. burnetii* qui pourraient avoir lieu dans les troupeaux infectés ne s'étaient pas encore manifestés au moment de l'étude. Toutes ces raisons font que la prévalence animale des avortements de ces troupeaux serait sous-estimée.

La contamination d'un troupeau par *Coxiella burnetii* engendre des avortements allant de 3 à plus de 60% des brebis (1), toutefois selon Zeman *et al.* (19), ce pourcentage varie entre 20 et 60%. Par ailleurs, selon Berri *et al.* (4), il n'y a pas de répercussions cliniques après cet épisode initial, on suppose donc que la contamination des troupeaux ne serait pas récente d'où un faible taux d'avortement lié à *Coxiella burnetii*.

Relation entre statut épidémiologique du troupeau et avortements

L'enquête a révélé, que 75% des troupeaux ayant présenté des avortements sont infectés; cette constatation est en adéquation avec les résultats observés dans l'étude réalisée en Tunisie par Ouertani *et al.* (13), confirmant que 70% des troupeaux présentant des avortements sont infectés par la fièvre Q (13). Il faut toutefois signaler que les résultats de notre enquête font ressortir un odds ratio de $0,6\pm 1,01$; de ce fait on peut considérer que les avortements des troupeaux de la région d'étude, ne sont pas associés systématiquement à la maladie. Cela peut-être expliqué d'une part, par la persistance des anticorps et d'autre part, par l'existence d'autres pathologies. En effet, outre la fièvre Q, d'autres pathologies abortives des petits ruminants subsistent sur le terrain; notamment la brucellose, la chlamydie, la coxiellose (15), la toxoplasmose, la salmonellose (3, 16).

Il faut cependant, signaler que l'enquête menée par Rekiki *et al.* (16) sur une possible polyinfection sur 55 troupeaux de petits ruminants en Tunisie, a démontré, que la majorité des troupeaux présentaient simultanément plusieurs infections potentiellement abortives (2 à 5) parmi lesquelles la

brucellose, la chlamydie, la coxiellose, la toxoplasmose, la border disease et la salmonellose (16). L'enquête de Benkirane *et al.* (1) a révélé que les infections mixtes étaient fréquentes au Maroc. En effet, ces auteurs ont observé que 13 troupeaux sur 23 étaient infectés simultanément par au moins 2 agents abortifs parmi eux, *Coxiella burnetii*, *Brucella ovis*, *Toxoplasma gondii* et *Salmonella abortus ovis*. Toutefois, l'enquête de Rahal *et al.* (15), conduite sur des ovins appartenant à 97 troupeaux mixtes dans la région nord montagneuse de Ksar Boukhari a révélé les troupeaux sont infectés simultanément par au moins 2 agents abortifs dont celui de la fièvre Q, de la brucellose et/ ou de la chlamydie

Relation entre mixité des élevages et avortements

Tous les élevages de la région sont de type mixte, cela rejoint les résultats du recensement agricole national qui a établi que les élevages mixtes à prédominance ovine sont prépondérants en Algérie. Cette pratique est justifiée, par le fait que les caprins sont des meneurs de troupeaux lors du pâturage et jouent le rôle de guide, alors que la présence de bovins est nécessaire à la consommation familiale de lait. Néanmoins, la mixité d'élevage est considérée comme un facteur de risque selon Khammassi-Khabou *et al.* (10, qui rapportent que le risque d'avortement est multiplié par quatre en cas de présence de bovin, alors que la présence de caprins dans le même élevage est associée à un Odds Ratio de 1,08. Compte tenu

que la plupart des agents abortifs sont communs aux ruminants (10, 12) et que la circulation de la brucellose, chlamydie et fièvre Q a déjà été prouvée dans la région d'étude (15), on peut avancer que la mixité des élevages et la promiscuité des espèces constituent un facteur de risque majeur d'avortement dans la population d'étude.

Conclusion

La prévalence troupeau des avortements est de $40\% \pm 4,38$ dans la région d'étude, alors que $75\% \pm 2,44$ (soit 6/8) des troupeaux ayant avorté, se sont révélés infectés par *Coxiella burnetii*; cependant l'enquête n'a révélé aucune association stricte entre avortements du troupeau et *Coxiella burnetii*. Cependant, l'étude a relevé un risque relatif de $2 \pm 0,57$ et ce pour les brebis âgées de moins de 2 ans et qui sont de ce fait plus exposées à la maladie. Tous les élevages de l'échantillon d'étude sont de type mixte ce qui constitue un facteur de risque majeur d'avortement dans la population d'étude: agir sur ce facteur de risque diminuerait considérablement le taux d'avortement et les pertes qui y sont associées.

Remerciements

Les auteurs remercient vivement les vétérinaires praticiens de la commune de Chahbounia pour leur précieux concours.

Références bibliographiques

1. Benkirane A., Jabli N. & Rodolakis A., 1990, Fréquence d'avortement et séroprévalence des principales maladies infectieuses abortives ovines dans la région de Rabat (Maroc). *Ann. Rech. Vét.*, **21**, 267-273
2. Bernard J.G., Bereni J. & Hainaut J., 1963, Aspect actuel des rickettsioses en Algérie. *Bull. Soc. Pathol. Exot.*, **56**, 669-677
3. Berri M., Laroucau K. & Rodolakis A., 2000, The detection of *Coxiella burnetii* from ovine genital swabs, milk and fecal samples by the use of a single touchdown polymerase chain reaction. *Vet. Microbiol.*, **72**, 285-93.
4. Berri M., Souriau A., Crosby M. & Rodolakis A., 2002, Shedding of *Coxiella burnetii* in ewes in two pregnancies following an episode of *Coxiella* abortion in a sheep flock. *Vet. Microbiol.*, **85**(1), 55-60.
5. Berri M., Rousset E., Champion J.L., Russo P. & Rodolakis, 2007, A Goats may experience reproductive failures and shed *Coxiella burnetii* at two successive parturitions after a Q fever infection. *Res. Veterinary Sci.*, **83**, 47-52
6. Dahmani A., Rahal K., Dechicha A. & Kaidi R., 2011, Prévalence des avortements chez la brebis dans la région de Ksar Boukhari. 4^{ème} journées vétérinaires de Blida. Université Saad Dahleb, 28-29 Novembre 2011
7. Dechicha A., Gharbi S., Kebbal S., Chatagnon G., Tainturier D., Ouzrout R. & Guetarni D., 2010, Serological survey of etiological agents associated with abortion in two Algerian dairy cattle breeding farms. *J. Veterinary Med. Anim. Health*, **2**, 1-5, <http://www.academicjournals.org/JVMAH>
8. Dubreuil P. & Arsenault J., 2003, Les avortements chez les petits ruminants. *Med. Vét. Que.*, **33**(1), 6-9.
9. Kennerman E., Rousset E., Gölcü E. & Dufour P., 2010, Seroprevalence of Q fever (coxiellosis) in sheep from the Southern Marmara Region, Turkey. *Comp. Immunol. Microbiol. Infect. Dis.*, **33**(1), 37-45.
10. Khammassi-Khabou M., Hammami S., Cherif A. & Majok A., 2009, Séroprévalence des majeures maladies infectieuses causant l'avortement chez les petits ruminants. Durabilité des systèmes d'élevage des petits ruminants en Tunisie: Une approche de santé animale et marketing. *Int. Livestock Res. Inst.*, **17**, 5-24
11. Lacheheb A., 2008, La Fièvre Q: maladie Émergente méconnue en Algérie, Première Journée de Microbiologie Clinique, 29 mai 2008, Alger, Algérie. [www.samic-inf.com/samic pps/archives/lacheheb.pps](http://www.samic-inf.com/samic_pps/archives/lacheheb.pps)
12. Nicolle Ph., Maingourd C. & Charollais P., 2004, Evaluation des méthodes diagnostiques utilisées lors d'avortement non brucelliques chez les ruminants. Recherche de *Chlamydia* spp., *Coxiella burnetii* et *Toxoplasma gondii* en Deux Sèvre et en Vienne sur une série de 150 avortements bovins, ovins et caprins. *Renc. Rech. Ruminants*, **11**, 317-320.

-
13. Ouertani I., Sghairi-Jaoudi H., Jaoudi K. & Benzarti M., 2010, *Causes infectieuses et parasitaires d'avortements chez les ovins: Enquête analytique dans la région de Feriana gouvernorat de Kasserine-Tunisie*, Recueil du 27^{ème} Congrès Vétérinaire Maghrébin Hammamet-Tunisie.
14. Parisi A., Fraccalvieri R., Cafiero M., et al., 2006, Diagnosis of *Coxiella burnetii* related abortion in Italian domestic ruminants using single tube nested PCR. *Vet. Microbiol.*, **118**, 101-106.
15. Rahal K., Bennadji A., Dahmani A., Dechicha A., Khaled H., Merdja S., Lounes N., Roussete E., Sidi Boumedine K., Thiery R., Laroucau K., Garin-Bastuji B. & Bouyoucef A., 2011, Séroprévalence apparente de la Brucellose, Chlamydie et fièvre Q chez les ovins de la région de Ksar Boukhari. *Recl. Journées Vétérinaires Blida*, **4**, 1-16.
16. Rekiki A., Thabti F., Dliissi I., Russo P., Sanchis R., Pepin M., Rodolakis A. & Hammami S., 2005, Enquête sérologique sur les principales causes d'avortements infectieux chez les petits ruminants en Tunisie. *Revue Méd. Vét.*, **156**(7), 395-401.
17. Toma B., Dufour B., Sanaa M., Bénet J.J., Shaw A., Moutou F. & Louzà A., 2001, *Epidémiologie appliquée à la lutte collective contre les maladies animales transmissibles majeures*, 2^{ed}, Association pour l'étude de l'épidémiologie des maladies animales, Maisons-Alfort, 732 pp .
18. Zeman D.H., Kirkbride C.A., Leslie-Steen P. et Duimstra J.R. 1989, Ovine abortion due to *Coxiella burnetii* infection. *J. Vet. Diagn. Invest.*, **1**, 178-180.
-

Yahiaoui W.-I., Algérien, Doctorant, Université d'El-Tarf, Laboratoire de productions animales, biotechnologies et santé, Algérie.

F. Afri-Bouzebda, Algérien, Doctorat, Enseignant chercheur, Université d'El-Tarf, Laboratoire de productions animales, biotechnologies et santé, Algérie.

Z. Bouzebda, Algérien, Doctorat, Enseignant chercheur, Université d'El-Tarf, Laboratoire de productions animales, biotechnologies et santé, Algérie.

A. Dahmani, Algérien, Docteur vétérinaire, Praticien, Direction des services de l'agriculture, Médéa. Algérie.

Valorisation des ordures ménagères par compostage dans la ville de Dschang, Cameroun

E. Temgoua^{1*}, E. Ngnikam², H. Dameni¹ & G.S. Kouedou Kameni¹

Key words: Household waste - Compost - Fermentable fraction- Organic matter- Cameroon

Résumé

Des ordures ménagères de la ville de Dschang (Cameroun) ont été collectées, triées, et mises en tas pour compostage. Le présent travail vise à identifier les outils et à déterminer la procédure de dimensionnement des tas à composter et la qualité du compost. Les résultats montrent que les ordures ménagères sont constituées d'environ 90% volume de la matière biodégradable. Un tas doit être formé de 5 à 6 tonnes d'ordures pour que sa température atteigne 65-70°C au bout d'une semaine de compostage. Le tas de compost ainsi constitué est mature dès le 90^e jour et représente en poids 23-25% de la matière brute. Le compost mature a un taux de matière organique autour de 19-25% de matière sèche, une teneur en azote total égale à 11 g/kg, un ratio C/N autour de 10, un pH autour de 8. Le taux d'humidité est entre 24 et 28% par rapport au poids humide. Ces teneurs sont moyennes par rapport aux normes internationales. La somme des bases échangeables (Ca-Mg-K-Na) est cependant faible, autour de 3-4 cmol(+)/kg de matière sèche. Les teneurs en métaux lourds (Cu, Pb, Ni et Zn) sont inférieures aux valeurs limites, à l'exception du Cd et Cr qui ont des teneurs élevées. L'effet de ce compost sur la fertilisation des cultures et les propriétés des sols doit être évalué par des essais agronomiques.

Summary

Valorization of Household Waste by Composting Processes in Dschang town, Cameroon

Household waste of Dschang town (Cameroon) was collected, sorted out, and put in heaps for composting. This work was aimed at illustrating the tools and determining the procedure for estimating the dimensions of compost heaps and the quality of the compost. The results show that Dschang household waste contains approximately 90% by volume of the biodegradable matter. A heap should be made with 5 to 6 tons of waste for its temperature to attain 65-70°C at the end of one week of composting. The compost is mature from the 90th day onwards and contains 23 to 25% weight of the raw material. The mature compost has an organic matter content varying between 19 and 25% of dry matter, total nitrogen content of 11 g.kg⁻¹, C/N ratio of about 10, pH of about 8. The water content is between 24 and 28%. These contents meet the average international standards. The sum of exchangeable bases (Ca-Mg-K-Na) is however weak, around 3 to 4 cmol(+)/kg of dry matter. The contents of heavy metals (Cu, Pb, Ni and Zn) are lower than the minimum accepted values, except for Cd and Cr which have high contents. The effect of this compost on the soil fertilization and soil properties need to be evaluated by agronomic trials.

Introduction

De nombreuses superficies de terre cultivées dans les Hautes Terres de l'Ouest Cameroun perdent facilement leur fertilité en raison d'une utilisation sans méthode conservatoire (22). Par ailleurs, la diminution des quantités de déchets enfouies constitue une priorité des politiques. En effet, la directive 1999/31/CE du Conseil européen, du 26

avril 1999, assigne aux Etats membres un objectif de réduction des quantités de déchets biodégradables mises en décharge. En application de la directive, la quantité de déchets fermentescibles mis en décharge devrait être réduite de 75% de 1995 à 2016. La ville de Dschang produit environ 50 tonnes de déchets par jour en 2008 (8). En raison des moyens de transport très limités de la Commune, seulement

¹ Faculté d'Agronomie et des Sciences Agricoles, Dschang, Cameroun.

² Ecole Nationale Supérieure Polytechnique de Yaoundé, Laboratoire Energie Eau et Environnement, Yaoundé, Cameroun.

* Auteur correspondant : Email: etemgoua1@yahoo.com

31% de ces déchets sont collectés et transportés à la décharge municipale tandis que la grande partie est abandonnée dans les cours d'eau et les espaces verts de la ville (16).

La gestion des ordures ménagères est classée parmi les priorités si l'on veut assurer les conditions d'un développement urbain durable (1). Ngnikam et Tanawa (16) font ressortir l'importance de la fraction fermentescible dans les ordures ménagères des pays du sud. L'une des techniques la plus intéressante pour valoriser cette matière organique est le compostage (13-15). Selon plusieurs auteurs (2, 5, 16), le compostage est la décomposition des matières organiques et leur transformation en humus par l'action d'un grand nombre de micro-organismes dans un milieu chaud, humide et aéré. Ce processus permet de transformer les déchets organiques en compost, amendement organique très riche en éléments nutritifs. Le compostage des déchets urbains offre également des solutions très intéressantes permettant de transformer en ressource les déchets organiques (11, 19). Les résultats de Jaza Folefack (13) montrent que le compost pour la production de la laitue est l'intrant le plus productif. Cependant, les agriculteurs de nombreuses régions du monde, et tout particulièrement dans les pays en voie de développement, ne réussissent pas à utiliser les potentialités offertes par le compostage. En effet, ils doivent faire face à diverses contraintes dont un manque de sensibilisation à l'égard de technologies efficaces et rapides qui facilitent le travail (9, 20). Comment peut-on capitaliser en compost de bonne qualité le grand gisement des ordures ménagères produites quotidiennement dans nos villes? Un projet de compostage, sous financement FFEM, a été mis sur pied en 2010 pour répondre à un besoin d'amendement organique et d'amélioration de la salubrité de la ville de Dschang. L'objectif de la présente étude est de présenter la technologie de compostage de déchets urbains de Dschang et d'évaluer la qualité du compost produit.

Matériels et méthodes

Dschang est une ville d'environ 80.000 habitants pour une densité de 300 habitants par kilomètre carré. Les précipitations sont en moyenne de 1900 mm/an. La température varie entre 27,5°C et 13,4°C pour une moyenne de 20,2°C. Ces conditions climatiques sont favorables au compostage des ordures ménagères (5).

Procédé de compostage et suivi

Le site du projet de compostage de Dschang est situé dans le quartier Nguï, un quartier à habitats

spontanés. La collecte quotidienne des ordures ménagères couvre actuellement près de 3.500 personnes réparties dans environ 800 ménages, sur une surface de 78,5 ha. Le site de compostage s'étend sur une surface de 3.000 m² comprenant une aire de compostage, un hangar de séchage et de stockage et un champ d'expérimentation. Les ordures ménagères sont collectées auprès des ménages à l'aide des porte-tout de 120 kg fabriqués pour la circonstance. La caractérisation des ordures a été faite en juin et en décembre 2010 (saison pluvieuse et saison sèche, respectivement) suivant la stratégie directe. Ce protocole est en accord avec les normes AFNOR X300-408 - Déchets ménagers et assimilés - Caractérisation d'un échantillon de déchets ménagers et AFNOR X30-466, avec 12 échantillons de 500 kg chacun. Les ordures sont par la suite triées manuellement sur une table pour séparer la fraction non fermentescible destinée à la décharge. La fraction fermentescible est entassée en tas pour le compostage. Le relevé journalier de températures a permis de délimiter le volume des tas et les périodes de retournement. Selon Ngnikam et Tanawa (16), une baisse de température de 10°C suffit pour retourner et aérer le tas en compostage, pour les quatre premiers retournements et de 5°C pour le cinquième et suivants. La présence de moisissures matérialise le manque d'eau et le tas est arrosé lors du retournement. Tout tas dont la température mesurée au sommet du tas, est aux environs de 40°C, est entré en phase de maturation (test de ROTTEGRAD). Après maturation, le compost est séché, tamisé sous maille de 12 mm et stocké dans des sacs de 50 kg. Ce procédé se rapproche de celui proposé par la FAO (9).

Analyse de laboratoire

La température du substrat a été effectuée en fin de matinée grâce à un thermomètre métallique enfoui dans le tas. Le taux d'humidité a été mesuré en séchant le compost frais pendant 48 heures à 70°C à l'étuve. La masse du compost est pesée avant et après séchage et le taux d'humidité est exprimé par rapport à la masse humide. Le pH (1: 2,5 H₂O), le carbone organique et l'azote total (analyseur CHNS de type Carlo-Erba Thermo Finnigan Flash EA 1112), le phosphore total, potassium total, CaO, MgO, Na₂O et K₂O (fluorescence aux Rayons X) et le phosphore assimilable (Bray-II) ont été déterminés. Les concentrations totales en métaux lourds ont été déterminées en deux reprises. Elles ont été obtenues la première fois au Laboratoire des sols de l'IRAD de Yaoundé, en minéralisant un échantillon de compost avec un mélange de HNO₃,

HClO₄ et HF. Les analyses ont aussi été faites au Centre d'Analyse Minérale de l'Université de Lausanne (Suisse) par fluorescence au Rayons X sur des pastilles pressées.

Résultats et discussion

Collecte et caractérisation des ordures ménagères de la ville de Dschang

La zone de collecte prend une partie du quartier Ngui et quelques quartiers environnant comme le présente la figure 1.

Les résultats de la caractérisation des ordures ménagères (OM) réalisée en 2010 sont consignés dans le tableau 1.

Il apparaît que pour une masse donnée des ordures ménagères déversées sur la plate-forme

du site de compostage de Ngui, un peu plus de 90% de celles-ci constituent la fraction fermentescible tandis que les refus représentent seulement 9,4% du gisement. Dans les refus, la matière plastique, le textile et les vieilles chaussures sont plus représentés avec respectivement 4,23; 2,84 et 1,06%. Les ordures de Ngui sont légèrement plus riches en matières fermentescibles que ceux du marché B. Ces chiffres rejoignent ceux de Sérémé *et al.* (18) et ELANS (8) qui estiment à 90% l'ensemble des matières valorisables en agriculture dans les ordures ménagères d'origine urbaine des villes de Ouagadougou et de Dschang; elles dépassent cependant la moyenne sur les villes africaines obtenue par Wass (23), Ngnikam et Tanawa (16) qui est de 50-70% de la matière brute.

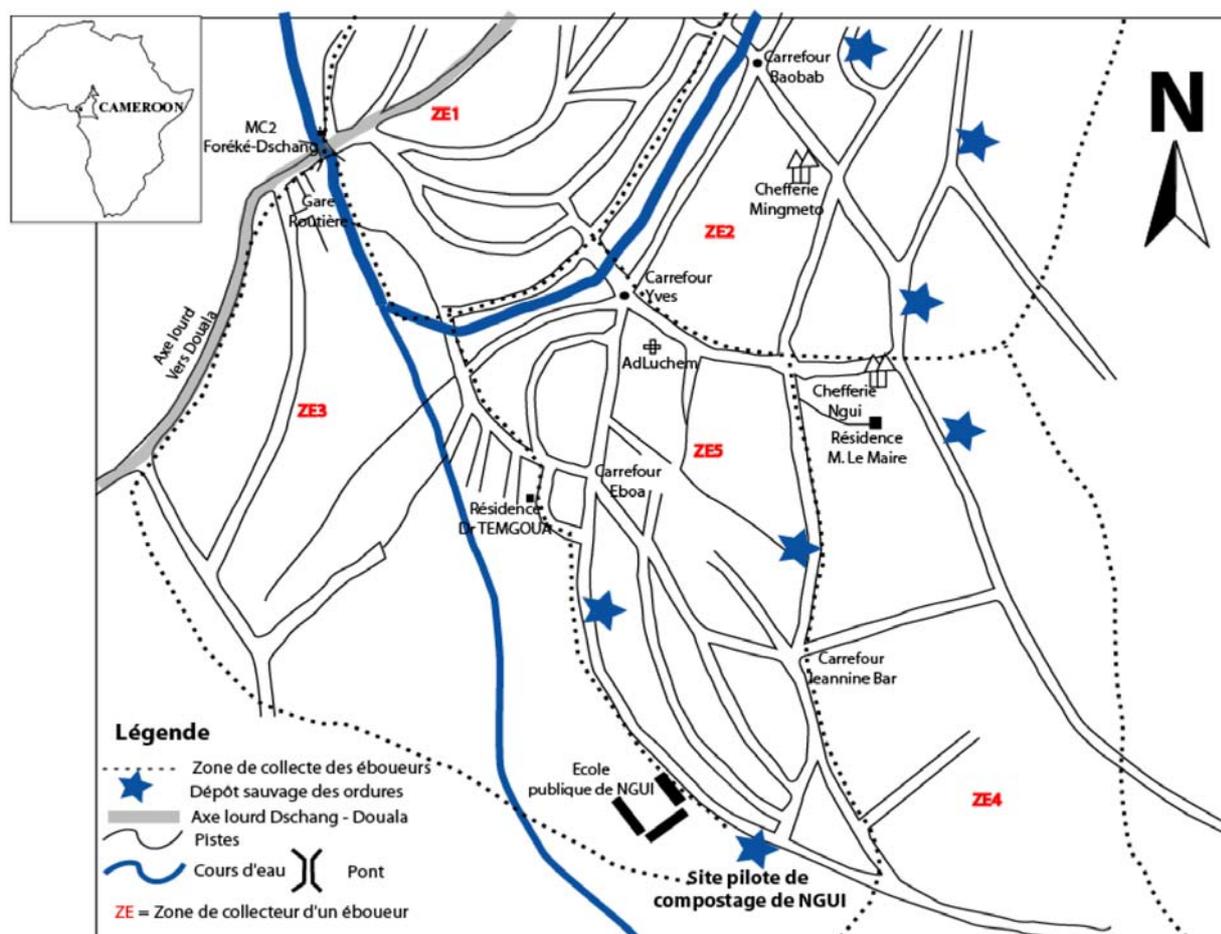


Figure 1: Localisation du site de compostage et limitation des cinq zones de collecte des ordures ménagères dans le quartier Ngui.

Les dépôts sauvages indiqués sur la figure ont été nettoyés dès le début de la collecte dans le quartier.

Tableau 1
Caractérisation des ordures ménagères.

Catégories	Ordures collectées au quartier Ngui pour le compostage (n=12)	Ordures collectées au marché B (n=4)
	Pourcentage (%)	
Matière biodégradable	90,05 ± 0,55	84,055 ± 0,037
Plastique	3,97 ± 0,27	6,111 ± 0,008
Textile	3,17 ± 0,33	2,275 ± 0,004
Verres	0,38 ± 0,02	0,077 ± 0,002
Papiers colorés	0,8 ± 0,3	5,708 ± 0,027
Pile	0,03 ± 0,03	0,082 ± 0,001
Vieilles chaussures et vieux sacs	1,18 ± 0,12	0,972 ± 0,007
Métaux	0,30 ± 0,005	0,318 ± 0,001
Mousse et autres	0,14 ± 0,065	0,403 ± 0,003
Total de refus	9,96	15,95
Masse Totale Collectée	100	100

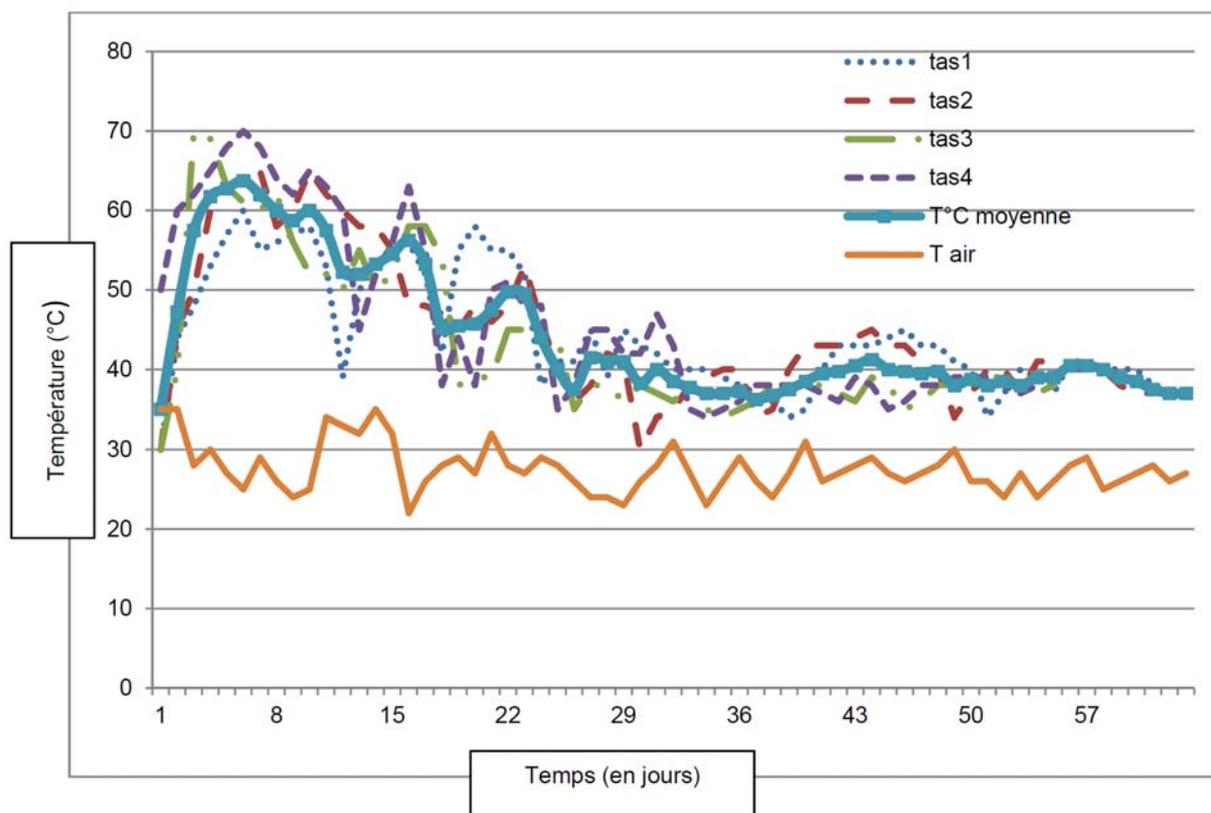


Figure 2: Evolution de la température des tas d'ordures ménagères en compostage au cours des semaines.

Evolution de quelques paramètres physiques et chimiques des ordures ménagères au cours du compostage

Pour l'évolution de la température, quatre des tas d'ordures ont été suivis. Quatre courbes ont été dressées pour ces tas (Figure 2). Toutes ces courbes sont superposables et traduisent l'activité des micro-organismes dans les tas. Tous les tas ont atteint rapidement des températures $\geq 60^\circ\text{C}$ dès la première semaine de décomposition et maintenus pendant au moins une dizaine de jours avec un maximum de 72°C dans les Tas N°3 et 4.

La fréquence de retournement a été arrêtée à une fois par semaine pendant le premier mois, une fois toutes les deux semaines le deuxième et le troisième mois et une fois le dernier mois, soit neuf retournements. L'arrosage du tas intervient quand le besoin est posé au niveau des retournements, avec la présence de la moisissure. Ces retournements sont matérialisés sur les courbes de la figure 2 par des sursauts de température. Avec le temps, nous avons noté que les retournements du dernier mois ne changent plus les propriétés du compost et ils ont été suspendus. Les températures élevées pourraient entraîner la réduction des pathogènes et l'élimination des graines d'adventice. Elles caractérisent aussi les processus de compostage aérobie et sont un indicateur d'une activité microbienne importante.

L'élévation de la température au début du compostage serait due à la forte activité microbienne induite par la présence de matières organiques facilement biodégradables (6, 10).

A cette phase dite thermophile a succédé une phase de maturation au cours de laquelle la température dans tous les tas s'est abaissée progressivement jusqu'au 35^e jour où elle s'est stabilisée à une température inférieure à 40°C . Cette baisse de température peut être expliquée par un ralentissement de l'activité des microorganismes dû à l'épuisement des matières organiques facilement dégradables (7, 16). Les températures n'ont pas atteint la température ambiante mais se sont stabilisées au bout de la 5^{ème} semaine de la maturation, ce qui dénote d'une décomposition des substrats et d'une bonne maturation du compost.

Le criblage a été fait à la fin du processus sur le compost mûr. Le tamis utilisé avait une maille de 8 mm mais il engendre de nombreux refus constitués d'agrégats de compost. Il a fallu la réduction des dimensions des particules (par hachage sommaire). Le conditionnement se fait dans les sacs de 50 kg

et disposés dans des entrepôts prêts pour la livraison.

Le taux d'extraction du compost (rendement) obtenu dans cette étude est entre 18 et 23,5%. Il est très bas et de loin inférieur à celui obtenu par Sereme *et al.* (18) et le CEFREPADE (5) qui sont respectivement de 50% et 33%. Deux raisons peuvent justifier la différence qui existe entre notre résultat et ceux des auteurs susmentionnés. D'abord l'absence d'un broyeur mécanique avant le tamisage et l'utilisation d'un tamis à faible maille; les échantillons de compost analysés ont été obtenus après tamisage à 8 mm de diamètre alors que les études citées ont utilisé une maille de 12 mm. Or pour augmenter le rendement global de compostage et améliorer la granulométrie du compost final, la présence d'un broyeur émietteur serait d'une grande utilité.

Le taux d'humidité a varié de 55 à 60% dans les tas dès les premiers jours. Il s'est stabilisé dès le 90^e jour à 50-55%. Le compost stocké continue à perdre de l'eau; les échantillons analysés avaient un taux d'humidité entre 24-28% (tableau 2). Dans la synthèse de Ngnikam et Tanawa (16), le taux d'humidité des composts de Bafoussam et de Cotonou est autour de 30% tandis que celui de la France et de Vienne est autour de 40%. La teneur en humidité du compost est très variable et devrait être précisée pour que les résultats des autres paramètres soient comparables.

Teneurs en éléments chimiques du compost

Les paramètres physico-chimiques du compost produit sont mentionnés dans le tableau 2.

Le taux de matière organique, diminue au cours du compostage, passant de 43,52% après 7 jours à 23,5% de la matière sèche à la fin du processus. Cette tendance n'est pas linéaire, mais présente deux périodes distinctes. Une première période est comprise entre 7 et 60 jours pendant laquelle MO affiche de fortes diminutions variant respectivement de 43,52 à 25,4%-MS suivie d'une légère baisse à 90 jours. De semblables diminutions, pendant le compostage, ont souvent été rapportées et assimilées à la minéralisation des matières organiques par les micro-organismes (3).

Les teneurs en matière organique, azote total, phosphore et potassium sont moyennes par rapport aux normes internationales (Tableau 2). Elles sont proches de ce qui est couramment signalé en Afrique (16) mais très basses par rapport à la moyenne de 40%-MS pour la matière organique obtenue en industrie (France, Vienne). Les teneurs

en éléments chimiques déterminées sont comparables à celles obtenues par Guene (10) à Ouagadougou, et légèrement plus faibles que celles déterminées par Waas (23) dans cette même ville. Le compost de Bobo-Dioulasso a donné une teneur en matière organique plus faibles, de 7 à 11%-MS (7), alors que celui obtenu à partir de la paille de maïs a donné une teneur en matière organique de l'ordre de 40-46%-MS et en azote organique de 0,9 à 1,1 (14). Selon la norme FAO, les composts fabriqués ont des teneurs faibles en matière organique, en azote et un rapport C/N bas, mais des teneurs élevées en P et K. Cependant, comparativement à la norme AFNOR (NFU 44-051), les composts ont des teneurs acceptables, limite inférieure pour la matière organique, N, P et K (Tableau 2). Un rapport C/N inférieur à 12 en

phase solide est considéré comme un indicateur de maturité pour le compost (12). Ce rapport C/N proche de 10, fréquemment retrouvé dans les composts, est rapproché à celui des sols humiques (6, 7).

Le pH du compost produit est légèrement basique (pH 8-8,5) comme la plupart des composts (16). Il offre donc des conditions favorables à l'amélioration des propriétés biologiques et à la disponibilité des cations du sol. Il aiderait également à relever le pH des sols de la localité qui sont acides (20). L'augmentation de la production de pomme de terre en Guinée se situe aux alentours de 50% pour une application seule du compost; son utilisation conjointe avec un autre amendement ou fertilisant chimique, triple presque le rendement de production (15). La somme des

Tableau 2
Caractéristiques physiques et chimiques du compost issu des ordures ménagères de Dschang.

PARAMETRE	UNITE	Norme NFU 44-051 (teneurs limites)	Analyses faites au Laboratoire des sols de l'Université de Dschang		Analyses faites au Centre d'Analyse Minérale de l'Université de Lausanne	
			intervalle de valeurs (n=4)	Valeur moyenne	Compost Intervalle de valeurs	Compost moyenne
Humidité	%	<= 70%	24,10 - 28,45	26,49	nd	nd
Matière sèche	%	>= 30%	71,55 - 75,90	73,51	nd	nd
pH	-	7-sept.	8,19 - 8,41	8,32	nd	nd
Eléments organiques						
Carbone Organique (CO)	% MS	-	10,43 - 12,61	11,19	9,10 - 12	10,45
Matière Organique (MO)	% MS	-	20,86 - 25,22	22,39	18,2 - 24	20,9
Matière Organique (MO)	% MB	>= 20%	14,93 - 18,61	16,46	nd	nd
Eléments minéraux et fertilisants						
Phosphore assimilable (Bray II) ou P ₂ O ₃ *	g/kg	< 30	6,45 - 9,07	7,74	11,1 - 11,3	11,18
Azote total (N)	g/kg	< 30	13,30 - 16,10	15,05	10,7 - 12,7	12,2
Potassium (K ₂ O)	g/kg	< 30	nd	nd	20,3 - 27,7	22,65
Magnésium (MgO)	%-w t		nd	nd	1,01 - 1,14	1,07
Calcium (CaO)	%-w t		nd	nd	3,47 - 4,05	3,75
Potassium échangeable (K ⁺)	(cmol(+)/kg de sol)		0,65 - 0,81	0,73	nd	nd
Magnésium échangeable (Mg ²⁺)	(cmol(+)/kg de sol)		1,02 - 1,14	1,06	nd	nd
Sodium échangeable (Na ⁺)	(cmol(+)/kg de sol)		0,24 - 0,34	0,28	nd	nd
Calcium échangeable (Ca ²⁺)	(cmol(+)/kg de sol)		3,01 - 3,10	3,05	nd	nd
Rapport Carbone sur Azote						
C/N	-	>8	8,06 - 13,14	10,26	nd	nd

*Au Centre d'Analyse Minérale de l'Université de Lausanne, P₂O₃ a été analysé par Fluorescence aux rayons X.

nd = non déterminé, MS = masse sèche, MB = masse brute.

Tableau 3
Teneurs en métaux lourds du compost des ordures ménagères de la ville de Dschang (mg/kg).

	Cd	Cr	Ni	Pb	Cu	Zn	Se	LOI
	mg/kg							%
Echantillon 1	3	188	36	7	47	47	52	9,28
Echantillon 2	18	214	53	14	61	59	123	13,76
Echantillon 3	13	234	47	79	52	46	123	0,18
Echantillon 4	17	226	36	21	57	54	81	7,52
Echantillon 5	12	190	47	25	62	56	107	15,87
Moyenne	12,6	210,4	43,8	29,2	55,8	52,4	97,2	
	Cd	Cr	Ni	Pb	Cu	Zn	Se	Humidité (%)
Echantillon 6	nd	202	48	28	36	254	nd	23,75
Echantillon 7	nd	201	46	26	52	301	nd	21,82
Echantillon 8	nd	183	45	20	28	243	nd	25,99
Echantillon 9	nd	179	48	25	32	215	nd	22,87
Moyenne		191,25	46,75	24,75	37	253,3		
Normes (NF U44 – 051)	3	120	60	180	300	600	12	

Les données des échantillons 1 à 5 ont été obtenues au Laboratoire des sols de l'IRAD de Yaoundé alors que celles des échantillons 6 à 9 ont été obtenues au Centre d'Analyse Minérale de l'Université de Lausanne. La différence est très grande pour les valeurs de Zn.

bases échangeables est faible ($3 < SBE < 4$) due à une représentation en faibles proportions de tous les cations échangeables.

Les concentrations en métaux sont mentionnées dans le tableau 3.

Elles sont très variables d'un échantillon de compost à un autre, c'est-à-dire aussi d'un tas d'ordures à l'autre. Ceci s'explique par la différence dans le tri manuel de ces ordures. Elles sont relativement importantes, mais restent en dessous des valeurs limites des normes française et suisse, à l'exception du Cd, Cr et Se. Le Cd proviendrait de batteries mal triées, le Cr des papiers colorés mais l'origine du Se dans ce compost reste à déterminer. Ainsi, il y a lieu de craindre des risques d'accumulation de ces éléments traces suite à un épandage régulier de compost dans les champs du fait de leur temps de demie vie long. Au vue de ces résultats, il a été recommandé que le tri manuel soit plus systématique pour éliminer l'ensemble des batteries, et des papiers colorés. Les analyses qui ont suivies, faites à l'Université de Lausanne, ont montré que l'amélioration du tri a été plus efficace dans l'élimination du Cr, les autres éléments mis en cause n'ayant pas été analysés. Les teneurs en métaux lourds des composts sont comparables à celles obtenues par Guene (10), Compaoré et Nanéma (7) dans les déchets solides des villes du Burkina Faso. Mais elles sont élevées par rapport à

celles obtenues par Wass (23) dans certaines villes africaines. Boechat et Santos Pereira da Silva (4) ont récemment analysé les métaux lourds dans le compost des déchets urbains et industriels du Brésil. Les valeurs obtenues par ces auteurs étaient de 100 et 370 mg/kg pour Cu, <1 mg/kg pour le Ni; <0,12 mg/kg pour le Cd, 3 à 44 mg/kg pour le Pb et 0,6 à 7 mg/kg pour le Cr. Toutes ces valeurs ont été jugées conformes aux normes. Les différences observées entre les teneurs en métaux lourds sont attribuées d'une part, à la nature des déchets et d'autre part, à la technique de compostage et aux méthodes d'analyse d'autre part. La baisse des teneurs en métaux lourds entre les premiers et les seconds échantillons du compost de Dschang serait probablement due à la séparation des matières indésirables avant le processus de compostage. Le tri manuel a donc aidé à réduire les teneurs en métaux lourds dans ce compost.

La décharge de Dschang a été construite à Siteu en 2007. Elle a été dimensionnée pour prendre l'ensemble des déchets produits dans la ville pour une durée de 20 ans. Le projet de compostage pourrait sensiblement réduire la quantité de déchets à y mettre, et elle pourra durer plus longtemps, mais il faut au préalable améliorer le taux de collecte. Ainsi, le compacteur nécessaire pour l'entretien de la décharge ne passera à la décharge qu'une fois sur les cinq prévues. Si on

estime à trois cent mille francs CFA les frais d'entretien de la décharge par mois, on se retrouve avec un gain d'un million huit cent mille de francs CFA en cinq ans, chiffre assez encourageant pour lancer une multitude de site de compostage. Un site qui pourrait assurer le compostage d'une plus grande quantité d'ordures ménagères est davantage économique avec les possibilités de crédit carbone.

Conclusion

Cette étude avait pour objectif de présenter la technologie de compostage de déchets urbains de Dschang et d'évaluer la qualité du compost. Les résultats montrent que les ordures ménagères sont un bon gisement pour le compost car elles sont constituées de 90% volume de la matière biodégradable. Dans ce milieu à température variant autour de 20°C, un tas doit être formé de 5 à 6 tonnes d'ordures pour que sa température atteigne 70°C au bout d'une semaine de compostage. Le compost est mature au bout de 90

jours et représente 23% volume de déchets bruts. Le compost a un taux de matière organique autour de 20% de matière sèche, une teneur en azote total égale à 11 g/kg et le pH est autour de 8. Ces teneurs sont moyennes, par rapport aux normes internationales et devraient permettre d'améliorer les propriétés des sols et les rendements des cultures. Le gisement des ordures ménagères est énorme dans la commune de Dschang comme ailleurs. Il faudrait améliorer leur enlèvement et les composter pour permettre d'améliorer la salubrité de la ville, de produire un amendement organique de qualité, de réduire les coûts d'entretien de la décharge et de postuler au crédit carbone.

Remerciements

Les travaux de terrain ont été soutenus par le projet «compostage des ordures ménagères de la ville de Dschang» mise en œuvre par ERA- Cameroun, la Commune de Dschang et le CEFREPADE, financé par le FFEM et l'UICN - Comité Français.

Références bibliographiques

- Adegnika F., Chalot F., Desile D., Duchemin J.P., Etienne J., Le Bris E., Le Jalle C., Mathys A., Ta Thu Thuy & Valfrey V., 2004, *Gestion durable des déchets et l'assainissement urbain*, Ministère des affaires étrangères (France) IMP graphic, Cosne-sur-Loire, 191 p.
- ADEME, 2000, *Guide de bonne pratique du compostage* (compostage domestique).
- Bernal M.P., Paredes C., Sanchez-Monedero M.A. & Cegarra J., 1998, Maturity and stability parameters of compost prepared with a wide range of organic waste. *Bioresour. Technol.*, **63**, 91-99.
- Boechat C.L. & Santos Pereira da Silva P.S., 2012, Chemical characterization to evaluate the agricultural potential use of organic wastes generated by industrial and urban activity. *African J. Agric. Res.*, **7**(27), 3939-3944.
- CEFREPADE, 2008, *Compostage des déchets ménagers dans les pays en développement*. Agriculteurs composteurs de France: «Charte de bonne pratique du compostage agricole», 31p.
- Charnay F., 2005, *Compostage des déchets urbains dans les Pays en Développement. Elaboration d'une démarche méthodologique pour une production pérenne de compost*, Thèse de Doctorat, Université de Limoges, 277p.
- Compaoré E. & Nanéma L.S., 2010, Compostage et qualité du compost de déchets urbains solides de la ville de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso. *Tropicultura*, **28**(4), 232-237.
- Elans, 2008, Campagne de caractérisation des déchets ménagers de la ville de Dschang.
- FAO, 2005, *Méthodes de compostage au niveau de l'exploitation agricole*. Doc. travail Terres et Eaux, 2, 51p., Rome, Italie.
- Guene O., 1995, *Compostage artisanal intégré à la gestion des ordures ménagères, données de terrain et outils de diffusion*, CREPA, Ouagadougou (Burkina Faso), 68 p.
- Hue N.V., Ikwa H. & Silva J.A., 1994, Increasing plant-available phosphorus in an ultisol with a yard-waste compost. *Commun. Soil Sci. Plant Annal.*, **25**(19 & 20), 3291-3303.
- Iglesias-Jimenez A. & Alvarez C. E., 1993, Apparent availability of nitrogen in composted municipal refuse. *Biol. Fertil. Soils*, **16**, 313-318.
- Jaza Folefack A.J., 2008, The Influence of Compost Use on the Production of Lettuce (*Lactuca sativa*) in the Urban and Peri-urban Areas of Yaoundé (Cameroon). *Tropicultura*, **26**(4), 246-253.
- Lompo F., Segda Z., Gnankambary Z., Ouandaogo N., 2009, Influence des phosphates naturels sur la qualité et la biodégradation d'un compost de pailles de maïs. *Tropicultura*, **27**(2), 105-109.
- Matejka G.F., De Las H., Klein A., Paquetteau F., Barbier J. & Keke A., 2001, *Composting of municipal solid waste in Labé (Guinea): Process optimisation and agronomic development*. In: "Eight International Waste Management and Landfill Symposium". Cagliari, Italy, 451-457.
- Ngnikam E. & Tanawa E., 2000, *Les villes d'Afrique face à leurs déchets*. Université de technologie de Belfort-Montbéliard, (UTBM), Metthez (France), 287p.
- Ngnikam E., Rousseaux P., Tanawa E. & Gourdon R., 2002, Application of multicriteria analysis to environmental assessment of solid waste management systems in tropical African cities. *J. Decision Syst.*, **11**(3-4), 479-497.
- Sereme A., Mey P.H. & Wmbre N.P., 1998, Composition et qualité du lombricompost des ordures ménagères de la ville d'Ouagadougou. *Sci. Techn. Sci. Nat.*, **23**(1), 38-43.
- Soutanamo J., 2012, *La gestion publique des déchets solides à Yaoundé: la pertinence du compostage*. Eds Universitaires Européennes, 317 p.
- Temgoua E., Ntangmo Tsafack H., Njine T. & Serve M.A.,

-
- 2012, Vegetable production systems of swamp zone in urban environment in West Cameroon: case of Dschang city. *Un. J. Reseach Techn.*, 2(2), 83-92.
21. Termorshuizen A.J., Moolenaar S.W., Veeken A.H.M. & Blok W.J., 2004, The value of compost. *Rev. Environ. Sci. & Bio/Technol.*, 3, 343-347.
22. Valet S., 1999, *L'aménagement traditionnel des versants et le maintien des cultures associées traditionnelles: cas de l'Ouest-Cameroun*. Colloque International "L'homme et l'Erosion". IRD-CIRAD, Montpellier, 17 p.
23. Waas E., 1996, *Valorisation des déchets organiques dans les quartiers populaires des villes africaines*, SKAT centre de coopération suisse pour la technologie et le management, 143 p.
-

E. Temgoua, camerounais, Docteur, Enseignant chercheur, Université de Dschang, Faculté d'Agronomie et des Sciences Agricoles, Dschang, Cameroun.

E. Ngnikam, camerounais, Docteur Polytechnicien, Ecole Polytechnique de Yaoundé, Enseignant Chercheur, Yaoundé, Cameroun.

H. Dameni, camerounais, Docteur, Enseignant chercheur, Université de Dschang, Faculté d'Agronomie et des Sciences Agricoles, Dschang, Cameroun.

G.S. Kouedeu Kameni, camerounais, Doctorant, Université de Dschang, Faculté d'Agronomie et des Sciences Agricoles, Laboratoire d'Analyse des sols et de chimie de l'environnement, Dschang Cameroun.

Importance de *Coula edulis* Baill. pour les populations du Sud-Est du Gabon: niveaux de prélèvement et potentiel économique de l'espèce

C. Moupela^{1,2}, C. Vermeulen², J.-L. Doucet², K. Dainou² & P. Lebailly³

Keywords: Actors– Subsistence– Harvest– *Coula edulis*– Non-timber forest product– Gabon

Résumé

Coula edulis est une espèce à usages multiples dont les fruits sont consommés et commercialisés par les populations africaines. En dépit de son importance, aucune évaluation de son potentiel économique n'a jamais été entreprise. Notre étude a donc porté sur les niveaux de prélèvements de la ressource ainsi que sur l'analyse de la filière locale au Gabon, afin de cerner l'enjeu économique et social autour de ce produit. Les résultats révèlent que les graines de *C. edulis* sont avant tout auto-consommées par les populations rurales, bien qu'elles permettent parfois de s'assurer un revenu qui reste marginal. En effet, les marges obtenues durant deux mois par ménage sont très faibles: 1.120 F CFA (1,7 €) pour la vente sur place et 2.166F CFA (3,3 €) sur les marchés urbains. La collecte de *C. edulis* pourrait procurer des revenus monétaires plus importants sous réserves de combiner une stratégie de gestion durable par sa domestication et son intégration dans le cycle agricole et dans une stratégie de revenu supplémentaire où l'exploitation répond à une demande marchande.

Summary

Importance of *Coula edulis* Baill. for the People of South-East Gabon: Harvest Levels and Economic Potential

Coula edulis is a non-timber forest tree species that provides edible fruits for local people. However, its economical importance has never been quantified. The present study aimed to identify the fate of stocks of harvested *C. edulis* fruits in Gabonese villages, emphasizing the social impact and economic income generated by this activity. Our investigations revealed that *C. edulis* fruits are predominantly utilized for own subsistence, since trading proportion concerned less than 20% of collected fruits. The average income from trade during the harvest period (two months) varied from € 1.7 to € 3.3 per household, depending on the proximity of the market (local or urban). The economical potential of *C. edulis* fruits could be improved if a sustainable production strategy through domestication processes and agroforestry practices was developed. Such a strategy may also contribute to the increase of the local demand of *C. edulis* fruits, assuming that a better diffusion was also carried out.

Introduction

Depuis des siècles, les moyens de subsistance des communautés rurales africaines ont été fondés sur des biens et services fournis par les végétaux et les animaux prélevés les écosystèmes forestiers (10, 15, 18). En particulier, les produits d'espèces végétales indigènes (fruits, feuilles, bulbes) représentent une part importante dans le régime alimentaire quotidien des populations ainsi que dans l'artisanat ou la médecine traditionnelle (10, 23). En outre, les produits forestiers non ligneux

(PFNL) contribuent à l'économie des ménages en générant des revenus de trésorerie, en diversifiant les stratégies de subsistance tout en assurant une fonction essentielle en temps de crise financière (3, 7, 22). De nombreuses études (9, 10, 15, 18) démontrent l'existence de filières organisées et d'une commercialisation transfrontalière et/ou internationale pour plusieurs espèces à potentialités économiques et intégrées dans les systèmes agroforestiers comme le safou (*Dacryodes edulis* Lam), le njansang (*Ricinodendron heudelotii* Baill.), le pygeum

¹ Université des Sciences et Techniques de Masuku, Franceville, Gabon

² Université de Liège, Gembloux Agro-Bio Tech, Unité de Gestion des Ressources Forestières et des Milieux Naturels, Laboratoire de Foresterie des Régions tropicales et subtropicales, Gembloux, Belgique.

³ Université de Liège, Gembloux Agro-Bio Tech, Unité d'Economie et Développement rural, Gembloux, Belgique

* Auteur correspondant : E-mail : cmoupela@student.ulg.ac.be/cmoupela@yahoo.fr

(*Prunus africana* Hook.), la mangue sauvage (*Irvingia gabonensis* Baill.), le « nkumu » (*Gnetum africanum* Viz.). Cependant, l'accent porté aux marchés régional et mondial pour les PFNL « majeurs » masque souvent les opportunités que pourraient offrir le commerce local pour nombre de produits traditionnellement importants (16). En effet, l'importance utilitaire d'une espèce peut être un atout en faveur de sa promotion et la connaissance des modalités de prélèvement, des possibilités de transformation ainsi que des perspectives commerciales peuvent guider le choix de méthodes appropriées de gestion (13). De plus, le caractère informel de l'utilisation des PFNL explique la rareté des données sur leur collecte, leur commerce et le nombre de personnes impliquées dans ce secteur (18, 22).

Coula edulis Baill. (Olacaceae), encore appelé noisetier d'Afrique ou noisetier du Gabon est un arbre typique des forêts sempervirentes d'Afrique, connu sur le continent pour les PFNL qu'il procure aux populations locales (10, 19). Ses fruits sont régulièrement collectés et commercialisés (8, 10). Les graines produisent une huile jaune, inodore, de saveur suave et de grande valeur nutritive (21). Son écorce est utilisée en médecine traditionnelle en décoction pour la purgation ou contre les douleurs lombaires (19).

A ce jour, peu de recherches ont été réalisées sur les niveaux de prélèvements de ses fruits ou sur sa contribution réelle et/ou potentielle à l'économie des ménages. Si l'essentiel des travaux antérieurs (3, 8) indiquent l'existence d'une filière et d'un marché local pour ce PFNL au Nigeria, il n'existe toutefois pas d'informations à ce sujet pour d'autres pays dans son aire de distribution, en particulier au Gabon. Or la mise au point d'initiatives en faveur de la valorisation de *C. edulis* nécessite la prise en compte des niveaux de prélèvement ainsi que l'analyse de sa filière locale. C'est pourquoi le présent travail vise à mieux appréhender la réalité sociale de *C. edulis* et l'organisation de sa filière. Il s'agit (a) d'évaluer les quantités de fruits récoltés et commercialisés par les ménages, (b) d'estimer la valeur de ce PFNL comme source de revenus pour les ménages. L'analyse permettra de vérifier si ce PFNL a perdu, à l'échelle locale, son statut présumé de ressource mineure.

Matériel et méthodes

Espèce étudiée

Coula edulis Baill., est une espèce appartenant à la famille des Olacaceae. Son aire de distribution s'étend de la Sierra Leone à la République

Démocratique du Congo. Elle est présente en forêt dense humide et préfère les terrains argileux (17). C'est un arbre moyen de l'étage inférieur de la forêt atteignant rarement un diamètre de 100 cm. Sa phénologie se caractérise par des floraisons et des fructifications annuelles régulières. La fructification au Gabon peut être étalée sur environ quatre mois entre janvier et avril (14).

Zone d'étude

Le choix de la zone s'est basé sur la présence d'un peuplement naturel de *Coula edulis* et de la proximité de localités avec les centres urbains (Figure 1). En effet, c'est au niveau des zones dans lesquelles les habitants entretiennent à la fois des rapports étroits avec l'écosystème forestier et les centres urbains (Lastoursville et Moanda avec 8.000 et 42.000 habitants respectivement selon le recensement général de la population et de l'habitat de 2003) que l'exploitation et le commerce des PFNL sont plus importants (10, 12, 15). La présente étude a été effectuée durant la période de fructification de *C. edulis* dans la zone (janvier-avril 2010). Deux méthodes ont été mises en œuvre pour réaliser ces enquêtes socio-économiques.

Evaluation des niveaux de prélèvements de *C. edulis* par les populations du Sud-Est du Gabon

L'approche adoptée utilise deux supports d'enquête, l'un portant sur les prélèvements effectués en forêt par tous les membres du foyer et l'autre sur les revenus occasionnés dans le foyer (10, 11, 23) par la commercialisation des graines de *Coula edulis*. Un suivi et enregistrement quantitatif systématique quotidien du *Coula* qui est parvenu dans chaque ménage a été effectué durant la période de fructification de *C. edulis*, soit du 22 janvier au 25 mars 2010. L'étude a porté sur quatre villages: deux situés le long de la route Lastoursville-Moanda (Lipaka 2 et Bamera, occupés principalement par les Nzebi) et deux autres situés sur l'axe Bambidie-Lastoursville (Bakoussou et Mékouka, occupés par les Kota). Le choix des villages s'est fait en tenant compte des critères suivants: (a) disponibilité de la ressource, (b) zone de collecte en relation avec les marchés urbains, (c) disponibilité des habitants à participer, (d) population des villages comprise autour de 100 résidents (la taille moyenne des villages au Gabon étant de 80 habitants, recensement général de la population et de l'habitat de 2003). S'agissant de ce dernier critère, il présente pour avantage de permettre aux enquêteurs de couvrir quotidiennement l'ensemble des ménages (Tableau 1). En effet, Lescuyer (9) montre qu'en raison de sa lourdeur, ce type d'enquête détaillée ne peut être

réalisé que pour un nombre réduit de villages et d'effectifs. Ces enquêtes ont été administrées auprès de la majorité des foyers, couvrant 55% des foyers implantés dans ces villages. Le matériel employé est constitué de trois pesons tubulaires de type « Super Samson » de 1, 5 et 10 kg et de fiches pour l'enregistrement des données. Pour chaque relevé quotidien effectué, les paramètres suivants ont été considérés: (a) l'identité du ménage, (b) la date de récolte de *C. edulis*, (c) la nature du produit (fruits, amandes) indiquant la partie de la plante collectée, (d) l'état du produit (frais, séché), (e) le lieu de récolte du produit et le temps consacré à l'activité, (f) la destination (vente, autoconsommation, don) et (g) le prix de vente du produit.

Evaluation des revenus actuels et/ou potentiels de la commercialisation de *C. edulis*

L'étude s'est attachée à comprendre les mécanismes et fonctionnement des logiques d'acteurs existantes autour de la collecte de *C. edulis* et de sa commercialisation. Au total, six marchés urbains de Moanda et de Lastoursville ont été visités chaque semaine. Pour chaque visite, les informations suivantes ont été recueillies auprès de 4 commerçantes des PFNL/marché: la source

d'approvisionnement, le type de conditionnements dans lequel le produit est vendu, les quantités de produits vendus, le prix pratiqué par unité, le montant des taxes payées aux services municipaux (10, 12, 15). Les unités de vente ont été ramenées au kilogramme pour l'estimation des recettes brutes. La démarche retenue pour estimer les revenus générés par la vente de *C. edulis* a été calculée à partir du volume total de graines obtenues après cassage, qui est ensuite multiplié par les prix unitaires du produit sur un marché urbain proche. A ce chiffre, sont déduits les frais de transport et de commercialisation de la ressource (12, 15, 16). Pour les exploitants des PFNL, les charges sont liées au temps utilisé pour le ramassage des fruits (le cassage inclus), aux éventuels frais de transport et de commercialisation alors que pour les revendeurs, il s'agit seulement des taxes relatives au marché. Pour mieux apprécier la rentabilité de collecte, les marges bénéficiaires ont été rapportées au temps alloué à l'activité de ramassage.

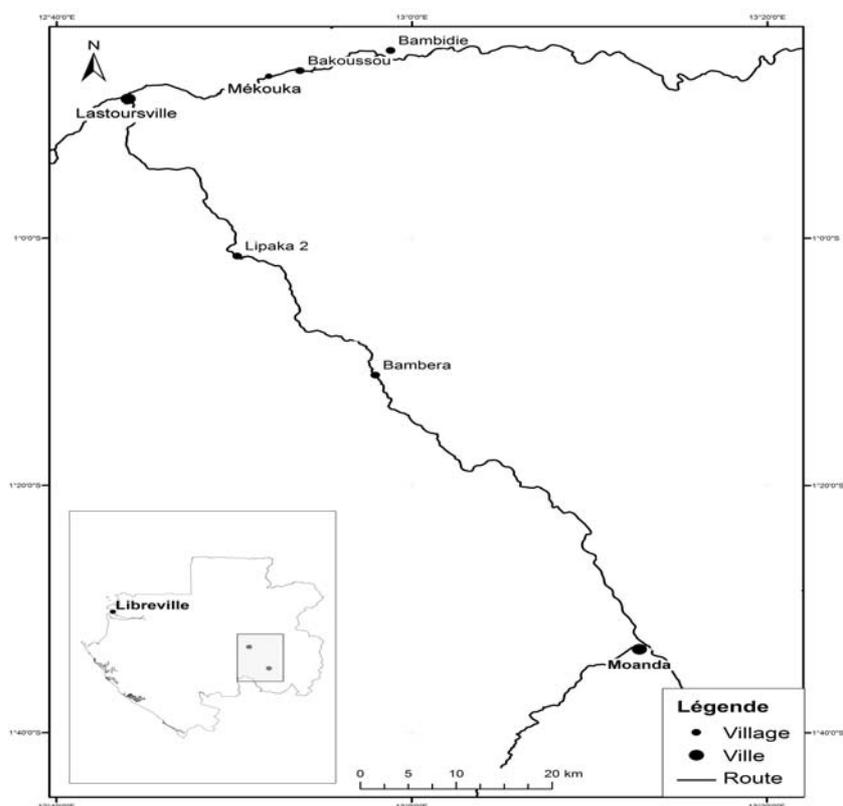


Figure 1: Localisation de la zone d'étude au Gabon.

Résultats et discussion

Modalités de collecte des fruits de *C. edulis*

Le tableau 1 synthétise les quantités de fruits collectés par les populations locales au cours de l'année 2010. Selon Moupela *et al.* (14) et aux dires habitants, la fructification a été relativement faible cette année-là. Les résultats montrent que les niveaux de prélèvement de la ressource sont plutôt faibles comparativement à ceux rapportés par Loung (11). En effet, cet auteur indique qu'en 1984, chacun des ménages Pygmées enquêtés durant trois mois a rapporté en moyenne 190 kg de fruits de *C. edulis*. Plusieurs explications pourraient être données. D'abord, les temps de collecte se sont concentrés sur la moitié de la période de fructification de l'espèce, estimée à quatre mois (14). Par ailleurs, ces faibles volumes pourraient être liés au fait que toutes les récoltes dans les villages n'ont pas été enregistrées, soit parce que les foyers enquêtés ne présentent pas tous les fruits collectés, soit parce que les fruits consommés sur les lieux de collecte n'arrivent jamais au village, échappant ainsi à l'enregistrement. Les quantités relevées peuvent donc présenter une sous-estimation des quantités réellement prélevées. À ces premières explications, d'autres raisons peuvent être avancées telles que: l'abondance relative de Coula suivant les finages, l'intérêt variable que peut avoir cette ressource pour diverses populations en fonction de leurs autres activités, leur insertion ou non dans des systèmes marchands ou encore les habitudes socio-culturelles différentes des Nzebi, des Kota et des Pygmées.

On note que la collecte de *C. edulis* demeure une activité pratiquée dans l'ensemble des localités, ce qui illustre bien le maintien d'une relation forte entre les populations et l'écosystème forestier (11, 15, 23). Toutefois, si tous les foyers organisent des sorties de cueillette en forêt afin de ramasser des volumes importants de PFNL, tous ne sont pas impliqués dans la commercialisation des graines de *C. edulis*. Comme le montrent le tableau 1 et d'autres travaux (9, 10, 11, 15), la plupart de ces ressources sont prélevées avant tout pour être autoconsommées ou échangées localement sans l'intermédiaire du marché. La part réservée à l'autoconsommation de *C. edulis* représente dans notre étude plus de 80% de la destination de collecte. La présente étude n'a pas été accompagnée d'une estimation de la contribution de la ressource à l'alimentation des ménages qui aurait permis d'évaluer l'importance de *C. edulis* dans le bilan nutritionnel. Notons enfin que la part destinée aux dons est très marginale,

contrairement à ce qu'avancent certains auteurs (1, 5).

Par ailleurs, la destination de la récolte est variable d'un village à l'autre. La différence serait liée au fait que les villages Bamera et Lipaka 2 sont situés sur un axe routier très fréquenté et qu'ils entretiennent des relations étroites avec les marchés urbains de Moanda. En effet, les exploitants des PFNL de ces deux villages ont non seulement la possibilité de vendre les graines de *C. edulis* sur les étals placés le long du village (Photo 1), mais ils ont surtout tissé des liens privilégiés avec certaines commerçantes «abonnées» des marchés urbains (Photo 2). Dieye *et al.* (4) notent d'ailleurs que cette forme de fidélisation est basée non seulement sur la réputation acquise après des transactions répétées, mais surtout à travers les relations sociales entretenues avec les partenaires. Cela montre que les échanges commerciaux sont souvent fondés sur des réseaux d'acteurs qui ont une base ethnique, familiale ou linguistique. Ces réseaux sont des structures dynamiques, jouant à la fois des opportunités offertes par l'économie moderne et des modes de fonctionnement économiques et sociaux des sociétés dont ils sont issus (6).

Circuit de commercialisation de *C. edulis* du Sud-Est du Gabon

Sur base des informations recueillies sur le terrain, nous avons établi le circuit de commercialisation des amandes de *C. edulis*. Le schéma de la filière représente l'ensemble des intermédiaires entre collecteur et consommateur et la nature des liens qu'ils entretiennent. Les flèches désignent donc les opérations de transfert de propriété du produit.

D'après le circuit de commercialisation résumé par la figure 2, les différents intervenants de la filière locale sont: les producteurs (collecteurs), les détaillants ou «abonnés» et les consommateurs. Les collecteurs qui récoltent et transforment quelquefois ce PFNL, habitent les zones rurales et exploitent la ressource sauvage pour leur autoconsommation et pour la vente. Dans ce cas, les amandes sont souvent vendues directement aux consommateurs au bord de la route. Parfois certains exploitants rassemblent le produit de plusieurs producteurs pour le distribuer aux détaillants urbains «abonnés» afin d'effectuer la vente. Le produit est alors acheminé vers les marchés urbains par les transporteurs «nzéla nzéla». Ce schéma est quelquefois raccourci quand le producteur vient lui-même braver les pièges et autres difficultés des marchés et entrer en rapport direct avec la clientèle urbaine. On note que

certaines acteurs peuvent à la fois être collecteurs et commerçants-détaillants. Le circuit de commercialisation apparaît court et peu complexe, contrairement à ce qui se passe au niveau de la filière d'un autre PFNL, le *Dacryodes edulis* où nous avons de grands volumes échangés sur les marchés locaux, régionaux et internationaux (10, 15, 18). Par ailleurs, Tchawe Hatcheu (20) relève en dehors des acteurs traditionnels (exploitants, grossistes, détaillants, consommateurs), l'apparition de petits métiers et d'autres intermédiaires tels que les «*Bana bana*» ou les «*Coxeurs*» autour de ce produit.

Evaluation des revenus actuels de la commercialisation des graines de *C. edulis*

Nous avons estimé l'enjeu économique autour de *C. edulis* par l'évaluation des revenus dégagés par la commercialisation des graines. Le tableau 2 récapitule les informations recueillies lors des enquêtes menées durant deux mois sur les marchés urbains et locaux. Les ramasseurs quittent le village vers 7 heures du matin pour rentrer en forêt, munis de hottes et de paniers. Ils marchent environ une heure pour arriver aux lieux de collecte de *C. edulis* et le ramassage se fait entre 8 et 10 heures suivant la disponibilité de la ressource. En moyenne, le temps consacré au remplissage d'une hotte d'environ 45 kg de fruits y compris celui du déplacement sur les sites et du décorticage de cette quantité est de 5 heures, ce qui correspond à la journée de travail consacrée aux activités agricoles en zone forestière (1). Notons que les collectes peuvent cibler des produits multiples (champignons, feuilles d'emballage, etc.). De cette collecte de fruits (hotte de 45 kg), on obtient environ 9 kg d'amandes après décorticage. Sur les marchés urbains, les graines de *C. edulis* se

vendent en petits tas de 20 graines à 200 F CFA (0,30 €) soit 1.330 F CFA (2 €/kg) tandis qu'au niveau des villages, la même quantité de graines est vendue à 100 F CFA (0,15 €) soit 655 F CFA (1 €/kg) (Photo 2). Par ailleurs, les frais de commercialisation relatifs au transport et aux taxes municipales sont respectivement de 1.000 F CFA (1,52 €/sac de 20 kg) et de 300 F CFA (0,45 €/jour).

L'appréciation des revenus générés par la vente des graines de *C. edulis* a été établie sur la base d'une estimation de la valeur économique de l'activité. Pour les exploitants de Bambera par exemple qui ont consacré 25% d'amandes obtenues à la commercialisation, leur marge bénéficiaire dégagée est respectivement estimée à 1.120 F CFA (1,7 €/ménage) pour la vente sur place et de 2.166 F CFA (3,3 €/ménage) sur les marchés urbains (Tableau 3). Ces marges rapportées au temps consacré à l'activité de collecte (224 et 433 F CFA/h ; soit 0,34 € et 0,66 €) montrent à titre tout à fait indicatif, qu'elles sont à peine inférieures ou égales à la valeur du salaire minimum interprofessionnel garanti qui est de 80.000 F CFA (122 €) au Gabon, soit 450 F CFA (0,68 €/h). Ces résultats soulignent surtout la faible exploitation commerciale des produits forestiers non ligneux en zones rurales gabonaises. Plusieurs raisons pourraient être avancées pour expliquer les faibles revenus dégagés de la commercialisation des amandes de *C. edulis* par les différents ménages. D'abord, l'abondance de la ressource en forêt naturelle et son accessibilité suscitent peu d'initiatives en faveur de son intégration dans les systèmes agricoles locaux. Ensuite, les difficultés de domestication et l'absence de connaissances sur les modes de régénération de l'espèce seraient une autre contrainte majeure à sa promotion.

Tableau 1

Niveaux de prélèvement de *C. edulis* par les populations locales durant 2 mois d'enquête en 2010.

Localités	Nombre et pourcentage de ménages suivis par village N et %	Biomasse de fruits collectés	Biomasse d'amandes obtenues (kg)	Destination des amandes par ménage		
				Autoconsommation (kg)	Vente (kg)	Vente (kg)
Bambera	32 (54)	1502	214	4,98	1,68	0,03
Lipaka 2	26 (46)	1320	195	5,9	1,5	0,1
Bakoussou	23 (65)	516	84	3,5	0,14	0,01
Mékouka	15 (75)	247	41	2,66	0,07	0
Quantités totales collectées	-	3353	534	2,13 (0,72)	0,42 (0,43)	0,02 (0,02)

En effet, Moupela *et al.* (13) rapportent que les longs délais de germination (3 à 24 mois) combinés à de faibles taux de germination (10 à 20%) seraient l'une des causes de son absence des espaces villageois. Enfin, citons encore le manque d'appui technique et organisationnel, aggravé par le faible soutien des pouvoirs publics aux acteurs susceptibles de se tourner vers l'exploitation commerciale des PFNL. Ces obstacles manifestes font pour l'instant de la cueillette des PFNL et particulièrement celle de *C. edulis* une activité peu porteuse de développement économique en zone rurale au Gabon (18). Il faut cependant distinguer les activités de collecte qui font partie des stratégies de survie des plus pauvres, et celles qui peuvent contribuer à accroître les revenus des ménages opérant dans un contexte économique plus dynamique et dont la filière semble assez bien organisée et intègre même les réseaux internationaux (10, 16, 18). Il apparaît essentiel de mettre au point des techniques de multiplication de l'espèce et d'encourager son introduction dans les systèmes agroforestiers traditionnels (jardins de case, jachères, agroforêts, maintien dans les cultures) pour améliorer la gestion de la ressource (7, 13, 16).

On note cependant que les revenus tirés de la vente des graines de *C. edulis* demeurent faibles pour la grande majorité des exploitants impliqués : il s'agit le plus souvent d'un commerce ponctuel voire anecdotique (Tableau 1). Cela confirme les propos de Lescuyer (9) qui montre que les PFNL constituent avant tout des éléments de subsistance et que les revenus de leur cueillette demeurent très



Photo 1 : Installation des amandes de *C. edulis* sur l'étal aux abords de la route.



Photo 2 : Tri des amandes de *C. edulis* par une « abonnée » au marché urbain de Moanda.

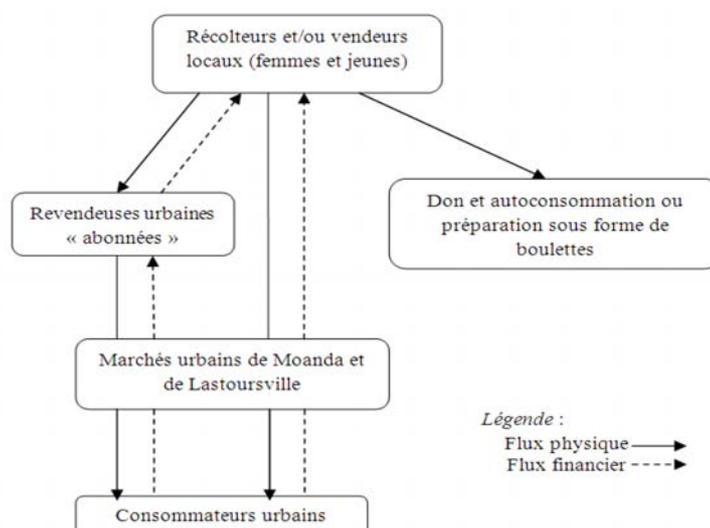


Figure 2: Schéma de la filière au Sud-Est du Gabon.

largement inférieurs par exemple à ceux de l'agriculture ou résultant d'activités salariées. Pour les revendeuses ou « abonnées », la marge bénéficiaire dégagée est estimée à 2.693 F CFA (4,11 €/abonnée (Tableau 3), ce qui est supérieur à celle des exploitants. En outre, on note que toutes les « abonnées » vendent en dehors de *C. edulis*, d'autres PFNL (*Gnetum africanum*, *Aframomum melegueta* Schum., *Aframomum danielli* Schum., *Dacryodes edulis*, *Citrus limon* Burm., *Megaphrynium macrostachyum* Schum., *Landolphia owariensis* Beauv.,...) (Photo 3). Cette stratégie évoquée par plusieurs auteurs (6, 10) leur permet en effet de diversifier et de cumuler leurs sources de revenus. Les marges dégagées en vendant un PFNL particulier peuvent servir à financer d'autres PFNL (achat, stockage, transformation), afin de faire face aux fluctuations saisonnières ou de minimiser le risque de leurs activités.

Les revenus obtenus ne doivent pas occulter certaines contraintes locales liées à l'exploitation et à la commercialisation de la ressource :

a) Le ramassage des noisettes est une activité effectuée essentiellement par les jeunes et les femmes. La période de collecte se situe entre janvier et avril, ce qui coïncide avec la période scolaire. Les jeunes se consacrent à cette activité uniquement les jours fériés. Comme le montre Dupré (5), les femmes, principales actrices de

l'utilisation des PFNL (10, 12, 15), partagent leur temps de travail entre les activités agricoles (sarclage, semis, plantation, récolte, voir tableau 4) et la collecte, ce qui limite les possibilités d'accroître leurs revenus à partir de l'utilisation de Coula. A cela, s'ajoutent les longues heures de marche dues à l'éloignement de la ressource par rapport aux villages.

b) Les volumes des fruits collectés par les ménages ne garantissent pas toujours la possibilité d'obtenir de grandes quantités d'amandes afin d'assurer leur commercialisation. En effet, Moupela *et al.* (14) indiquent que 64% des fruits récoltés présentent



Photo 3 : La commercialisation de plusieurs PFNL, une stratégie de diversification.

Tableau 2
Synthèse des suivis hebdomadaires des marchés locaux et urbains.

Marchés	Unité de mesure	Masse (kg)	Prix moyen unitaire (FCFA)	Prix moyen d'un d'amandes (FCFA)
	locale			
Locaux	Tas	0,15 ⁽¹⁾	100	665 ⁽²⁾
Urbains	Tas	0,15 ⁽¹⁾	200	1.330 ⁽²⁾

⁽¹⁾ En moyenne, une amande pèse 7,4±1,5 g selon Moupela *et al.* (14).

⁽²⁾ Le prix moyen d'un kg d'amandes est obtenu en divisant le prix moyen unitaire des amandes par la masse en kg.

Tableau 3
Evaluation des revenus liés à la vente des noisettes de *C. edulis* durant 2 mois d'enquête.

Localité	Quantité d'amandes vendues (kg)	Acteurs	Revenus (F CFA)	
			Charges	Produits
Bambera	54	Exploitant	Temps (heures) lié à la collecte	Vente sur place
			5 heures	54 * 665 = 35.910
			Frais de transport	Vente aux marchés urbains
			2,5 * 1.000 F/sac de 20 kg = 2.500 F	54 * 1.330 = 71.820
			Marge bénéficiaire/ménage	1.120 F CFA
Revendeuse urbaine ou "abonnée"			Taxes municipales	54 * 1.330 = 71.820
			6 * 4 * 300 F = 7.200 F	-
			Marge bénéficiaire/revendeuse	2.693 F CFA

Tableau 4
Exemple de calendrier des activités agricoles et de collecte des PFNL adapté de Dupré (5).

Mois	Saisons	Saisons en <i>Inzebi</i>	Cultures principales		Collecte des PFNL
			manioc	arachide et maïs	
Janvier	petite saison sèche	Mw anga		sarclage	<i>Coula edulis</i> et autres PFNL
Février					
Mars	saison des pluies	Mvulu	sarclage		
Avril			récolte		
Mai					
Juin	grande saison sèche	Mangela	défrichage	défrichage	
Juillet					
Août					autres PFNL
Septembre					
Octobre	saison des pluies	a mvulu	plantation	semis	
Novembre					
Décembre					

une infertilité séminale et une proportion élevée

d'attaques parasitaires. De plus, le faible nombre de commerçants des PFNL qui se consacrent à la vente de *C. edulis* montre que la ressource reste encore marginale.

c) Les résultats de l'étude mettent en évidence la valeur économique de cette ressource dans le contexte particulier du Gabon connu pour sa faible valorisation des PFNL (15, 18) en comparaison avec certains pays comme le Congo, le Nigeria ou le Cameroun où ils constituent, en plus de la consommation locale, des produits d'exportation (10). En effet, dans ces pays, le sous-emploi et la démission de l'Etat ont fait émerger le secteur informel qui paraît lucratif pour une bonne gamme de PFNL. Par exemple, en 2004 le Cameroun qui est le premier exportateur des PFNL alimentaires sur le marché, aurait exporté 148 tonnes de safou (*Dacryodes edulis*) pour une valeur de 193. 210 \$ US (18). Autre exemple de PFNL qui présente une valeur économique et apporte une contribution essentielle au niveau des moyens de subsistance des exploitants de l'Afrique centrale, le *Gnetum africana* dont la commercialisation aurait rapporté la somme mensuelle de 275 \$ US par ménage en périphérie de Kinshasa en 2006 (2). Les auteurs ajoutent que la contribution de la vente dudit PFNL au budget des ménages peut aller jusqu'à 37% du niveau de revenu mensuel (2).

Au regard de l'intérêt reconnu des plantes sauvages dans l'alimentation des populations (8, 11), de leur apport substantiel dans les revenus des ménages (12, 15, 16, 18) et ainsi que des enjeux de gestion des écosystèmes forestiers (7, 22, 23), il apparaît évident qu'une attention particulière doit

être accordée à la promotion des PFNL par les décideurs gabonais comme c'est le cas dans d'autres pays tropicaux (10, 16). Faciliter le développement commercial des PFNL tout en évitant le piège de l'exploitation prédatrice des ressources requiert aujourd'hui d'intégrer cette activité dans une compréhension plus globale de l'usage des espaces et des ressources à l'échelle locale, reposant notamment sur une analyse fine de leurs contraintes temporelles et sociales ainsi que de leurs arbitrages économiques (9, 23).

Conclusion

L'importance utilitaire que revêt *Coula edulis* pour de nombreuses communautés rurales est bien établie (3, 8, 21). A la fois source de nourriture et de produits médicinaux, l'arbre a des usages diversifiés (13, 19). Une des premières étapes dans la stratégie de promotion de l'espèce est d'analyser les pratiques locales d'exploitation de la ressource et d'explicitier leur poids économique relatif dans les budgets des ménages et, au-delà, dans l'économie rurale. Au travers de cette étude préliminaire, nous avons pu montrer que *C. edulis* est utilisé selon une stratégie de subsistance par les populations, avant tout pour leur autoconsommation et éventuellement pour générer un revenu qui reste marginal. Si l'on désire que la collecte des PFNL d'importance locale comme *C. edulis* soit porteuse d'un réel développement économique en zone rurale, il serait souhaitable d'orienter la gestion de la ressource à la fois dans une stratégie de conservation ex situ, où le PFNL est domestiqué et intègre le cycle agricole et à la fois dans une stratégie de revenus supplémentaires où l'exploitation répond à une demande marchande.

Remerciements

Les auteurs remercient l'Etat gabonais par le biais du PAI-DRH pour son soutien financier aux travaux de doctorat de C. Moupela. Nos remerciements vont également aux structures partenaires (Institut National Supérieur d'Agronomie et de Biotechnologies/Université des Sciences et

Techniques de Masuku, Precious Woods Gabon, Millet, Nature Plus et Gembloux Agro-Bio Tech/Université de Liège) et plus particulièrement à M.C. Decurtins, F. Ober, P. Geffroy, P. Jeanmart, P. Lejeune, M. Federspiel, A.G. Boubady, J.U. Nguema Mba, E.C. Fabre Anguilet, A. Assame, R. Milemba, J.B. Bokomba et J.F. Toka.

Références bibliographiques

- Bahuchet S. & Leclerc C., 2000, *Une aire de conservation : La périphérie de la réserve du Dja pp 43-115*. In: S. Bahuchet & P. de Maret (Eds) *Les peuples des forêts tropicales d'aujourd'hui*. APFT-EU, 3, Bruxelles, 456 p.
- Biloso A. & Lejoly J., 2006, Etude de l'exploitation et du marché des produits forestiers non ligneux à Kinshasa, *Tropicultura*, **24**(3), 183-188.
- Bukola C.A.T. & Kola A., 2008, Antimicrobial activities of *Coula edulis*. *Res. J. Med. Plant*, **2**, 86-91.
- Dieye P.N., Montaigne E., Duteurtre G. & Boutonnet J.P., 2005, *Déterminants des transactions et arrangements contractuels dans les systèmes de collecte du lait local au Sénégal*. SFER, Montpellier, 23 p.
- Dupré G., 1982, *Un ordre et sa destruction*. Orstom, Paris, 423 p.
- Duteurtre G., Koussou M.O. & Leteul H., 2000, *Une méthode d'analyse des filières*. N'djamena, 36 p.
- Fidele G., Urech Z.L., Rehnus M. & Sorg J.P., 2010, Impact of women's harvest practices on *Pandanus guillaumetii* in Madagascar's lowland rainforests. *Econ. Bot.*, **65**, 158-168.
- Johnson E.J. & Johnson T.J., 1976, Economic plants in a rural Nigerian market. *Econ. Bot.*, **30**, 375-381.
- Lescuyer G., 2010, Importance économique des produits forestiers non ligneux dans quelques villages du sud-Cameroun. *Bois Forêts Trop.*, **304**, 15-24.
- Loubelo E., 2012, *Impact des produits forestiers non ligneux (PFNL) sur l'économie des ménages et la sécurité alimentaire: cas de la République du Congo*. Thèse de doctorat, Université de Rennes 2, 260 p.
- Loung J-F., 1996, Les Pygmées camerounais face à l'insuffisance des produits alimentaires végétaux de forêt équatoriale pp 325-336. In: C.M. Hladik, A. Hladik, H. Pagezy, O.F. Linares, G.J.A. Koppert & A. Froment (Eds) *L'alimentation en forêt tropicale: interactions bioculturelles et perspectives de développement*. UNESCO, vol. 1, Paris, 639 p.
- Mbétid-Bessane E., 2005, Commercialisation des chenilles comestibles en République Centrafricaine. *Tropicultura*, **23**, 1, 3-5.
- Moupela C., Vermeulen C., Daïnou K. & Doucet J.-L., 2011, Le noisetier d'Afrique (*Coula edulis* Baill.). Un produit forestier non ligneux méconnu. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, **15**, 451-461.
- Moupela C., Doucet J.-L., Daïnou K., Brostaux Y., Fayolle A. & Vermeulen C., Reproductive ecology of *Coula edulis* Baill.: source of a valuable non-timber forest product. *Trop. Ecol.*, **55**, 327-338.
- Noubissie E., Tieguhong J.C. & Ndoye O., 2008, *Analyse des aspects socio-économiques des produits forestiers non ligneux (PFNL) en Afrique Centrale*. FAO, Rome, 58 p.
- Shackleton S., Shanley P. & Ndoye O., 2007, Invisible but viable: recognising local markets for non-timber forest products. *Int. For. Rev.*, **9**, 697-712.
- Sosef M.S.M., Issembe Y., Bourbou Bourbou H.P. & Koopman W.J.M., 2004, Botanical diversity of the Pleistocene forest refuge Monts Doudou pp 17-92. In: B.L. Fischer (Ed.), *Monts Doudou, Gabon: a floral and faunal inventory with reference to elevational variation*, San Francisco, United States, Memoirs of the California Academy of Sciences, 28.
- Tabouna H., 2007, *Commerce sous régional et international des produits forestiers non ligneux alimentaires et des produits agricoles traditionnels en Afrique Centrale: Etat des lieux et stratégie de développement*. FAO, Rome, 139 p.
- Tamokou J.D.D., J.R. Kuiate, D. Gatsing, A.P. Nkeng Efouet & A.J. Njouendou. 2011, Antidermatophytic and toxicological evaluations of dichloromethane-methanol extract, fractions and compounds isolated from *Coula edulis*. *Iran. J. Med. Sci.*, **36**, 111-121.
- Tchawe Hatcheu E. 2003, *L'approvisionnement et la distribution alimentaire à Douala (Cameroun): logiques sociales et pratiques spatiales des acteurs*. Thèse de doctorat, Université de Paris I, 455 p.
- Tchiegang C., Kapseu C. & Parmentier M., 1998, Chemical composition of oil from *Coula edulis* (Baill.) nuts. *J. Food Lipids*, **5**, 103-111.
- Vantomme P. & Gazza S., 2010, Le défi de la sylviculture en faveur des produits forestiers non ligneux sous les tropiques: de la cueillette à l'agriculture? *Bois Forêts Trop.*, **304**, 5-13.
- Vermeulen C., Dubliez E., Procs P., Diowo Mukumary S., Yamba Yamba T., Mutambwe S., Peltier R., Marien J.-N. & Doucet J.-L., 2011, Enjeux fonciers, exploitation des ressources naturelles et forêts des communautés locales en périphérie de Kinshasa, RDC. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, **15**, 535-544

C. Moupela, Gabonais, PhD, Assistant, Institut National Supérieur d'Agronomie et de Biotechnologies (Université des Sciences et Techniques de Masuku), Gabon.

C. Vermeulen, Belge, PhD, Professeur, Université de Liège, Gembloux Agro-Bio Tech, Unité de Gestion des Ressources Forestières et des Milieux Naturels, Laboratoire de Foresterie des Régions tropicales et subtropicales, Gembloux, Belgique.

J.-L. Doucet, Belge, PhD, Professeur, Université de Liège, Gembloux Agro-Bio Tech, Unité de Gestion des Ressources Forestières et des Milieux Naturels, Laboratoire de Foresterie des Régions tropicales et subtropicales, Gembloux, Belgique.

K. Daïnou, PhD, Béninois, Assistant, Université de Liège, Gembloux Agro-Bio Tech, Unité de Gestion des Ressources Forestières et des Milieux Naturels, Laboratoire de Foresterie des Régions tropicales et subtropicales, Gembloux, Belgique.

P. Lebailly, Belge, PhD, Professeur, Université de Liège, Gembloux Agro-Bio Tech, Unité d'Economie et Développement Rural, Gembloux, Belgique.

Pig Production in Tanzania: a Critical Review

R.T. Wilson^{1*} & E.S. Swai²

Keywords : Smallholder production- Management- Marketing- Genetic resources- Food safety- Tanzania

Summary

Tanzania's 1.58 million pigs represent 3.7 per cent of the national population of quadruped meat-producing animals. Some 99.5 per cent of pigs are kept by small producers in units averaging 3.04 animals (range 2-48). About 18 per cent of households with livestock own pigs, 93.7 per cent of these having a herd of less than 19 and 69.2 per cent own 9 or fewer head. Scavenging is the main feed source. Maize bran is the principle supplement but some owners provide oilseed cakes and minerals. Domestic pigs are not indigenous to Tanzania and derive mainly from late 19th/early 20th century introductions. There have been few imports of breeding stock since 1961. Poor management, in-breeding, inadequate nutrition and rudimentary veterinary attention lead to low output from late ages at first farrowing, long inter-birth intervals, small litters, slow growth and high mortality. Government policy is not applied in practice. Animals are slaughtered in primitive private facilities or household compounds with little concern for welfare or hygiene, often with no official inspection. Pigs can make a greater contribution to society but public and private sectors must provide additional support with particular attention to management, nutrition, health, welfare and food safety to achieve this.

Résumé

La production porcine en Tanzanie: revue critique

Les 1,58 millions de porcs représentent 3,7% de la production de viande totale des quadrupèdes en Tanzanie. Quatre-vingt-dix-neuf pourcent des porcins sont élevés par des petits producteurs qui possèdent en moyenne 3,04 porcs (troupeaux allant de 2 à 48 têtes). Presque 18% des ménages qui élèvent des animaux possèdent des porcs. Quatre-vingt-treize virgule sept pourcent ont un troupeau de moins de 18 têtes et soixante-neuf virgule deux pourcent des fermes n'ont que 9 porcs ou moins. La divagation représente la principale source d'alimentation des animaux. Le son de maïs représente la principale source de complément alimentaire. Cependant, quelques éleveurs utilisent le tourteau d'oléagineux et des minéraux. Les porcs domestiques ne sont pas endémiques de Tanzanie mais descendent essentiellement de porcs introduits à la fin du 19^e, début du 20^e siècle. Il y a eu très peu d'importations de reproducteurs depuis 1961. La mauvaise gestion, la consanguinité, l'alimentation inadéquate et les soins vétérinaires rudimentaires conduisent à la très faible productivité pour un âge avancé à la première mise-bas; à un intervalle entre mises-bas élevé; un faible nombre de porcelets par portée; une vitesse de croissance faible et une forte mortalité. La réglementation nationale n'est pas appliquée dans les faits. Les animaux sont abattus dans des abattoirs particuliers primitifs à l'intérieur de la ferme avec peu de considération pour l'hygiène et le bien-être animal. Le plus souvent, aucune inspection sanitaire officielle n'est pratiquée. Les porcins peuvent contribuer davantage à la société mais pour cela, les secteurs public et privé doivent apporter plus d'attention aux techniques d'élevage, à la nutrition, à la santé, au bien-être animal et à l'hygiène alimentaire.

1 Bartridge Partners, Bartridge House, Umberleigh, Devon EX37 9AS, UK

2 Directorate of Veterinary Services, Epidemiology Unit, Dar es Salaam, Tanzania

* Corresponding author : E-mail: trevorbart@aol.com.

Introduction

Tanzania's animal wealth at the end of 2008 included 21.38 million cattle, 15.1 million goats, 5.7 million sheep, 1.6 million pigs, 0.3 million donkeys and 43.2 million poultry (28) together with very small numbers of domestic buffalo (29) and one-humped camels (30). Almost all animals are kept in low input-low output mixed smallholder, agropastoral or pastoral systems.

Pigs are a minor meat-producing species in Tanzania's array of domestic livestock as they account for about 3.7 per cent of quadruped meat-producing animals. The species is kept by its owners to generate income, provide food for the household including (perhaps unusually) cooking fat, produce manure, as a store of wealth and for intangible functions not associated with economic factors or household food security (21).

Government's policy document of 2006 (27) affords pigs some attention but has had little impact. There is little public sector interest in pigs but limited support is provided by Christian missionary organizations and international Non-Governmental Organizations. In the latter case help is often directed women and particularly women-headed households and those suffering the effects or after-effects of HIV/AIDS.

There is a small but growing body of literature on pigs in Tanzania. This began in the 1970s with work on nutrition, mainly carried out at the Sokoine University of Agriculture, and on the possibilities of replacing feed cereals with cassava (2, 6, 7, 10, 11, 13, 14, 16, 26, 32). Other research has covered the local feed base for pig production (8, 9). There has been limited research on production systems (22, 25) and production (1, 14, 15, 18, 23). Most research, mainly by a small group of dedicated workers, has been on disease problems which is the subject of another review (31).

This paper provides an overview of pig production in Tanzania and its potential role as a contributor to increased rural incomes, to other aspects of social welfare and to improved food security. It is based on a comprehensive survey of the literature, on interviews and meetings with a broad range of stakeholders and on the personal experience and knowledge of the authors.

Populations

Numbers and distribution

National data provide an estimate of 1 581 396 pigs for Tanzania in 2008, this being an increase of more than 300 per cent from the 434 638 pig population in 1995 (28)**. At this stage they were equivalent, in numbers, to 3.62 per cent of the quadruped meat producing species. The national data indicate annual rates of numerical increase of 13.5 per cent in the period 1995-1999, 3.5 per cent in 1999-2003 and 10.2 per cent in 2003-2008; 10.2 per cent to give an annual increase for the whole 14-year period of 10.2 per cent.

More than 60 per cent of national pigs are reared in the Southern Highlands regions of Iringa, Mbeya and Ruvuma. Morogoro, Dodoma and Kilimanjaro Regions also have considerable numbers of pigs. These are followed by Manyara, Rukwa and Kagera Regions. There are relatively fewer to small numbers in the other mainland regions. There are very few pigs on the strongly Muslim offshore region of Zanzibar.

Overall pig densities are low. They are highest in the largely urban region of Dar es Salaam (27/km²) followed by Kilimanjaro Region (9/km²), then Mbeya (6/km²), Iringa (5/km²) and Ruvuma and Dodoma (3/km²). Other regions have densities of 2/km² or less (28).

Production systems and ownership patterns

Commercial pig production is limited to institutions and a very few private farmers. There were only 8316 pigs on large scale farms in 2008 (28), representing 0.53 per cent of all standing stock. The remaining 99.47 per cent of pigs were owned by 18 per cent of households that keep livestock (8, 9) or 11 per cent of all households. Average herds comprise 3.04±5.2 pigs in the range 2 to 48 head. Some 93.7 per cent of owning households have 19 or fewer pigs and 69.2 per cent of pigs are kept in the two groups with the least animals: the percentage of pigs owned rises to 84.4 for households owning 14 pigs or less.

Thus, only 15.6 per cent of pigs in the traditional sector are kept in units of 15 head or greater (Table 1).

**FAO data differ substantially from the national figures: their estimate is 350 000 pigs in 1995 and 485 000 in 2008, having risen from a total of 93 000 at Tanganyika's independence in 1961: it needs to be noted, however, that throughout the 50-year period FAO has used its own estimates and never made use of national data (<http://faostat.fao.org/site/573/DesktopDefault.aspx?PageID=573#ancor>).

Mean herd sizes appear larger than the national average in the Southern Highlands where they are 7.6 ± 4.4 for all ages combined and include 1.9 ± 0.78 (range 1-4) breeding sows (19, 20). Many pigs in urban areas are totally confined in rudimentary housing of local materials and with little consideration for hygiene or welfare (Figure 1) whereas in rural areas most pigs roam free or are tethered during the day and housed at night.

Urban and suburban areas are important areas for keeping livestock including pigs and numbers are increasing rapidly in these systems. In Dar es Salaam, for example, dairy cattle numbers increased by a factor of 4 in the 1980s, pig numbers increased 4.5 times, there was a 15-fold increase in goat numbers and poultry numbers more than tripled. In Morogoro town in 1999 there were more than 5300 improved dairy cattle, almost 2000 goats, some 260 sheep and almost 1000 pigs. At this time in Morogoro 4.7 per cent of all households and 12.3 per cent of households keeping livestock herded pigs either totally confined (required by a municipal by-law) or stalled at night and free roaming during the day; the average number of pigs kept was 10.5. In Mbeya, 17.2 per cent of all households and 22.2 per cent of households owning livestock kept an average of 4.6 pigs (5). As might be expected from the fewer numbers and lower density the number of households owning pigs in Dodoma Region is only 9 per cent (3).

In 300 randomly sampled households in 30 randomly selected villages in Mbulu District in Manyara Region, 49.3 per cent of households managed pigs in semi-confinement (that is, housed

at night and free-roaming during the day), 42.0 per cent in total confinement, 8.7 per cent allowed free roaming and 2.0 per cent herded them (8). Pig houses had raised slatted floors or earth or concrete floors. Pigs are usually free ranging or tethered in Mbeya Region (19, 20).

Men nominally own most pigs but women provide most of the labour associated with production, at least to the market and slaughter stage. Many farmers keep pigs on an opportunistic basis. In Iringa District, for example, 70.7 per cent of households with pigs kept only "growers" whereas 48.8 per cent had "adults" and only 21.9 per cent had piglets (14).

Pigs, except for those that are kept in total confinement, obtain most of their food from scavenging in fields, along roadsides and around the farm. This food comprises tree leaves and fruits, grasses, cereal stubbles and spilt grains as



Figure 1: Pigs in confinement in Ilala municipality, Dar es Salaam Region.

Table 1
Number of households owning and herd sizes of pigs in Tanzania, 2008.

Number of pigs in household	Households rearing pigs		Number of pigs		Mean number of pigs per household
	Number of households	Percentage of all owning households	Number	Percentage of total pig population	
4	437 951	84	771 324	48.8	1.8
4-5	51 708	110	323 173	20.4	6.2
10-14	20 918	4	240 315	15.2	11.5
19-19	7 023	1	111 892	7.1	15.9
20-24	2 115	0	44 821	2.8	21.2
25-29	730	0	19 562	1.2	26.8
30-39	971	0	31 146	2.0	32.1
40	817	0	39 164	2.5	47.9
Total/overall	521 872	100	1 582 396	100	3.0

well as insects and other small creatures. Maize bran is fed at some time by almost all pig keepers, about one third provide oil seed cakes and minorities provide minerals (13.9 per cent), salt (5.6 per cent) or blood meal (2.8 per cent). Other feeds (rice bran, green leaves, vegetables, potatoes, household waste and residues from home brewing) are provided irregularly when available (8, 9).

Population structure

At the national level the pig population comprises 17.6 per cent breeding males, 44.4 per cent breeding females, 8.5 per cent castrated males, 13.4 per cent young males and 16.1 per cent young females (28).

Genetic resources

Tanzania has no truly indigenous domestic pigs. Domestic swine were introduced at the end of the 19th and the beginning of the 20th centuries by Christian missionaries of German or Swiss origin. There has since been a long tradition of pig breeding at, for example, Peramiho mission at Songea in Rukwa Region (180 pigs in 2012) and Ndanda in Mtwara Region. It can be presumed that the early pigs of these missionaries were local to their areas of origin.

Pure bred Large White pigs from England were bred and reared at Kongwa Ranch in Dodoma region in the 1950s and 1960s but these have been allowed to die out (RTW, personal knowledge). Some European settlers in the Southern Highlands and parts of the northern area around Arusha also kept pure bred pigs up to the 1960s.

There has been little renewal of breeding stock in the 50 years since Independence although import "data" for the period in terms of both numbers and value are unreliable and often conflicting. There is anecdotal evidence (Regional Veterinary Officer, Songea, pers. comm.) that Large White, Landrace and Saddleback young boars were imported from Germany and Holland by Benedictine missionaries to Peramiho during the 1960s and 1970s. Records in the Import Section of the Ministry of Livestock show 22 pigs – including Landrace, Large White, Duroc and "Sussex cross" – were imported from Kiambu in Kenya in February 2009 by a private company based in Arusha. A further 54 pigs from Kenya were imported in October 2010 and a Tanzania-Danish private company with a land holding near Dar es Salaam imported five Large White and Duroc boars from Denmark in early 2012 (Figure 2).

The absence of systematic breeding, poor

husbandry practices, genetic drift and possible mutation have resulted in pigs in the smallholder sector of varied genotype and phenotype. In a Southern Highlands study 78 per cent of pigs had lop ears which may be indicative that they are of Landrace type. This type of pigs was significantly heavier and had a longer body than those with erect ears which may be representative of a Large White (Yorkshire) descent. White pigs (28 per cent) were more common than black and white (24 per cent) and solid black ones (20 per cent) with other colours and combinations of colours accounting for the remaining 28 per cent of the population (19, 20).

"Pure bred" animals are kept on some institutional farms, by mission stations (Benedictines at Peramiho and Ndanda and Anglicans in Tanga Diocese) and a very few progressive private companies and entrepreneur farmers. Mission stations continue to maintain high grade animals and try to limit in-breeding by exchanges amongst themselves of young breeding males. Less than 5 per cent of small farmers have access to pure bred or improved boars (20). Thus, in the small scale system there is little control of the reproductive process, females being bred by usually free roaming boars within a village group.

Policies

Tanzania's Livestock Sector Policy document (27) states it promotes pig production order to contribute to food security, improved nutrition and increased incomes while conserving the environment. More precisely Government intends to support and strengthen technical support services and use of appropriate technologies in pig production. It will also promote production of high quality animal feeds and encourage the use of locally available raw materials and feed additives. In the third place it will promote an inventory of pigs and undertake characterisation, evaluation and selection of pig breeds in order to increase productivity. Government will also encourage and promote the establishment of standard slaughtering facilities and marketing infrastructure in major pig production and consuming areas. Finally it will create awareness of and encourage farmers and dealers to group together to form pig producers' and traders' associations.

Production

Pork production increased from just over 2000 tonnes at Independence in 1961 to 9000 tonnes in 2002 and then to more than 12 000 tonnes in 2008 (4).



Figure 2: Duroc boar imported to Tanzania from Denmark by a private entrepreneur.

Physical performance

Small-scale subsistence farmers keep pigs as a backyard activity in mixed farming systems. Performance is generally low as a result of poor husbandry leading to small litter sizes, low birth weights, slow growth rates and heavy mortality (27). In one study in Mbeya Region, age at first farrowing was 13.8 ± 2.5 months, interval between successive farrowings 12.0 ± 2.2 months, total lifetime farrowings 6.4 ± 0.7 and litter size at birth 6.6 ± 1.2 which was reduced by weaning at 3.4 ± 0.4 months to 4.3 ± 0.9 (20). Farmers interviewed by the authors of this review reported intervals between farrowings of 6-10 months and litter sizes of 5 to 13 pigs born but it is likely that the better end of these statements are somewhat optimistic or rare occurrences. Abortions, stillbirths and congenital morphological deformities may be attributed to in-breeding as well as to disease challenge.

In the Southern Highlands average mature body weight for boars was 57 kg and for sows was 54 kg although there was a wide range from 30 kg to 64 kg. Overall mean birth weight was 0.9 kg and weaning weight 10.8 kg (19, 20). In experiments using fresh cassava roots and cassava root meal as the source of energy average growth ranged from 533 to 566 g/day on restricted feed and from 551 to 737 g/day for *ad-lib* fed pigs. There was no difference in daily weight gain and feed conversion efficiency between pigs fed cassava-based diets and commercial pig feed (2, 7, 11).

Marketing

Limited opportunities for marketing have been evoked as a reason for pig numbers to increase further (20). In 1996, for example, the pig population of the five districts of Morogoro Region was estimated at 11 454 but there were 4558



Figure 3: Shop sign for a specialist pork butcher in Morogoro municipality.

recorded sales valued at TSh 290.2 million (US\$ 232 700 at 2006 exchange rates) or an average of TSh 63 254 (US\$ 50.6) per head (24). There are sufficient pigs – and clearly adequate demand – in Morogoro and its surroundings to support a specialist butchery (Figure 3). In the year 2000 in Mbeya and Morogoro, 40.3 per cent of households keeping pigs did so for the sole purpose of sale, 31.3 per cent for sale and home use, 13.4 per cent primarily for sale, 13.4 per cent mostly for own use and only 1.5 per cent solely for home consumption (5).

The large demand for pigs in Dar es Salaam is partially filled by lorry shipments from the Mbeya Region (RTW pers. obs.). The very active urban market is mainly served, however, by individual owners and small dealers trading informally and moving animals to point of sale or slaughter by a variety of means. These include herding on foot and transport in handcarts and on the backs of bicycles. Most transport, which is rarely accompanied by the obligatory movement permit, is far from complying with the requirements of the Animal Welfare Act No 19 of 2008 (Figure 4).

Slaughter

There are no public pig slaughtering facilities in the country. There is some official pork inspection at private slaughter slabs in Dar es Salaam but this is not carried out systematically. None of the slaughterers and butchers of pigs is likely to have undergone the official health checks required by law for such people. No pig is slaughtered in conformity with the Animal Welfare Act which requires stunning before killing (except where for religious reasons they cannot be stunned, which clearly does not apply to pigs).

All of 24 privately owned Dar es Salaam pig



Figure 4: A pig on its way to market in the regional town of Sumbawanga.

slaughter slabs were “substandard, wrongly located, poorly designed and constructed and lacked most basic requirements for a slaughter house” and “because of inadequate slaughtering, disposal and cleaning facilities, the slaughter slabs were under unhygienic condition with questionable safety, soundness and wholesomeness of the pork produced” (21). Slaughter, dressing and meat handling at slabs in Morogoro “are done on the ground under unhygienic conditions and all slabs are dirty and have neither tap water nor drainage systems” (21). Slabs in Dar es Salaam are approved by the municipality and assigned a government employee to oversee operations and perform meat inspection but the efficiency of the inspection was doubtful as there are insufficient inspectors for the number of slabs (E. Mkupasi, pers. comm.). After the first early morning session no inspection is done for later arrivals as the inspectors have already left for other duties (S. Mwidunda, pers. comm.). At six privately owned slabs in Morogoro there was no official meat inspection at all (Silvester Mwidunda, pers.comm.).

A Dar es Salaam city by-law requires pigs to be slaughtered at authorized slabs (and thus, presumably, also inspected). A total of 23 212 pigs was slaughtered and inspected between January 2006 and September 2007 but this figure fails to take account of animals slaughtered at slabs but not inspected and the unknown but undoubtedly vast number slaughtered at home. The situation is similar throughout the country but where officialdom is failing the private sector occasionally shows some concern. Thus in Mbulu District cases of cysticercosis in slaughtered pigs are proportionately

less than in the living population, suggesting that pig traders conduct their own ante-mortem lingual examinations before purchasing in rural communities (21).

Discussion and conclusions

Pigs are a minor component of the livestock sector in Tanzania but there is potential for increasing their contribution to human welfare through increased income and improved availability of high quality protein in the family diet. This potential is underlined via the rapid recent increase in numbers and higher consumption of pig meat, especially in urban areas. Prospects are enhanced by the shorter life cycle, greater number of young produced per year and the possibility of producing high quality animal protein at a lower cost than meat produced by cattle and small ruminants. (Pig meat retailed in the informal market at about TSh 6000/kg (US\$ 3.75) in October 2012 or about the same price as red meat from cattle, goats and sheep at the same time. In the southwest of the UK in mid-October 2012, however, the wholesale price of pork was 152.93 pence/kg (US\$ 2.43) deadweight compared to 367.60 pence/ kg (US\$ 5.85) for new season lamb (thus only 41.6 per cent of the price) and 342.30 pence/kg (US\$ 5.45) for steers (44.6 per cent).)

There has been little structured research related to pigs other than on some aspects of disease. Constraints to increased output identified by farmers include absence of suitable feeds and a range of production diseases that are exacerbated by inadequate or total absence of animal health and general extension services (22). Government policy on swine production is theoretically positive (27) but practically negative as there is virtually no support for research into nutrition and health and none for the improvement of genetic resources. These problems are compounded by lack of marketing and slaughter infrastructure and some cultural and religious taboos restricting consumption of pig meat.

Pigs are afflicted by and suffer from a whole range of trade and production diseases and are a reservoir of several major zoonoses as well as notifiable diseases including swine fever and African swine fever that are of international importance (31). Education programmes on health and management have been shown to have significant financial benefits with Internal Rates of Return as high as 370 per cent (22). There are still, however, high risks to urban populations with increased transport of pigs from rural communities to large urban areas (9, 31).

Overall, improved knowledge coupled to changes in management, better nutrition, improved veterinary services and enforcement of sanitary conditions at slaughter would improve productivity, increase family incomes and safeguard people from the health risks associated with traditional pig production.

Some major conclusions can be drawn from this review. Pig production and especially small scale production could be an important source of increased income and improved food security for

rural households. The main production constraints to increased output are poor husbandry practices, inadequate nutrition and lack of extension services. Opportunities exist for genetic improvement and for some breeders to supply others with replacement stock. Finally, the market provides an opportunity to producers to supply a greater quantity of pork in the short term followed by better quality in the long term.

Literature

1. Atongole J.B.D. & Sadoki S.C., 1989, Effect of age and method of weaning on sow productivity and piglet performance. Proc. 16th Sci. Conf. *Tanzania Soc. Anim. Prod.*, **16**, 156-163.
2. Babygeya W.B.M., 1980, *Cassava root meal as a source of energy for growing and finishing pigs* (unpublished MSc dissertation). Dar es Salaam, University of Dar es Salaam.
3. Carl Bro., 2011, *Resettlement action plan for upgrading of Dodoma Babati road (260 km) to bitumen standard*. Dar es Salaam, (Tanzania National Roads Agency, Ministry of Works.
4. FAO, 2012, *Statistical Yearbook*. Rome, Food and Agriculture Organization.
5. Foeken D., Sofer M. & Mlozi, M., 2004, *Urban agriculture in Tanzania: Issues of sustainability* (Research Report 75/2004). Leiden, The Netherlands, African Studies Centre.
6. Israel S.H., Lekule F.P. & Chamatata B.A., 1992, Cereal substitution by rice polishing, hominy feed and amino acid supplementation of diets for pig. Proc. 19th Sci. Conf. *Tanzania Soc. Anim. Prod.*, **19**, 8-13.
7. Kakala S.N., 1981, *Feed value of cassava tuberous roots and leaves for growing and fattening pigs* (unpublished MSc dissertation). Dar es Salaam, University of Dar es Salaam.
8. Kimbi E.C., Kaijage J.T. & Maiseli N.G., 2003, *Local feed resource base feeding systems and practices for smallholder pig production in the Southern Highlands of Tanzania: A case study of Mbeya region*. Proc. 30th Sci. Conf. *Tanzania Soc. Anim. Prod.*, **30**, 120-137.
9. Kimbi E.C., Maiseli A.G., Kaijage J.T. & Mussei A.N., 2001, *Report on local feed resource base, feeding systems and feeding practices for pig production in Rungwe and Mbozi district*, (Reported to international review programme). Mbeya, Tanzania, Agricultural Research Institute Uyole.
10. Lekule F.P., 1984, *Raising pigs in Tanzania*. Bangalore, India, BCI Publishers.
11. Lekule F.P., 1988, *Investigations on the nutritive value and practical ways of feeding cassava roots to pigs* (unpublished PhD thesis). Morogoro, Tanzania, Sokoine University of Agriculture.
12. Lekule F.P. & Kyvsgaard N.C., 2003, Improving pig husbandry in tropical resource-poor communities and its potential to reduce risk of porcine cysticercosis. *Acta Trop.*, **87**, 111-117.
13. Lekule F.P., Sarwatt S.V. & Kifaro E.J., 1990, *The role, performance and potential of indigenous pigs in developing countries*. Proc. 17th Sci. Conf. *Tanzania Soc. Anim. Prod.*, **17**, 79-85.
14. Lekule F.P., Sarwatt S.V. & Kilongozi N.N.B., 1986, *Limiting factors to pig production in Tanzania: A case study of village level and commercial production in Morogoro*. Proc. 13th Sci. Conf. *Tanzania Soc. Anim. Prod.*, **13**, 241-246.
15. Lekule F.P., Sarwat S.V. & Munisi W.G., 2001, *Effect of supplementation of rice bran on growth performance and carcass quality of growing finishing pigs*. Proc. 28th Sci. Conf. *Tanzania Soc. Anim. Prod.*, **28**, 178-190
16. Lekule F.P., Jorgensen H., Fernandez J. & Just A., 1988, *Nutritive value of some tropical feedstuffs for pigs: I Chemical composition, digestibility and prediction of metabolisable energy content*. Proc. 15th Sci. Conf. *Tanzania Soc. Anim. Prod.*, **15**, 46-56.
17. Lekule F.P., Jorgensen H., Fernandez J.A. & Just A., 1990, *Nutritive value of some tropical feedstuffs for pigs. Chemical composition, digestibility and metabolizable energy content*. *Anim. Feed Sci. Tech.*, **28**, 91-101.
18. Makuaki A.F. & Lekule F.P., 1997, *The effect of the plane of nutrition on the performance of pigs slaughtered at different weights*. Proc. 24th Sci. Conf. *Tanzania Soc. Anim. Prod.*, **24**, 77-89.
19. Mbaga S.H., Lyimo C.M., Kifaro G.C. & Kimbi E.C., 2003, *Indigenous pigs of the southern highlands of Tanzania*. Proc. 30th Sci. Conf. *Tanzania Soc. Anim. Prod.*, **30**, 71-78.
20. Mbaga S.H., Lyimo C.M., Kifaro G.C. & Lekule F.P., 2005, Phenotypic characterization and production performance of local pigs under village settings in the Southern Highland zone, Tanzania. *Anim. Genet. Res. Info.*, **37**, 83-90. doi: <http://dx.doi.org/10.1017/S101423390001991>.
21. Mkupasi E.M., Ngowi H.A. & Nonga H.E., 2011, Prevalence of extra-intestinal porcine helminth infections and assessment of sanitary conditions of pig slaughter slabs in Dar es Salaam city, Tanzania. *Trop. Anim. Hlth Prod.*, **43**, 417-423. doi 10.1007/s11250-010-9708-x.
22. Munisi W., Sambuta A., Bwire J. & Meho A., 2006, *Pig production in peri-urban areas of Mpwapa district, Tanzania: Current situation, constraints and improvement options*. Proc. 32nd Sci. Conf. *Tanzania Soc. Anim. Prod.*, **32**, 125-128.
23. Mwakilembe P.A.A., Madata G.S., Mbwile R.P. & Lekule F.P., 1991, *Effect of substituting maize meal with Triticale on growth performance of pigs*. Proc. 16th Sci. Conf. *Tanzania Soc. Anim. Prod.*, **18**, 94-104.
24. PC/DES-RCO/M., 1997, *Morogoro Region Socio-Economic Profile*. Dar es Salaam, The Planning Commission and Morogoro, Regional Commissioner's Office.
25. Sarwatt S.V. & Lekule F.P., 1987, *Traditional pig production in some villages in Morogoro district*. Proc. 14th Sci. Conf. *Tanzania Soc. Anim. Prod.*, **14**, 162-172.

-
- Performance of growing finishing pigs when fed diets containing fresh cassava leaves and roots. *E. Afr. Agric. For. J.*, **53**, 101-105.
27. URT., 2006, National Livestock Policy. Dar es Salaam, Government Printer.
28. URT., 2012, *National Sample Census of Agriculture 2007/2008 Small Holder Agriculture Volume III: Livestock Sector* - National Report. Dar es Salaam, Prime Minister's Office.
29. Wilson R.T., 2008, The domestic (water) buffalo in Tanzania.
30. Wilson R.T., 2011, The one-humped camel and the environment in northern Tanzania. *J. Camel Pract. Res.*, **18**, 25-29.
31. Wilson R.T. & Swai E.S., 2013, A review of pig pathology in Tanzania. *Trop. Anim. Health Prod.*, **45**, 1269-1275.
32. Wyllie D. & Lekule F.P., 1980. Cassava and molasses for fattening pigs under village conditions in Tanzania. *Trop. Agric.*, **57**, 267-276.
-

R.T. Wilson, British, PhD, Independent Consultant in Agriculture and the Environment, Bartridge Partners, UK.

E.S. Swai, Tanzanian, PhD, Veterinary Officer, Ministry of Livestock and Fisheries Development, Department of Veterinary Services, Epidemiology Unit, Tanzania.

Induction d'oestrus et insemination artificielle chez les zebus Azawak et zebus Goudali au Burkina Faso

M. Zongo^{1*}, B. Bayala¹, W. Pitala², C. Meyer³, H. Boly¹ & L. Sawadogo¹

Keywords: Zebu- Estrous induction- Gestation- Burkina Faso

Résumé

L'efficacité des traitements inducteurs d'oestrus et la fertilité après insémination artificielle ont été appréciées sur 88 zébus Azawak et 82 zébus Goudali traités aux implants crestar® pour une durée de 10 jours. Les essais ont été réalisés en saison sèche ($n_{az}=42$, $n_{goud}=40$) et en saison des pluies ($n_{az}=46$, $n_{goud}=42$) dans des élevages sémi-intensifs autour de Ouagadougou (Burkina Faso). Le traitement a été complété par deux injections de prostaglandine F2 α (500 μ g) et de PMSG (400 IU), respectivement au 8^{ème} et au 10^{ème} jours de la pose de l'implant. Deux inséminations artificielles ont été pratiquées à 48 heures et à 72 heures après l'arrêt du traitement. Les taux moyens d'induction d'oestrus chez zébu Azawak et zébu Goudali ont été respectivement de 90,9% et 95,1%. Les délais moyens d'apparition de l'oestrus ont été de 35,9 \pm 3,9 et 30,4 \pm 4,8 heures respectivement chez zébus Azawak et zébus Goudali. Les durées moyennes de l'oestrus ont été de 11,3 \pm 1,4 heures chez les Azawak et de 12,1 \pm 2,4 heures chez les Goudali. Les taux moyens de gestation ont été de 21,6% chez zébus Azawak contre 42,7% chez zébus Goudali. Le moment des inséminations mérite d'être revu surtout chez les zébus Azawak.

Summary

Estrus Induction and Artificial Insemination of Zebu Azawak and Zebu Goudali Cattle in Burkina Faso

The efficiency of estrus induction treatment and fertility after artificial insemination were monitored with 88 zebu Azawak and 82 zebu Goudali treated with crestar® implant for a period of 10 days. The tests were carried out in the dry season ($n_{az}=42$, $n_{goud}=40$) and in the rainy season ($n_{az}=46$, $n_{goud}=42$) in semi-intensive farms around Ouagadougou (Burkina Faso). Treatment was completed by two injections of prostaglandin F2 α (500 micrograms) and PMSG (400 IU), respectively 8th and 10th days of implant installation. Two artificial inseminations were performed at 48 hours and 72 hours after stopping treatment. The average rate of estrus induction in zebu Azawak and zebu Goudali were respectively 90.9% and 95.1%. The means time from onset of oestrus was 35.9 \pm 3.9 and 30.4 \pm 4.8 hours respectively for zebu Azawak and zebu Goudali. The average durations of oestrus were 11.3 \pm 1.4 hours in the Azawak and 12.1 \pm 2.4 hours in Goudali. The average gestation was 21.6% in zebu Azawak against 42.7% in zebu Goudali. The timing of inseminations should be reviewed especially in zebu Azawak.

Introduction

En zone soudano-sahélienne, l'élevage constitue une activité importante de production des populations auprès desquelles, il joue un rôle socioculturel, nutritionnel et économique dans plus de 80% des ménages (25, 26). En milieu rural du Burkina Faso, les élevages bovins constitués essentiellement de zébus représentent une des principales sources de protéines animales et de revenu pour les populations locales (14, 18). Outre sa contribution réelle à la traction animale, au

transport et à l'apport de fumure organique, l'élevage procure annuellement plus de 30 milliards de francs CFA à l'économie nationale (40). On comprend donc les efforts consentis pour l'amélioration des performances de production et de reproduction des races locales.

Cependant, le transfert de certaines technologies en milieu réel, notamment l'insémination artificielle se heurte à de nombreuses difficultés liées à la conduite des troupeaux (alimentation, santé, habitat). En effet, les schémas classiques

1 Université de Ouagadougou, UFR/SVT, Département de Physiologie Animale, Ouagadougou, Burkina Faso.

2 Université de Lomé, Ecole Supérieure d'Agronomie, Département de Productions Animales, Lomé, Togo

3 CIRAD, Département ES, Unité de Recherche 18, Systèmes d'élevage et produits animaux, Montpellier, France

* Auteur correspondant : E-mail : moussa_zongo59@yahoo.fr

d'induction d'œstrus développés à partir des races taurines européennes et américaines semblent peu adaptés tels quels à la physiologie de la reproduction des zébus vivant sous les tropiques (9, 14, 36). Une adaptation de ces techniques est nécessaire pour chaque type d'élevage et chaque race. Les traitements aux éponges de progestérone naturelle tels que les spirales vaginales, PRID (Progesterone Releasing Intravaginal Device) contenant 1,55 g de progestérone ou les corps de silicone, CIDR (Control Internal Drug Release Dispenser) contenant 1,38 g de progestérone, pour des durées de 7 à 14 jours, induisent des taux élevés d'œstrus comparativement aux traitements de la prostaglandine F_{2α} (8, 30, 31), surtout quand le taux de femelles cyclées avant traitement est bas. L'action lutéolytique de la PGF_{2α} étant efficace à partir du 5^e jour du cycle. Les implants de progestagènes sont également associés à de fortes proportions d'œstrus induits et permettent de remédier aux nombreux cas de subœstrus ou d'anoœstrus des zébus vivant sous les tropiques (16, 29, 45). En effet, l'imprégnation progestéronique procède du contrôle de la croissance folliculaire et semble adaptée aux femelles en anoœstrus des tropiques (16, 45). Cependant, les résultats des nombreux travaux réalisés en Afrique et en Inde sur des zébus, ou en Europe sur les taurins, rapportent des taux de fertilité faibles en insémination artificielle, souvent même en saillie naturelle (7, 17, 37, 42, 43, 45). L'alimentation et le parasitisme sont les facteurs majeurs qui déterminent la baisse des performances de reproduction et de productions animales sous les tropiques (1, 21, 38). Dans les élevages semi-intensifs zébu autour de la ville de Ouagadougou où les facteurs alimentaires et sanitaires sont maîtrisés (45), l'évaluation de l'efficacité des traitements inducteurs d'œstrus pourrait contribuer à l'optimisation des productions animales.

Cette étude vise à apprécier l'efficacité des traitements à base de progestagène tels que les implants crestar® (Intervet, 3 mg de norgestomet) pour l'induction d'œstrus et la fertilité en insémination artificielle chez les zébus Azawak et zébus Goudali au Burkina Faso. Elle apprécie en outre l'effet de l'état corporel, de la cyclicité, et de la saison sur l'efficacité de la fonction de reproduction.

Matériel et méthodes

Cadre expérimental

La présente étude a été réalisée de Octobre 2007 à décembre 2008 dans des élevages semi-intensifs installés autour de la ville de Ouagadougou, dans la

zone soudano-sahélienne du Burkina Faso (12°22' latitude Nord et 1°31' longitude Ouest). Le climat est du type nord soudanien, caractérisé par une saison sèche de novembre à mai et une saison des pluies de juin à octobre (600 à 800 mm/an). Les températures minimales enregistrées de décembre à janvier sont en moyenne de 14±5 °C et les maximales survenues de mars à avril ont été en moyenne de 37±3 °C.

L'élevage des bovins dans cette zone est de type semi-intensif avec une moyenne quotidienne de 5 heures de parcours sur le pâturage naturel en saison humide. Au cours de cette saison l'alimentation est principalement constituée de pâturage vert avec 2 kg de complément de concentré alimentaire (tourteau de coton, son cubé) au retour du pâturage. En saison sèche, les animaux sont gardés en stabulation libre et nourris avec du fourrage séché. La ration alimentaire est composée essentiellement de graminées, de tiges de céréales, de fane d'arachide et de niébé à raison d'une botte de 10 kg/animal/jour. Cette ration est complétée par 2 kg par vache de graines de coton (1,91 UF et 241,04 MAD) ou de son de cubé (1,44 UF et 212,4 MAD) ou encore de la drêche de brasserie (0,32 UF et 71,6 MAD). L'eau et la pierre à lécher sont disponibles à volonté. Les animaux subissent annuellement les contrôles sanitaires contre les maladies réputées légalement contagieuses au Burkina Faso, notamment la tuberculose, la brucellose et le charbon bactérien. Le programme national de prophylaxie contre les grandes épizooties virales ou micro-organiques (peste bovine, fièvre aphteuse, péripneumonie contagieuse) consiste en l'équipement et au fonctionnement effectif des services vétérinaires et des réseaux d'épidémiologie, au respect de règles des transferts d'animaux ou de produits animaux, en la destruction des animaux infectés et des animaux ayant été au contact de ceux-ci, en l'élimination des carcasses et du matériel infectieux et aux mesures d'hygiène et désinfection.

Le déparasitage contre les helminthes, avec du mébendazole à 10 mg/kg est réalisé en début et fin de saison des pluies. La lutte contre les tiques et autres arthropodes est de 2 pulvérisation par mois, avec du Deltaméthrine à 0,05 p. 1000.

Animaux et traitements hormonaux

Cent soixante-dix femelles zébu composées de 88 zébus Azawak et 82 zébus Goudali. Originaires respectivement de la vallée de l'Azawak, au nord Niger et de la zone tropical semi aride entre le Ghana et la Centrafrique avec de bonnes capacités d'adaptation au climat sahéliennes et de bonne

performances laitières et bouchères (27) ont été diagnostiquées non gestantes et sélectionnées dans des fermes semi-intensives autour de la ville de Ouagadougou.

Les animaux de cette étude ont eu un âge moyen de $4,72 \pm 1,31$ années, avec des intervalles variant entre 2 et 6 années et une parité comprise entre 1 et 3 vêlages. Elles ont eu des gestations normales et des vêlages normaux. Le poids vif corporel moyen des animaux a été de $299,1 \pm 50$ kg et la note d'état corporel moyenne de 3,5 (10, 24). Deux essais ont été réalisés en saison sèche et en

saison humide, respectivement avec 82 femelles ($n_{az}=42$, $n_{Goud}=40$,) et 88 femelles ($n_{az}=46$, $n_{Goud}=42$, zébu Goudali) (Tableau 1). Les données concernant l'état corporel (10), la cyclicité des femelles avant traitement et la saison de traitement ont été enregistrées.

Le protocole consiste en la pose d'un implant crestar® (3 mg de Norgestomet, Intervet International B.V NL, 1994: Boxmeer, Nederland) sur la face externe d'une oreille d'une femelle accompagnée d'une injection en intramusculaire sur la fesse de 2 ml (3,8 mg, Intervet) de valérate

Tableau 1
Oestrus et fécondité de femelles zébus traitées aux implants crestar®.

	Zébu Azaw ak	Zébu Goudali	Tous
<u>Effectif (n)</u>			
Saison sèche	42	40	82
Saison des pluies	46	42	88
Tous	88	82	170
<u>Poids moyen</u>			
Saison sèche	249 ± 33,5	320,2 ± 22,7	284,6 ± 28,1c
Saison des pluies	293,7 ± 16,1	333,4 ± 27,7	313,6 ± 21,9d
Tous	271,4 ± 24,8a	326,8 ± 25,2b	299,1 ± 50
<u>Notes d'état corporel moyenne</u>			
Saison sèche	3	3,5	3,5
Saison des pluies	3,5	4	4
Tous	3,5	4	3,5
<u>Cyclées avant traitement (%)</u>			
Saison sèche	95,2a	100a	97,6a
Saison des pluies	76,1b	95,2a	85,2a
Tous	85,2a	97,6a	91,2
<u>Oestrus induit (%)</u>			
Saison sèche	92,9	92,5	92,7a
Saison des pluies	89,1	97,6	93,1a
Tous	90,9a	95,1a	92,9
Apparition de l'oestrus (h)	35,9 ± 3,9a	30,4 ± 4,8b	33,15 ± 4,35
Durée de l'oestrus (h)	11,3 ± 1,4a	12,1 ± 2,4a	11,7 ± 1,9
<u>Gestation à 3 mois et mises bas (%)</u>			
Saison sèche	23,8a	45,0b	34,1c
Saison des pluies	19,6a	40,5b	27,9c
Tous	21,6a	42,7b	31,8
<u>Veaux nés (%)</u>			
Tous	22,7a	47,5b	34,7 (59/170)
<u>Prolificté (%)</u>			
Saison sèche	100	116,7	110,7a
Saison des pluies	111,1	105,9	107,7a
Tous	105,2a	111,4a	109,3

d'oestradiol (J0). L'implant est laissé en place dans l'oreille pendant 10 jours. Au jour 8 de la pose, chaque animal a reçu 2 ml (500 µg/ml de PGF2α, cloprostenol, Intervet International B.V NL, 1994: Boxmeer, Nederland) de prostaglandine F2α (Eustrumate™) en intramusculaire. Le retrait de l'implant au jour 10 se fait par une incision d'environ 3 mm du derme de l'oreille, au dessus de l'emplacement de l'implant suivi de l'administration de 400 UI de PMSG oueCG (Folligon®Intervet International B.V NL, 1994: Boxmeer, Nederland). Deux inséminations artificielles ont été pratiquées par le même opérateur à des heures prédéterminées à 48 heures et à 72 heures après le retrait de l'implant.

Toutes les inséminations artificielles ont été réalisées avec de la semence congelée de taureaux « Holstein » (Linalux, Ciney, Belgique). La semence a été conditionnée dans des paillettes plastiques de 0,25 ml contenant chacune 22 millions de spermatozoïdes. Chaque dose correspond à 17 500 000 de spermatozoïdes progressifs après décongélation. Les paillettes importées sont stockées en immersion totale dans de l'azote liquide contenu dans des tanks sécurisés. Le niveau d'azote liquide est régulièrement contrôlé un fois par semaine et complété au besoin.

Détection d'œstrus et évaluation de la fertilité

Douze semaines avant l'application du traitement, des contrôles et des palpations transrectales ont été pratiquées pour suivre l'état de cyclicité de chaque femelle.

A l'application du traitement, la détection de l'œstrus a été réalisée afin d'apprécier l'efficacité des traitements et d'apprécier les dates des inséminations artificielles. Elle a été conduite par observation visuelle des femelles, trois fois par jour à partir de la fin du traitement. L'acceptation de la monte, l'œdème de la vulve et les écoulements de glaire ont été retenus comme signes caractéristiques de l'œstrus (15).

La fertilité représente les gestations diagnostiquées après insémination artificielle. Le contrôle de la fertilité a été effectué au moyen de deux méthodes:

- Observation de non retour en chaleur à J20 à J24 post IA
- Palpation transrectale 90 jours après les inséminations artificielles

Les résultats sont exprimés en pourcentage de gestations diagnostiquées.

Analyse statistique

Les résultats ont été exprimés en moyenne ± écart type et les différences considérées significatives au seuil de probabilité de $P \leq 0,05$. Les délais d'apparition de l'œstrus ont été considérés comme l'écart de temps entre l'arrêt du traitement et l'apparition de premiers signes de l'œstrus (écoulement vulvaire de glaire, agitation, recherche de congénères, et acceptation de chevauchements). L'effet du type de zébu (zébu Azawak versus zébu Goudali) sur la réponse œstrale au traitement, la durée de l'œstrus et la fertilité après insémination artificielle a été apprécié avec l'analyse de variance du programme Statistica 6.0 (StatSoft, Tulsa, OK, USA) et le test du Khi deux. Les effets de la saison et de la cyclicité avant traitement sur les taux de fertilité ont été appréciés avec l'analyse de variance non orthogonale à effet fixe de Friedman.

Résultats

Induction d'œstrus

La proportion de femelles cyclées avant l'application du traitement a été de 91,2%. Cette proportion a été plus élevée chez zébu Goudali que chez zébu Azawak (97,6% vs 85,2%) (Tableau 1). La différence de variation n'est cependant pas significative. En outre, les animaux ont été plus cyclés avant traitement en saison sèche qu'en saison des pluies (97,6% vs 85,2%). En saison sèche, 100% des femelles zébu Goudali ont été cyclés avant traitement contre 95,2% en saison des pluies. Ces proportions ont été respectivement de 95,2% et de 76,1%, en saison sèche et en saison des pluies chez zébu Azawak. Au cours de la saison sèche, la proportion de zébu Goudali cyclé avant traitement a été plus élevée qu'au cours de la saison des pluies (100% vs 95,2%). De même, zébu Goudali a été plus cyclé en saison des pluies (95,2%) que zébu Azawak (85,2%) (Tableau 1).

A la fin du traitement, 158/170 ; soit 92,9% des zébus ont manifesté des œstrus induits au cours des deux saisons cumulées. Les zébus Goudali ont manifesté plus d'œstrus induits que les zébus Azawak (95,1% vs 90,9%). Des observations similaires ont été réalisées en saison des pluies (97,6% vs 89,1%) respectivement entre zébus Azawak et zébus Goudali (Tableau 1). Les différences de variation n'ont cependant pas été significatives. Par ailleurs, les proportions d'œstrus induits ont été plus élevées en saison des pluies qu'en saison sèche (93,1% vs 92,7%). Des observations similaires ont été notées chez les zébus Goudali (97,6% vs 92,5%) respectivement

en saison des pluies et saison sèche. Chez les zébus Azawak, par contre, la saison sèche a été compatible avec une meilleure induction d'oestrus (92,9%) comparativement à la saison des pluies (89,1%) (Tableau 1). Les différences de variation des taux d'oestrus induit selon les groupes de zébu et les saisons n'ont pas été significatives. Toutes les manifestations d'oestrus ont été observées dans la limite des délais de 72 heures suivant la fin du traitement avec 75% (119/158) des observations réalisées entre 36 heures et 48 heures après la fin des traitements.

Le délai moyen global d'apparition de l'oestrus après l'arrêt du traitement a été de $33,15 \pm 4,35$ heures avec des variations significatives entre groupes de zébus ($p=0,03$). Les zébus Azawak ont manifesté des oestrus plus tardifs par rapport aux zébus Goudali ($35,9 \pm 3,9$ vs $30,4 \pm 4,8$ heures).

La durée moyenne de l'oestrus chez les zébus a été de $11,7 \pm 1,9$ heures avec des variations entre groupes de zébu (Tableau 1). L'oestrus a été plus longu chez zébu Goudali comparativement à zébu Azawak ($12,1 \pm 2,4$ vs $11,3 \pm 1,4$ heures).

Fertilité ou gestation après insémination artificielle

Le taux moyen global de fertilité enregistré après diagnostic de gestation par palpation transrectale à trois mois post insémination artificielle est de 31,8% (54/170) avec des variations significatives entre les deux groupes de zébus ($P=0,005$). Chez les zébus Azawak, le taux de fertilité a été de 21,6% contre 42,7 % chez les zébus Goudali. Au cours de la saison sèche, les zébus Goudali ont été plus fertiles que les zébus Azawak (45,0 vs 23,8) ($P \leq 0,05$). Des résultats similaires ont été rapportés en saison des pluies (42,5 vs 19,6) ($P \leq 0,05$) entre zébus Goudali et zébus Azawak. Par ailleurs, zébu Goudali a eu un taux de fertilité plus élevés en saison sèche comparativement à la saison humide (Tableau 1). De même, chez zébus Azawak, la saison sèche est compatible avec une meilleure fertilité que la saison humide. Dans les deux groupes de zébu, la fertilité a été meilleure en saison sèche comparativement à la saison des pluies (34,1 vs 27,9) ($P \geq 0,05$). Les doubles inséminations artificielles réalisées à 48 heures et à 72 heures après la fin du traitement semblent compatibles avec une meilleure fertilité chez les zébus Goudali. Toutes les gestations diagnostiquées ont évolué à terme. A la parturition, 59 naissances (34,7 %) ont été enregistrées. Les taux de naissance ont été de 47,5% et 22,7%, respectivement chez zébu Goudali et chez zébu

Azawak. Une naissance jumellaire est arrivée chez les zébus Azawak contre 4 chez les zébus Goudali. Les veaux nés jumeaux ont été de même sexe dans chaque cas. La prolificité a été relativement plus élevée chez les zébus Goudali (111,4%) que chez les zébus Azawak (105,2%) mais la différence n'est pas significative (Tableau 1). La prolificité pour les femelles inséminées en saison sèche a été de 110,7% contre 107,7% en saison des pluies. La différence de variation de la fertilité et de la prolificité des deux groupes de zébu entre les deux saisons n'est pas significative ($p=0,1$).

Discussion

Une proportion de 91,2% des femelles zébu de cette expérience a été cyclée avant l'application du traitement inducteur d'oestrus, traduisant ainsi une bonne adaptation du zébu au milieu soudano-sahélienne, dont il valorise les maigres ressources (1). Le zébu Goudali semble plus adapté aux milieux rude et défavorable des tropiques que le zébu Azawak.

Par ailleurs, la saison sèche en milieu sahélien a été plus compatible avec une bonne cyclicité par rapport à la saison des pluies. Cependant, à l'induction d'oestrus, la saison des pluies a été plus propice pour une meilleure induction d'oestrus par rapport à la saison sèche (93,1% vs 92,7%).

Par ailleurs, les zébus Goudali ont répondu mieux aux traitements à base d'implants crestar® que les zébus Azawak (95,1% vs 90,9%). Ceci traduit l'efficacité des traitements à base de norgestomet pour la synchronisation et l'induction de l'oestrus sur les femelles zébus. Chez les femelles de race taurin d'Europe ou taurin Baoulé en anoestrus, des résultats similaires ont été rapporté par d'autres auteurs, (3, 5, 6, 20, 29, 39, 41). Soixante-quinze pourcent des manifestations d'oestrus induits sont regroupées entre 36 heures et 48 heures après le retrait de l'implant. Ce pic de synchronisation s'inscrit dans la limite des proportions et des délais rapportées chez *Bos taurus* et *Bos indicus* respectivement en Europe et en Inde (4, 23, 28, 39, 41). Grimard *et al.* (16) et Diskin *et al.* (11), ont rapporté que 85% des vaches de races taurines expriment les chaleurs entre 36 et 60 heures après un traitement de synchronisation. Dans la présente étude, 25 % des oestrus induits ont été observés au delà de 48 heures après le retrait des implants. Des observations similaires ont été rapportées par d'autres travaux (5, 6, 20, 42) en Afrique, en Europe et en Asie. Chez le zébu Sahiwal en Inde, l'allongement du délai d'apparition de l'oestrus induit peut souvent atteindre 9 à 14 jours après le retrait de l'implant (12). Les raisons de cette

manifestation tardive de l'œstrus induit sont mal connues. Mais, dans ce cas, elles pourraient s'expliquer en partie, par l'utilisation répétée des produits de synchronisation qui génèrent des anticorps qui influencent significativement le moment de venue en chaleur et même l'apparition du pic de LH (32).

Le délai moyen d'apparition de l'œstrus indiqué par le fabricant (Intervet International B.V NL) (19) est de 44 ± 12 heures après l'arrêt du traitement Crestar®. Dans notre étude, le délai moyen d'apparition de l'œstrus est plus court et varie significativement selon les groupes de zébus. Par contre, la durée de l'œstrus ne diffère pas significativement selon les races. La variation du délai moyen d'apparition de l'œstrus pourrait avoir une signification physiologique importante dans les protocoles où plusieurs races sont inséminées à des moments préalablement fixés. Dans cette étude, les zébus Azawak devraient être inséminés plus tard par rapport au zébu Goudali.

Le taux moyen de fertilité ou de gestation enregistré dans notre étude est nettement inférieur aux valeurs rapportées par Odde (32), Umed Singh *et al.* (42) ou Ouédraogo *et al.* (33) sur les femelles zébus et taurins saillies sur chaleurs observées en Inde et au Burkina Faso. Les taux de fertilité chez les zébus Goudali sont significativement plus élevés que chez les zébus Azawak. Les moments préfixés de 48 heures et 72 heures semblent compatibles avec une meilleure fertilité chez le zébu Goudali. Chez les zébus Azawak par contre, les inséminations à ces moments préfixés ne semblent pas convenir avec une bonne fertilité. En outre, pour des zébus Brahman et des bovins croisés avec la race Brahman, des inséminations artificielles 48 h et 52 h et 48 à 54 h après le retrait de l'implant ont donné une fertilité de 55,7 % et de 54,7 % en Amérique (2, 5). Des inséminations artificielles réalisées sur 66 zébus Azawak 24 à 36 heures après le retrait des implants avaient donné un taux de fertilité de 50,0% en station au Burkina Faso (45).

Dans cette étude, les taux de gestation sont meilleurs en saison sèche comparativement à la saison des pluies. Ainsi, en conditions d'élevage maîtrisées (alimentation, santé, habitat) la saison sèche semble plus compatible pour une bonne induction d'œstrus, des fécondations et des gestations après insémination artificielle. En effet, sous les tropiques, en saison sèche les habitats sont moins humides et les animaux se déplacent peu car leur alimentation leur est servie à l'étable. Par ailleurs, les animaux supportent l'environnement

chaud et sec qui caractérise cette saison. En saison des pluies par contre, l'humidité relative dans les habitats est élevée, certaines maladies apparaissent (difficultés respiratoire, maladie des sabots) la pression parasitaire (arthropodes, insectes piqueurs) augmente et des facteurs de stress apparaissent liés à la détérioration de l'environnement physique des animaux pouvant entraîner un dysfonctionnement génital et affecter la fertilité (46). Les animaux se déplacent sur de longue distance pour pâture de l'herbe verte, entraînant une perte énorme d'énergie.

De cette étude, il ressort que le nombre d'œstrus induits est environ trois fois plus élevé que le nombre de gestations enregistrées. Ceci laisse croire qu'une grande proportion d'œstrus induits n'est soit pas ovulatoire, soit les ovulations survenues sont de moindre qualité, soit les dates des inséminations artificielles ne conviennent pas bien pour les deux groupes de zébu, soit que la qualité de la semence à la fin du processus de décongélation et de dépose dans l'utérus est détériorée.

Les travaux de Kinder *et al.* (22) et Ramirez-Godinez *et al.* (35) ont montré que le développement de certains follicules induits pourraient dépasser la taille normale et qu'ils peuvent devenir persistants ou kystiques et très peu fertiles.

Conclusion et recommandations

Les traitements synchronisateurs et inducteurs d'œstrus à base d'implants Crestar® combinés à la prostaglandine et à la PMSG sont efficaces pour l'induction d'œstrus des femelles zébus Azawak et de zébus Goudali. Les inséminations à 48 heures et à 72 heures après l'arrêt du traitement, bien que compatibles avec une fertilité relative chez le zébu Goudali, méritent d'être mieux adaptées surtout chez le zébu Azawak. Des travaux sur le moment de l'insémination artificielle (Il serait donc souhaitable que les inséminations soient réalisées en fonction du moment où les chaleurs sont détectées dans chaque groupe de zébu) et sur la dynamique folliculaire sont souhaitables aussi pour juger de la qualité des follicules en maturation au cours des traitements d'induction d'œstrus. Enfin, pour une application efficace de l'insémination artificielle sur les races de zébus vivant sous les tropiques, il est nécessaire que la conduite des élevages (alimentation – santé – habitat) soit bien maîtrisée.

Références bibliographiques

1. Abeygunawardena H. & Dematawewa C.M.B., 2004, Prepubertal and postpartum anestrus in tropical Zebu cattle. *Anim. Reprod. Sci.*, **82-83**, 273-287.
2. Alonso Villa N., Morales C., Granada J., Mesa H., Gomez G. & Molina J., 2007, *Evaluation of four synchronization protocols for fixed-time artificial insemination in Bos indicus lactating cows*. Revista Científica, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad del Zulia, 17, 501-507.
3. Beal W.E., Good A., Peterson L.A., 1984, Estrus synchronization and pregnancy rate in cyclic and noncyclic beef cows and heifers treated with synchromate B or norgestomet and alfaprostol. *Theriogenology*, **22**, 59-66.
4. Brown L.N., Odde K.G., King M.E., Lefever D.G. & Neubauer C.J., 1988, Comparison of MGA-PGF2 α to synchro-Mate B for estrus synchronization in beef heifers. *Theriogenology*, **30**, 1-12.
5. Chemineau P., Cognié Y. & Heyman Y., 1996, Maîtrise de la reproduction des mammifères d'élevage. *Productions Animales*, INRA, (hors série), 5-15.
6. Chicoteau P., Cloe L. & Bassinga A., 1986, Essais préliminaires de synchronisation des chaleurs chez la femelle Baoulé. *Rev. Elev. Méd. vét. Pays Trop.*, **39**(1), 161-163.
7. Chupin D., Pelot J. & Petit M., 1977b, *Induction et synchronisation de l'ovulation chez les femelles de race à viande*. In: Physiologie et pathologie de la reproduction, Journées ITEB-UNCEIA, 45-49. ITEB, Paris.
8. Corbet N.J., Miller R.G., Bindon B.M., Burrow H.M., D'occhio M.J., Entwistle K.W., Fitzpatrick L.A., Wilkins J.F. & Kinder J.E., 1998, Synchronisation of estrus and fertility in zebu beef heifers treated with three estrus synchronisation protocol. *Theriogenology*, **51**, 647-659.
9. D'occhio M.J., Neish A., Broadhurst L., 1990, Differences gonadotrophin secretion post partum between zebu and European breed cattle. *Anim. Reprod. Sc.*, **22**, 311-317.
10. Dan E. E., Milyssa F. B., John B. H. & Richard E. D., 2000, *Body condition scoring beef cows*. Virginia cooperative Extension. Knowledge for common wealth, Virginia polytechnic institute, Virginia state university, 400-795.
11. Diskin M.G., Sreenan J.M. & Roche J.F., 2001, *Controlled breeding systems for dairy cows*. In : M.G. Diskin (ed), Fertility in the high producing dairy cow, Occasional publication n°26, 175-193. *Br. Soci. Anim. Sc.*, Edinburgh.
12. Drew S.B., Wishart D.F. & Young I.M., 1979, Fertility of norgestomet treated cows. *Vet. Rec.*, **104**, 523-525.
13. Drion P.V., 2001, *Contribution à l'étude de l'utilisation répétée de la gonadotrophine chorionique équine (ecg) dans le contrôle de la reproduction*. Thèse de doctorat de médecine vétérinaire 227 p. Faculté de médecine vétérinaire, Univ. Liège, Belgique.
14. Galina C.S. & Arthur G.H., 1990, Review on cattle reproduction in the tropics. Part 4. Oestrus cycles. *Anim. Breed. Abstr.*, **58**, 697-707.
15. Goffaux M., 1974, Méthodes de détection de l'oestrus chez les bovins. *Elev. Insém.*, **144**, 3-25.
16. Grimard B., Humblot P., Ponter A.A.1, Chastant S., Constant F. & Mialot J.P., 2003, Efficacité des traitements de synchronisation des chaleurs chez les bovins. *INRA Prod. Anim.*, **16**(3), 211-227.
17. Grimard B., Humblot P. & Thibier M., 1992, Synchronisation de l'oestrus chez la vache Charolaise : Effets de la parité et de la cyclicité rétraitement sur les taux d'induction et de gestation. *Elev. Ins.*, **247**, 9-15.
18. Hardin D.R., Warnick A.C., Wise T.H., Schultz R.H., Fields M.J., 1990, Artificial insemination of subtropical commercial beef cattle following synchronization with cloprostenol (ICI)80996 I. Fertility. *Theriogenology*, **14**, 249-258.
19. Intervet International B.V. N.L., 1994, Boxmeer, Nederland, *Vertegenwoordigd door Intervet Belgium NV*. Ragheno Park - ellingstraat 32/1 2800 MECHELEN. Verdelers: Intervet Belgium NV.
20. Israelsson R. & Lindberg R., 1995, *Livestock improvement by means of artificial insemination: experience from Kenya*. Proc ILRI Conf, Aug. 93-103.
21. Jolly, P.D., McDougall, S., Fitzpatrick, L.A., Macmillan, K.L. & Entwistle, K.W., 1995, Physiological effects of undernutrition on postpartum anoestrus in cows. *J. Reprod. Fert.*, **49**, 477-492.
22. Kinder J.E., Kojima F.N., Bergfeld E.G.M., Wehrman M.E. & Fike K.E., 1996, Progesterin and estrogen regulation of pulsatile LH release and development of persistent ovarian follicles in cattle. *J. Anim. Sci.*, **74**, 1424-1440.
23. King M.E., Holland M.D., Mauck H.S., Lefever D.G. & Odde K.G., 1998, Synchronization of estrus in beef cows with Norgestomet-Alfaprotol or Synchro-Mat B. *Theriogenology*, **30**, 785-795.
24. Lowman B.G., Scott N.A., Sommerville S.H., 1976, Condition scoring of cattle. *Bull. East Scotland Coll. Agric.*, No. 6.
25. M.R.A., 2002, *Politique sectorielle en matière de lutte contre la pauvreté*. Actes du FRSIT, Ouagadougou, Burkina Faso, Tome 1. 10 p.
26. M.R.A., 2004, *Deuxième enquête Nationale sur les effectifs du cheptel*, Tome II, Résultats et analyses. Ministère des Ressources Animales (MRA), Ouagadougou, Burkina Faso, 85p.
27. Maurice Oudet, Sedelan, Burkina Faso, 2010, Goudali: le bon choix, <http://www.abcburkina.net/fr/nos-dossiers/lafiliere-lait/828-369-goudali-le-bon-choix>
28. MCGowan M.R., Carroll C.L. & Davies F.J., 1992, Fixed-time insemination of *Bos indicus* heifers following the use of synchro-Mate B (SMB) to synchronize estrus. *Theriogenology*, **37**, 1293-1300.
29. Miksch E.D., Lefever D.G., Mukembo G., Spitzer J.C., Willbank J.N., 1978, Synchronization of oestrus in beef cattle. II. Effect of an injection of norgestomet and an estrogen in conjunction with a norgestomet implant in heifers. *J. Reprod. Fert.*, **73**, 353-359.
30. Munro R.K. & Bertram J., 1988, Control of oestrus and ovulation in beef cattle in central Australia. *Aust. J. Exp. Agric.*, **28**, 21-24.
31. Munro R.K., 1988, Calving rates of Brahman and Brahman-cross cows to fixed-time insemination after treatment with pregnant mare serum gonadotropin and intravaginal progesterone. *Aust. V. J.*, **65**, 21-23.
32. Odde K.G., 1990, A review of synchronization of estrus in postpartum cattle. *J. Anim. Sci.*, **68**, 817-830.
33. Ouédraogo A., Mattoni M. & Zecchini M., 1996, *Définition d'un moment optimum pour l'insémination artificielle chez les femelles bovines Baoulé, Zébu et N'dama en zone subhumide*. Reproduction et production laitière 8 p.
34. Pinheiro O.L., Barros C.M., Figueiredo R.A., Dovalle E.R., Encarnacao R.O. & Padovani C.R., 1998, Estrus behaviours and the estrus-to-ovulation interval in Nelore cattle (*Bos indicus*) with natural estrus or estrus induced with prostaglandin F2 α or norgestomet and estradiol valerate. *Theriogenology*, **49**, 667-681.
35. Ramirez-Godinez José A., Felipe A. Rodriguez-Almeida & Oscar M. Espinoza-Campa y Raul Valdes-Saucedo, 2000, Use of pmsg or pgf2 at SMB implant removal in beef cows. *Agrociencia*, **34**, 423-428.
36. Randel R.D., 1989, Endocrine aspects of zebu cow. *Rev. Bras. Reprod. Anim.*, **1**, 1-26.
37. Rekwot P.I., Oyedipe E.O., Mukasa-mugerwa, Sekoni V.O.,

- Akinpelumi O.P. & Anyam A.A., 1999, Fertility in zebu cattle (*Bos indicus*) after prostaglandin administration and artificial insemination. *Vet. J.*, **158**, 53-58.
38. Rodriguez R.O.L. & Segura C.V.M., 1995, Effect of once-daily suckling on postpartum reproduction in zebu-cross cows in the tropics. *Anim. Reprod. Sci.*, **40**, 1-5
39. Spitzer J.C., Mares S.E., Peterson L.A., 1981, Pregnancy rate among beef heifers from timed insemination following synchronization with a progestin treatment. *J. Anim. Sci.*, **53**, 1-6.
40. Tiemkoré S., 2004, Problématique de la mobilisation et de la maîtrise de l'eau pour la promotion de l'élevage dans un contexte sahélien. Actes du FRSIT, Ouagadougou, Burkina Faso, 11 p.
41. Tregaskes L.D., Broadbent P.J., Dolman D.F., Grimmer S.P. & Franklin M.F., 1994, Evaluation of Crestar, a synthetic progestogen regime, for synchronization of estrus in maiden heifers used as recipients of embryo transfer. *Vet. Rec.*, **134**, 92-94.
42. Umed S. & Khurana N.K., 1998, Plasma progesterone profiles and fertility status of anoestrus zebu cattle treated with norgestomet-estradiol-ecg regimen. *Theriogenology*, **50**, 1191-1199.
43. Voh A.A. Jr., Oyedipe E.O., Pathiraja N., Buvanendran V. & Kumi-Diaka J., 1987, Peripheral plasma levels of progesterone in Nigerian zebu cows following synchronization of oestrus with prostaglandin F2 α analogue (dinoprost tromethanemine). *Br. Vet. J.*, **143**(3), 254-63
44. Williams S., Stanko R., Amstalden M. & Williams G., 2002, Comparison of three approaches for synchronization of ovulation for timed artificial insemination in *Bos indicus*-influenced cattle managed on the Texas gulf coast. *J. Anim. Sci.*, **80**(5), 1173 -1178.
45. Zongo M., Boly H., Sawadago L., Pitala W., Sousa N. M., Beckers J. F. & Leroy P. L., 2001, Insémination artificielle des vaches zébu Azawak et taurins Gourunsi au Burkina Faso. *Tropicultura*, **19**, 2, 75-78.
46. Zongo M., 1998, Cycle oestral du zébu peul soudanien. Mémoire de DEA. 61 p, Univ. de Ouagadougou.

M. Zongo, Burkinabé, Doctorat, Enseignant/chercheur, Université de Ouagadougou, Burkina Faso.

B. Bayala, Burkinabé, Doctorat, Enseignant/chercheur, Université de Ouagadougou, Burkina Faso.

P. Were, Togolais, Doctorat, Enseignant/chercheur, Université de Lomé, Togo.

C. Meyer, Français, Doctorat, Chercheur, CIRAD, Dep. Environnement et Société, Systèmes d'élevage et produits animaux, Montpellier, France

H. Boly, Burkinabé, Doctorat, Enseignant/chercheur, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso.

L. Sawadogo, Doctorat, Enseignant/chercheur, Université de Ouagadougou, Burkina Faso.

ANNONCES

ANNOUCEMENTS

AANKONDIGINGEN

ANUNCIOS

KONINKLIJKE ACADEMIE
VOOR
OVERZEESSE WETENSCHAPPEN



ACADEMIE ROYALE
DES
SCIENCES D'OUTRE-MER

Jaarlijkse wedstrijden

Om het wetenschappelijk onderzoek van goede kwaliteit i.v.m. problemen eigen aan de overzeese gebieden te bevorderen, organiseert de Koninklijke Academie voor Overzeese Wetenschappen (KAOW) jaarlijkse wedstrijden.

a) Opstellen van de vragen en indiening van de werken

Art. 1. Elke klasse schrijft jaarlijks een wedstrijd uit over een vraag die verband houdt met de door haar behandelde materies.

Tijdens haar februarizitting bepaalt elke klasse het thema waarover de vraag zal handelen en duidt zij twee leden aan om ze op te stellen. Tijdens haar maartzitting legt elke klasse de tekst van de vraag definitief vast. Deze vraag moet voldoende ruim geformuleerd worden zodat het tot een echte competitie kan komen.

Art. 2. De wedstrijd is toegankelijk voor wetenschappers wereldwijd zonder enige leeftijdsbeperking. De leden van de Academie mogen niet deelnemen.

Art. 3. Elk door de Academie voor de jaarlijkse wedstrijd bekroonde werk krijgt een prijs in speciën (2 500 EUR).

Art. 4. Het voor de jaarlijkse wedstrijd van de Academie ingediende werk moet een origineel en recent (max. drie jaar oud) wetenschappelijk manuscript zijn: een doctoraal proefschrift of een werk van ten minste hetzelfde niveau.

Het werk mag niet uitgegeven zijn vóór de bekendmaking van de vraag.

Het indienen van een werk voor de jaarlijkse wedstrijd impliceert dat de potentiële laureaat instemt met de voorwaarden die aan het aanvaarden van de prijs verbonden zijn.

Art. 5. De Academie neemt werken in het Nederlands, het Frans, het Duits, het Engels en het Spaans in overweging.

Art. 6. De auteurs van de voor de wedstrijd ingediende werken mogen anoniem blijven. In dat geval voegen zij bij hun werk een verzegelde enveloppe met daarin hun naam en adres en voorzien van een duidelijk herkenbaar devies dat ook aan het begin van hun werk terug te vinden is. Deze enveloppe wordt opengemaakt na de toekenning van de prijs.

Art. 7. De voor de wedstrijd ingediende werken moeten in vijf exemplaren op het secretariaat van de Academie toekomen vóór 1 maart van het tweede kalenderjaar dat op de publicatie van de vragen volgt.

b) Beoordeling van de ingediende werken

Art. 1. Tijdens hun maartzitting duiden de klassen voor elk werk drie lezers aan om het te onderzoeken en er voor de jury een verslag over op te stellen.

Art. 2. De jury wordt voorgezeten door de Voorzitter van de Academie en is samengesteld uit zes gewone of eregewone leden, nl. twee per klasse, hetzij een per taalrol. Zij worden voor twee jaar aangeduid door de klasse. Elk jaar tijdens de maartzitting wordt de helft van de jury hernieuwd.

Art. 3. De prijzen worden in de maand mei door de klasse toegekend nadat zij het verslag van de jury gelezen en goedgekeurd heeft. De auteur van het bekroonde werk zal de titel van « Laureaat van de Koninklijke Academie voor Overzeese Wetenschappen » dragen.

Art. 4. Na toekenning van de prijzen blijven de werken op het secretariaat van de Academie ter beschikking van de leden.

Concours annuels

En vue de promouvoir la recherche scientifique de haute qualité relative à des matières propres aux régions d'outre-mer, l'Académie Royale des Sciences d'Outre-Mer (ARSOM) organise des concours annuels.

a) Rédaction des questions et introduction des travaux

Art. 1. Chaque classe met annuellement au concours une question sur les matières qui lui sont spécifiques.

En sa séance de février, chaque classe détermine le thème sur lequel portera la question et désigne deux membres chargés de la rédiger. En sa séance de mars, chaque classe arrête définitivement le texte de la question. Cette question doit être formulée de manière suffisamment large pour susciter une vraie compétition.

Art. 2. Le concours est accessible aux scientifiques du monde entier sans aucune restriction d'âge. Les membres de l'Académie ne peuvent y prendre part.

Art. 3. Chaque travail couronné par l'Académie au concours annuel est doté d'un prix en espèces (2 500 EUR).

Art. 4. Le travail soumis au concours annuel de l'Académie doit être un manuscrit scientifique, original et récent (max. trois ans): une thèse de doctorat ou un travail de niveau au moins équivalent.

Le travail ne peut avoir été publié avant la diffusion de la question.

L'introduction d'un travail au concours annuel implique de la part du lauréat potentiel qu'il souscrive aux conditions liées à l'acceptation du prix.

Art. 5. Seront pris en considération par l'Académie les travaux rédigés en français, en néerlandais, en allemand, en anglais et en espagnol.

Art. 6. Les auteurs des travaux présentés au concours peuvent garder l'anonymat. Dans ce cas, ils joindront à leur travail un pli cacheté contenant leur nom et adresse et portant une devise clairement identifiable reproduite en tête de leur ouvrage. Ce pli sera ouvert après l'attribution du prix.

Art. 7. Les travaux présentés au concours doivent parvenir au secrétariat de l'Académie en cinq exemplaires avant le premier mars de la deuxième année civile qui suit celle de la diffusion des questions.

b) Appréciation des travaux introduits

Art. 1. En leur séance de mars, les classes désignent pour chaque travail trois lecteurs chargés de les examiner et d'en faire rapport auprès du jury.

Art. 2. Le jury est présidé par le Président de l'Académie et est constitué de six membres titulaires ou titulaires honoraires, à savoir deux par classe, dont un par régime linguistique. Ils sont désignés pour deux ans par la classe. Chaque année, lors de la séance de mars, le jury est renouvelé de moitié.

Art. 3. Les prix sont attribués par la classe au mois de mai après lecture et approbation du rapport du jury. L'auteur de l'ouvrage couronné portera le titre de «Lauréat de l'Académie royale des Sciences d'Outre-Mer».

Art. 4. Après attribution des prix, les travaux restent au secrétariat de l'Académie à la disposition des membres.

Yearly Competitions

In order to stimulate high-quality scientific research regarding problems inherent to overseas regions, the Royal Academy for Overseas Sciences (RAOS) organizes yearly competitions.

a) Writing the questions and submitting the works

1. Every year, each Section of the Academy puts one question forward on specific subjects.

In its February meeting, each Section sets the theme on which the question will be focused and appoints two members in charge of writing it. In its March meeting, each Section approves the final text of the question. Each question should be worded as broadly as possible in order to generate a real competition.

2. The competition is open to all scientists worldwide without any age restriction. Academy members are not allowed to take part.

3. Each award-winning work in the yearly competition is granted a cash prize (2,500 EUR).

4. The work submitted to the Academy's yearly competition should be an original and recent (max. three years old) scientific manuscript: a PhD thesis or a work of at least the same level.

The work may not have been published before the announcement of the question.

Submitting a work to yearly competition implies that the potential laureate subscribes to the conditions linked to the acceptance of the prize.

5. Only the works written in English, French, Dutch, German and Spanish will be taken into consideration by the Academy.

6. The authors of works intended for the competition may remain anonymous. In this case, they should add to their submission a sealed envelope containing their name and address and bearing a distinctive sign or motto reproduced at the beginning of their work. This envelope is opened after awarding the prize.

7. The works submitted to the competition should reach the Academy's secretariat by 1 March of the year following that of the announcement of questions. Five copies are required.

b) Assessment of the works submitted

1. In their March meeting, the Sections appoint for each work three readers in charge of inspecting them and making a report to the jury.

2. The jury is chaired by the President of the Academy and includes six fellow or honorary fellow members, i.e. two per Section, one per linguistic community. These are appointed by the Section for two years. Every year, in the meeting of March, half of the jury is re-elected.

3. Prizes are awarded by each Section in May after reading and approving the jury's report. The author of the award-winning work will be conferred the title of "Prizewinner of the Royal Academy for Overseas Sciences".

4. After awarding the prizes, the works remain at the Academy's secretariat where they are made available to members.

Concursos anuales

Con el fin de promover la investigación científica de alta calidad sobre temas propios de las regiones de ultramar la Real Academia de Ciencias de Ultramar organiza concursos anuales.

a) Formulación de las cuestiones y presentación de las obras

1. Cada Sección de la Academia formula cada año una cuestión sobre asuntos que le son específicos.

En su sesión de febrero, cada Sección determina el asunto al que se referirá la cuestión y nombra a dos miembros encargados de formularla. En su sesión de marzo, cada Sección aprueba el texto final de la cuestión. Esta cuestión debe ser formulada de manera suficientemente amplia para suscitar una competición verdadera.

2. El concurso está abierto a los científicos del mundo entero sin ninguna restricción de edad. Los miembros de la Academia no pueden participar en él.

3. Cada obra galardonada por la Academia en el concurso anual está dotada de un premio en metálico (2 500 EUR).

4. La obra sometida al concurso anual de la Academia debe ser un manuscrito científico, original y reciente (máx. tres años) : una tesis de doctorado o una obra que alcance al menos el mismo nivel.

La obra no puede haber sido publicada antes de la difusión de la cuestión.

La presentación de una obra para el concurso anual implica que el laureado potencial suscriba a las condiciones relacionadas con la aceptación del premio.

5. Sólo tendrá en cuenta la Academia las obras escritas en español, inglés, francés, neerlandés y alemán.

6. Los autores de las obras presentadas para el concurso pueden conservar el anónimo. En este caso, adjuntarán a su trabajo su nombre y su dirección dentro de un sobre sellado. El sobre llevará una señal o una divisa que estará reproducida en el encabezamiento de su obra.. El sobre será abierto después de la selección de la obra premiada.

7. Las obras sometidas al concurso deben llegar a la secretaría de la Academia antes del primero de marzo del año siguiente de la difusión de las cuestiones. Se requieren cinco ejemplares.

b) Evaluación de las obras presentadas

1. En su sesión de marzo, las Secciones nombran para cada obra a tres lectores encargados de examinarlas y de hacer un informe para el jurado.

2. El jurado está dirigido por el Presidente de la Academia y constituido por seis miembros titulares o titulares honorarios, sea dos por Sección, de quienes uno por comunidad lingüística. Están nombrados para dos años por la Sección. Cada año, en la sesión de marzo, la mitad del jurado está reelegida.

3. Los premios son otorgados por la Sección correspondiente en el mes de mayo tras lectura y aprobación del informe del jurado. El autor de la obra premiada llevará el título de «Laureado de la Real Academia de Ciencias de Ultramar».

4. Después del otorgamiento de los premios, las obras permanecen en la secretaría de la Academia a la disposición de los miembros

KONINKLIJKE ACADEMIE
VOOR
OVERZEESE WETENSCHAPPEN



ACADEMIE ROYALE
DES
SCIENCES D'OUTRE-MER

Questions du concours 2015

Première question. — Quelles sont les politiques de ressources humaines pour la santé les plus équitables dans les pays en développement à faible et moyen revenu et quelles sont leurs chances de succès?

2^e question. — On demande une étude sur la contribution potentielle de la biodiversité végétale et/ou animale pour une meilleure alimentation et santé dans les pays en en développement.

Les ouvrages présentés au concours doivent parvenir au secrétariat de l'Académie avant le 1^{er} mars 2015.

Des renseignements complémentaires peuvent être obtenus au secrétariat de l'Académie, avenue Louise 231, B-1050 Bruxelles (Belgique).

Tél.- en Belgique	02.538.02.11
Tél.- de l'étranger	+32.2.538.02.11
Fax - en Belgique	02.539.23.53
- de l'étranger	+32.2.539.23.53

E-mail: kaowarsom@skynet.be
Web: <http://www.kaowarsom.be>

Vragen voor de wedstrijd 2015

Eerste vraag. — Wat is goed human-resourcesbeleid in de gezondheidssector in ontwikkelingslanden met een laag en gemiddeld inkomen en hoe groot is de kans op slagen?

2^{de} vraag. — Men vraagt een studie over de potentiële bijdrage van de biodiversiteit van planten en/of dieren aan een verbeterde voeding en gezondheid in ontwikkelingslanden

De werken die voor de wedstrijd ingediend worden, moeten op het secretariaat van de Academie toekomen vóór 1 maart 2015. Bijkomende inlichtingen kunnen verkregen worden op het secretariaat van de Academie, Louizalaan 231, B-1050 Brussel (België).

Tel- in België	02.538.02.11
Tel - vanuit het buitenland	+32.2.538.02.11
Fax - in België	02.539.23.53
- vanuit het buitenland	+32.2.539.23.53

E-mail: kaowarsom@skynet.be
Web: <http://www.kaowarsom.be>

Questions for the 2015 Competition

First question. — What are the most equitable human resource policies for health in low and middle income developing countries and what are their chances of success?

2nd question. — A study is requested on what can be the potential contributions of plant and/or animal biodiversity to improve nutrition security and health in developing countries.

The studies must reach the secretariat of the Academy before 1st March 2015.

Additional information may be obtained from the secretariat of the Academy, avenue Louise 231, B- 1050 Brussels (Belgium).

Phone - in Belgium	02.538.02.11
Phone - from abroad	+32.2.538.02.11
Fax - in Belgium	02.539.23.53
- from abroad	+32.2.539.23.53

E-mail: kaowarsom@skynet.be
Web: <http://www.kaowarsom.be>

ORGANISATION

Nature de l'entité responsable de la publication et objet de la revue TROPICULTURA

Agri-Overseas a.s.b.l. est une association créée dans le but d'établir des relations professionnelles d'intérêts communs entre tous ceux qui oeuvrent pour le développement rural outre-mer. Elle publie la revue scientifique et d'information «Tropicultura» consacrée aux problèmes ruraux dans les pays en développement. Cette revue est éditée trimestriellement avec le soutien financier de la région Bruxelles-Capitale. Elle bénéficie du patronage scientifique de l'Académie Royale des Sciences d'Outre-Mer de Belgique (ARSOM) et du soutien du Conseil interuniversitaire de la Communauté française de Belgique (CIUF) et du Vlaamse Interuniversitaire Raad (VLIR).

Agri-Overseas a.s.b.l. se compose de membres individuels et des institutions belges suivantes: l'Académie Royale des Sciences d'Outremer de Belgique (ARSOM), la Commission universitaire pour le Développement du Conseil Interuniversitaire de la Communauté française de Belgique (CUD-CIUF), l'instance de Coopération Universitaire au Développement du Conseil Interuniversitaire de la Communauté Flamande (VLIR-UOS), les quatre Facultés en Sciences agronomiques de Belgique, (Liège/Gembloux, Gent, Leuven et Louvain-La-Neuve), les deux Facultés en Médecine vétérinaire (Gent et Liège), le Département de Santé animale de l'Institut de Médecine Tropicale d'Anvers (Antwerpen), l'Ecole Interfacultaire de Bioingénieurs de l'Université Libre de Bruxelles, les Facultés Universitaires de Notre Dame de la Paix (Namur), le Département des Sciences et Gestion de l'Environnement de l'Université de Liège (Arlon).

Conseil d'administration

Le conseil d'administration d'Agri-Overseas a.s.b.l. est composé du Professeur Dr. J. Vercruyse, Président; du Professeur Dr. Ir G. Mergeai, Administrateur Délégué; du Dr E. Thys, Secrétaire; du Professeur Dr. B. Losson, Trésorier; du Professeur Dr. J. Bogaert, membre représentant du CIUF; du Professeur Honoraire Dr S. Geerts, membre représentant de l'ARSOM; du Professeur Dr. R. Merckx, membre représentant du VLIR et du Professeur Honoraire Dr. Ir J. Hardouin, membre.

Comité de rédaction

Le comité de rédaction de Tropicultura est constitué du Professeur Dr. Ir G. Mergeai, Rédacteur en Chef, et des Rédacteurs délégués suivants: le Professeur Dr. Ch. De Cannière pour «la Sylviculture, l'Ecologie du paysage et les Systèmes de Production Végétale», le Professeur Dr. J.-P. Dehoux pour «la Production animale et le Gibier», le Dr D. de Lame pour la Sociologie, le Professeur Honoraire Dr. Ir F. Malaisse pour la «Foresterie et l'Ecologie», le Professeur Emerite Dr. J.-C. Micha pour «les Pêches et la Pisciculture», le Professeur Emerite Dr. Ir E. Tollens pour «l'Economie rurale», le Professeur Dr. Ir P. Van Damme pour «l'Agronomie», le Professeur Dr. E. Van Ranst pour les «Sciences du sol», le Professeur Dr. P. Dorny pour «la Santé Animale» et l'lr F. Maes, Collaborateur scientifique. Le secrétariat traite directement les autres sujets relevant de la compétence de la revue (Agro-industrie, systèmes de production, etc...). Le comité de rédaction se réserve le droit de refuser tout article non conforme aux instructions aux auteurs. Les articles sont soumis à un ou plusieurs lecteurs choisis par la rédaction et ces lecteurs restent anonymes pour les auteurs.

Secrétariat de rédaction

231, Avenue Louise, B- 1050 Bruxelles – Belgique
Téléphones: ++32.02.540 88 60/ 61; Fax.: ++32.02.540 88 59
Email: gshare.tropicultura@belgaconet.net / clouvet.tropicultura@belgaconet.net /
Website: <http://www.tropicultura.org>

INSTRUCTIONS AUX AUTEURS

Contenu du manuscrit

Les thèmes des articles publiés dans Tropicultura concernent tout ce qui touche au développement rural et à la gestion durable de l'environnement des régions chaudes de la planète. La priorité est donnée aux articles présentant des sujets originaux, ayant une portée la plus large possible, c'est-à-dire dont le contenu concerne surtout des aspects méthodologiques transposables dans une large gamme d'environnements et de régions du monde. Un accent tout particulier est également mis sur la fiabilité des informations publiées, c'est-à-dire, quand il s'agit de résultats expérimentaux, sur le nombre de répétitions des essais, dans le temps et dans l'espace, qui sont à l'origine des données obtenues. Les manuscrits seront inédits et n'auront pas été soumis pour publication simultanément à une autre revue scientifique. Ils peuvent être rédigés en une des quatre langues suivantes : anglais, espagnol, français et néerlandais.

Procédure de soumission

Les manuscrits sont à adresser au rédacteur en chef par la poste, en trois exemplaires, sous forme de document papier, ou directement à l'adresse électronique du secrétariat de rédaction sous forme de fichiers attachés.

Dans la mesure du possible, après acceptation de l'article pour publication, l'auteur fournira sa dernière version, revue et corrigée, sous format électronique. Le logiciel Word est recommandé mais une version ASCII ou RTF des fichiers est acceptée.

Style

Les manuscrits seront rédigés en simple face, en double interligne, police de caractères times new Roman 11, avec une marge de 2,5 cm autour de la plage imprimée. Ils comporteront au maximum vingt pages de texte (page de couverture non compris).

La page de couverture portera : le titre, le titre abrégé (maximum 55 caractères), les noms et prénoms complets des auteurs, le diplôme, la fonction, la nationalité, l'adresse professionnelle complète et l'adresse électronique de chacun d'eux, les remerciements éventuels. Le nom de l'auteur correspondant sera marqué d'un "*" et son adresse sera complétée par son numéro de téléphone.

Les pages suivant la page de couverture présenteront :

- (i) les résumés (max. 200 mots) dans la langue du manuscrit et en anglais, précédés du titre traduit et suivis de maximum six mots-clés dans chacune des deux langues ;
- (ii) le corps du texte ;
- (iii) la bibliographie ;
- (iv) les tableaux numérotés au moyen de chiffres arabes ;
- (v) les illustrations identifiées sans ambiguïté par un numéro au verso si elles ne sont pas envoyées électroniquement;
- (vi) les légendes des tableaux et des illustrations.

Toutes les pages seront numérotées en continu.

Le texte sera divisé en grands chapitres (généralement : Introduction, Matériel et méthodes, Résultats, Discussion, Conclusions) et sa subdivision ne dépassera pas deux niveaux (un seul niveau en dessous de celui des chapitres). Les titres des chapitres et les sous-titres des paragraphes, très concis ne seront jamais soulignés.

Les références seront citées dans le texte au moyen de nombres placés entre parenthèses. En cas de citation de plusieurs références, leurs nombres se succéderont par ordre croissant.

Les figures seront dessinées de façon professionnelle. Les photographies seront fournies non montées, bien contrastées sur papier brillant. Les photos fournies en jpg doivent être de bonne qualité et avoir au minimum 300 pixels par pouce (dpi).

Les fichiers excel des données de tableaux et graphiques doivent être fournis lors de la soumission du manuscrit.

Les références bibliographiques seront données par ordre alphabétique des noms d'auteurs et par ordre chronologique pour un auteur donné. Elles seront numérotées en continu en commençant par le chiffre 1.

Le nombre de références bibliographiques ne dépassera pas cinquante.

Pour les articles de revues, les références comprendront : les noms des auteurs suivis des initiales des prénoms, l'année de publication, le titre complet de l'article dans la langue d'origine, le nom de la revue, le numéro du volume souligné, les numéros de la première et de la dernière page séparés par un tiret.

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

Pour les monographies, les éléments suivants sont essentiels : les noms des auteurs suivis des initiales des prénoms, l'année de publication, le titre complet de l'ouvrage, le nom de l'éditeur, le lieu d'édition, la première et la dernière page du chapitre cité, le nombre total de pages de l'ouvrage.

Les comptes rendus de conférences sont traités comme des monographies ; de plus, ils mentionneront si possible le lieu, la date de la réunion et le(s) éditeur(s) scientifique(s).

Exemple : 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.

Attestation de publication

Afin de s'assurer de l'originalité du manuscrit et de l'accord de sa publication par les organismes de tutelle des auteurs, il est demandé à l'auteur principal de signer et de renvoyer l'attestation.

Droits de reproduction

En cas d'acceptation de l'article, la rédaction exigera un engagement des différents auteurs associés à l'article à céder leurs droits de publication à Tropicultura.

Participation aux frais de publication

Le montant de la participation des auteurs aux frais de publication de l'article s'élève à 200 euros. Avant que l'article ne soit traité, l'auteur correspondant doit signer et renvoyer l'attestation.

Lecteurs internationaux

Lors de la soumission des articles, les auteurs devront proposer trois réviseurs de renommée internationale qui pourraient évaluer leurs manuscrits.

TROPICULTURA

2014 Vol. 32 N° 1

Four issues a year (January-February-March)

EDITORIAL

- Artemisia annua*, a hope for controlling the major parasitic diseases in sub-saharan Africa? (*in French and English*)
G. Mergeai 1

ORIGINAL ARTICLES

- A Screening Procedure for Evaluating Cotton for *Rotylenchulus reniformis* Resistance in Controlled Conditions (*in English*)
N.O. Konan, M. De Proft, O. Ruano, J.-P. Baudoin & G. Mergeai 3
- Effect of Repeated Administration of hCG on Ovarian Response in PMSG-superovulated Ouled Djellal Ewes (Algeria) (*in English*)
R. Lamraoui, F. Afri-Bouzebda, Z. Bouzebda, M. Franck & E. Gherissi Djallel 10
- Adoption and Intensification of New Rice for Africa in the Central African Republic (*in French*)
E. Mbétid-Bessane 16
- Serological Survey of Q Fever Using an ELISA Assay and Prevalence of Abortion in a Sheep Flock of Ksar El Boukhari (Algeria) (*in French*)
W.-I. Yahiaoui, F. Afri-Bouzebda, Z. Bouzebda & A. Dahmani 22
- Valorization of Household Waste by Composting Processes in Dschang town, Cameroon (*in French*)
E. Temgoua, E. Ngnikam, H. Dameni & G.S. Kouedeu Kameni 28
- Importance of *Coula edulis* Baill. for the People of South-East Gabon: Harvest Levels and Economic Potential (*in French*)
C. Moupela, C. Vermeulen, J.-L. Doucet, K. Daïnou & P. Lebailly 37
- Pig Production in Tanzania: a Critical Review (*in English*)
R.T. Wilson & E.S. Swai 46
- Estrus Induction and Artificial Insemination of Zebu Azawak and Zebu Goudali Cattle in Burkina Faso (*in French*)
M. Zongo, B. Bayala, W. Pitala, C. Meyer, H. Boly & L. Sawadogo 54
- ANNOUNCEMENTS 62

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

