

TROPICULTURA

2007 Vol. 25 N°3

Trimestriel (July, Augustus, September)
Driemaandelijks (juli- augustus- september)
Se publica po año (julio- agosto- septiembre)



Les services vétérinaires en milieu pastoral, Turkana, nord-ouest du Kenya. 2002.03.20 Photo: Thierry Geenen.
Crédit: Vétérinaires Sans Frontières, Belgium.

Editeur responsable/Verantwoordelijke uitgever: J. Vercruyse
Square du Bastion 1A Bolwerksquare
1050 Bruxelles/ Brussel

Avec les soutiens
de la Direction Générale de la Coopération au Développement DGCD www.dgcd.be,
du Service public Fédéral Affaires étrangères, Commerce extérieur
et Coopération au Développement www.diplobel.fgov.be,
de l'Académie Royale des Sciences d'Outre-Mer ARSOM, www.kaowarsom.be
et de la Région Bruxelles Capitale

Met de steun van
De Directie-Generaal Ontwikkelingssamenwerking DGOS www.dgos.be,
de Federale Overheidsdienst Buitenlandse Zaken, Buitenlandse Handel
en Ontwikkelingssamenwerking www.diplobel.fgov.be,
de Koninklijke Academie voor Overzeese Wetenschappen www.kaowarsom.be
en van het Brusselse Gewest

BUREAU DE DEPOT – AFGIFTEKANTOOR
BRUXELLES X / BRUSSEL X



SOMMAIRE / INHOUD / SUMARIO 25,3

<p>Non-genetic Factors Affecting Gestation Length and Postpartum Intervals in Gudali Zebu Cattle of the Adamawa Highlands of Cameroon Facteurs non génétiques affectant la durée de la gestation et de l'intervalle post-vêlage chez les bovins zébus Goudali des hauts plateaux de l'Adamaoua, Cameroun Niet-genetische factoren die de drachtigheidsduur en het post-partum interval beïnvloeden bij Gudali Zebu van de Adamawa hooglanden van Kameroen Factores no genéticos que afectan la duración de la gestación y el intervalo posparto en el ganado bovino cebú Goudali de las tierras altas de la Adamaoua, Camerún</p>	129
<p>Development of a Radioimmunoassay for Bovine Chymosin B Développement d'un dosage radioimmunologique de la chymosine B bovine Ontwikkeling van een radioimmunoassay test voor runder B chymosine Desarrollo de una dosificación radioinmunológica de la quimosina B bovina</p>	134
<p>Tolérance de quelques cultivars de manioc (<i>Manihot esculenta</i> Crantz) et de l'espèce sauvage (<i>Manihot glaziovii</i>) à la mosaïque virale africaine et à la cercosporiose du manioc Tolerantie van sommige cultivars van manioek (<i>Manihot esculenta</i> Crantz) en van de wilde stam (<i>Manihot glaziovii</i>) tegen Afrikaanse mozaïek en manioek cercosporiose Tolerancia de ciertos cultivares de yuca (<i>Manihot esculenta</i> Crantz) y de la especie silvestre (<i>Manihot glaziovii</i>) al virus de la mosaica africana y la cercosporiosis de la yuca</p>	140
<p>Effets de certains fongicides de synthèse et biologiques sur la croissance mycélienne et l'agressivité de <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>radicis-lycopersici</i> Effect van sommige chemische en biologische fungiciden op de myceliumgroei en op de ziekteverwekkende kracht van <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>radicis-lycopersici</i> Efectos de algunos fungicidas de síntesis y biológicos en el crecimiento micélico y la agresividad de <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>radicis-lycopersici</i></p>	146
<p>Rôle potentiel des haies vives pour la gestion des nématodes sur les bassins versants de la zone soudano-sahélienne au Sénégal Potentiële rol van levende hagen bij het beheer van draadwormen op de hellingen bassins van soudano-sahelische gebieden in Senegal Rol potencial de las barreras vivas para el manejo de los nematodos en las cuencas hidrográficas de la región Sudano Saheliana del Senegal.</p>	153
<p>Influence de la fumure azotée et du rythme d'exploitation sur la production de matière sèche et la valeur alimentaire de <i>Andropogon gayanus</i> Kunth au Burkina Faso Invloed van stikstofbemesting en exploitatiesnelheid op de productie van droge stof en de voedingswaarde van <i>Andropogon gayanus</i> Kunth in Burkina Faso Influencia del abonado nitrogenado y el ritmo de explotación en la producción de materia seca y el valor alimenticio de <i>Andropogon gayanus</i> Kunth en el Burkina Faso</p>	161
<p>Etude de la variabilité intraspécifique de tolérance au stress salin du pois chiche (<i>Cicer arietinum</i> L.) au stade germination Studie van de intra-species variabiliteit van de zoutstress tolerantie bij de kikkererwt (<i>Cicer arietinum</i> L.) in germinatie periode Estudio de variabilidad intraespecífica de la tolerancia al estrés salino del garbanzo <i>Cicer arietinum</i> L. en su etapa de germinación</p>	168
<p>Nitrogen-use Efficiency of Maize Genotypes under Weed Pressure in a Tropical Alfisol in Northern Nigeria Efficacité d'utilisation de l'azote par des génotypes de maïs en présence de mauvaises herbes dans un alfisol tropical au nord du Nigeria Stikstofgebruik efficiëntie van bepaalde maïsgeotypen in aanwezigheid van onkruid in een tropische alfisol in noordelijk Nigeria Eficacia de la utilización del nitrógeno en genotipos de maíz, bajo presión de malezas en alfisoles tropicales en el norte de Nigeria</p>	174
<p>Preliminary Findings on the General Characteristics of the Oestrus Cycle in Postpartum Ngaoundere Gudali Cows Données préliminaires sur les caractéristiques générales du cycle oestral des vaches suitées Goudali de Ngaoundéré Preliminaire bevindingen over de algemene kenmerken van de oestruele cyclus van postpartum Ngaoundere Gudali koeien Datos preliminares sobre las características generales del ciclo estral de vacas Goudali de Ngaoundéré con su ternero</p>	180
<p>Poids de l'oeuf de la pintade locale (<i>Numida meleagris</i>) dans la région centrale du Burkina Faso: rapports avec les variables de l'incubation artificielle et la production des pintadeaux Gewicht van het ei van de lokale parelhoen (<i>Numida meleagris</i>) in Burkina Faso: verband met de variabelen van de kunstmatige incubatie en de productie van parelhoentjes Peso del huevo de la gallina de Guinea (<i>Numida meleagris</i>) en la región central del Burkina Faso: relaciones con las variables de la incubación artificial y la producción de pollitos</p>	184
<p>LES ACTIONS DE LA DGCD/DE ACTIVITEITEN VAN DE DGIS/LAS ACTIVIDADES DE LA DGCD 189</p>	

ARTICLES ORIGINAUX

OORSPRONKELIJKE ARTIKELS

ORIGINAL ARTICLES

ARTICULOS ORIGINALES

Non-genetic Factors Affecting Gestation Length and Postpartum Intervals in Gudali Zebu Cattle of the Adamawa Highlands of Cameroon

O. Messine¹, L.J.M. Schwalbach², D.A. Mbah³ & A.L. Ebangi¹

Keywords: Ngaoundere Gudali- Cattle- Gestation length- Open period- Non genetic factors- Cameroon

Summary

The effects of non-genetic factors (sex of calf, calf birth weight, age of cow, season of calving) affecting gestation length (GL) and open days period (OP) in the Ngaoundere Gudali cattle of the Adamawa (Cameroon) was investigated. Mean GL was 293.4 ± 0.4 d. Sex of the calf significantly ($P < 0.05$) affected GL, with male calves being carried in utero approximately 3 days longer than the females (294.1 ± 1.2 vs 291.1 ± 1.2 d). Calf birth weight tended to increase as gestation lengthened. Parity and age of the cow had no significant ($P > 0.05$) effect on GL. The mean duration of the OP (from calving to conception) was 267.7 ± 7.4 d. Approximately 23.2% of the cows conceived within 90 days of calving and a total of 55.6% had conceived by 360 days. The distribution of the OP was bimodal, and could have been influenced by seasonal availability of feed, or long (6 months) mating season allowing cows to calve during the following mating season. Calving to conception interval was significantly ($P < 0.001$) affected by month of calving and parity. Sex of the calf did not affect significantly the duration of the postpartum period, although this period was 5 days longer following the birth of a male calf.

Résumé

Facteurs non génétiques affectant la durée de la gestation et de l'intervalle post-vélage chez les bovins zébus Goudali des hauts plateaux de l'Adamaoua, Cameroun

L'étude a porté sur les effets de certains facteurs non génétiques (sexe et poids à la naissance du veau, âge de la mère, saison de vélage) affectant la durée de la gestation et de la période vide des bovins Goudali de Ngaoundéré en Adamaoua camerounais. La durée moyenne de la gestation était de $293,4 \pm 0,4$ j, significativement ($P < 0,05$) affectée par le sexe du veau: les mâles étant portés in utero environ 3 jours de plus que les femelles ($294,1 \pm 1,2$ contre $291,1 \pm 1,2$ j). Le poids à la naissance présentait une tendance à l'augmentation avec l'extension de la gestation. Le rang de vélage et l'âge de la vache n'avaient pas d'effet significatif ($P > 0,05$) sur la durée de gestation. La durée de la période vide (du vélage à la conception) était $267,7 \pm 7,4$ j. Environ 23,2% des vaches ont conçu dans les 90 jours suivant le vélage, et 55,6% dans les 360 jours. La distribution de la période vide était bi-modale, et aurait pu être influencée par la disponibilité saisonnière des aliments, ou la longue saison de monte (6 mois) permettant aux vaches de véler au cours de la saison de monte suivante. L'intervalle entre vélage et conception était significativement ($P < 0,001$) affecté par le mois et le rang de vélage. La période post-partum n'était pas affectée significativement par le sexe du veau même si elle était en moyenne plus longue de 5 j suite à la naissance d'un veau mâle.

Introduction

Gestation length (GL) and duration of the postpartum interval (PPI) are among the most important cow efficiency traits in cow-calf operations. Although GL shows a limited range among breeds, it is typical for each breed and has to be characterised (23, 30). Reports on the GL of different *Bos indicus* breeds indicate a distribution range of between 285 and 294 days (4, 24, 26, 29, 37). These studies also show that *Bos indicus* calves are, on average, carried longer *in utero* than their taurine counterparts. Tropical cattle breeds generally have prolonged anoestrous (parturition to first observed oestrus or first service) periods. These lead to extended calving-to-conception intervals, which in turn cause long intercalving periods (9, 10, 21). The long PPIs observed in *Bos indicus* cattle can also be related to a number of factors such as nutrition (6), suckling (5, 22, 34, 36), and age/parity (8). The Ngaoundere Gudali is an indigenous breed of the Adamawa highlands of Cameroon. Its reproductive performance has so far received little or no attention in Cameroon (19, 20), despite the considerable

amount of work published on its productive performance and that of its crosses with some exotic breeds (1, 9, 15, 16, 17, 19, 32, 35). The aim of the present study was to contribute to the characterisation of the Ngaoundere Gudali cattle by determining its gestation length and the duration of the postpartum open period, as well as some of the non-genetic factors that could significantly affect these parameters.

Materials and methods

Data collected over an 8-year period (1981-1988) in the Ngaoundere Gudali herds of the Wakwa Regional Centre of IRAD (Ministry of Scientific and Technical Research), and the Wakwa Animal Production Station (Ministry of Livestock, Fisheries and Animal Husbandry) were used for this study. These units are located on the Adamawa plateau, 10 to 12 km east of Ngaoundere at a latitude of $7^{\circ}30'N$ and longitude of $13^{\circ}30'E$. Wakwa is situated at an altitude of approximately 1200 m above sea level. The climatic conditions and

¹Institute of Agricultural Research for Development, Regional Centre of Wakwa, P.O. Box 65, Ngaoundere, Cameroon.

²Department of Animal, Wildlife and Grassland Sciences, University of the Free State, P.O. Box 339, Bloemfontein 9300, South Africa.

³Ministry of Scientific Research and Innovation, P.O. Box 1457, Yaounde, Cameroon.

Corresponding author: Messine O., P.O. Box 65 Ngaoundere, Mobile (237) 953 95 36; Fax: (237) 225 15 57, Email: messineanatole@yahoo.com

Received on 30.12.05 and accepted for publication on 21.02.06.

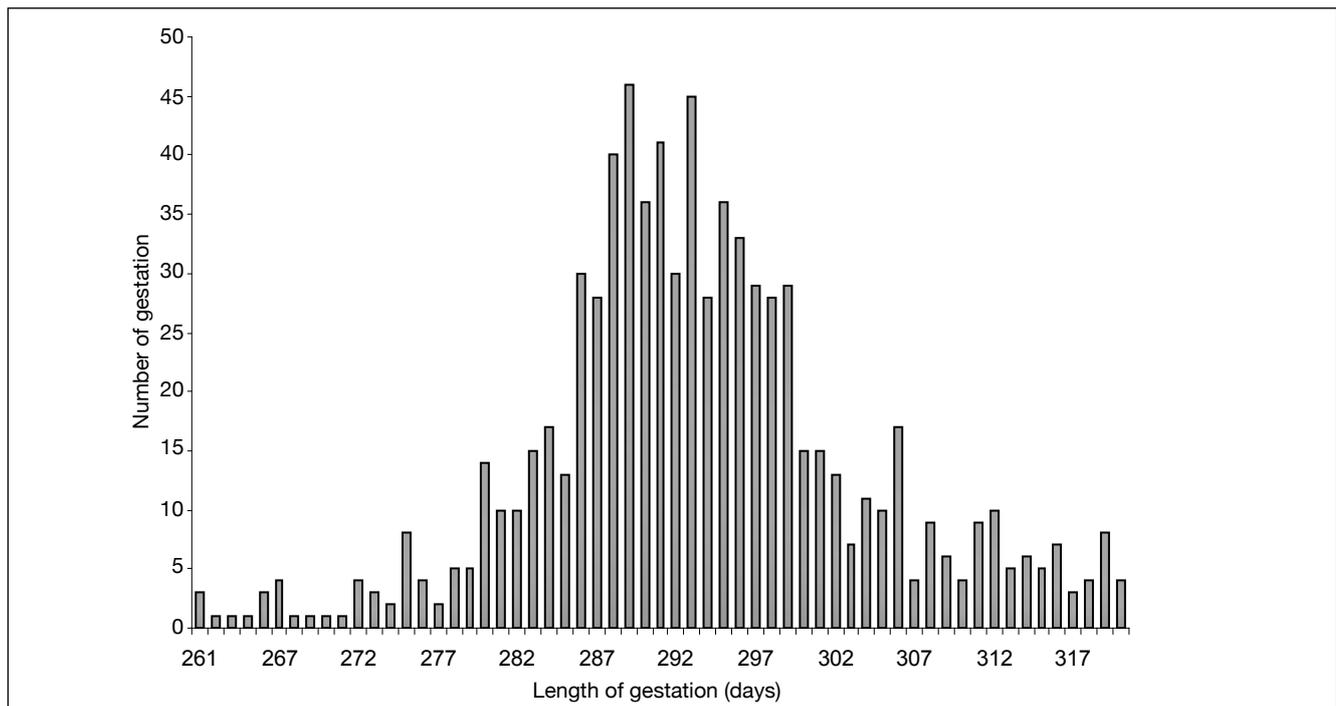


Figure 1: Frequency distribution of gestation length in Ngaoundere Gudali cattle.

management practices at the Wakwa units have been previously described (15, 16, 25, 27). A mating season of 6 months (early June to end of November) was enforced.

All the animals used (N= 885) were purebred Gudali cattle belonging to the Wakwa units. During the breeding season, the herds were observed closely by herdsmen, once a day (between 06:00 and 07:00) for about 30 minutes. All cows exhibiting oestrus signs and bred by a bull were identified and recorded. Gestation length was determined as the interval from the date of the last observed service and the date of subsequent calving. According to the methodology described by Plasse *et al.* (29), only gestation lengths between 260 and 320 days were accepted as reliable. Thus, only 697 gestation periods falling within this range were included in the final statistical analysis. Data were analysed using the generalised linear models procedures of the Statistical Analysis System (33). Variables included in the model for gestation length were: month, season and year of service, sex of current and previous calves and parity of the dam. Calf birth weight was introduced as a covariate. A stepwise regression was used to remove all variables from the model that did not meet the criterion ($P < 0.15$). Preliminary analyses did not show any significant effect of either the sex of the previous calf or possible interactions between the factors considered. Therefore, these effects and associated interactions were removed from the final model. Of the 697 oestrous observations in the study, only 578 were considered in the final model due to missing data.

Many cows having been used over the years, 534 calving to conception intervals (days open) were generated and used to calculate the time elapsing between the date of the last calving and the date of the last recorded natural service prior to conception. The variables used in the model for open period were: sex of current and previous calves, parity of dam and month of calving. Age at calving was introduced as a covariate. The sex of the previous calf was not significant ($P > 0.15$) in the stepwise regression analysis and was removed from the final analysis.

Results and discussion

It was obvious from the frequency distribution of the

gestation length (Figure 1) that the raw data could have included errors - the curve is skewed towards a length of gestation of over 300 days. Given the conditions under which the oestrous/service observations were made, mating resulting in conception may have occurred one or more cycles after the last recorded service prior to calving and were missed - resulting in calculated gestation lengths longer than the actual period.

The mean GL recorded in the Ngaoundere Gudali cows was 293.4 ± 0.4 d (Table 1).

This is in agreement with other reports in zebu cattle (4, 24, 29). The sex of the calf significantly ($P < 0.05$) affected the GL, with males being carried *in utero* approximately 3 days longer than their female counterparts (294.1 ± 1.2 versus 291.1 ± 1.2 d). These results are in agreement with the findings of Nadarajah *et al.* (23) with Holsteins, and Browning *et al.* (4) on Brahman. However, Reynolds *et al.* (30) and Obese *et al.* (24) found sex of the calf to have no effect on GL. Birth weight, when introduced as a covariate, tended to increase as the gestation period lengthened.

The month during which service and conception took place seems to play a significant ($P < 0.01$) role in GL, but no clear trend could be determined in this study, as the GL fluctuated from year to year. This significance may have resulted from the variability in the accuracy of detection of the successful mounts by the staff involved, as natural service detection was only performed once daily. Given the low frequency of mounting behaviour usually reported among tropical cattle (20 to 28%) and some evidence that oestrus is better detected during the late hours of the night and early hours of the morning (11, 13, 18), it is possible that a significant number of services went undetected.

The parity (and subsequently the age of the cow) at breeding had no significant effect on the GL. These findings were similar to those of Obese *et al.* (24) in Sanga cattle in Ghana. However, it has been reported (2, 23) that GL tended to increase with the parity and age of the cow in the Holstein. Nadarajah *et al.* (23) found GL to be more dependent on the servicing sire than on the dam through her sire, whereas Azzam and Nielsen (3) reported GL to have an average heritability estimate of 0.40, which could indicate

Table 1
Effect of sex of calf, parity and month of calving on gestation length and postpartum interval (LSM \pm SE) in Gudali cows of the Adamawa Highlands of Cameroon

Source of variation	Number	Gestation length (days)	Number	Length of period open (days)
Overall	697	293.4 \pm 0.4	534	266.7 \pm 7.4
Sex		*		NS
Male		294.1 \pm 1.2		243.2 \pm 13.0
Female		291.1 \pm 1.2		238.5 \pm 12.1
Parity		NS		***
1		294.1 \pm 1.2		320.7 \pm 13.5
2		292.6 \pm 1.9		250.8 \pm 14.4
3		294.7 \pm 1.2		224.9 \pm 18.6
4		294.7 \pm 1.4		207.9 \pm 20.9
5		290.9 \pm 1.6		200.2 \pm 25.8
6		289.7 \pm 2.4		-
7		294.6 \pm 3.1		-
8		293.0 \pm 4.6		-
Month of calving				***
March		-		315.7 \pm 20.1
April		-		265.8 \pm 12.3
May		-		213.5 \pm 14.4
June		-		216.4 \pm 18.7
July		-		211.1 \pm 27.2
August		-		222.7 \pm 37.8
Month of service		***		-

NS= Non significant; *= Significant, ***= Highly significant

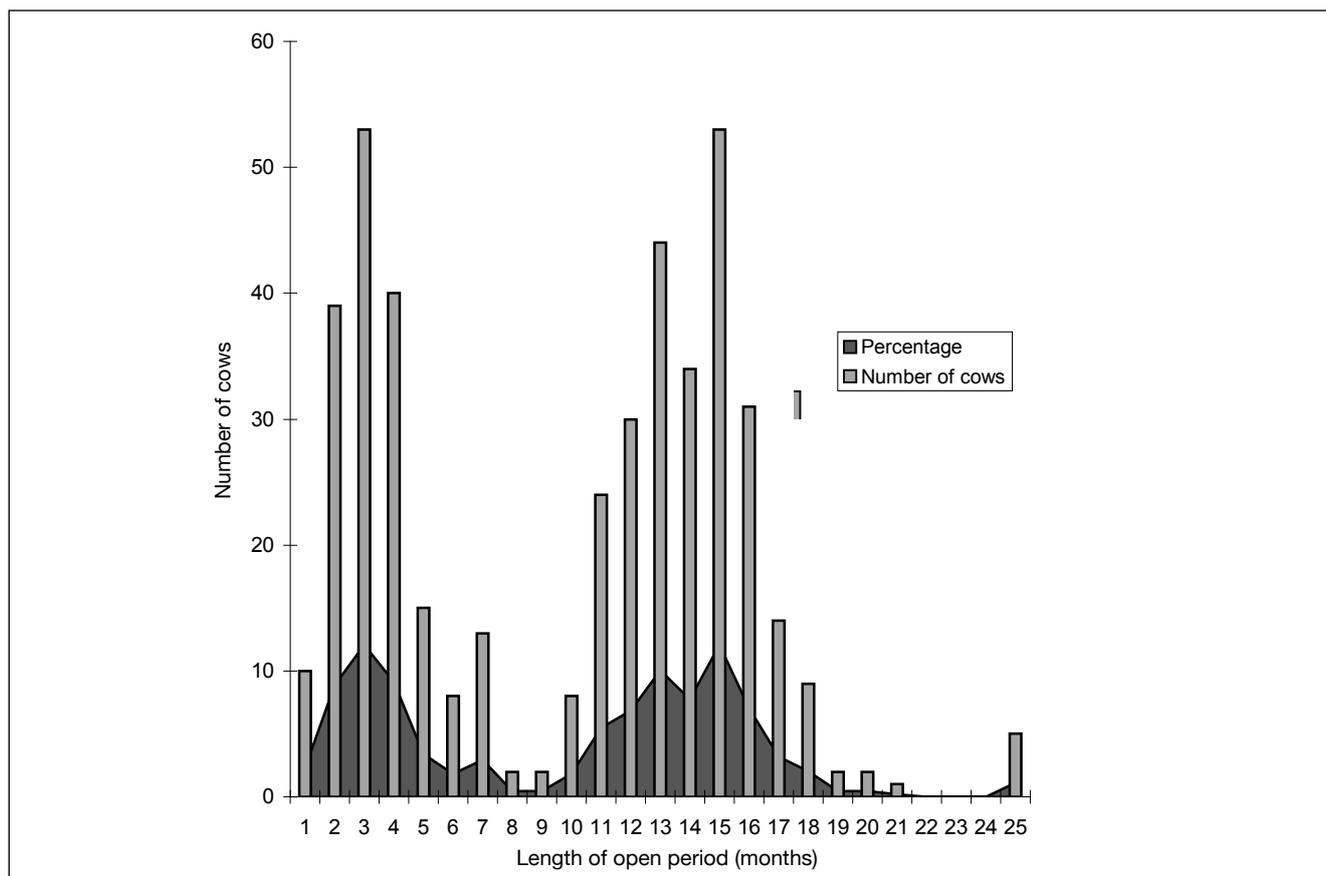


Figure 2: Frequency distribution of the duration of the open day period (from calving to conception) in Ngaoundere Gudali cows.

the possibility for selection for a shorter GL in cattle. Thus, the genetic make-up of the calf carried *in utero* may have a considerable effect on GL, and this trait could be worth selecting for. However, selecting for shorter GL would in turn reduce calf size and weight (4, 23). This reduction in weight may not be desirable in the Ngaoundere Gudali breed that

already experiences a low calf birth weight (23 to 24 kg). The distribution of the length of the open period (OP) (from calving to conception) is shown in figure 2. The mean open period recorded was 267.7 \pm 7.4 d, with a range of 37 to 749 d. While 23.2% of the cows conceived within 90 d after calving, only 55.6% conceived within 360

d, and the rest (44.4%) did not conceive within a year. This may partially explain the long intercalving period of the breed reported in the breed. Plasse *et al.* (28) found an interval from parturition to conception of 65.3 d in Brahman cattle, whereas an interval of 203.9 d was reported in Holstein-Friesian cattle under central Sudan conditions (2).

From Figure 2, it is apparent that the distribution of the calving to conception interval in Ngaoundere Gudali cows is bimodal, with a group of intervals concentrating between 60 and 150 d postpartum (33.5%) and another group between 12 and 17 months PP (43.7%). As this interval was significantly ($P < 0.001$) affected by month of calving and parity, but not by sex of the calf, it is thought that the second group was comprised mostly of cows that calved too late in the season and could not be rebred during the same season. They skipped a breeding season, and had to wait another 6 to 12 months to be re-bred and conceive. These conditions are partly a result of the long (6 months) mating season, allowing cows to calve during the following year's mating season. The combined effects of the seasonal availability of feed and variation in management could also be a possible explanation for these two peak intervals, almost 12 months apart. As can be deduced from table 1, cows that are bred at the beginning of the mating season (i.e. in June) will calve at the end of the dry season (March). These cows will thus be lactating when feed scarcity is at its highest, and will need a longer time to restore their body reserves mobilised to nurse their calves, that will only be weaned 8 months later (around November-December), when the breeding season is nearing its end. Very few of these cows may be bred then and most would skip a year, until the following breeding season. These cows have the longest OP (315.7 ± 20.1 d), compared to cows conceiving later in the breeding season. Cows bred later in the middle of the rainy season (July, August or September) start calving from the end of April to the end of August, do not need to mobilise their body reserves in excess for lactation and therefore stand a better chance of re-conception during the same breeding season, as pasture availability in quantity and quality is at the highest when the nursing cows are at their peak of production. From these results, the best calving period for a shorter PPI would therefore be the early in the rainy season, from May to July. This would mean a 3-month breeding season extending from late July/early August to late October/ early November.

The sex of the calf born did not significantly ($P > 0.05$) affect the duration of the OP, although this period was on average 5 d longer after the birth of a male than that of a female calf. This difference was expected, as male calves are reported usually heavier at birth (12) and tend to grow faster (30). This faster growth, which is achieved through a larger intake of milk, increases the nutritional stress on the cow, resulting in additional inhibitory action on the resumption of the ovarian activity and therefore lengthens the OP and the ICP (intercalving period).

Parity significantly ($P < 0.001$) affected the duration of the OP. Cows on their first parity had the longest open period (320.7 d) which tended to decrease as the cows got older (200.2 d at the 5th parity). Young cows tend to have the longest calving intervals, due to their concurrent nutrient requirements for growth and lactation (8, 22). When the conditions are sub-optimal, the primiparous heifers are more at risk of not conceiving during a limited mating season than multiparous cows. In this case, the gain in the form of an early lighter calf

may be outweighed by a longer calving interval. Therefore, under the traditional low-input low-output husbandry systems of the Adamawa highlands of Cameroon, early breeding of heifers before the age of 24 months may not be advisable.

The seasonal availability and quality of feed plays an important role in the period from calving to conception. It has been reported that lactating cows are in a phase of negative energy balance during the first few weeks following parturition as the feed consumption does not meet the nutritional needs of lactation (31). This negative energy balance would be exacerbated in Ngaoundere Gudali cows calving at the end of the rainy season or at the beginning of the dry season, when the availability and quality of forage are limited, causing an excessive weight loss in the dams (15). Nutritional management during the transition period – preferably 3 weeks before and 3 weeks after parturition – is thus of great importance as it may have significant carry-over effects on reproductive efficiency during the subsequent mating season.

Conclusion

Month of service and sex of calf were found to be significant sources of variation in the gestation length of the Ngaoundere Gudali cattle, whereas parity did not affect this parameter. Male calves were carried 3 days longer *in utero* than their female counterparts, but this difference was not significant. The significant effect of season on the gestation length was attributed to the variability of the accuracy of oestrous/service detection, as the observations were not done frequently enough. It is therefore suggested that in future studies, a minimum of 3 observations per day for periods of at least 30 minutes each be performed for more accurate oestrus/service observations.

The duration of the open period was significantly affected by month of calving and parity, but not by the sex of the calf. Primiparous cows had the longest open period, and this reduced as parity increased. Cows calving in March and April (at the end of the dry season/ beginning of the rainy season) had longer open periods than those calving later particularly as from May to July. This latter group stands a better chance of being rebred during the subsequent breeding season than the former. The mating season should be reduced and planned in such a way that cows would start calving in May. This implies starting the mating season two months later (late July/early August) and ending it one month earlier (late October/early November) than currently. Early breeding of heifers under the extensive traditional husbandry systems of the Adamawa highlands is not advisable as the loss in reproductive performance outweighs the gain in early light-born calves.

Acknowledgements

The authors wish to thank Dr J.A. Ayuk Takem, General Manager of the Institute of Agricultural Research for Development for allowing that the results of this work be published. The role of Drs Bregeat (late), Y. Sergent and G. Saint-Martin, scientists from the «Département d'élevage et de médecine vétérinaire» of the «Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement» (Cirad-Emvt) is acknowledged. The help of the Beef Section staff of the Wakwa Regional Centre is highly appreciated.

Literature

1. Abassa P.K., Mbah D.A., Zamba P., Tawah L.C., Messine O. & Oumate H., 1993, Factors which affect Gudali and Wakwa calf weights and weaning on the Adamawa Plateau, Cameroon. *Trop. Anim. Hlth Prod.* 25, 179-184.
2. Ageeb A.G. & Hayes J.F., 2000, Reproductive responses of Holstein-Friesian cattle to the climatic conditions of central Sudan. *Trop. Anim. Hlth Prod.* 32, 233-243.
3. Azzam S.M. & Nielsen M.K., 1987, Genetic parameters for gestation length, birth date and first breeding date in beef cattle. *J. Anim. Sci.* 64, 348-356.

4. Browning R. Jr, Leite-Browning M.L., Neuendorff D.A. & Randel R.D., 1995, Prewaning growth of Angus- (*Bos taurus*), Brahman- (*Bos indicus*) and Tuli- (*Sanga*) sired calves and reproductive performance of their Brahman dams. *J. Anim. Sci.* 73, 2558-2563.
5. Dawuda P.M., Eduvie L.O., Esiebo K.A.N. & Molokwu E.C.I., 1988, Interval between calving and first observable oestrus in postpartum Bunaji cows. *Br. Vet. J.* 144, 258-261.
6. Dunn T.G. & Kaltenbach C.C., 1980, Nutrition and the postpartum interval of the ewe, sow and cow. XIV Biennial Symposium on Animal Reproduction. *J. Anim. Sci.* 51 (Suppl. II), 29-39.
7. Ebangi A.L., 1999, Genetic improvement of beef cattle in a tropical environment with special reference to the Gudali and Wakwa breeds in Cameroon. Ph.D. thesis, University of the Free State, Bloemfontein, RSA. 135 p.
8. Fike K.E., Bergfeld E.G., Cupp A.S., Kojima F.N., Mariscal V., Sanchez T.S., Wehrman W.E. & Kinder J.E., 1996, Influence of fenceline bull exposure on duration of postpartum anoestrus and pregnancy rate in beef cows. *Anim. Reprod. Sci.* 41, 161-167.
9. Galina C.S. & Arthur G.H., 1989a, Review of cattle reproduction in the tropics. 2. Parturition and calving intervals. *Anim. Breed. Abst.* 57, 679-686.
10. Galina C.S. & Arthur G.H., 1989b, Review of cattle reproduction in the tropics. 3. Puerperium. *Anim. Breed. Abst.* 57, 899-910.
11. Galina C.S. & Arthur G.H., 1990, Review of cattle reproduction in the tropics. 4. Oestrus cycles. *Anim. Breed. Abst.* 58, 697-707.
12. Holland M.D. & Odde K.G., 1992, Factors affecting calf birth weight: a review. *Theriogenology*, 38, 769-798.
13. Lamotte-Zavaleta C., Frederiksson G. & Kindall H., 1991, Reproductive performance of zebu cattle in Mexico. 1. Sexual behavior and seasonal influence on oestrous cyclicity. *Theriogenology*, 36, 6, 887-896.
14. Lawlor T.J. Jr, Kress D.D., Doornbos D.E. & Anderson D.C., 1984, Performance of crosses among Hereford, Angus and Simmental cattle with different levels of Simmental breeding. I. Pre-weaning growth and survival. *J. Anim. Sci.* 58, 1321-1328.
15. Lhoste P., 1967, Seasonal behaviour of Zebu cattle in Adamawa, Cameroon. I. Study of adult females: comparison of the indigenous breed with Brahman $\frac{1}{2}$ crosses. *Revue Elev. Méd. Vét. Pays trop.* 37, 2, 212-224.
16. Lhoste P., 1968, Seasonal behaviour of Zebu cattle in Adamawa, Cameroon. II. Prewaning growth of indigenous and half-bred Brahman calves. *Revue Elev. Méd. Vét. Pays trop.* 41, 499-517.
17. Mandon A., 1957, The Brahma zebu in Cameroon. First introduction results in the Adamawa. *Revue Elev. Méd. Vét. Pays trop.* 10, 129-145.
18. Mattoni M., Mukasa-Mugerwa E., Cecchini G. & Sovani S., 1988, The reproductive performance of East African (*Bos indicus*) Zebu cattle in Ethiopia. I. Oestrous cycle length, duration, behaviour and ovulation time. *Theriogenology*, 30, 961-971.
19. Mbah D.A., Mbanya J. & Messine O., 1987, Performance of Holsteins, Jerseys and their zebu crosses in Cameroon: preliminary studies. *Sci. Tech. Rev., Agron. and Anim. Sci. Series*, 3, 2, 115-126.
20. Mbah D.A., Abassa P.K., Zamba P., Tawah C.L., Messine O. & Oumate H., 1991, Factors affecting the reproductive performance of zebu cattle on the Adamawa Plateau. In: Proc. 2nd Annual Conference of the Cameroon Bioscience Society, Dschang, Cameroon, 22-29 November 1990, Vol. 2, pp. 217-225.
21. Mukasa-Mugerwa E., 1989, A review of reproductive performance of female *Bos indicus* (Zebu) cattle. ILCA Monograph N° 6, Addis-Ababa, Ethiopia.
22. Mukasa-Mugerwa E., Tegegne A., Mesfin T. & Teklu Y., 1991, Reproductive efficiency of *Bos indicus* (zebu) cows under artificial insemination management in Ethiopia. *Anim. Reprod. Sci.* 24, 63-72.
23. Nadarajah K., Burnside E.B. & Schaeffer L.R., 1989, Factors affecting gestation length in Ontario Holsteins. *Can. J. Anim. Sci.* 69, 1083-1086.
24. Obese F.Y., Okantah S.A., Oddoye E.O. & Gyawu P., 1999, Post-partum reproductive performance of Sanga cattle in small-holder peri-urban dairy herds in the Accra plains of Ghana. *Trop. Anim. Hlth Prod.* 31, 181-190.
25. Pamo E.T. & Yonkeu S., 1987, A study on trends of some climatic parameters within the pastoral environment of Wakwa, Adamawa, Cameroon. *Revue Sci. Tech. Série Sciences Agron.* 2, 19-33.
26. Paschal J.C., Sanders J.O. & Kerr J.L., 1991, Calving and weaning characteristics of Angus, Gray Brahman, Gir, Indu-Brazil, Nellore and Red Brahman-sired F1 calves. *J. Anim. Sci.* 69, 2395-2402.
27. Piot J. & Rippstein G., 1975, Major herbaceous species of some rangelands in Adamawa, Cameroon. Ecology and dynamics of different exploitation rates. *Revue Elev. Méd. Vét. Pays trop.* 28, 427-434.
28. Plasse D., Koger M. & Warnick A.C., 1968a, Reproductive behaviour of *Bos indicus* females in a subtropical environment. III. Calving intervals, intervals from first exposure to conception and intervals from parturition to conception. *J. Anim. Sci.* 27, 105-112.
29. Plasse D., Warnick A.C., Reese R.E. & Koger M., 1968b, Reproductive behaviour of *Bos indicus* females in a subtropical environment. II. Gestation length in Brahman cattle. *J. Anim. Sci.* 27, 101-104.
30. Reynolds W.L., De Rouen T.M., Moin S., & Koonce K.L., 1980, Factors influencing gestation length, birth weight and calf survival of Angus, zebu and zebu cross beef cattle. *J. Anim. Sci.* 51, 860-867.
31. Roche J.F., Mackey D. & Diskin M.D., 2000, Reproductive management of postpartum cows. *Anim. Reprod. Sci.* 60-61, 703-712.
32. Saint-Martin G., Messine O., Mbah D.A. & Planchenault D., 1988, Crossbreeding the Peulh zebu of the Adamawa (Cameroon) with taurine breeds: pre-weaning growth. Proc. 3rd World Congress on Sheep and Cattle Breeding. 19-23 June, Paris. INRA Publications, Paris, Vol. 2, pp. 204-206.
33. SAS, 1991, SAS/STAT guide for Personal Computers. Version 6.03 edition. SAS Institute Inc., Cary, N.C. (USA).
34. Short R.E., Staigmiller R.B., Bellows R.A., Adams D.C. & Berardinelli J.G., 1994, Effects of suckling on postpartum reproduction. Pp. 179-187. In: Fields M.J. and R.S. Sand (editors). Factors affecting calf crop. CRC Press Inc., Boca Raton, Florida.
35. Tawah C.L., Mbah D.A., Rege J.E.O. & Oumate H., 1993, Genetic evaluation of birth and weaning weight of Gudali and two-breed synthetic Wakwa beef cattle populations under selection in Cameroon: genetic and phenotypic parameters. *Anim. Prod.* 57, 73-79.
36. Williams G.L., Gazal O.S., Guzman Vega G.A. & Stanko R.L., 1996, Mechanisms regulating suckling-mediated anovulation in the cow. *Anim. Reprod. Sci.* 42, 289-297.
37. Williamson W.D. & Humes P.E., 1985, Evaluation of crossbred Brahma and continental European beef cattle in a subtropical environment for birth and weaning traits. *J. Anim. Sci.* 61, 1137-1145.

O. Messine, Cameroonian, Ph.D Institute of Agricultural Research for Development, Regional Centre of Wakwa, P.O. Box 65, Ngaoundere, Cameroon.

L.J.M. Schwalbach, Mozambican, BVSc, MSc (agric), Senior Lecturer in Department of Animal, Wildlife and Grassland Sciences, University of the Free State, P.O. Box 339 Bloemfontein 9300, South Africa.

D.A. Mbah, Cameroonian, Ministry of Scientific Research and Innovation, P.O. Box 1457, Yaounde, Cameroon.

A.L. Ebangi, Cameroonian, Ph.D. (Animal and Breeding and Genetics), Senior Research Officer for the beef program IRAD Wakwa, Provincial Chief of Service for Scientific Research, Adamawa. Institute of Agricultural Research for Development, Regional Centre of Wakwa, P.O. Box 65, Ngaoundere, Cameroon.

Development of a Radioimmunoassay for Bovine Chymosin B

D. Idrissa-Sidikou^{1,2}, B. Remy¹, Isabelle Dufrasne¹, J.F. Cabarau¹, J.P. Borceux¹ & J.F. Beckers^{1*}

Keywords: Chymosin B- Radioimmunoassay- Plasma- Calf- Cow

Summary

The present study was conducted to develop and validate a specific radioimmunoassay system for measurement of bovine chymosin B (bChyB) concentrations in plasma samples. Bovine ChyB was used for immunization of rabbits and as standard and tracer. Chymosin B concentrations were measured in plasma samples from two groups of calves (Group 1: calves sampled from birth to 24 hours; Group 2: calves sampled from Day 1 to 21 after birth) and from one cow during the peri-partum period. Detection limit of the assay was 9.0 ng/ml. Recovery was higher than 89.3%. Repeatability and reproducibility ranged from 1.52% to 5.23% and from 1.52% to 12.57% respectively. No cross-reaction was found with pepsinogen A from bovine, porcine or human origins. In Group 1, bChyB concentrations increased from 47.3 ± 45.1 ng/ml (5 min after birth) to 325.5 ± 161.2 ng/ml (12 hours after birth), then no significant change was observed till 24 hours after birth (293.0 ± 161.5 ng/ml). In Group 2, concentrations decreased from Day 1 (455.3 ± 191.1 ng/ml) to Day 21 (117.9 ± 85.1 ng/ml). In adult cow, mean concentration was 136.0 ± 32.3 ng/ml. In conclusion, bChyB is able to cross the stomach basal membrane and to reach the blood circulation at detectable levels in both young calves and adult cows.

Résumé

Développement d'un dosage radioimmunologique de la chymosine B bovine

La présente étude a été menée pour développer et valider un système de dosage radioimmunologique spécifique pour la détection de la chymosine B (bChyB) dans des échantillons de plasma. De la chymosine B a été utilisée pour l'immunisation des lapins et la production de standard et de traceur. Les concentrations de bChyB ont été mesurées dans le plasma chez deux groupes de veaux (Groupe 1: de la naissance à 24 heures, Groupe 2: du jour 1 au jour 21 après la naissance) et chez une vache gestante durant la période péri partum. La limite de détection du dosage était de 9 ng/ml et l'exactitude était supérieure à 89,3%. La répétabilité et la reproductibilité étaient comprises entre 1,52% et 5,23%, et entre 1,52% et 12,57% respectivement. Aucune réaction croisée n'a été détectée avec les pepsinogènes A d'origine bovine, porcine ou humaine. Chez le Groupe 1, les concentrations de bChyB augmentent de 47,3 ± 45,1 ng/ml (5 min après naissance) à 325,5 ± 161,2 ng/ml (12 heures après naissance), puis aucun changement notable n'est observé jusqu'à 24 heures après naissance (293,0 ± 161,5 ng/ml). Chez le Groupe 2, les valeurs diminuent du jour 1 (455,3 ± 191,1 ng/ml) au jour 21 (117,9 ± 85,1 ng/ml). Chez l'adulte, la concentration moyenne était de 136,0 ± 32,3 ng/ml. En conclusion, le système a permis de doser spécifiquement la bChyB dans des échantillons provenant de veaux et de vache adulte, démontrant ainsi le passage de cette enzyme de la paroi stomacale vers la circulation sanguine.

Introduction

The measurement of blood pepsinogen is considered to reflect the morphological and functional status of the gastric mucosa. Pepsinogen assay is used for the indirect diagnosis of gastrointestinal diseases by *Ostertagia* or *Haemonchus* infestation in bovines. These worms, in particular *Haemonchus*, are widespread in both temperate and tropical area. They are responsible of important losses in animal husbandry by mortality or decrease of milk and meat production. Especially in tropical area, *Haemonchus* was shown being developed high capacity to resist and survive in these arid or sub-arid countries. These helminthosis need a better control by indirect diagnosis before the first clinical signs of disease. The digestive enzymes such as the different forms of pepsinogens and prochymosins are good candidate to serve as clinical markers.

Recently, we purified and developed the radioimmunoassay of bovine pepsinogen A (18). Pepsinogen belongs to the aspartic proteases family. In this group pepsinogen A is coexisting with pepsinogen C (progastricsine) and prochymosins A, B and C which are in general considered to be specifically found in neonate animals. These molecules are constituted by one single polypeptide chain containing 372 and 381 residues respectively for bovine pepsinogen A and bovine prochymosin B. These zymogens are specialized

in the digestion of dietary proteins and the optimum pH of their activation is around 2 and 4.5 respectively. The C form of pepsinogen have been detected in bovine, however, probably due to its relative low gastric expression when compared to pepsinogen A, it was not fully characterized in term of amino acid sequence.

In human, pepsinogens were also studied for individual diagnosis of gastrointestinal pathologies, in 1989, Biemond *et al.* (5) showed that the specific and simultaneous measurement of two different forms of pepsinogen (A and C), and the use of the ratio A/C, gave more accurate informations for the differential diagnosis of gastric ulcers and cancers. After this, the scientific literature underlined repeatedly the greater interest of this simultaneous measurement of different zymogens in peripheral blood. So, after the development of the RIA of bovine pepsinogen A as indicated above, we complete our approach in order to develop an indirect marker for bovine helminthiasis, by the radioimmunoassay for a second molecule belonging to the family of the aspartic proteases. Because of the difficulty to obtain the purified bovine pepsinogen C, bovine chymosin B was considered in this work. This protein being available from commercial origin (> 90% purity). The RIA was validated in plasma, in buffer and then used to measure

¹Faculty of Veterinary Medicine, University of Liège, Bd de Colonster n. 20, B41, B-4000 Sart Tilman, Liège, Belgium.

²Department of Animal Productions, Faculty of Agriculture, University Abdou Moumouni of Niamey, Po Box 10960, Niamey, Niger.

*Corresponding author: Professor J.F. Beckers. Phone: +32-43664161; fax: +32-43664165; E-Mail: jfbeckers@ulg.ac.be

Received on 26.01.06 and accepted for publication on 28.02.06.

plasmatic concentrations in newborn and young calves, and to investigate the presence of these zymogens in an adult cow around parturition.

Materials and methods

Antisera production

Work on animals was approved by the ethical committee from University of Liège (Authorisation n. 297). Antisera against bChyB were raised in New Zealand white rabbits according to the method of Vaitukaitis *et al.* (22). During two months, four rabbits (R#814, R#815, R#816 and R#817) aged between 3 and 5 months received intradermal injections (15 days interval) of 500 µg of bChyB (Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA; Ref. R-4879) dissolved in 500 µL of phosphate buffer (0.05 M, pH 7.5), and emulsified in an equal volume of Freund's complete adjuvant (Sigma-Aldrich Co.). Afterwards, rabbits received monthly booster doses of bChyB (500 µg) emulsified in Freund's incomplete adjuvant (Difco Laboratories, Detroit 1, USA) over a period of six months. The animals were bled two months after the first injection and then monthly. The blood samples were allowed to clot overnight at room temperature. The next day, the serum was transferred and centrifuged at 2,500 x g for 20 min, then aliquoted and stored at -20 °C till used.

Radiolabeled bChyB (tracer)

The antigen was labeled according to the chloramine T method (13). For the radio-iodination, 10 µl of bChyB (1 mg/ml), 10 µL of phosphate buffer (0.5 M, pH 7.5), 10 µL of ¹²⁵I-Na (1 mCi) (Amersham Biosciences, Uppsala, Sweden), buffered by 10 µl of phosphate buffer (0.5 M, pH 7.5) and the oxidation is induced by 10 µL of chloramine T (5.0 mg/ml) (Sigma-Aldrich Co.). After 1 min of gentle stirring, 10 µL metabisulfite (30.0 mg/ml) (Sigma-Aldrich Co.) was added to stop the reaction.

¹²⁵I-bChyB was purified by gel filtration on a Sephadex G-75 column (1 x 30 cm) (Amersham Biosciences) equilibrated and eluted with the 0.05 M phosphate buffer. Eluted aliquots of 1.0 ml were collected, submitted onto a test with the antiserum, and selected according to the non-specific binding value (NSB) and binding/total (B/T) ratio. The fractions exhibiting the highest performances in term of specific binding were diluted, aliquoted (1.0 ml) and stored at -20 °C until used in the RIA procedure.

Second antibody precipitant system

The second antibody was prepared by mixing sheep anti-rabbit IgG serum with normal rabbit serum (5:1; v:v). This solution was incubated for 16 h at 4 °C before used at 1% in the precipitation system, which constituents were 0.05 M phosphate buffer (pH 7.5), 0.4% BSA, 4% PEG 6000 (VWR, Leuven, Belgium) and 0.05% microcrystalline cellulose (Merck, Darmstadt, Germany).

Antisera test

The four obtained antisera were serially diluted in the RIA buffer (1/10,000, 1/20,000, 1/40,000, 1/80,000, 1/160,000 and 1/320,000) in order to obtain a tracer-binding ratio in the zero standard of approximately 30-50% (B_0/T) and non-specific binding below 2%. For the binding test, 100 µL of the initially diluted antiserum, 100 µL of the ¹²⁵I-bChyB and 300 µL of the RIA buffer were incubated overnight before addition of the second antibody precipitation system, centrifugation and count of the pellet radioactivity.

Standard curves

Bovine chymosin B (lyophilized powder) was diluted with assay buffer (Phosphate buffer: 0.05 M, pH 7.5, containing 1 g/L BSA and 5.0 ml of Tween 20 was used throughout

the procedure) to give standard curves ranging from 4.75 to 2,500 ng/ml. The RIA was performed at 4 °C in polystyrene tubes (75 x 12 mm). Each tube contained 100 µL of standard dilution or 100 µL of unknown sample, 100 µL of antiserum (R#817) diluted at 1/50,000 (1/250,000 final dilution), and 100 µL of labeled ¹²⁵I-bChyB (20,000 cpm). The incubation volume was made up to 500 µL by addition of 200 µL of RIA buffer. In the zero standard tubes (B_0), the standard dilution was replaced by assay buffer. The non-specific binding (NSB) tubes contained 400 µL of buffer and 100 µL of the tracer. All standard and unknown tubes were set up in duplicate. The mixture was incubated at 4 °C from 18 to 24 h. After addition of 1.0 ml of the second antibody precipitation system, the mixture was allowed to react at 4 °C for 1 h. Free and bound bChyB were then separated by centrifugation at 3,000 x g for 20 min. The supernatant was discarded and the radioactivity of the pellet was determined in an automatic gamma counter with a counting efficiency of 75% (1261 Multigamma, Wallac, Turku, Finland).

Characteristics of the RIA

To determine the specificity, available members of the aspartic protease family such porcine pepsinogen A (Sigma-Aldrich Co.) and human pepsinogen A (Sigma-Aldrich Co.) were tested in the range from 19.5 to 10,000 ng/ml. Purified bovine pepsinogen A (18) was tested in the range from 19.5 to 10,000 ng/ml. In addition, different dilutions of a plasma sample containing detectable concentrations of bChyB were set up in buffer (1/1, 1/2, 1/4, 1/8, 1/16, 1/32 and 1/64). The accuracy test was carried out by adding defined concentrations of bChyB (9.5, 39.0, 156.0, 625.0 and 2,500 ng) to three bovine plasmas containing known concentrations. The percentage of recovery was calculated as following [observed value (ng/ml)/expected value (ng/ml)] x 100. The precision of the RIA was determined by estimating the intra- and inter-assay coefficients of variation (CV). To determine the intra-assay CV, the same serum was assayed 10 times using the same assay. The inter-assay CV was assessed by analyzing the concentrations of different sera in five consecutive assays. The sensitivity was determined by measuring the least detectable dose (LDD) of bChyB in the developed RIA (20). A set of 20 zero binding value were assayed in the same test. The mean and the standard deviation (SD) of precipitate counts at zero bChyB concentration were calculated. The bChyB value that corresponded to the mean count minus two standard deviations transposed onto the standard curve was defined as the sensitivity of the RIA.

Animals and plasma samples

Two groups (Group 1 and 2) of ten newborn calves each were followed. The first group (n= 10) was serially sampled at 5 minutes, 1 hour, 6 hours, 12 hours and 24 hours after birth. The second group (n= 10) was housed in the experimental farm of the Faculty of Veterinary Medicine (University of Liège, Belgium) and sampled when calves were 1, 3, 5, 7, 14 and 21 days old. In addition, one cow was serially sampled during peri-partum period (from day 33 before parturition till day 3 after calving). Blood samples were taken from the jugular vein. Plasma was separated by centrifugation at 2,000 x g and stored at -20 °C until used.

Statistical analysis

The data obtained were analyzed with commercially available Microsoft Excel program. The inter- and intra-assay CV were calculated as the SD divided by the mean value. Mean recoveries at each concentration were calculated as a percentage of the expected value.

Results

Antisera dilution

The dilution curves of the four raised antisera are presented

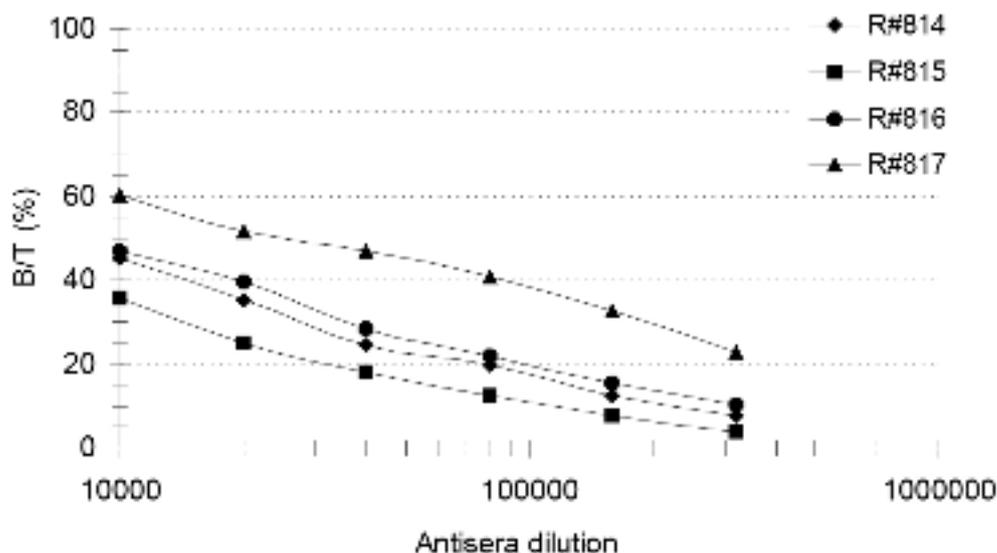


Figure 1: Binding ratio after serial dilutions of four antisera (R#814, R#815, R#816 and R#817) raised against a bovine chymosin B preparation.

in figure 1. In the presence of excess of antiserum R#817 (1/10,000), 60.4% of labeled bChyB was bound and the non-specific binding was below 2%. At the same antisera excess conditions (1/10,000), the binding ratios of R#814, R#815 and R#816 were 45.25%, 35.71% and 47.06%, respectively. These binding levels point out the fact that the performed protocol of immunization had a good efficacy.

Standard curve and bChyB-RIA validation

The ^{125}I -bChyB tracer bound antiserum R#817 at a high final dilution (1:250,000). At this dilution, it bounds 40% of tracer with a non-specific bound below 2%. The standard inhibition curve ranged from 97.7% to 10.3% binding when serial dilutions of bChyB (ranging from 4.75 to 2,500 ng/ml) were assayed. The calculated detection limit was 0.9 ng/tube or 9 ng/ml of plasma. The displacement of the standard curve of the RIA is presented in figure 2.

As shown in figure 3, no cross-reaction was observed in bChyB assay with either bovine, porcine or human pepsinogen A. Serial dilution of a calf plasma sample showed a dose-response curve parallel to the standard curve (Figure 2). The recovery of the assay ranged from 89.3% to 112.4% (Table 1). The coefficients of variation are presented in table 2. The intra-assay CV ranged from 1.52% to 5.23%, and the inter-assay CV from 1.52% to 12.57%.

Plasma bChyB concentrations

In the first group, bChyB was detected at low concentrations just after birth (5 minutes) (47.3 ± 45.1 ng/ml). Thereafter, the concentrations increased progressively and the highest value was observed at 12 hours after birth (325.5 ± 161.2 ng/ml) (Figure 4a). In the second group, plasma bChyB concentrations showed a gradual decrease with increasing age from day 1 (455.3 ± 191.1 ng/ml) to 21 days of age (117.9 ± 85.1 ng/ml) (Figure 4b).

Interestingly, bChyB concentrations were also detected in an adult cow. In this animal, concentrations ranged from 85 to 222 ng/ml (136 ± 32.3 ng/ml, for the whole period) indicating the presence of a basal detectable bChyB concentrations in adult animals.

Discussion

The present study was performed to develop a specific RIA system for bovine chymosin B, as well as to measure its concentration in plasma samples from calves and adult animals. The protocol of immunization gave four antisera with high titers, allowing the choice of antiserum R#817 for our RIA system. When used at 1:250,000 final dilution, this antiserum yielded 40% of specific binding. We recently described the development of a bovine pepsinogen A RIA

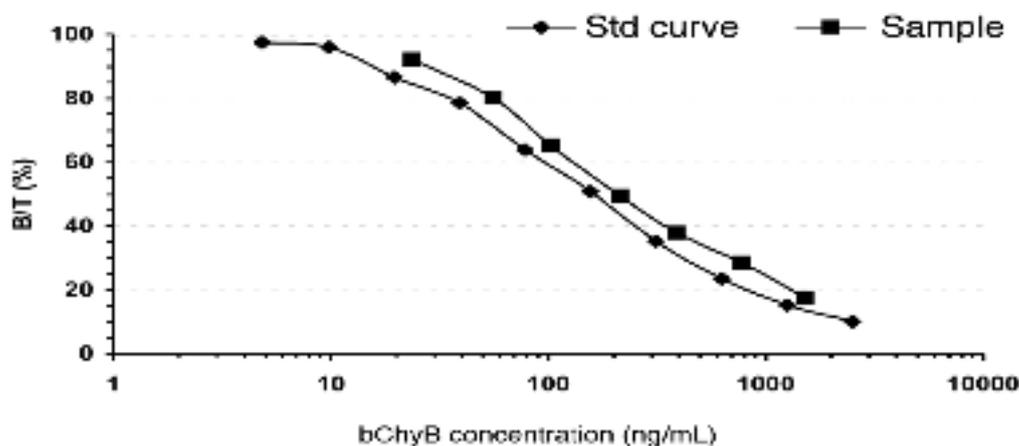


Figure 2: Parallelism between bovine chymosin B (bChyB) standard curve and serial dilution of a calf serum sample. The standard curve was calculated by the linear scale of B/B_0 ratio versus decadic logarithmic of the standard concentration using radiolabeled bChyB. B/B_0 means tracer bound / tracer bound in zero standard. The serum sample (1/1) was serially diluted at 1/2, 1/4, 1/8, 1/16, 1/32 and 1/64.

Table 1
Recovery of bovine chymosin B (bChyB) added to three samples containing different concentrations of bChy

Initial serum sample bChyB concentration	Amount of bChyB added (ng)	Expected bChyB concentration (ng/ml)	Observed bChyB concentration (ng/ml)	Recovery* (%)
1.7 ng/ml	9.5	11.2	10.0	89.3
	39.0	40.7	37.8	92.9
	156.0	157.7	160.1	101.5
	625.0	626.7	570.0	91.0
	2,500.0	2,501.7	2,252.9	90.0
25 ng/ml	9.5	34.5	34.7	100.7
	39.0	64.0	69.1	108.0
	156.0	181.0	162.0	89.5
	625.0	650.0	605.3	93.1
	2,500.0	2,525.0	2,667.7	105.6
125 ng/ml	9.5	134.5	133.4	99.2
	39.0	164.0	162.8	99.3
	156.0	281.0	271.1	96.5
	625.0	750.0	677.0	90.3
	2,500.0	2,625.0	2,951.0	112.4

* (Observed value/Expected value) x 100.

Table 2
Coefficients of variation intra-assay and inter-assay of bovine chymosin B (bChyB) RIA

Bovine sample	Intra-assay		Inter-assay	
	bChyB concentration ^a	CV (%)	bChyB concentration ^a	CV (%)
Sample 1	126.62 ± 1.93 ng/ml	1.52	126.30 ± 1.92 ng/ml	1.52
Sample 2	30.61 ± 1.52 ng/ml	5.23	25.16 ± 3.16 ng/ml	12.57

^aMean ± SD.

system (19), the dilution of the antiserum being closely related to that of chymosin B (1:250,000). It is a general observation that valuable RIA systems are developed with antiserum used at high dilution. This assumption is sustained by the RIA systems developed for human pepsinogens A and C (5), in which antisera were diluted at 1:200,000 and 1:300,000, respectively. Similar high antiserum titer was also reported by Banga-Mboko *et al.* (3) who used a dilution of 1:200,000 for porcine pepsinogen A RIA system. Nevertheless, a number of studies reported lower dilution levels of some pepsinogen antisera. This was the case of studies conducted by Samloff and Liebmann (17) who reported a final dilution of 1:50,000 for human pepsinogen antiserum, and by Nappert *et al.* (16) who reported a final dilution of 1:18,000 for porcine pepsinogen antisera. In the same way, Gomes *et al.* (12) reported the development of an ELISA for bovine pepsinogen in which the antiserum was diluted at 1:2,000. Advantages related to the use of high dilutions of antiserum are the possibility to perform a large number of assays with a small volume of the antiserum, and a gain in sensitivity and specificity.

In our RIA protocol, the assay gave a sensitivity of 0.9 ng/tube (9 ng/ml of plasma) without any pre-incubation step. Considering the specificity, no cross-reaction was noted

with bovine, porcine or human pepsinogen A. This lack of cross-reaction point out the high specificity of the present assay. The recovery values calculated in the present work (89.3% or higher) were closely similar to those reported for RIA of porcine pepsinogen A (81.7 to 102.3%), human pepsinogen A (81.3 to 139.5%) or bovine pepsinogen A (85.5 to 103.3%) (3,5,19). The assay showed an intra-assay coefficient of variation of 5.23% or lower, and an inter-assay variation about 12.57% or lower. The general characteristics of the assay in term of sensitivity, specificity, accuracy, intra and inter-assay coefficients of variations were satisfactory; the assay is therefore suitable for the measurement of chymosin in bovine plasma.

To our knowledge, the present study is the first report on bChyB concentrations in both young calves and adult cow plasma samples. So, any comparison of the present concentrations with those of other zymogens or those obtained in other species has to be interpreted with great caution. Just after birth, chymosin concentrations were low, they increased between the first and the fourth samples. This sharp increase correspond also to the period of colostrum consumption. Surprisingly, in our study, high level of chymosin was observed in colostrum whereas no chymosin increase was detected in the maternal blood around

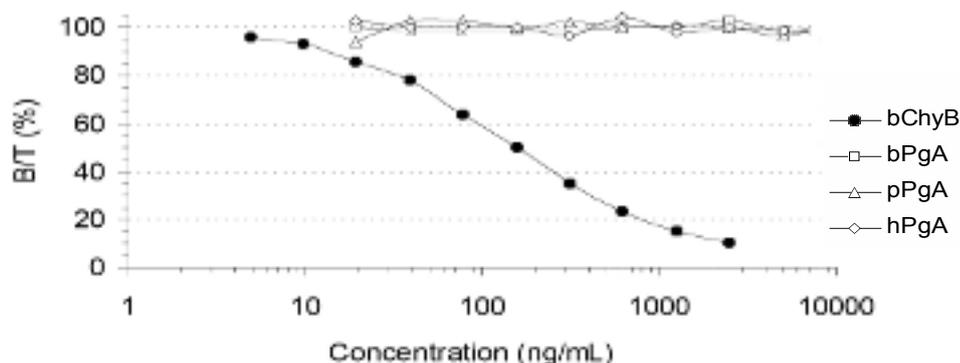


Figure 3: Specificity of the bovine chymosin B radioimmunoassay. The standard curve was calculated by the scale of B/B_0 ratio versus decadic logarithmic of bChyB concentrations (expressed in ng/ml) using radiolabeled bChyB (^{125}I -bChyB). B/B_0 means tracer bound / tracer bound in zero standard.

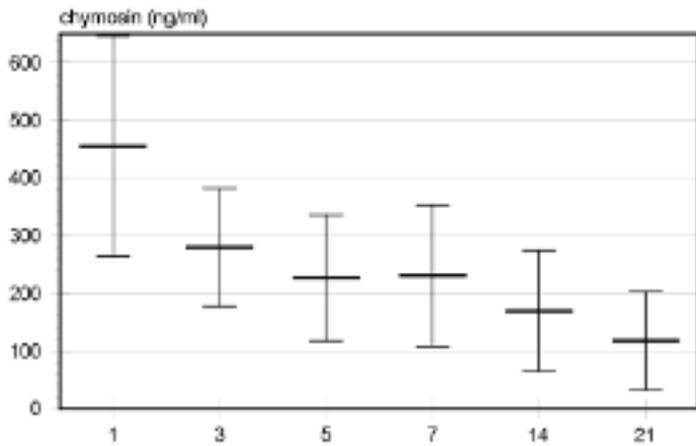


Figure 4a: Evolution of bovine chymosin B concentrations (mean \pm SD) in plasma samples of ten young calves sampled from 5 minutes after birth to 24 hours of age.

parturition. As the concentration of chymosin were also high in colostrum (unpublished data), this sharp increase during 12-24 hours of the calves life remain not clearly explain. Is chymosin released in stomach directly reabsorbed in gut like for other macromolecules brought by colostrum?; or do the colostrum bring an additional amount of chymosin that is also reabsorbed? Moreover the possible role of colostrum chymosin remain unexplained. In this group 1, the bChyB plasmatic concentration corresponds to the typical suckling activity of very young calves, increased bChyB concentrations being observed 12 hours after birth. These results are sustained by the study of Andren and Bjorck (1), who demonstrated that in bovine, the mucous neck cells and chief cells in the lower base of the gastric gland are immunoreactive to prochymosin both before and after weaning. The high level of plasma chymosin was observed a few time after the first colostrum feeding, this phenomenon point out the high level of intestinal absorption before the closure occurs 24 hours after birth. From day 1 to 21 after birth, an age dependance was observed, calves from group 2 showing a constant decrease of concentrations from day 1 to 21 after birth. Interestingly, plasma samples from one adult cow also exhibited detectable levels of bChyB. This finding shows that in bovine species, from very young till

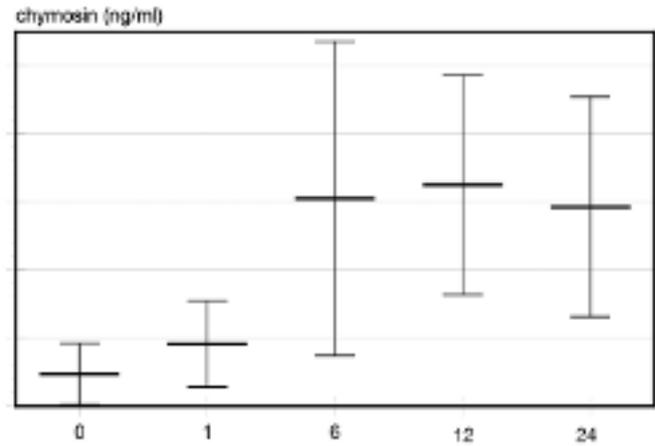


Figure 4b: Evolution of bovine chymosin B concentrations (mean \pm SD) in plasma samples of ten calves sampled from day 1 to day 21 after birth.

adult life, bChyB synthesized by the gastric mucosa reach the blood circulation at detectable concentrations.

Conclusion

The RIA showed good sensitivity, specificity, accuracy and reproducibility. By using the assay for blood bChyB determination, we demonstrate that this zymogen is able to cross the basal gastric membrane and to reach the general blood circulation in calves, and still detectable in adults. Furthermore, bChyB-RIA can be associated to the pepsinogen A RIA in the expectation to highlight differential diagnosis of gastrointestinal disorders due to parasites as *Paraphistomum*, *Ostertagia* and *Hoemonchus*. The last being frequently responsible of disease in tropical or sub-tropical area.

Acknowledgements

The authors would like to thank Dr J.L. Hornick, Dr N.M. Sousa, Dr M. Hamani and Professor A. Yenikoye for their contribution and suggestions along this work. We are grateful to Mrs R. Fares-Noucairi for secretary assistance. The Belgian FNRS and Ministry of Agriculture granted this study.

Literature

- Andren A. & Bjorck L., 1986, Milk feeding maintains the prochymosin production in cells of bovine abomasal mucosa. *Acta Physiol. Scand.* 126, 419-427.
- Antonini J. & Ribadeau-Dumas B., 1971, Isolation, purification and properties of 2 bovine gastric zymogens. Properties of the corresponding proteases. *Biochem.* 53, 321-329.
- Banga-Mboko H., Sulon J., Closset J., Remy B., Youssao I., Sousa N.M., El Amiri B., Sanglid P.T., Maes D. & Beckers J.F., 2003, An improved radioimmunoassay for measurement of pepsinogen in porcine blood samples. *Vet. J.* 165, 288-295.
- Bermejo F., Boixeda D., Gisbert J.P., Sanz J.M., Defarges V., Alvarez Calatayud G., Moreno L., Martin D.E. & Argila C., 2001, Basal concentrations of gastrin and pepsinogen I and II in gastric ulcer: influence of *Helicobacter pylori* infection and usefulness in the control of the eradication. *Gastroenterol. Hepatologia.* 24, 56-62.
- Biomond I., Jansen J.B., Crobach L.F., Kreuning J. & Lamers C.B., 1989, Radioimmunoassay of human pepsinogen A and C. *J. Clin. Chem. Clin. Biochem.* 27, 19-25.
- Biomond I., Kreuning J., Janssen J.B.M. & Lamers C.B., 1993, Diagnostic value of serum pepsinogen C in patients with raised serum concentrations of pepsinogen A. *Gut.* 34, 1315-1318.
- Eckersall P.D., Macaskill J., Mckellar Q.A. & Bryce K.L., 1987, Multiple forms of bovine pepsinogen. Isolation and identification in serum from calves with ostertagiasis. *Res. Vet. Sci.* 43, 279-283.
- Foltmann B. & Axelsen N.H., 1980, Gastric proteases and their zymogens. Phylogenic and developmental aspects. *FEBS Proceedings* 60, 271-280.
- Foltmann B., 1981, Gastric proteinases: structure, function, evolution and mechanism of action. *Essays Biochem.* 17, 52-84.
- Garnot P., Valles E., Thapon J.L., Toullec R., Tomassone R. & Ribadeau-Dumas B., 1974, Influence of dietary proteins on rennin and pepsin, content of preruminant calf vell. *J. Dairy Res.* 41, 19-23.
- Garnot P., Toullec R., Thapon J.L., Martin P., Hoang M.T., Mathieu C.M. & Ribadeau Dumas B., 1977, Influence of age, dietary protein and weaning on calf abomasal enzymatic secretion. *J. Dairy Res.* 44, 9-23.
- Gomes M.A., Lima W., Dos S. & Pesquero J.L., 1994, A new method for bovine pepsinogen purification. Preparation of a specific antibody. *J. Immunoassay.* 15, 157-170.
- Greenwood F.C., Hunter W. & Glover J., 1963, The preparation of 131I-labelled human growth hormone in high specific radioactivity. *Biochem. J.* 89, 114-123.
- Kageyama T., 2002, Pepsinogens, progastricsins and prochymosins: structure, function, evolution and development. *Cell. Mol. Life Sci.* 59, 288-306.
- Miki K., Morita M., Sasajima M., Hoshima R., Kanda E. & Urita Y., 2003,

- Useful of gastric cancer screening using the serum pepsinogen test method. *Am. J. Gastroenterol.* 98, 735-739.
16. Nappert G., Vrins A., Beauregard M., Vermette L. & Lariviere N., 1990, Radioimmunoassay of serum pepsinogen in relation to gastric (pars oesophageal) ulceration in swine herds. *Can. J. Vet. Res.* 54, 390-393.
 17. Samloff I.M. & Liebman W.M., 1974, Radioimmunoassay of group I pepsinogen in serum. *Gastroenterology*, 66, 494-502.
 18. Sidikou D.I., Remy B., Gerardin-Otthiers N., Joris B. & Beckers J.F., 2005, Bovine pepsinogen A: isolation and partial characterization of isoforms with high activity. *J. Anim. Vet. Adv.* 4, 894-901.
 19. Sidikou D.I., Remy B. & Beckers J.F., 2006, Development of a radioimmunoassay for bovine pepsinogen A (submitted).
 20. Skelley D.S., Brown L.P. & Besch P.K., 1973, Radioimmunoassay. *Clin. Chem.* 19, 146-186.
 21. Wagner S., Haruma K., Gladziwa U., Soudah B., Gebel M., Bleck J., Schmidt H. & Manns M., 1994, *Helicobacter pylori* infection and serum pepsinogen A, pepsinogen C, and gastrin in gastritis and peptic ulcer: significance of inflammation and effect of bacterial eradication. *Am. J. Gastroenterol.* 89, 1211-1218.
 22. Vaitukaitis J., Robbins J.B., Nieschlag E. & Ross G.T., 1971, A method for producing specific antisera with small doses of immunogens. *J. Clin. End. Met.* 33, 988-991.

D. Idrissa-Sidikou, Nigerien, DMV, MS, PhD Student, Faculty of Veterinary Medicine, University of Liège, Bd de Colonster n. 20, B41, B-4000 Sart Tilman, Liège, Belgium; ^bDepartment of Animal Productions, Faculty of Agriculture, University Abdou Moumouni of Niamey, Po Box 10960, Niamey, Niger.

B. Remy, Belgian, PhD, Assistant, Faculty of Veterinary Medicine, University of Liège, Bd de Colonster n. 20, B41, B-4000 Sart Tilman, Liège, Belgium.

Isabelle DufRASne, Belgian, PhD, Assistant, Faculty of Veterinary Medicine, University of Liège, Bd de Colonster n. 20, B41, B-4000 Sart Tilman, Liège, Belgium.

J.F. Cabaraux, Belgian, PhD, Assistant, Faculty of Veterinary Medicine, University of Liège, Bd de Colonster n. 20, B41, B-4000 Sart Tilman, Liège, Belgium.

J.P. Borceux, Belgian, DVM, Ms, Assistant, Faculty of Veterinary Medicine, University of Liège, Bd de Colonster n. 20, B41, B-4000 Sart Tilman, Liège, Belgium.

J.F. Beckers, Belgian, PhD, Professor, Faculty of Veterinary Medicine, University of Liège, Bd de Colonster n. 20, B41, B-4000 Sart Tilman, Liège, Belgium.

Tolérance de quelques cultivars de manioc (*Manihot esculenta* Crantz) et de l'espèce sauvage (*Manihot glaziovii*) à la mosaïque virale africaine et à la cercosporiose du manioc

Z. Ambang¹, A. Akoa¹, N. Bekolo¹, J. Nantia², L. Nyobe¹ & Yvette Sylvie Bouquet Ongono¹

Keywords: Virus- *Cercospora henningsii*- Inoculation- Disease Development- Plant Resistance- Cameroon

Résumé

Une étude de la tolérance de trois cultivars de *Manihot esculenta* Crantz (un cultivar local, Alot-Bikon, et deux améliorés: IITA 8034, IITA 8061) et de l'espèce sauvage (*M. glaziovii*) prélevée dans la forêt du Mbam et Kim (Cameroun), a été menée à Yaoundé, vis-à-vis de la mosaïque virale africaine du manioc (MVAM) et de la cercosporiose. La MVAM est apparue dans les conditions naturelles, alors que la cercosporiose a été étudiée suite à l'inoculation d'une solution de *Cercospora henningsii* de concentration 20×10^2 conidies/ml. Seize semaines après plantation des boutures, les plantes de *M. glaziovii* étaient les plus hautes (156 cm), tandis que le plus grand nombre de feuilles (113) était formé sur IITA 8061. Les plus faibles niveaux d'infection causée par la MVAM (17,2%) et la cercosporiose (2,7%) ont été enregistrés sur les plants de l'espèce sauvage, qui par conséquent semble être plus tolérante aux maladies étudiées. Le cultivar IITA 8061 a été moyennement résistant à la MVAM (28,9%) et plus résistant à la cercosporiose (7,8%). Les cultivars IITA 8034 et local, Alot-Bikon, ont été trouvés plus sensibles respectivement à la MVAM (53,9 et 54,5%) et à la cercosporiose (18,8 et 32,8%). Le meilleur rendement en tubercules a été obtenu avec IITA 8061 (34,5 t/ha), suivi de la variété IITA 8034 (32,1 t/ha) et le cultivar local (15,6 t/ha). Ces résultats montrent que le degré de tolérance des variétés de manioc aux maladies a une grande influence sur le rendement en tubercules.

Summary

Tolerance of some Cassava Cultivars (*Manihot esculenta* Crantz) and the Wild Species (*M. glaziovii*) to Cassava Mosaic Virus Disease and Brown Leaf Spot

A study of the tolerance of three cultivars of *Manihot esculenta* Crantz (one local cultivar, Alot-Bikon, and two improved: IITA 8034, IITA 8061) and wild cassava (*M. glaziovii*) collected from the Mbam and Kim forest (Cameroon) towards the cassava mosaic virus disease (CMVD) and brown leaf spot (BLS), was carried out in Yaoundé. CMVD was studied under natural conditions, whereas BLS was inoculated through a solution of *Cercospora henningsii* in concentration around 20×10^2 conidia/ml. Sixteen weeks after planting the cuttings, *M. glaziovii* plants were tallest (156 cm), whereas highest number of leaves (113) was obtained on the IITA 8061 cultivar. The lowest infection degrees by CMVD (17.2%) and BLS (2.7%) were registered on the wild species. Consequently, wild species seem to be more tolerant of the diseases studied. IITA 8061 cultivar is moderately resistant to CMVD (28.9%) and rather resistant to BLS (7.8%). Cultivars IITA 8034 and the local variety are more sensitive respectively to CMVD (53.1 and 54.5%) and BLS (18.8 and 32.8%). The highest yield in tubers was obtained from cultivar IITA 8061 (34.5 t/ha) followed by IITA 8034 (32.1 t/ha) and local cultivar, Alot-Bikon (15.6 t/ha). These results show that the tolerance of cassava cultivars to disease has a large influence on tuber yield.

Introduction

Le manioc (*Manihot esculenta* Crantz) est une plante à racine amyliacée, introduite en Afrique au 16^e siècle par des marchands portugais (29). Le manioc est très cultivé dans les zones tropicales et sert d'aliment de base à plus de 500 millions de personnes à travers le monde. L'Afrique subsaharienne produit plus de 85 millions de tonnes de manioc par an, soit environ la moitié de la production mondiale (6). Bien que le manioc présente une grande faculté d'adaptation à différentes conditions écologiques, les dégâts causés par les maladies et les ravageurs constituent des contraintes énormes qui baissent fortement la production. Les maladies des tâches foliaires entraînent non seulement des pertes en rendement des tubercules, mais influencent négativement sur la qualité et la quantité de feuilles qui sont très utilisées dans différents menus alimentaires des populations de l'Afrique sub-saharienne (16).

Parmi les maladies des tâches foliaires, la mosaïque virale africaine du manioc (MVAM) et la cercosporiose sont les plus répandues. Étudiée pour la première fois en 1894, la MVAM est présente dans toutes les aires de culture du manioc en Afrique et peut causer des pertes en rendement de 20 à 90% (11, 18, 20). L'agent causal de la MVAM est un Bégomovirus issu au moins de deux souches différentes (9) et transmis par plusieurs vecteurs (Aleurodes) du genre *Bemisia* (1, 21). La cercosporiose provoque d'importantes défoliations

et diminue considérablement la surface photo active (14). La cercosporiose du manioc apparaît généralement à la seconde phase de la végétation (après la floraison) et dans la majorité des cas engendre moins de pertes en tubercules (20). Au Cameroun, il existe deux espèces de champignons responsables de la cercosporiose du manioc: *Cercospora henningsii* et *C. vicosae* qui causent respectivement des tâches brunes avec une auréole jaune indéfinie autour de la lésion et des tâches brunes entraînant une flétrissure de la feuille (25). Une étude des relations entre le degré d'infection (intensité ou sévérité d'attaque des plantes par la maladie au cours de leur développement) et le taux d'expansion (pourcentage des plants malades ou fréquence de la maladie sur les plants dans une parcelle donnée) des maladies, et le rendement en tubercules pourrait nous permettre d'avoir une idée de la tolérance des variétés étudiées vis-à-vis de la MVAM et la cercosporiose du manioc.

Matériel et méthodes

Conditions pédoclimatiques

L'essai a été mené à la station expérimentale du département de Biologie et Physiologie Végétales de l'Université de Yaoundé I au Cameroun, pendant la saison culturale 1999-2000. Le sol du site expérimental est de type ferrallitique dont les principaux

¹ Département de Biologie et Physiologie Végétales, Faculté des Sciences, Université de Yaoundé I, B.P. 812, Yaoundé, Cameroun. * E-mail: zachambang@yahoo.fr

² Ministère de l'Agriculture, Direction de la Production Agricole, B.P. 13, Yaoundé, Cameroun.

Reçu le 18.12.02 et accepté pour publication le 02.03.06.

Tableau 1
Principales caractéristiques du sol du site expérimental
(Laboratoire des sols, IRAD; Nkolbisson, 2000): (valeurs en %
sauf pour pH eau et pH KCl)

Eléments	Teneurs
Humidité	2,9
Argile	57,0
Limon grossier	17,9
Sable grossier	25,1
Matière organique totale	0,03
Carbone	0,15
Azote	0,03
C/N	5,0
pH eau	6,0
pH KCl	5,0

éléments caractéristiques sont représentés sur le tableau 1 après analyse du sol avant l'expérimentation. La région est de basse altitude et appartient à la zone agro-écologique de forêt humide à pluviométrie bimodale. La pluviosité moyenne annuelle est de 1600 mm, répartie en quatre saisons: 2 saisons de grandes pluies (de mars à juin et de septembre à novembre) qui alternent avec 2 saisons relativement sèches. La température de l'air varie peu et oscille autour de 23,3 °C. L'humidité de l'air est toujours supérieure à 70% (2, 4). Les données atmosphériques (température, humidité de l'air et rythme des pluies) durant la période d'expérimentation nous ont été fournies par le Service National de la Météorologie de la ville de Yaoundé, dont l'une des antennes se trouvait aux environs du site expérimental.

Matériel végétal

L'étude a été réalisée sur 3 cultivars de *M. esculenta* et l'espèce sauvage (*M. glaziovii*) provenant de la forêt du Mbam et Kim près de Ntui au Cameroun. Les cultivars de *M. esculenta* étaient composés d'un cultivar local, Alot-Bikon, et deux cultivars améliorés (IITA 8034 et IITA 8061) obtenus à l'IRAD de Nkolbisson à Yaoundé. Les cultivars de *M. esculenta*, de provenances connues pour leur résistance, nous ont été fournis sous forme de boutures de 25 cm de long et de 2-2,5 cm de diamètre. Les boutures de l'espèce sauvage ont été prélevées sur des tiges saines (après diagnostic visuel) dans la forêt du Mbam et Kim. Toutes les boutures utilisées avaient les mêmes dimensions et comportaient 3-4 nœuds germinatifs.

Mise en place de l'essai

L'essai a été conduit sur un terrain labouré selon la technologie habituelle recommandée pour le manioc (26). Le précédent cultural était une plantation de maïs et d'arachide. Les boutures ont été plantées avec un angle inférieur à 90°. Les écartements étaient de 80 cm entre boutures sur les lignes et de 1 m entre les lignes. Les parcelles étaient sarclées tous les quatre semaines pendant toute la période de l'expérimentation.

Le dispositif expérimental était constitué en blocs de 4 répétitions. Chaque bloc comportait 4 traitements complètement randomisés. Chaque parcelle élémentaire portait un seul type de cultivar et mesurait 6 x 2 m². Les parcelles étaient séparées par une allée de 1,5 m et les blocs étaient distants l'un de l'autre de 2,5 m. Les parcelles renfermaient chacune 12-15 plants. Les symptômes de la MVAM sont apparus dans les conditions naturelles et donc suite à une infection naturelle due par la conservation des virus dans les boutures (5) et par des contaminations vectorielles des insectes du genre *Bemisia* (1). Pour l'étude de la cercosporiose, une inoculation artificielle du champignon a été pratiquée.

Préparation de l'inoculum

On a constitué un isolat de *Cercospora henningsii* prélevé à Afanoyo, une zone paysanne située à 15 km du site d'expérimentation, sur des plantes de manioc malades. Des portions de jeunes feuilles infectées présentant des tâches brunes avec une auréole jaune ont été lavées à l'eau de robinet puis séchées à l'air libre. Des fragments de dimension de 1-2 mm portant des lésions étaient découpés au scalpel, puis trempés pendant 2 minutes dans de l'éthanol à 95° et rincés 2 à 3 fois à l'eau distillée stérilisée. Les échantillons ainsi obtenus ont été mis en incubation dans des boîtes de Pétri sur du papier filtre saturé d'eau distillée (méthode chambre humide) pendant 5-7 jours à la température ambiante du laboratoire (24 à 28 °C). Après observation microscopique des colonies fongiques formées, des repiquages sur milieu PDA (*Potato Dextrose Agar*) ont été effectués. Les cultures du champignon âgées de 15 jours sur milieu PDA étaient utilisées pour réaliser des étalements mycéliens dans les boîtes de Pétri pour purification sur milieu PDA modifié (il a été ajouté du glucose à raison de 10 mg/l, sur la composition habituelle du milieu PDA) qui favorise la sporulation (15, 17, 24). Les boîtes de Pétri ainsi préparées ont été mises dans des sacs plastiques puis incubées à 26 ± 2 °C dans une chambre de culture en présence de lumière continue (3 lampes de plafond, de puissance 50 W chacune, avec une intensité lumineuse dans la salle de 6.10⁷ CD/m²) pendant 8 jours afin d'atteindre le stade des conidies. Chaque repiquage était suivi par des observations microscopiques des filaments mycéliens et des fructifications. Au bout de 4 à 5 repiquages, une culture pure de *Cercospora henningsii* a été obtenue. L'inoculum obtenu, était une solution constituée d'une suspension conidienne de *Cercospora henningsii* et d'eau distillée stérilisée, de concentration 20 x 10² conidies/ml. L'inoculum était conservé dans un Erlenmeyer fermé par un parafilm stérile et placé dans un réfrigérateur à la température de 4 -5 °C pour usage ultérieur.

Inoculation

L'inoculation artificielle des plantes avec le champignon (*Cercospora henningsii*), a été effectuée au 5^{ème} mois après plantation des boutures, période qui correspondait au branchage massif des plantes. Des jeunes feuilles de deux branches choisies au hasard ont été retenues sur chaque plante pour l'inoculation, afin d'avoir une idée sur le caractère systémique du champignon et son développement sur les parties non traitées de la plante. Les plantes étaient inoculées par pulvérisation, en recouvrant les feuilles par une solution aqueuse d'eau distillée et stérile contenant 3 ml de l'inoculum (24). Il a été utilisé un pulvérisateur à pression, portatif (à main), d'une capacité de 0,5 l, de fabrication chinoise. Dans la solution aqueuse, l'inoculum de *Cercospora henningsii* (3 ml) a été ajouté à l'aide d'une pipette Pasteur. On a traité les branches choisies après avoir couvert à l'aide d'un plastique les autres parties de la plante. Pour chaque variété, 10 plantes ont été traitées par parcelle unitaire soit au total 160 plantes. Avec 0,5 l de solution aqueuse, 5 plantes étaient ainsi traitées par variété. Les conditions climatiques (humidité de l'air, et absence de pluie le jour du traitement des plants) étaient favorables à la pénétration du champignon et au développement de la cercosporiose à la période d'inoculation. La pénétration du champignon s'est faite à travers les pores et également à travers des légères scarifications réalisées sur la nervure centrale de quelques feuilles des branches choisies. Les plantes inoculées ont continué leur développement dans les conditions naturelles au champ.

Collecte et analyse des données

Les données concernant la hauteur des tiges, le diamètre au collet et le nombre de feuilles formées par plant ont été

collectées à des intervalles de 4 semaines à partir de 30 jours après plantation des boutures. Ces mesures ont été prises durant 4 mois, donc avant inoculation. La période de 4 mois après plantation des boutures marquait sur toutes les variétés le début de la floraison (phase qui coïncide avec la formation des branches). Chez les 2 espèces, à chaque floraison, se développent simultanément 2 ou 3 branches portant désormais les feuilles, donnant un aspect dichotomique ou trichotomique aux plantes (19). Certaines variétés peuvent présenter jusqu'à 10 floraisons au cours d'une seule année de culture (7).

Le suivi du développement de la MVAM et la cercosporiose a été fait suivant un diagnostic visuel (20) basé sur l'observation des symptômes caractéristiques se manifestant sur les feuilles des cultivars. La MVAM se manifeste sur les feuilles par des tâches irrégulières de couleur jaune, vert clair ou blanche et une déformation des feuilles, et s'accompagne parfois d'un rabougrissement de la plante. La cercosporiose se manifeste sur les feuilles par des tâches brunes avec une auréole jaune indéfinie autour de la lésion (9, 11, 14, 20).

La gradation de l'infection s'est faite par attribution d'une note en pourcentage estimée selon la présence de symptômes sur la superficie des feuilles. En ce qui concerne la MVAM, deux mois après plantation des boutures, toutes les feuilles (jeunes et âgées) de chaque plante ont été examinées. Mais à partir du 4^{ème} mois après plantation des boutures, l'étude de la MVAM a été réalisée sur 40 feuilles choisies au hasard sur chaque plante. L'infection virale a été évaluée 4 fois durant l'expérimentation. Pour la cercosporiose, 40 feuilles/plante ont été examinées 4 fois, avec un intervalle de 16 jours à partir du 16^{ème} jour après inoculation par le champignon. La note de l'infection attribuée à chaque plante observée, représentait la moyenne calculée sur les 40 feuilles. La notation de l'infection a été faite suivant les correspondances du tableau 2.

L'intensité de l'infection (sévérité d'attaque) a été calculée selon la formule $I = \frac{\sum ab}{N}$, où: I (%) est l'intensité (sévérité) de l'infection, $\sum ab$ = somme des multiplications du nombre de plants malades (a) par le degré d'infection correspondant (b) donné en pourcentage, et N étant le nombre total des plantes malades par traitement (27).

Les données concernant la MVAM ont été collectées tous les deux mois à partir du 2^{ème} mois de croissance des boutures (parce que les premiers symptômes typiques de

cette maladie ne sont apparus sur les plantes que deux mois après plantation des boutures). Le prélèvement des données de la cercosporiose se faisait chaque 16 jours après inoculation (car les premières lésions de la cercosporiose ont été identifiées 14-15 jours après inoculation; c'est donc au 16^{ème} jour qu'on a réalisé le premier comptage de l'infection fongique).

Le rendement en tubercules a été déterminé à 10 mois après plantation des boutures par dénombrement et pesée des racines tubéreuses fraîches (détermination du poids frais des tubercules) après récolte sur le champ à l'aide d'une balance de précision 100 g et de marque «Trayvou», fabrication italienne.

Les résultats ont été soumis à une analyse statistique de variance et les moyennes ont été séparées selon le test de Duncan au seuil de 5%.

Résultats et discussion

Développement et croissance des cultivars

Les conditions atmosphériques : température (25 ± 2 °C), humidité de l'air (70-75%) et des pluies régulières, étaient favorables à la croissance et au développement des variétés de manioc testées. Ces données ont été mesurées grâce aux installations météorologiques de la ville de Yaoundé. Durant les premières semaines, l'évolution des paramètres de croissance (hauteur, diamètre des tiges et nombre de feuilles par plant) ne présente pas de différences significatives entre les variétés testées. Ceci pourrait s'expliquer par une germination homogène des boutures en absence d'infection, confirmant ainsi les résultats d'Indira *et al.* et Lefèvre (12, 13), qui ont montré également que la taille des différents clones (améliorés et locaux) de manioc ne présente pas de différence significative pendant les premiers mois de croissance.

A partir de la 16^{ème} semaine (Tableau 3) on observe une différence hautement significative au seuil de $p < 0,01$ entre les cultivars pour la hauteur. Les plants du cultivar local, Alot-Bikon, étaient moins ramifiés avec de courtes tiges (109 cm) et un feuillage peu abondant. Les tiges des cultivars améliorés (IITA 8034 et IITA 8061) avaient une taille moyenne qui variait entre 120 et 123 cm, avec beaucoup de ramifications (grâce au branchage précoce), formant un feuillage abondant, ferme et dense. Une floraison précoce (3 mois après plantation des boutures) a été observée

Tableau 2
Correspondance entre la notation (%) des infections et la présence des symptômes sur les feuilles (26)

Note en pourcentage (%)	Proportion de la superficie foliaire occupée par les symptômes
0	Absence totale de symptômes
1-10	Moins de 1/4 de la superficie foliaire ayant des symptômes
11-30	Moins de 1/2 de la superficie foliaire ayant des symptômes
31-50	3/4 de la superficie foliaire ayant des symptômes
51-70	Plus de 3/4 de la superficie foliaire ayant des symptômes
71-90	Toute la superficie de la feuille est couverte de symptômes
100	Feuilles complètement déformées ou mortes de l'infection

Tableau 3
Paramètres moyens de croissance des variétés de manioc 16 semaines après plantation des boutures

Cultivars	Hauteur des plants (cm)	Diamètre des tiges (cm)	Nombre de feuilles/plant
Alot-Bikon	109,0 a	1,6 a	52,0 a
IITA 8034	120,0 b	2,1 b	97,0 b
IITA 8061	123,0 c	2,1 b	113,0 c
<i>M. glaziovii</i>	156,0 d	3,0 c	94,0 b

Les moyennes de la même colonne suivies par la même lettre ne sont pas significativement différentes selon le test de Duncan ($P = 0,05$).

sur certaines plantes des cultivars IITA 8061 et IITA 8034, contrairement aux autres variétés où la floraison a été enregistrée à 4 mois après plantation des boutures, ce qui confirme les constats faits dans les conditions similaires par Badegana *et al.* (3). Le plus grand nombre de feuilles par plant a été formé sur le cultivar IITA 8061 (113 feuilles). Les plus longues tiges (156 cm, 4 mois après plantation des boutures), possédant le plus gros diamètre au collet (3 cm) se sont formées chez les plants de l'espèce sauvage (*M. glaziovii*). A la fin de l'expérimentation (10 mois après plantation des boutures), les plants de *M. glaziovii* étaient morphologiquement plus développés par rapport aux cultivars de *M. esculenta* (22). L'analyse de variance montre une homogénéité de croissance des cultivars et une variabilité des traitements.

Niveau de tolérance des cultivars à la mosaïque virale africaine du manioc (MVAM)

Les données du tableau 4 représentent l'intensité de l'infection (sévérité d'attaque) des cultivars de manioc par les virus de la MVAM. En moyenne, et sur tout le cycle d'observation, les plants de *M. glaziovii* se montrent plus tolérants vis-à-vis de la MVAM avec un niveau d'infection moyen de 17,2%, suivi du cultivar IITA 8061 qui a subi une infection moyenne de 28,9%. Cependant les cultivars Alot-Bikon et IITA 8034 sont plus sensibles à la MVAM avec des degrés d'attaque respectifs de 54,5 et 53,9%. L'étude de l'évolution de l'incidence de la MVAM montre que, deux mois après la plantation des boutures, les plants des cultivars Alot-Bikon et IITA 8034 présentent déjà un niveau d'infection d'environ 40%, ce qui nous amène à croire que quelques souches du virus auraient été conservées dans les boutures-mêmes avant leur mise en place, confirmant ainsi les résultats de Fauquet et Fargette (5) où ils ont montré que la majorité des boutures utilisées pour la plantation du manioc par les paysans en Afrique de l'Ouest porte déjà des infections virales. Le cultivar amélioré IITA 8061, qui n'a présenté aucun symptôme de la maladie pendant les deux premiers mois de croissance, serait donc résistant. Les observations au quatrième mois de croissance, montrent une intensité de la MVAM d'environ 31,2% sur le cultivar

IITA 8061, tandis qu'au huitième mois cette infection s'est élevée jusqu'à 42,7% (Tableau 4). L'évolution de la MVAM sur le cultivar IITA 8061 (Tableau 4) pourrait témoigner de la perte de résistance de cette variété due certainement aux multiples piqûres des insectes vecteurs, dont la présence abondante sur les plantes en absence de traitement insecticide aurait joué un rôle important (1, 5, 28).

Malgré que le diagnostic visuel ne peut pas nous renseigner totalement sur l'absence ou la présence des virus dans les plantes, les résultats du tableau 4 montrent que le faible niveau de développement de la maladie sur les plants de *M. glaziovii* pendant la période d'expérimentation, peut témoigner de la haute tolérance de cette variété à la MVAM, comme l'avait déjà constaté Lefèvre (13). L'analyse de variance effectuée sur le niveau d'infection des cultivars par les virus de la mosaïque, montre une différence hautement significative au seuil de $p < 0,01$ entre les cultivars provenant des deux espèces testées.

Niveau de tolérance des cultivars à la cercosporiose du manioc

Le tableau 5 présente les résultats du développement de la cercosporiose sur les feuilles des cultivars de manioc après leur infection artificielle à l'aide d'un inoculum des conidies de *Cercospora henningsii*. Les données obtenues montrent que les plants de *M. glaziovii* sont plus tolérants que les cultivars de *M. esculenta* à la cercosporiose, avec un niveau d'infection moyen de 2,7%. Sur les feuilles des cultivars améliorés IITA 8034 et IITA 8061, on dénombre peu de lésions et le niveau d'attaque du champignon y est respectivement de 18,8 et 7,8%, montrant également un niveau de tolérance vis-à-vis de la cercosporiose assez élevé, car les variétés résistantes présentent un niveau d'infection de moins de 10% alors que les variétés très sensibles sont celles dont le niveau d'infection est supérieur à 35% (27). Le cultivar local, Alot-Bikon se montre sensible à la cercosporiose, avec un taux d'infection moyenne de 32,4% (Tableau 5). L'analyse de variance menée sur les taux d'infection des cultivars de manioc par la MVAM et la cercosporiose, montre une différence hautement significative entre les traitements

Tableau 4
Evolution de la mosaïque virale africaine sur les cultivars de manioc 2, 4, 6 et 8 mois après plantation des boutures

Cultivars	Niveau d'infection (%)				
	2 mois	4 mois	6 mois	8 mois	moyenne
Alot-Bikon	40,0 ± 1,7 a	50,0 ± 1,3 a	62,5 ± 1,3 a	65,6 ± 1,2 a	54,5 ± 1,4 a
IITA 8034	40,2 ± 1,5 a	51,2 ± 1,2 a	61,1 ± 1,4 a	63,1 ± 1,8 a	53,9 ± 1,5 a
IITA 8061	0,0 b	31,2 ± 1,2 b	41,7 ± 1,2 b	42,7 ± 1,2 b	28,9 ± 1,2 b
<i>M. glaziovii</i>	6,2 ± 1,4 c	12,3 ± 1,2 c	25,0 ± 1,2 c	25,0 ± 1,2 c	17,2 ± 1,3 c

Les chiffres de la même colonne suivis par des lettres différentes sont significativement différents pour $P = 0,05$ selon le test de Duncan.

Tableau 5
Evolution de la cercosporiose suite à l'inoculation artificielle d'une solution de *Cercospora henningsii* sur les cultivars de manioc 16, 32, 48 et 64 jours après application

Cultivars	Niveau d'infection (%)				
	16 jours	32 jours	48 jours	64 jours	moyenne
Alot-Bikon	18,6 ± 1,1 a	21,7 ± 0,1 a	41,9 ± 1,3 a	47,2 ± 0,9 a	32,4 ± 0,9 a
IITA 8034	5,6 ± 1,3 b	9,4 ± 0,1 b	9,8 ± 1,2 b	20,3 ± 1,1 b	18,8 ± 0,9 b
IITA 8061	3,2 ± 1,1 c	3,8 ± 0,1 c	11,0 ± 1,3 c	13,3 ± 0,7 c	7,8 ± 0,8 c
<i>M. glaziovii</i>	1,2 ± 0,5 d	1,4 ± 0,1 d	2,5 ± 0,7 d	5,5 ± 0,5 d	2,7 ± 0,5 d

Les chiffres de la même colonne suivis par des lettres différentes sont significativement différents pour $P = 0,05$, selon le test de Duncan.

Tableau 6
Rendement en tubercules frais des cultivars de manioc (*Manihot esculenta* Crantz) 10 mois après plantation des boutures

Cultivars	Nombre de tubercules/ plant	Grosseur des tubercules (cm)	Longueur des tubercules (cm)	Rendement moyen (t/ha)
Alot-Bikon	4,0 ± 0,6 a	6,0 ± 0,1 a	32,5 ± 0,9 a	15,6 ± 1,1 a
IITA 8034	6,0 ± 0,3 b	5,3 ± 0,1 b	40,1 ± 0,7 b	32,1 ± 1,4 b
IITA 8061	10,0 ± 0,2 c	4,9 ± 0,1 b	46,2 ± 0,8 c	34,5 ± 1,1 c

Les chiffres de la même colonne suivis par des lettres différentes sont significativement différents pour P= 0,05 selon le test de Duncan. (Tableaux 4 et 5).

Rendement en tubercules

Les cultivars de manioc (*M. esculenta*) testés, sont des variétés précoces. La récolte des tubercules a été réalisée 10 mois après plantation des boutures. Les plants de *M. glaziovii* à cette même période n'avaient pas encore formé de tubercules. Après leur arrachage, on a dénombré de longues racines d'environ 1,5-2,5 cm de diamètre, ce qui confirme les descriptions de Pynaert (22) où il montrait que les racines des plantes de *M. glaziovii* ne se développaient jamais en tubercules. Les données du tableau 6 représentent le rendement en tubercules des trois cultivars de *M. esculenta*. Le cultivar amélioré IITA 8061 a formé plus de tubercules (10 tubercules/plant en moyenne), comparativement aux cultivars IITA 8034 et local, Alot-Bikon qui ont produit respectivement 6 et 4 tubercules par plant. Les cultivars améliorés ont des tubercules plus longs mesurant 40,1 et 46,2 cm respectivement pour IITA 8034 et IITA 8061 et sont significativement différents par rapport aux tubercules du cultivar local qui ont une longueur moyenne de 32,5 cm. Les rendements obtenus sont respectivement de 15,6; 34,5 et 32,1 t/ha pour le cultivar local, IITA 8061 et IITA 8034, soit environ 3 fois supérieur pour les cultivars améliorés et 1,5 fois supérieur pour le cultivar local par rapport au rendement mondial qui est de 10 t/ha (6). L'analyse de variance effectuée sur le rendement en tubercules, montre une différence hautement significative au seuil de $p < 0,01$ entre les différents cultivars de *M. esculenta*. Le rendement significativement inférieur du cultivar local en comparaison aux cultivars améliorés testés, pourrait être une conséquence de sa haute susceptibilité aux maladies, car en conditions de protection totale, ce rendement serait plus élevé. Les résultats obtenus montrent que le niveau de tolérance à la mosaïque et à la cercosporiose a une incidence sur le rendement en tubercules des cultivars de *M. esculenta* (10, 11).

Conclusion

Les résultats de cette étude montrent l'impact des maladies

des tâches foliaires sur la production du manioc, dont les tubercules et les feuilles sont très consommés dans les ménages camerounais. Au regard de ces résultats, on constate comme beaucoup d'autres chercheurs, le caractère épidémique de la mosaïque virale africaine du manioc dans les zones de culture. Dans cette expérimentation, on n'a pu remarquer le rôle que joue la transmission vectorielle des virus dans la régression de la résistance des variétés de manioc en l'absence de mesures de protection contre les insectes vecteurs. Au terme de cette étude préliminaire, nous pouvons dire que l'espèce sauvage (*Manihot glaziovii*) présente une tolérance assez élevée à la MVAM et très élevée à la cercosporiose. Parmi les cultivars de *M. esculenta* Crantz testés, le cultivar IITA 8061 est le plus tolérant aux maladies étudiées, suivi de IITA 8034. Le cultivar local, Alot-Bikon est le plus vulnérable vis-à-vis de la MVAM et de la cercosporiose. Les résultats obtenus permettent d'une part de vulgariser les cultivars IITA 8061 et IITA 8034 en milieu paysan. D'autre part, ces résultats peuvent permettre d'envisager l'amélioration de la résistance aux maladies des variétés cultivées de *M. esculenta* par les méthodes des croisements interspécifiques ou de greffage avec l'espèce sauvage *M. glaziovii*, afin de contribuer à la création des variétés résistantes et à l'augmentation de la production des tubercules de manioc.

Remerciements

Nous remercions sincèrement le comité de rédaction de « TROPICULTURA » et en particulier les honorables lecteurs pour leurs remarques pertinentes, qui ont contribué à l'amélioration de cet article. Nous remercions également Mr Kouma Mbo Daniel, chef de Service de la Météorologie dans la ville de Yaoundé, pour les précisions sur les conditions atmosphériques lors de l'essai.

Références bibliographiques

1. Abdullahi I., Atri G., Winter S. & Thottappilly G., 1998, Differentiation of whitefly *Bemisia tabaci*, biotypes from different regions in Africa and their relation to the occurrence of mosaic geminiviruses. Mitt. A.d. Biol. Bundesanst, H, 357, 284 p.
2. Ambassa R., Tchouankoua M. & Njomgang R., 1985, Etude pédo-climatique d'un champ d'expérimentation à Nkolbisson. Centre National des Sols, IRA, Yaoundé, 18 p.
3. Badegana A.M., Mborohoul J.B. & Alzouma, 2001, Sensibilité à *Mononychellus tanajoa* Bondar (Acari: Tetranychidae) de quelques cultivars de manioc (*Manihot esculenta* Crantz) et incidence des attaques sur le rendement, dans la région des hauts plateaux de l'ouest Cameroun. Tropicicultura, 19, 4, 166-170.
4. Eno Belinga M.S., 1982, Dynamical geology in the iron field of the northern sector of the Yaoundé city. Annales de la faculté des Sciences. Nouvelle série, Science de la terre, 4, 51-66.
5. Fauquet C. & Fargette D., 1990, Résumé sur l'épidémiologie du virus de la mosaïque africaine du manioc. Rapport annuel ORSTOM. Abidjan, Côte-d'Ivoire, 1-6.
6. FEWS rapport spécial, 1998, La mosaïque du manioc menace la sécurité alimentaire en Afrique de l'Est. Rapport spécial N° 98-4 du 30 juillet 1998, 80 p.
7. Fukai S., Alcoy A.B., Lamelo A.B. & Paterson R.D., 1996, Effects of solar radiations on growth of cassava (*Manihot esculenta* Crantz). Field Crops Res. 9, 347-360.
8. Grace M.R., 1978, Traitement du manioc. Production végétale et protection des plantes. Collection FAO, 3, Rome, 114-115.
9. Gumedzo M.Y.D., 2001, Les maladies virales des cultures vivrières en Afrique (cas du manioc). Séminaire sur les biotechnologies, biosécurité et biodiversité. Université de Yaoundé I, Faculté des Sciences, 20 avril 2001, Yaoundé, 15 p.
10. IITA (International Institute of Tropical Agriculture) report, 1997, The cassava mosaic disease in east Africa, Ouganda, 20 p.
11. IITA (International Institute of Tropical Agriculture) report, 2000, The assessment of cassava pests and diseases in Kinshasa and Bas Congo. IITA Edition, Ibadan, 56 p.

12. Indira J., Ekanayake D., Osiru S.O., Marcio C.M. & Porto, 2000, Morphology of cassava. IITA, Ibadan, 27 p.
13. Lefèvre, 1989, Recherche des souches de l'espèce sauvage de manioc *Manihot glaziovii* résistantes aux maladies et aux conditions environnementales. Editions ORSTOM, 11-19.
14. Lozano J.C., 1981, Cassava diseases and pest. Field problems in cassava, 2^e Edition, Cali-Colombia, 105-110.
15. Kuate J., Fouré E., Foko J., Tchio F. & Ducelier D., 1997, Inoculations expérimentales de *Phaeoramularia angolensis* à des jeunes plants d'agrumes issus de pépinière. Fruits, 52, Elsevier, Paris, 149-157.
16. Mémento de l'agronome, 1993, Collection technique rurale en Afrique, 4^e édition, Paris, 665 p.
17. Mourichon X., Peter D. & Zapater M.F., 1987, Inoculations expérimentales de *Mycosphaerella fijiensis* Morelet sur les jeunes plantules de bananier issues de culture *in vitro*. Fruits, 42, 4, 195-198.
18. Nankam C., 1981, Les principales maladies parasitaires du manioc au Cameroun. Cas de l'antracnose causée par *Colletotrichum manihotis*. Mémoire d'Ingénieur agronome, ENSA, Dschang, 59 p.
19. Oustimenko G.V., Lopez Z.M. & Ougo T.K., 1987, Le manioc. Editions RUDN, Moscou, 80 p.
20. Ouzounov I.S., 1988, Les maladies du manioc. In: Phytopathologie tropicale. Edition Université de l'Amitié des Peuples, Moscou, 114-144.
21. Persley G.J., 1976, Cassava diseases survey. I.W., New-York, 20 p.
22. Pynaert L., 1951, Le manioc. Collection technique du ministère de la coopération du royaume de Belgique, 2^e édition, Bruxelles, 166 p.
23. Segnou, 2002, Développement végétatif et potentiel de rendement chez le manioc. Tropicultura, 20, 4, 161-164.
24. Sérémé P., Diasso G.A. & Ake S., 2001, Mise en évidence au Burkina Faso d'un nouveau taxon de *Colletotrichum* dans l'étiologie de la maladie des tâches brunes du niébé. Tropicultura, 19, 3, 156-160.
25. Streiner K.G., Lyonga S.N., Pfeiffer H.J. & Ngueve J.M., 1979, Report on survey on production methods, pests and diseases of root and tuber crops in Cameroon. IRA, Njombé, 26 p.
26. Sylvestre P., 1987, Manuel pratique de la culture du manioc. Maisonneuse et Larose, Paris, 140 p.
27. Tchoumakov A.E., Zaharova I.I., 1990, Statistique du développement des maladies. Dommages causés par les maladies aux cultures agricoles. Agroprome, Moscou, 5-60.
28. Tresh J.M. & Otim G.W., 1998, Cassava mosaic disease pandemic. SPORE, 47, 17-18.
29. Westphal E., 1985, Cultures vivrières tropicales avec références au Cameroun. Pudoc, Wageningen- Netherlands, 119-163.

Z. Ambang, Camerounais, Ph.D. (Protection des végétaux / Phytopathologie), Chargé de cours au Département de Biologie et Physiologie Végétales, Faculté des Sciences, Université de Yaoundé I, Cameroun.

A. Akoa, Camerounais, Doctorat d'Etat (Botanique et Ecologie), Professeur, Chef de Département de Biologie et Physiologie Végétales, Faculté des Sciences, Université de Yaoundé I, Cameroun.

N. Bekolo, Camerounais, Ph.D. (Phytopharmacie/environnement), Chargé de cours au Département de Biologie et Physiologie Végétales, Faculté des Sciences, Université de Yaoundé I, Cameroun.

J. Nantia, Camerounais, Ingénieur Agronome, DESS en production des semences, en fonction au Ministère de l'Agriculture à Yaoundé, Cameroun.

L. Nyobé, Camerounais, DEA, Etudiant en thèse, Département de Biologie et Physiologie Végétales, Faculté des Sciences, Université de Yaoundé I, Cameroun.

Yvette Sylvie Bouquet Ongono, Camerounaise, DEA, Etudiante au Département de Biologie et Physiologie Végétales, Faculté des Sciences, Université de Yaoundé I, Cameroun.

Effets de certains fongicides de synthèse et biologiques sur la croissance mycélienne et l'agressivité de *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*

K. Hibar¹, Mejda Daami-Remadi² & M. El Mahjoub³

Keywords: *Fusarium*- Tomato- Chemical control- Biological control- Inhibition- Disease incidence- Tunisia

Résumé

Fusarium spp. sont parmi les champignons telluriques les plus agressifs causant des flétrissements et des pourritures racinaires de plusieurs espèces végétales. A ce niveau, une nouvelle maladie causée par *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* a été signalée pour la première fois en Tunisie à l'exploitation «Cinquième Saison», située à Hammet Gabès dans le sud tunisien, durant la campagne 2000-2001. Cette maladie a causé des pertes pouvant atteindre 90% de plants de tomate dans certaines serres. Dans le but de lutter contre ce pathogène, l'effet de certains fongicides de synthèse et biologiques a été testé in vitro sur la croissance mycélienne et in vivo sur l'agressivité de *F. oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*. L'hymexazol, le benomyl et le manèbe ont été utilisés comme fongicides de synthèse et quatre produits biologiques, dont deux à base de *Trichoderma harzianum*, un dérivé de *Bacillus subtilis* et un autre à base de *Bacillus thuringiensis*, ont été utilisés. Parmi les fongicides de synthèse utilisés, l'hymexazol et le benomyl ont été plus efficaces in vitro que le manèbe entraînant un pourcentage d'inhibition de la croissance mycélienne de l'ordre de 80%. Toutefois, les essais de lutte in vivo avec ces deux fongicides ont montré que seul l'hymexazol s'avère efficace pouvant entraîner une réduction de l'incidence de la maladie de l'ordre de 76%. In vitro, le produit à base de *B. thuringiensis* a entraîné une inhibition de la croissance mycélienne inférieure à 20%. Cette valeur est supérieure à 75% aux trois autres produits. L'efficacité de ces produits était plus marquée dans les essais de lutte conduits in vivo sur des plants de tomate inoculés avec le pathogène. En effet, par l'utilisation du produit à base de *B. subtilis*, la réduction de l'incidence de la maladie a dépassé 95%. Ces résultats montrent que l'utilisation de certains produits biologiques pourrait lutter contre la fusariose des racines et du collet de la tomate.

Introduction

En Tunisie, la culture de tomate occupe une place très importante dans la vie socio-économique. En effet, la superficie actuellement occupée par cette solanacée est de 19,1 milles ha. Toutefois, la production de tomate sous serre reste toujours freinée par certaines maladies dont la fusariose des racines et du collet (*Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*) qui cause d'importantes pertes dans les cultures hors sols (19). Cela est dû principalement à sa facilité de dissémination et à sa persistance dans le sol (3). De plus, et malgré le développement de cultivars résistants à ce pathogène, la lutte contre *F. oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* reste limitée à des mesures prophylactiques (3). Cette maladie, récemment apparue en Tunisie dans des serres de tomates chauffées à l'eau géothermale dans le sud tunisien (9), a affecté plus de 90% de plants de tomates dans certaines serres. Vu les dégâts causés par ce

Summary

Effect of some Chemical and Biological Fungicides on Mycelial Growth and Disease Severity of *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*

Fusarium is among the most aggressive telluric fungi causing wilt and root rots in several vegetable crops. A new disease caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* was recorded in southern Tunisia in the «Cinquième Saison» farm, situated in Hammet Gabès during 2000-2001 crop season. It caused death of up to 90% of tomato plants in some greenhouses. In the present research, the effect of 3 chemical and 4 biological fungicides was tested in vitro on mycelial growth and in vivo on disease severity of *F. oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*. Hymexazol, benomyl and manebe were used as chemical fungicides whereas four biological products, i.e. two based on *Trichoderma harzianum*, one on *Bacillus subtilis* and another one on *Bacillus thuringiensis* were also tested. Among the chemical fungicides which were used, hymexazol and benomyl were the most effective in vitro and inhibited mycelial growth up to 80%. However, in vivo assays showed that only hymexazol was effective with a reduction in disease incidence of about 76%. In vitro, the product based on *B. thuringiensis* entailed a mycelial growth inhibition of less than 20%. This value is more than 75% higher than what was obtained through the other biological fungicides based on either *T. harzianum* or in *B. subtilis*. The efficacy of the latter 2 biological fungicides was more important in vivo assays using inoculated tomato plants. Indeed, by the use of the product based on *B. subtilis*, the reduction of disease incidence exceeded 95%. These results show that some biological fungicides can be used in controlling *Fusarium* crown and root rot of tomato.

pathogène et les menaces qui pèsent sur la production de tomate sous serre et en plein champ, nous nous sommes intéressés à lutter contre ce champignon.

L'objectif de cette étude consiste donc à tester, in vitro et in vivo, des fongicides (de synthèse et biologiques) afin de sélectionner des produits qui pourraient éventuellement être utilisés dans des programmes de lutte contre la fusariose des racines et du collet de la tomate.

Matériel et méthodes

1. Matériels biologiques

1.1. L'agent pathogène

Les isolats de *F. oxysporum* Schlecht f. sp. *radicis-lycopersici* Jarvis et Schoemaker ont été obtenus sur base d'isolements

¹Laboratoire de Phytopathologie de l'Ecole Supérieure d'Horticulture et d'Elevage de Chott-Mariem, 4042 Sousse, Tunisie.

Téléphone: 00 216 73 348 544 Télécopie: 00 216 73 348 691 Email: khaled_htn@yahoo.fr

²Institut National de la Recherche Agronomique de Tunisie, Pôle Régional de Recherches et du Développement Agricole du Centre Est, 4042 Sousse, Tunisie.

³Ecole Supérieure d'Horticulture de Chott-Mariem, 4042 Sousse, Tunisie.

Reçu le 18.02.04 et accepté pour publication le 31.03.06.

réalisés à partir de plants de tomate présentant des symptômes de flétrissement et de pourriture du collet. Les échantillons ont été prélevés dans l'exploitation «Cinquième saison» à Hammet Gabès qui pratique la culture de la tomate sous serres chauffées par les eaux géothermales.

Différentes parties de la plante (racines, collets et tiges) ont été prélevées pour l'isolement du pathogène. Les échantillons ont été coupés en fragments d'environ 0,5 cm, puis désinfectés superficiellement par trempage dans une solution d'hypochlorite de sodium (10%) pour une durée de 5 minutes. Les fragments ont été ensuite lavés avec de l'eau distillée stérile et puis séchés entre 2 papiers filtres stériles. Une fois séchés, les fragments ont été déposés dans des boîtes de Pétri contenant un milieu PDA (Potato Dextrose Agar) amendé avec du sulfate de streptomycine à raison de 200 mg/l afin d'éviter la prolifération des bactéries. Les boîtes ont été incubées à l'obscurité dans une étuve bactériologique (Bio Concept Firlabo) à une température de 25 °C pendant 4 à 5 jours. La purification de l'agent pathogène a été réalisée en repiquant successivement des fragments du front de croissance des jeunes cultures en développement. Afin de s'assurer de l'état de pureté des colonies, des cultures monospores ont été appliquées pour tous les isolats obtenus. L'identification de l'agent pathogène a été réalisée microscopiquement et ce, d'après les caractéristiques des macroconidies, des phialides et des chlamydoconidies (4), moyennant la clef de détermination présentée par Nelson *et al.* (18). Ces isolats ont été confirmés comme étant du *F. oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* par le biais de tests de pathogénicité sur des cultivars différentiels de tomate (9, 10). Les isolats de *F. oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* et leurs origines sont récapitulés dans le tableau 1.

1.2. Cultivars de tomate utilisés

Dans le but d'évaluer l'effet des fongicides de synthèse et biologiques *in vivo* contre ce pathogène, quatre cultivars

Tableau 1
Les isolats de *F. oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* retenus pour cette étude

Isolats	Plante hôte (cultivar)	Date de collecte
Fo1.01	Cultivar Durintha	2001
Fo2.01	Cultivar Durintha	2001
Fo3.02	Cultivar Elena	2002
Fo4.02	Cultivar Bochra	2002

Tableau 2
Les produits biologiques testés contre *F. oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*

Nom de l'agent actif	Nom commercial	Concentration d'agent actif	Doses testées
<i>Trichoderma harzianum</i>	Biocont-T (<i>water powder</i>)	Plus de 14.10 ⁶ spores/g	200 g/m ³ de substrat utilisé dans la pépinière
<i>Trichoderma harzianum</i>	Biocont-T (<i>granular</i>)	Plus de 19.10 ⁷ spores/g	500 ml/m ³ de substrat utilisé dans la pépinière
<i>Bacillus subtilis</i>	Agralan Revive		10 ml/l
<i>Bacillus thuringiensis</i>	Bactospeine 16000	16000 UI/mg	300 g/hl

Tableau 3
Les fongicides de synthèse testés dans cette étude

Nom de la matière active	Nom commercial	Concentration de la matière active	Dose homologuée sur culture de tomate
Hymexazol	Tachigaren 360	360 g/l	0,25 ml/plant
Manèbe	Manèbe 80	80%	250 g/hl
Benomyl	Benlate 50	50%	60 g/hl

de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Riogrande, Roxane, Maria et Elko, sensibles au *F. oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*, ont été utilisés.

1.3. Produits biologiques

Afin de palier aux effets secondaires des fongicides de synthèse (apparition des phénomènes de résistances, problèmes des résidus dans les produits traités et durabilité généralement faible avec ces produits), nous avons opté pour des moyens biologiques en testant deux produits à base de *Trichoderma harzianum* Rifai formulés sous forme d'une poudre de couleur verte: [Biocont-T (*water powder*)] et [Biocont-T (*granular*)], National Ammonia & Chemical Industries, Amman. A coté de ces deux produits, on a utilisé un produit à base de *Bacillus subtilis* formulé sous forme d'un liquide de couleur verdâtre et nommé Agralan Revive, Agralan Limited, Swindon, UK, et un produit à base de *Bacillus thuringiensis* formulé sous forme d'une poudre jaunâtre et connu sous le nom commercial Bactospeine 16000, COVAGRI, France (Tableau 2).

2. Fongicides de synthèse

Dans le but d'étudier l'action de certaines matières actives de synthèse sur la croissance mycélienne et sur la virulence de *F. oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*, trois fongicides ont été utilisés. Il s'agit de Tachigaren 360 (m.a. hymexazol), homologué contre *F. oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*, de Benlate 50 (m.a. benomyl), un produit systémique classique actif contre les trachéomycoses, et de Manèbe 80 (m.a. manèbe) qui est un produit de contact (Tableau 3).

3. Méthodologie de travail

3.1. Effets des fongicides de synthèse et biologiques sur la croissance mycélienne de *F. oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*

Les fongicides de synthèse ont été incorporés aseptiquement, à la dose homologuée, dans le milieu de culture PDA maintenu en surfusion à une température de 40 à 45 °C. Après écoulement et solidification du mélange (milieu de culture et fongicides), des disques d'agar de 6 mm de diamètre, portant l'agent pathogène, ont été déposés au centre de boîtes de Pétri. Ces boîtes ont été incubées à une température de 25 °C correspondant à l'optimum de croissance mycélienne du *F. oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* (10). La mesure du diamètre moyen de chaque colonie, calculé à partir de deux diamètres perpendiculaires, a

été effectuée après six jours d'incubation. Des boîtes traitées de la même façon dont la même quantité de fongicide a été remplacée par de l'eau distillée stérile constituent le témoin non traité. Cinq répétitions par traitement élémentaire ont été réalisées et l'expérience entière a été répétée deux fois. Le pourcentage d'inhibition de la croissance mycélienne a été déterminé en se basant sur la formule suivante (12):

$$I(\%) = \left[1 - \frac{C_n}{C_o} \right] * 100$$

avec Cn: diamètre moyen des colonies en présence du produit actif; et, Co: diamètre moyen des colonies témoins.

3.2. Effets des fongicides de synthèse et biologiques sur la virulence *F. oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*

Le choix des fongicides utilisés dans cet essai était basé sur leur efficacité observée *in vitro*. Les produits choisis donc pour l'essai des fongicides *in vivo* sont les mêmes que ceux mentionnés dans les tableaux 2 et 3, excepté le manèbe et le produit à base de *B. thuringiensis*. L'effet de ces produits ainsi sélectionnés sur l'expression de la maladie a été étudié sur un seul isolat de *F. oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* (Fo2.01) qui s'était montré le plus agressif lors d'un test de pathogénicité réalisé sur quatre isolats de ce pathogène (10). L'étude de ces fongicides sur la virulence de *F. oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* a nécessité les étapes suivantes :

3.2.1. Multiplication du *F. oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*

La multiplication de l'inoculum a été réalisée dans des boîtes de Roux contenant chacune 600 cm³ de perlite et 200 ml de milieu PDB (Potato Dextrose Broth) préalablement autoclavés pendant 25 min sous une pression de 1 bar et une température de 120 °C, auxquelles nous avons ajouté 10 ml d'une culture liquide de *F. oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*. Ces boîtes étaient ensuite incubées à 25 °C pendant quatre semaines.

3.2.2. Préparation des plantules à inoculer

Les graines de chaque cultivar de tomate à tester étaient désinfectées superficiellement par trempage dans de l'éthanol absolu pendant 5 minutes (3), puis rincées abondamment à l'eau distillée stérile afin d'éliminer les restes de pesticides utilisés en traitement de semences (3). Après séchage, les graines étaient mises aseptiquement dans des boîtes de Pétri stériles contenant des papiers filtres imbibés d'eau distillée stérile, à raison de 30 graines réparties uniformément sur toute la surface de la boîte. La germination des graines était assurée par incubation de ces boîtes dans une étuve réglée à 20 °C pendant 4 à 5 jours. Une fois prégermées, les graines étaient repiquées dans des plaques à alvéoles contenant de la tourbe préalablement stérilisée par autoclavage pendant 30 min sous une pression de 1 bar et une température de 120 °C.

L'entretien des plants était réalisé dans une cellule de serre vitrée à une température d'environ 23 °C et une photopériode de 12 heures. Les plants étaient régulièrement irrigués avec de l'eau distillée et fertilisés une fois par semaine à l'aide d'une solution nutritive (N: 150 ppm; P: 50 ppm; K: 150 ppm; Ca: 150 ppm; Mg: 30 ppm; Fe: 3 ppm; Mn: 1,5 ppm; Zn: 0,20 ppm; B: 0,4 ppm; Cu: 0,1 ppm; Mo: 0,05 ppm). Des plants de 3 semaines ont été utilisés pour les inoculations.

3.2.3 Traitement des plantules

Le repiquage des plantules de chaque cultivar de tomate était réalisé lorsque ces dernières atteignaient le stade deux feuilles bien étalées (26). La transplantation des plantules était réalisée dans des sachets en polyéthylène (7,5 cm de diamètre et 12 cm de hauteur) remplis de perlite inoculée par *F. oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* laquelle une quantité de fongicide avait été additionnée. Les fongicides se présentant sous forme liquide, ont été ajoutés juste après la transplantation des plantules: l'hymexazol (0,25

ml/plante) et l'Agralan Revive (0,25 ml/plante). Les autres fongicides, se présentant sous forme solide, (benomyl, et ceux à base de *T. harzianum* [Biocont-T (*water powder*) et Biocont-T (*granular*)], ont été appliqués au moment de la transplantation des plantules directement à la perlite inoculée à la dose 0,015 g/plante; 0,03 g/plante et 0,075 ml/plante, respectivement. Les plantules ainsi transplantées étaient placées en croissance dans une cellule de serre vitrée à une température d'environ 23 °C et une photopériode de 12 heures. Des plants de chaque cultivar de tomate transplantés dans de la perlite inoculée par le *F. oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* sans addition de fongicide ou dans de la perlite préalablement autoclavée ont servi de témoin inoculé non traité et de témoin sain, respectivement.

L'évaluation des symptômes a été faite 30 jours après la transplantation des plantules (26) en se basant sur une échelle de notation de symptômes proposée par Vakalounakis et Fragkiadakis (24), comprenant quatre valeurs:

0: plante saine;

1: léger jaunissement, légère pourriture du pivot et des racines secondaires et pourriture du collet;

2: jaunissement important des feuilles avec ou sans flétrissement, rabougrissement des plantes, pourriture sévère du pivot et des racines secondaires, pourriture importante du collet et brunissement des vaisseaux de la tige; et,

3: mortalité de la plante.

Sur la base de ces notations, on a calculé l'incidence de la maladie (%) en utilisant la formule suivante (22): (1)

$$\left[\frac{(\sum \text{Valeurs} * \text{Nombre de plants infectés})}{(\text{la valeur la plus élevée} * \text{nombre total des plants})} \right] * 100$$

La réduction de l'incidence de la maladie (%) a été calculée selon la formule suivante (22): (2)

$$\left[\frac{(\text{Incidence de la maladie du témoin inoculé} - \text{incidence de la maladie des plants traités})}{(\text{Incidence de la maladie du témoin inoculé})} \right] * 100$$

4. Analyse statistique

Le dispositif expérimental utilisé dans cet essai est celui d'un plan complet à 2 facteurs avec répétitions, le facteur A correspond aux fongicides testés et le facteur B représente les cultivars de tomate utilisés. Le nombre de répétitions est de 10 plants par traitement élémentaire et les expériences ont été répétées deux fois. L'analyse statistique a été réalisée en utilisant les procédures des modèles linéaires générales (GLM) du logiciel SPSS (10.0). Les expériences ont été analysées en utilisant une analyse standard de la variance (ANOVA) avec interactions. Pour tous les tests, le niveau de la signification a été évalué au seuil 5%. Le cas échéant, la comparaison des moyennes était faite moyennant le test de Student-Newman-Keuls afin de distinguer des groupes selon les valeurs des moyennes des variables testées.

Résultats et discussion

1. Activité inhibitrice des fongicides de synthèse vis-à-vis de *F. oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*

1.1. Effets des fongicides de synthèse sur la croissance mycélienne du pathogène

L'évaluation de l'efficacité des produits testés (Tableau 2) repose sur le calcul du pourcentage d'inhibition de la croissance mycélienne. L'analyse de la variance a révélé une interaction significative entre les produits testés et les isolats de *F. oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* utilisés dans cette étude ($p < 0,05$). En effet, le pourcentage d'inhibition le

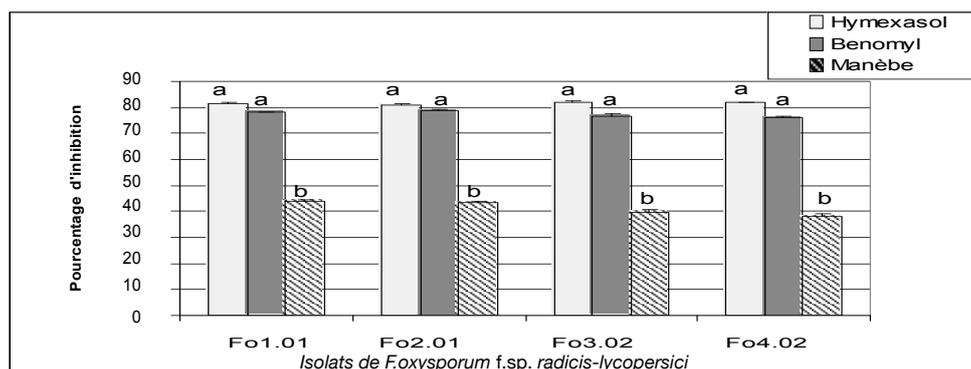


Figure 1: Inhibition de la croissance mycélienne de *F. oxysporum* f. sp. *radicle-lycopersici* sous l'action des fongicides de synthèse après 6 jours d'incubation à 25 °C. Les valeurs sont la moyenne de 5 répétitions et l'expérience a été répétée 2 fois. Les moyennes suivies de la même lettre pour chacun des isolats testés ne sont pas significativement différentes ($p \leq 0,05$ selon le test SNK).

plus important a été obtenu avec l'hymexazol où l'inhibition a atteint 80% pour les quatre isolats testés. Le benomyl a montré aussi un pourcentage d'inhibition élevé, supérieur à 75% pour tous les isolats de *F. oxysporum* f. sp. *radicle-lycopersici* testés. Cependant, avec le manèbe, cette valeur était de l'ordre de 40% (Figure 1) et même inférieure (isolat Fo2.04) bien qu'il ait montré une efficacité importante en l'utilisant en traitement des tubercules de la pomme de terre. En effet, ce produit a réduit la pénétration moyenne des isolats de *Fusarium* spp. de plus de 80% (23).

Le benomyl, s'est montré également très efficace *in vitro* contre *Fusarium solani*, responsable de la mort subite du soja induisant ainsi une inhibition de la croissance mycélienne d'environ 66% (17).

Testé sur *F. roseum* var. *culmorum* et *F. roseum* var. *sambucinum*, agents de la pourriture sèche des tubercules de pomme de terre, le benomyl s'est avéré efficace entraînant ainsi une inhibition importante de la croissance mycélienne (5). Cette inhibition a été estimée à travers les dimensions de la zone d'antibiose qui a dépassé 3,5 cm dans le cas du *Fusarium roseum* var. *culmorum*. Dans le même sens et en testant l'effet de certains fongicides de synthèse sur la croissance mycélienne de *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici*, Song et al. (22) ont montré que le prochloraz et le carbendazim étaient les plus efficaces dans l'inhibition de la croissance mycélienne de ce pathogène comparativement aux thiram, toclofos-méthyl, hymexazol, azoxystrobin et carboxin.

1.2. Effets des fongicides de synthèse sur l'incidence de la maladie

L'efficacité des produits induisant le pourcentage d'inhibition le plus élevé *in vitro*, a servi de critère de choix principal des produits à tester *in vivo*. L'incorporation des produits de synthèse au substrat de culture et le calcul de la réduction de l'incidence de la maladie sur les plants de tomate au terme de 30 jours d'élevage, ont révélé une grande efficacité

de l'hymexazol comparativement au benomyl. En effet, pour toutes les plantules traitées avec l'hymexazol, la réduction de l'incidence de la maladie était supérieure à 76% pour le cultivar Maria. Cependant, pour les plants traités avec le benomyl, cette valeur n'a pas dépassé 34% pour le même cultivar et il n'est que de 22% pour le cultivar Elko (Tableau 4).

Il est à noter que les plantules traitées par l'hymexazol ont montré un démarrage difficile du fait qu'elles ont été repiquées à un stade sensible (problème de phytotoxicité). Toutefois, une semaine après le repiquage, ces plantules ont repris leur croissance normale.

Ces résultats se rapprochent de ceux trouvés par Reid et al. (20) qui ont montré que l'utilisation du benomyl dans la lutte contre la fusariose des racines et du collet d'*Asparagus*, causée par *F. oxysporum* f. sp. *asparagi* et *F. proliferatum*, n'était pas efficace (65% de mortalité des plants) comparativement au Fludioxonil dont le pourcentage de plants morts n'a pas dépassé 20% et ce après une durée de traitement de cinq semaines. Cependant, l'utilisation du produit de synthèse Benzothiadiazol pour lutter contre la fusariose des racines et du collet de la tomate a engendré des résultats encourageants. En effet, les plants de tomate traités par ce produit se montrent résistants à *F. oxysporum* f. sp. *radicle-lycopersici*; cette résistance se traduit par la formation d'une barrière en callose au niveau des sites de pénétration du pathogène dont l'évolution reste alors localisée au niveau de l'épiderme et le cortex des racines (1).

2. Activité inhibitrice des fongicides biologiques vis-à-vis de *F. oxysporum* f. sp. *radicle-lycopersici*

2.1. Effets des fongicides biologiques sur la croissance mycélienne du pathogène

Comme pour les produits de synthèse, l'évaluation de l'efficacité des produits biologiques (Tableau 2) repose sur le calcul du pourcentage d'inhibition de la croissance

Tableau 4
Réduction de l'incidence de la fusariose des racines et du collet de la tomate sous l'action de deux fongicides de synthèse 30 jours après l'inoculation de quatre cultivars de tomate

	Réduction de l'incidence de la maladie (%) ^x			
	Cv. Riogrande ^y	Cv. Elko ^y	Cv. Maria ^y	Cv. Roxane ^y
Hymexazol ^z	73,68	72,22	76,19	80
Benomyl ^z	26,31	22,22	33,33	25

^xLa réduction de l'incidence de la maladie (%) est calculée comme décrit dans matériel et méthodes et est utilisée pour évaluer l'effet du fongicide testé sur développement du *F. oxysporum* f. sp. *radicle-lycopersici* pour les quatre cultivars de tomate.

^yLes valeurs représentent la moyenne de 10 plantes par traitement élémentaire.

^zL'hymexazol a été ajouté par irrigation juste après la transplantation des plantules; le benomyl a été additionné directement au substrat (Perlite inoculée) juste avant la transplantation.

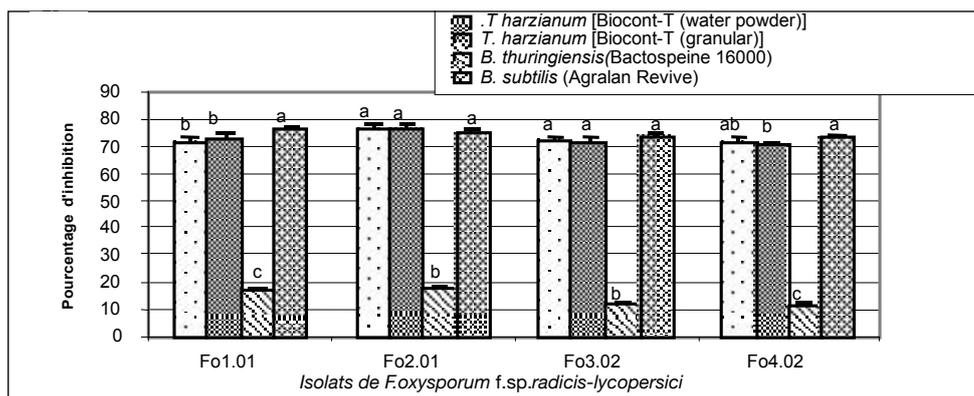


Figure 2: Inhibition de la croissance mycélienne de *F. oxysporum* f. sp. *radialis-lycopersici* sous l'action des produits biologiques après 6 jours d'incubation à 25 °C. Les valeurs sont la moyenne de 5 répétitions et l'expérience a été répétée 2 fois. Les moyennes suivies de la même lettre pour chacun des isolats testés ne sont pas significativement différentes ($p \leq 0,05$ selon le test SNK).

mycélienne et la notation de toute altération au niveau du mycélium de *F. oxysporum* f. sp. *radialis-lycopersici* moyennant des observations microscopiques.

La mesure du pourcentage d'inhibition pour les quatre produits testés a révélé que ce dernier est plus important avec l'Agralan Revive à base de *B. subtilis*, et ce pour les quatre isolats de *F. oxysporum* f. sp. *radialis-lycopersici* testés dépassant ainsi 76% pour l'isolat Fo1.01 (Figure 2). Les deux produits à base de *T. harzianum* (Biocont-T) ont entraîné aussi une inhibition importante de la croissance mycélienne dépassant 70% pour les 4 isolats de *F. oxysporum* f. sp. *radialis-lycopersici* et surtout pour Fo2.01 dont l'inhibition est de l'ordre de 76%. Cette valeur n'a pas dépassé 20% dans le cas du Bactospeine 16000 à base de *B. thuringiensis*; cela s'explique en partie par le fait que ce produit est beaucoup plus utilisé pour ses propriétés insecticides que fongicides.

Toutefois, appliqué en traitement de tubercules, le *B. thuringiensis* s'est montré efficace contre les *Fusarium* responsables de la pourriture sèche de la pomme de terre en réduisant de 50% l'incidence de la maladie *in vivo* (6).

Des observations microscopiques, réalisées pour chaque produit testé contre *F. oxysporum* f. sp. *radialis-lycopersici*, ont montré que, malgré un pourcentage d'inhibition faible, le *B. thuringiensis* a causé une modification morphologique du mycélium du *F. oxysporum* f. sp. *radialis-lycopersici*. En effet, ce dernier est devenu plus filiforme avec présence d'une lyse souvent importante de son contenu cytoplasmique.

Pour les produits à base de *T. harzianum* et de *B. subtilis*, ces modifications se traduisent également par une forte lyse et par une transformation en cordons du mycélium de *F. oxysporum* f. sp. *radialis-lycopersici*. Des aspects similaires ont été entraînés par ces mêmes produits biologiques sur

les *Fusarium* responsables des pourritures sèches sur pomme de terre (6).

2.2. Effets des fongicides biologiques sur l'incidence de la maladie

Les résultats obtenus, en testant les produits biologiques, sont de loin plus encourageants que ceux notés avec les

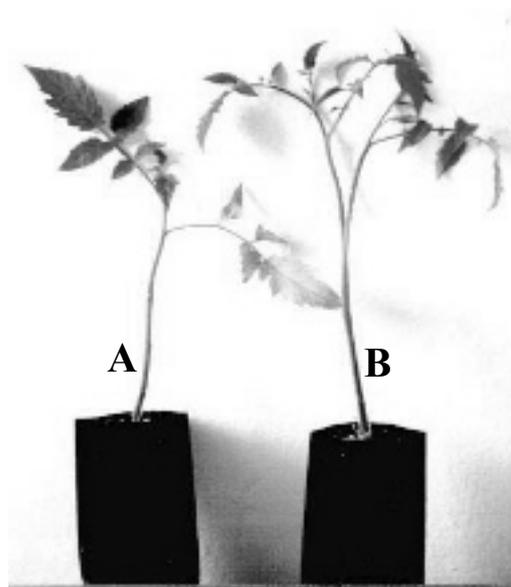


Figure 3: Comparaison entre un plant témoin non inoculé et non traité (A) et un plant inoculé par *F. oxysporum* f. sp. *radialis-lycopersici* et traité avec le produit à base de *T. harzianum* (B) [Biocont-T (water powder)] (B).

Tableau 5

Réduction de l'incidence de la fusariose des racines et du collet de la tomate sous l'action de trois produits biologiques 30 jours après l'inoculation de quatre cultivars de tomate

	Réduction de l'incidence de la maladie (%) ^x			
	Cv. Riogrande ^y	Cv. Elko ^y	Cv. Maria ^y	Cv. Roxane ^y
<i>T. harzianum</i> [Biocont-T (water powder)] ^z	84,21	94,44	90,47	95
<i>T. harzianum</i> [Biocont-T (granular)] ^z	94,73	83,33	90,47	90
<i>Bacillus subtilis</i> (Agralan Revive) ^z	94,73	94,44	95,23	95

^xLa réduction de l'incidence de la maladie (%) est calculée comme ce qui a été décrit dans matériel et méthodes et est utilisée pour évaluer l'effet du fongicide testé sur développement du *F. oxysporum* f. sp. *radialis-lycopersici* pour les quatre cultivars de tomate.

^yLes valeurs représentent la moyenne de 10 plantes par traitement élémentaire.

^zLes deux produits à base de *T. harzianum* [Biocont-T (water powder) et Biocont-T (granular)] ont été additionnés directement au substrat (Perlite inoculée) juste avant la transplantation; l'Agralan Revive à base *B. subtilis* a été ajouté par irrigation juste après la transplantation des plantules.

produits de synthèse. En effet, pour les trois produits testés, la réduction de l'incidence de la maladie a dépassé 94% pour les quatre cultivars de tomate et elle était supérieure à 95% dans le cas des plants du cultivar Maria traités par le *B. subtilis* (Agralan Revive) (Tableau 5).

La comparaison des plants traités avec les produits à base de *T. harzianum* (Biocont-T) ou à base de *B. subtilis* (Agralan Revive), par rapport à celles des plantes témoins non inoculées et non traitées n'a révélé aucune différence. Mieux encore, les plants traités par ces produits ont eu une croissance végétative plus importante (Figure 3). Ces résultats montrent ainsi l'efficacité des produits biologiques à base de *T. harzianum* ou à base de *B. subtilis* qui ont pu arrêter et même éliminer la maladie.

L'amélioration de la croissance végétative des plantes sous l'action du *Trichoderma* spp. a été observée par Windham *et al.* (25) qui ont montré que l'addition de *T. harzianum* et de *T. koningii* à un sol préalablement autoclavé peut augmenter le pourcentage de germination des semences de la tomate et du tabac si l'on le compare au témoin, et que l'application de ces deux espèces de *Trichoderma* au substrat de culture peut améliorer le poids sec des racines et de la partie aérienne de ces deux espèces. Ces résultats rejoignent ceux trouvés par Yedidia *et al.* (27) qui ont rapporté que l'application de *T. harzianum* à des plants de melon a entraîné une résistance chez ces derniers comparativement aux plants non traités par le *Trichoderma*. Cela s'explique par une activation du système de défense de la plante, une augmentation de l'activité des chitinases et des peroxidases et un accroissement de l'activité enzymatique dans les feuilles induisant ainsi une résistance systémique chez ces plants. Dans le même sens, Liu *et al.* (16) ont montré que l'application de deux bactéries du sol (*Pseudomonas putida* et *Serratia marcescens*), pour lutter contre le flétrissement fusarien du melon dont l'agent responsable est *F. oxysporum* f. sp. *cucumerinum*, a engendré une croissance végétative plus importante chez les plants de melon traités par ces bactéries. Ces résultats se rapprochent de ceux trouvés par Fuchs *et al.* (8) qui ont montré que l'application d'une souche non pathogène de *Fusarium oxysporum* (FO47) a permis de réduire l'effet de la fusariose vasculaire de la tomate, causée par *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici*, ce qui se traduit par une augmentation de l'activité de β -1, 3 glucanase et β -1,4 glucosidase chez les plants inoculés par FO47. Il en est de même avec Larkin et Fravel (15) qui ont montré que l'utilisation des souches non pathogènes de *F. oxysporum* contre la fusariose vasculaire de la tomate a réduit l'attaque de ce dernier de plus de 50% pour l'isolat CS-20.

Rose *et al.* (21) ont montré aussi que l'utilisation d'un produit biologique à base de *T. harzianum*, connu sous le nom commercial «Root Shield Drench», dans la lutte contre le flétrissement fusarien du melon causé par *F. oxysporum* f. sp. *cucumerinum*, a réduit significativement l'incidence de cette maladie comparativement au témoin inoculé et non traité. Aussi, en utilisant ce même produit biologique pour la lutte contre la flétrissure fusarienne de la tomate causé par *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici*, Larkin et Fravel (14) ont montré que ce produit a réduit l'incidence de cette maladie de 62% et ce, quand il était incorporé au substrat de culture à la dose 0,2%. Ces résultats rejoignent ceux de Datnoff *et al.* (7) qui ont aussi montré que l'utilisation du produit biologique à base de *T. harzianum*, connu sous le nom commercial F-Stop, a permis une réduction significative de l'incidence de la fusariose des racines et du collet de la tomate, causée par *F. oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*. En effet, avec ce produit, l'incidence de la maladie n'a été que de 32%. Toutefois, l'application de ce produit n'a pas d'effet significatif sur le rendement ainsi que sur le calibre des fruits.

L'effet bénéfique du *T. harzianum* a été remarqué aussi par

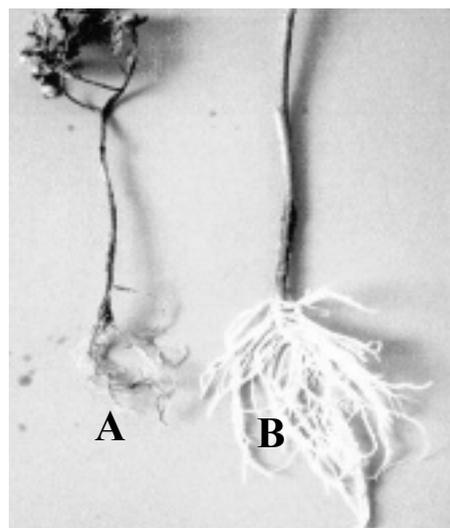


Figure 4: Comparaison entre le système racinaire d'un plant inoculé et non traité (A) et le système racinaire d'un plant inoculé par *F. oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* et traité par l'Agralan Revive à base *Bacillus subtilis* (B).

Hjeljord *et al.* (11) qui ont montré que l'application des conidies quiescentes de cet antagoniste sur les fleurs de fraisier a entraîné une réduction des attaques de *Botrytis cinerea* de plus de 85% à une température de 24 °C (10).

La comparaison du système racinaire des plants traités par le produit à base de *B. subtilis* (Agralan Revive) à celui des plants témoins inoculés, montre une nette différence entre les deux (Figure 4). En effet, pour les plants traités avec ce produit, le système racinaire se développe normalement et aucun brunissement ou pourriture ne sont observés.

Ces résultats se rapprochent de ceux obtenus par Benhamou *et al.* (2) qui avaient traité des plants de melon par une souche non pathogène de *F. oxysporum* (FO47). En effet, son application sur ces plants a induit une résistance chez ces derniers contre le *Pythium ultimum*. Cette résistance se traduit par un développement normal de la plante présentant un système racinaire vigoureux en le comparant au témoin non traité. Dans ce même sens, Kilian *et al.* (13) ont montré que le traitement du sol par une solution de 0,2 g de FZB24 *Bacillus subtilis*, juste après le semis et une répétition de ce même traitement quatre semaines après, entraîne l'augmentation de 5% du poids sec des racines de choux rave et une augmentation de 12% du rendement total à la récolte.

Conclusion

Durant la campagne 2000-2001 une grave maladie sur tomate, dont l'agent causal est le *F. oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*, a été signalée à l'exploitation «Cinquième saison» située à Hammet Gabès dans le sud tunisien. Vu les dégâts causés par cette maladie (pertes de 90% dans certaines serres), des moyens de lutte à base des fongicides de synthèse et d'autres biologiques ont été testés à deux niveaux: *in vitro* et *in vivo*.

Cette étude a révélé que parmi les fongicides de synthèse testés, seules l'hymexazol et le benomyl se sont avérés efficaces *in vitro*, en effet avec le 1^{er} produit, le pourcentage d'inhibition de la croissance mycélienne était de 80%; de même, avec le benomyl ce pourcentage est important et il est supérieur à 75%.

Avec les produits biologiques, et mis à part le Bactospeine 16000 à base de *B. thuringiensis* qui a engendré le pourcentage d'inhibition de la croissance mycélienne le plus

faible, les autres produits que ce soit à base de *T. harzianum* (Biocont-T) ou à base de *B. subtilis* (Agralan Revive), ont été efficaces induisant ainsi un pourcentage d'inhibition dépassant 75%.

Les essais de lutte *in vivo* ont permis de prouver l'efficacité des produits biologiques du fait qu'avec ces derniers la réduction de l'incidence de la maladie a dépassé 94% et elle était supérieure à 95% avec l'Agralan Revive à base de *B. subtilis*.

En testant les produits de synthèse, les essais ont montré que seulement l'hymexazol est efficace du fait qu'avec

ce produit la réduction de l'incidence de la maladie est importante (elle a atteint 80%) et il peut être employé en stratégie de lutte contre ce pathogène.

Cependant, pour être plus affirmatif, il serait plus intéressant de tester ces produits sous serre et en plein champ afin de voir leur potentiel pour une utilisation en stratégie de lutte contre ce pathogène. De plus, il est plus avantageux d'utiliser les produits biologiques et d'éviter ceux de synthèse qui poseront des problèmes d'accoutumance en cas d'utilisations répétées et dont l'efficacité curative à terme est relativement faible.

Références bibliographiques

1. Benhamou N. & Belanger R., 1998, Benzothiadiazole-mediated induced resistance to *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* in tomato. *Plant physiology*, 118, 1203-1212.
2. Benhamou N., Garand Ch. & Goulet A., 2002, Ability of non-pathogenic *Fusarium oxysporum* strain Fo47 to induce resistance against *Pythium ultimum* infection in cucumber. *Applied and Environmental Microbiology*, 68, 4044-4060.
3. Benhamou N., Rey P., Cherif M., Hockenhul J. & Tirilly Y., 1997, Treatment with the mycoparasite *Pythium oligandrum* triggers induction of defence-related reactions in tomato roots when challenged with *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*. *Phytopathology*, 87, 108-121.
4. Chen W.Q. & Swart W.J., 2001, Genetic variation among *Fusarium oxysporum* associated with root of *Amaranthus hybridus* in South Africa. *Plant Disease*, 85, 1076-1080.
5. Daami-Remadi M. & El Mahjoub M., 1997, Fusariose de la pomme de terre en Tunisie: tests d'activité de quatre fongicides vis-à-vis des souches locales de *Fusarium*. *Annales de l'INRAT*, 70, 3-19.
6. Daami-Remadi M., 2001, Lutte biologique contre les *Fusarium* spp. agents pathogènes responsables de la pourriture sèche des tubercules de pomme de terre. Mémoire de Diplôme d'Etudes Approfondies en Protection des Plantes et Environnement. Ecole Supérieure d'Horticulture et d'Elevage de Chott Mariem, 72 p.
7. Datnoff L.E., Nemeš S. & Pernešny K., 1995, Biological control of *Fusarium crown* root rot of tomato in Florida using *Trichoderma harzianum* and *Glomus intraradices*. *Biological control*, 5, 427-431.
8. Fuchs J.-G., Moenne-Loccoz Y. & Défago G., 1997, Nonpathogenic *Fusarium oxysporum* strain Fo47 induces resistance to *Fusarium* wilt in tomato. *Plant Disease*, 81, 492-496.
9. Hajlaoui M.R., Hamza N., Gargouri S. & Guermech A., 2001, Apparition en Tunisie de *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*, agent de la pourriture des racines et du collet de la tomate. *OEPP/EPPO Bulletin*, 31, 505-507.
10. Hibar K., 2002, La fusariose du collet et des racines de la tomate: pathogénicité et moyens de lutte. Mémoire de Diplôme d'Etudes Approfondies en Protection des Plantes et Environnement. Ecole Supérieure d'Horticulture et d'Elevage de Chott Mariem, 54 p.
11. Hjeljord G.L., Stensvand A. & Tronsmo A., 2001, Antagonism of nutrient-activated conidia of *Trichoderma harzianum* (atroviride) P1 against *Botrytis cinerea*. *Phytopathology*, 91, 1172-1179.
12. Hmouni A., Hajlaoui M.R. & Mlaiki A., 1996, Résistance de *Botrytis cinerea* aux benzimidazoles et aux dicarboximides dans les cultures abritées de tomate en Tunisie. *OEPP/EPPO Bulletin*, 26, 697-705.
13. Kilian M., Steiner U., Krebs H., Junge G., Schmiedeknecht G. & Hain R., 2000, FZB24 *Bacillus subtilis*-mode of action of a microbial agent enhancing plant vitality. *Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer*, 1, 72-93.
14. Larkin R.P. & Fravel D.R., 1998, Efficacy of various fungal and bacterial biocontrol organisms for control of *Fusarium* wilt of tomato. *Plant Disease*, 82, 1022-1028.
15. Larkin R.P. & Fravel D.R., 1999, Mechanisms of action and dose-response relationships governing biological control of *Fusarium* wilt of Tomato by non-pathogenic *Fusarium* spp. *Phytopathology*, 89, 1152-1161.
16. Liu L., Kloepper J.W. & Tuzun S., 1995, Induction of systemic resistance in cucumber against *Fusarium* wilt by plant growth-promoting rizobacteria. *Phytopathology*, 85, 695-698.
17. Mclean K.S. & Lawrence G.W., 1994, *In vitro* suppression of *Fusarium solani*, the causal agent of sudden death syndrome of soybean (Abstr.). *Phytopathology*, 84, 1115.
18. Nelson P.E., Toussoun T.A. & Marasas W.F.O., 1983, "*Fusarium* species. An illustrated manual for identification" The Pennsylvania State University Press, University Park and London.
19. Ozbay N. & Newman S.E., 2004, *Fusarium* crown and root rot of tomato and control methods. *Plant Pathology Journal*, 3, 9-18.
20. Reid T.C., Hausbeck M.K. & Kizilkaya K., 2002, Use of fungicides and biological controls in the suppression of *Fusarium* crown and root rot of asparagus under greenhouse and growth chamber conditions. *Plant Disease*, 86, 493-498.
21. Rose S., Parker M. & Punja Z.K., 2003, Efficacy of biological and chemical treatments for control of *Fusarium* root and stem rot on greenhouse cucumber. *Plant Disease*, 87, 1462-1470.
22. Song W., Zhou L., Yang C., Cao X., Zhang L. & Liu X., 2004, Tomato *Fusarium* wilt and its chemical control strategies in a hydroponic system. *Crop Protection*, 23, 243-247.
23. Triki M.A., Priou S. & El Mahjoub M., 1996, Lutte chimique et biologique contre *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora*, *Fusarium roseum* var. *sambucinum* et *Phytophthora erythroseptica*, agents des pourritures des tubercules de pomme de terre. *Annales de l'INRAT*, 69, 185-196.
24. Vakalounakis D.J. & Fragkiadakis G.A., 1999, Genetic diversity of *Fusarium oxysporum* isolates from cucumber: differentiation by pathogenicity, vegetative compatibility and RAPD fingerprinting. *Phytopathology*, 89, 161-168.
25. Windham M.T., Elad Y. & Baker R., 1986, A mechanism for increased plant growth induced by *Trichoderma* spp. *Phytopathology*, 76, 518-521.
26. Woo S.L., Zoina A., Del Sorbo G., Lorito M., Nanni B., Scala F. & Noveiello C., 1996, Characterization of *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli* by pathogenic races, VCGs, RFLPs, and RAPD. *Phytopathology*, 86, 966-972.
27. Yedidia I., Benhamou N. & Chet I., 1999, Induction of defence responses in cucumber plants (*Cucumis sativus* L.) by biocontrol agent *Trichoderma harzianum*. *Applied and Environmental Microbiology*, 65, 1061-1070.

K. Hibar, Tunisien, Ingénieur national en Horticulture (ESH de Chott-Mariem), DEA en Protection des Plantes et Environnement option pathologie végétale, Thèse de doctorat en cours (4^{ème} année) sur la fusariose de la tomate.

Mejda Daami-Remadi, Tunisienne, Ingénieur en Horticulture (ESH de Chott-Mariem), Ingénieur spécialisée en Protection des Végétaux, option Mycologie, DEA en Protection des Plantes et Environnement option pathologie végétale, Thèse de doctorat en cours (4^{ème} année, thèse déposée) sur la fusariose de la pomme de terre, Attachée de Recherches agronomiques à l'Institut National Agronomique de Tunisie.

M. El Mahjoub, Tunisien, Doctorat d'Etat en Sciences biologiques, Doctorat de 3^{ème} cycle en Biologie végétale, Diplôme de l'ORSTOM en Phytopathologie, DEA en Ecologie végétale, Professeur de Phytopathologie, Directeur de l'Ecole Supérieure d'Horticulture et d'Elevage, Chott Mariem, Tunisie.

Rôle potentiel des haies vives pour la gestion des nématodes sur les bassins versants de la zone soudano-sahélienne au Sénégal

P. Cadet¹ & Diaminatou Sanogo^{2*}

Keywords: Nematodes- Planted hedges- Soudano-sahelian area- Runoff water- Senegal

Dédicace

Nous dédions cet article au Dr Roger Pontanier, Directeur de Recherche, Chef de programme Jachère, décédé dans l'exercice de ses fonctions et co-auteur de cet article.

Résumé

L'influence sur les peuplements de nématodes, de trois types de haies vives (Zizyphus mauritiana, Bauhinia rufescens et Acacia nilotica), a été étudiée à Sinthiou Kohel, dans la zone soudano-sahélienne du Sénégal. La présence d'une haie favorise l'établissement d'un peuplement de nématodes phytoparasites plus important que celui des champs voisins. Son effet se fait sentir jusqu'à plus de 40 cm de profondeur et sur environ 2 à 8 m de part et d'autre de la haie. A. nilotica est la plante la moins favorable à la multiplication des nématodes phytoparasites. L'accroissement de la taille du peuplement s'accompagne d'une augmentation de la diversité spécifique, notamment dans la rhizosphère de Z. mauritiana. La haie permet le développement d'espèces qui n'existent plus dans les parcelles cultivées situées en amont et en aval. Les nématodes saprophytes sont plus abondants au niveau de la haie, quelle que soit la profondeur. L'influence de la haie se manifeste sur environ 5 m en aval contre seulement 2 à 3 m en amont. L'intérêt de la présence des haies, implantées dans cette zone pour limiter l'érosion, est discuté par rapport à leurs potentialités pour la gestion spatiale des parasites telluriques et de la fertilité, en exploitant le bio-fonctionnement du sol et les capacités de dissémination des microorganismes par le ruissellement.

Summary

Potential Role of Live Fences for Nematode Management on Watersheds in the Senegalese Sudano-sahelian Area
The influence on the nematode communities of three type of live fences (Zizyphus mauritiana, Bauhinia rufescens and Acacia nilotica) was studied in Sinthiou Kohel, in the sudano-sahelian area of Senegal. Numbers of plant parasitic nematode were greater in the vicinity of the live hedge than in the adjacent fields. The effect was apparent to a depth of 40 cm and 2 to 8 m up and downhill. Fewer plant parasitic nematode were recovered from A. nilotica than from the two other plant species. The increase in size of the community was associated with an increase in species diversity, mainly in the Z. mauritiana rhizosphere. Live hedge supported nematode species that were not present in the adjacent fields. Free living nematodes were more abundant under the live fences, whatever the sampling depth. Live fences influenced these nematodes over almost 5 m downhill against only 2 to 3 m uphill. The importance of the live fences, established in this area to prevent erosion, is discussed in relation to their potential for the management of soil parasites and soil fertility factors, that can be transported in runoff water.

Introduction

Les jachères naturelles de très longues durées ont toujours joué un rôle essentiel pour le maintien de la fertilité des sols dans les systèmes de culture de la zone soudano-sahélienne. Ces espaces servent également de zones de parcours pour le bétail et permettent aux populations de récolter le bois de chauffe et divers produits d'appoints (plantes médicinales, fruits, gibiers, bois de construction ...) (15). L'accroissement de la population humaine et des besoins en produits vivriers a entraîné un allongement des périodes de culture et par conséquent la quasi-disparition de ces jachères et de leurs fonctions de production primaire. L'absence d'adaptation du système de culture à cette intensification a entraîné parallèlement des problèmes de baisse de fertilité (22). Il apparaît donc de plus en plus indispensable d'aménager l'espace pour promouvoir d'une manière durable les ressources pastorale et forestière, mais avec les contraintes incontournables d'une production agricole qui doit nécessairement être en constante augmentation (5).

Dans ce contexte, les haies vives, qui n'immobilisent pas de surfaces importantes de sol, apparaissent comme un élément déterminant. Elles matérialisent des limites physiques entre les parcelles aménagées qui sont généralement bien acceptées (21) et elles assurent une

certaine protection des récoltes contre le bétail. Dans cette perspective d'intensification agricole et de pérennisation de nouveaux paysages agraires, les haies vives peuvent regrouper durablement un grand nombre d'espèces végétales, notamment ligneuses. Elles offriraient donc tous les avantages d'une jachère permanente de longue durée sans en présenter les inconvénients en terme d'occupation de l'espace, si l'on fait abstraction des opérations nécessaires à son entretien.

Cependant, la jachère est employée pour améliorer les propriétés physico-chimiques et biologiques des sols (18), et même si elle favorise aussi la multiplication de parasites telluriques comme les nématodes, le bilan reste positif pendant un certain temps (7, 22).

À la différence d'une jachère, la haie reste en place, et par conséquent, la récupération, par la plante cultivée située à proximité, des nutriments abiotiques résultant de sa présence apparaît plus aléatoire, et forcément limité à la bordure. En revanche, pour les facteurs biologiques, susceptibles de se propager par eux-mêmes, la présence de la haie peut engendrer un problème (abris pour les prédateurs des cultures), par exemple en cas de contamination des cultures adjacentes par les nématodes phytoparasites (25). L'objectif de cette étude est donc de mesurer, au niveau des cultures

¹IRD, BP 1386, Dakar, Sénégal.

Adresse actuelle: SASEX Private Bag X02, Mount Edgecombe, Afrique du Sud.

²ISRA/CNRF BP 2312, Dakar, Sénégal.

Tel: (221) 832 32 19 Fax: (221) 832 96 17 E-mail: sdiami@yahoo.fr

Reçu le 21.10.05 et accepté pour publication le 31.03.06.

vivrières extensives, l'influence d'une haie sur le transfert latéral des activités nématologiques et les conséquences au niveau du bassin versant en termes de fertilité potentielle.

Matériel et méthodes

L'étude a été réalisée à Sinthiou Kohel, situé à 13 km de Niore au sud du bassin arachidier du Sénégal. Le climat est de type soudano-sahélien avec une pluviométrie annuelle qui peut atteindre 650 mm. Les sols sont de type ferrugineux tropicaux lessivés (12), fortement ferrallitiques sur grès sablo-argileux, pauvres en matières organiques et en éléments nutritifs. Les principales cultures de la région sont le mil et l'arachide. La température varie entre 35 et 45 °C. La température minimale moyenne est de 28 °C.

Le choix du village a été guidé par une bonne représentativité des types de haies vives identifiés dans la zone d'étude et aussi par les conditions de sols et de climat, favorables aux cultures de mil et d'arachide. Les haies qui ont servi à cette étude ont été plantées en 1988, perpendiculairement à la pente. Elles ont un caractère mono spécifique, bien que divers ligneux secondaires et des herbacées, se soient développés en bordure. Les quatre espèces végétales dominantes dans chaque haie sont: *Zizyphus mauritiana*, *Bauhinia rufescens* et *Acacia nilotica*.

Les prélèvements ont été effectués le long de transects perpendiculaires à la haie, au bord (0 m), puis à 1, 2, 5, 8 et 10 m, en amont et en aval. Les échantillons de sol (1 dm³) ont été collectés verticalement dans 3 horizons, indépendamment de la présence de racine: 0-15 cm, 15-40 cm et 40-60 cm, en novembre, c'est-à-dire en fin de saison des pluies. Les champs, de part et d'autre de la haie, étaient tous cultivés en arachide.

Les nématodes ont été extraits de chaque échantillon de sol par la technique de Seinhorst (28), puis identifiés et dénombrés sous le microscope stéréoscopique. Deux ensembles ont été constitués: les nématodes phytoparasites qui s'attaquent uniquement aux plantes supérieures, identifiés au niveau du genre et de l'espèce, et les nématodes libres, dénombrés globalement, dont une large majorité est représentée par les nématodes saprophages.

Résultats

1) Abondance des nématodes phytoparasites

En moyenne, pour l'ensemble des haies, la densité d'infestation en nématodes phytoparasites a tendance à être plus élevée entre 2 et 10 m de la haie, qu'à proximité immédiate de son pied ou encore à 10 m dans les parcelles cultivées avoisinantes (Figure 1A). Le même phénomène se reproduit dans l'horizon le plus profond (40 à 60 cm), mais avec une amplitude extrêmement faible. La zone d'influence de la haie se manifeste de manière plus évidente en aval qu'en amont et sur des distances de respectivement 5 et 2 à 3 m. C'est dans l'horizon de surface (0-15 cm) que les densités sont les plus élevées (18000 nématodes/dm³ de sol), mais un peuplement non négligeable apparaît entre 15 et 40 cm de profondeur (1300 nématodes/dm³ de sol), et à proximité de la haie (1 à 2 m).

Parmi les trois espèces végétales, *B. rufescens* et *Z. mauritiana* se comportent de la même manière dans l'horizon superficiel vis-à-vis des nématodes phytoparasites, par l'apparition d'un peuplement très important entre 1 et 2 m de la haie (Figures 1 B à D), alors qu'il est généralement plus faible au pied même de la haie. La situation inverse se produit pour *A. nilotica*. Les nématodes sont peu abondants entre 1 et 2 m de la haie et ils se multiplient fortement entre 5 et 8 m de distance. Mais cette situation particulière ne se reproduit pas dans les horizons plus profonds. En revanche, l'effet observé en surface se manifeste à nouveau en profondeur pour les deux autres espèces végétales.

2) Évolution de la composition spécifique du peuplement de nématodes phytoparasites

Sept espèces de nématodes phytoparasites importants ont été dénombrées dans les échantillons prélevés le long des trois transects: *Scutellonema cavenessi*, *Helicotylenchus dihystra*, *Tylenchorhynchus avaricus*, *gladiolatus* et *mashhoodi*, *Xiphinema parasetariae* et *Pratylenchus pseudopratensis*.

Dans l'horizon 0-15 cm, pour les trois types de haie, la structure du peuplement évolue le long du transect, de manière différente en amont et en aval (Figure 2). La proportion de *S. cavenessi* a tendance à augmenter lorsqu'on s'éloigne de la haie en aval, ainsi que, dans une moindre mesure, celle de *T. gladiolatus*, au moins pour *A. nilotica*. Les populations de *H. dihystra* sont surtout représentées dans la zone proche de la haie, en particulier pour *Z. mauritiana*, et auraient tendance à diminuer lorsqu'on s'en éloigne, notamment sur la partie aval du transect. *P. pseudopratensis* et de *X. parasetariae* n'apparaissent qu'au niveau de la haie ou à proximité immédiate. D'une manière générale, l'évolution des populations de nématodes phytoparasites est plus chaotique en amont qu'en aval. *A. nilotica* a tendance à favoriser la dominance de *T. avaricus* dans sa zone d'influence, alors que les deux autres espèces végétales semblent plutôt favorables à *S. cavenessi*.

Dans les horizons situés plus en profondeur, il n'est pas véritablement possible de mettre en évidence une influence caractéristique de la haie sur l'évolution de la structure du peuplement de nématodes, sauf pour *Z. mauritiana* dans l'horizon 15-40 cm, où la proportion de *S. cavenessi* a tendance à augmenter au fur et à mesure qu'on s'éloigne de la bordure. Les espèces *T. gladiolatus* et *X. parasetariae* sont plus souvent dominantes dans le peuplement en profondeur que dans l'horizon de surface. *H. dihystra* y est également bien représenté. Dans l'horizon le plus profond 40-60 cm, chaque espèce végétale montre des caractéristiques nématologiques très particulières: *A. nilotica* favorise la présence de *T. avaricus*, *X. parasetariae* et *T. gladiolatus*; *B. rufescens*, celle de *X. parasetariae* et *H. dihystra*, et enfin *Z. mauritiana*, celle de *H. dihystra* et *S. cavenessi*.

3) Évolution de la richesse spécifique du peuplement de nématodes phytoparasites

Le nombre d'espèces présentes dans le peuplement diminue lorsqu'on s'éloigne de la haie. À 10 m à l'intérieur du champ, on ne rencontre généralement que 1 à 3 espèces (Figure 3). Il existe des disparités amont - aval, mais qui ne semblent pas répondre à une règle généralisable. Pour *A. nilotica* et *Z. mauritiana*, c'est en amont que la richesse spécifique est la plus élevée dans l'horizon supérieur, alors que c'est en aval pour *B. rufescens*.

En fonction de la profondeur, la richesse spécifique est nettement plus élevée à proximité de la haie et dans sa zone d'influence (de 6 à 8 m de part et d'autre) que dans le champ, notamment dans l'horizon intermédiaire, mais aussi entre 40 et 60 cm de profondeur dans le cas de *B. rufescens* et de *Z. mauritiana*. Pour *A. nilotica*, dans l'horizon le plus profond, les nématodes sont présents le plus souvent en population monospécifique.

4) Abondance des nématodes libres

Pour l'ensemble des haies, l'évolution horizontale et verticale de la densité en nématodes libres est très proche de celle des nématodes phytoparasites (Figure 4 A). Ces nématodes se concentrent dans l'horizon superficiel et sont particulièrement abondants en bordure immédiate de la haie vive. Cet effet est encore apparent entre 15 et 40 cm de profondeur et de manière très atténuée dans l'horizon le plus profond. Le peuplement diminue moins rapidement en abondance en aval (5 à 8 m), qu'en amont (2 à 3 m).

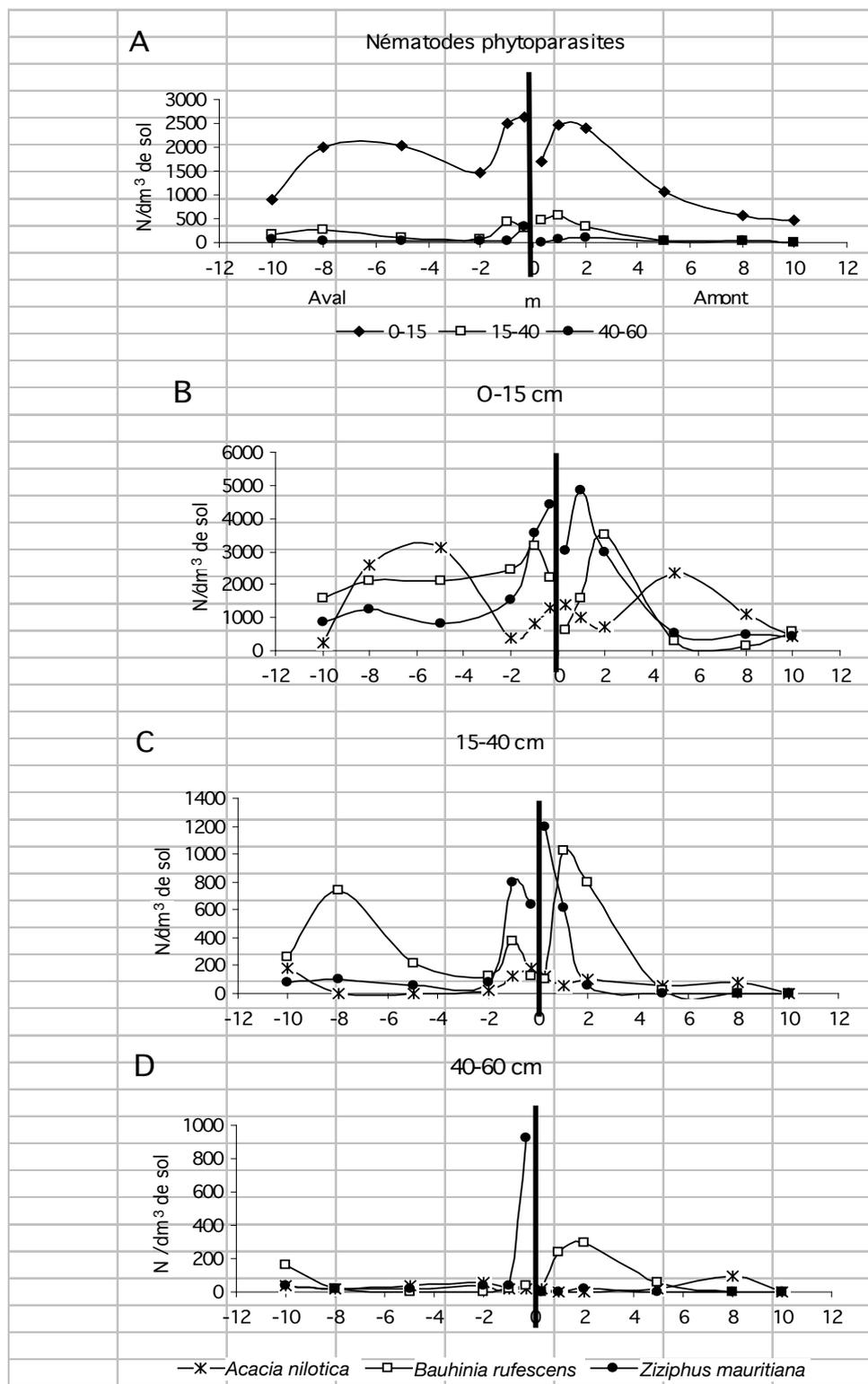


Figure 1: Evolution des densités d'infestation en nématodes phytoparasites (N/dm³) le long des transects, en fonction de la profondeur (cm), pour l'ensemble des haies (A) et pour chaque type de haie (B à D).

L'espèce végétale qui constitue majoritairement la haie ne semble pas avoir d'incidence majeure sur la densité d'infestation et l'évolution du peuplement dans l'horizon de surface (Figure 1 B à D). *B. rufescens* apparaît plus favorable au développement des nématodes libres en profondeur et en amont, et *Z. mauritiana* en aval, en bordure de la haie.

Discussion

Incidence locale de la haie vive: effet de bordure

Le nématode phytoparasite se développe aux dépens des racines des plantes et leur est donc plus ou moins néfaste. Sur cette base, la haie, en favorisant la multiplication des nématodes phytoparasites, risque de provoquer un problème parasitaire au niveau des cultures adjacentes (23). Comme tous les organismes, les nématodes peuvent coloniser l'espace à la faveur de l'accroissement "en taches" des populations, même si leur propre autonomie est très limitée en raison de leur taille et de leur morphologie

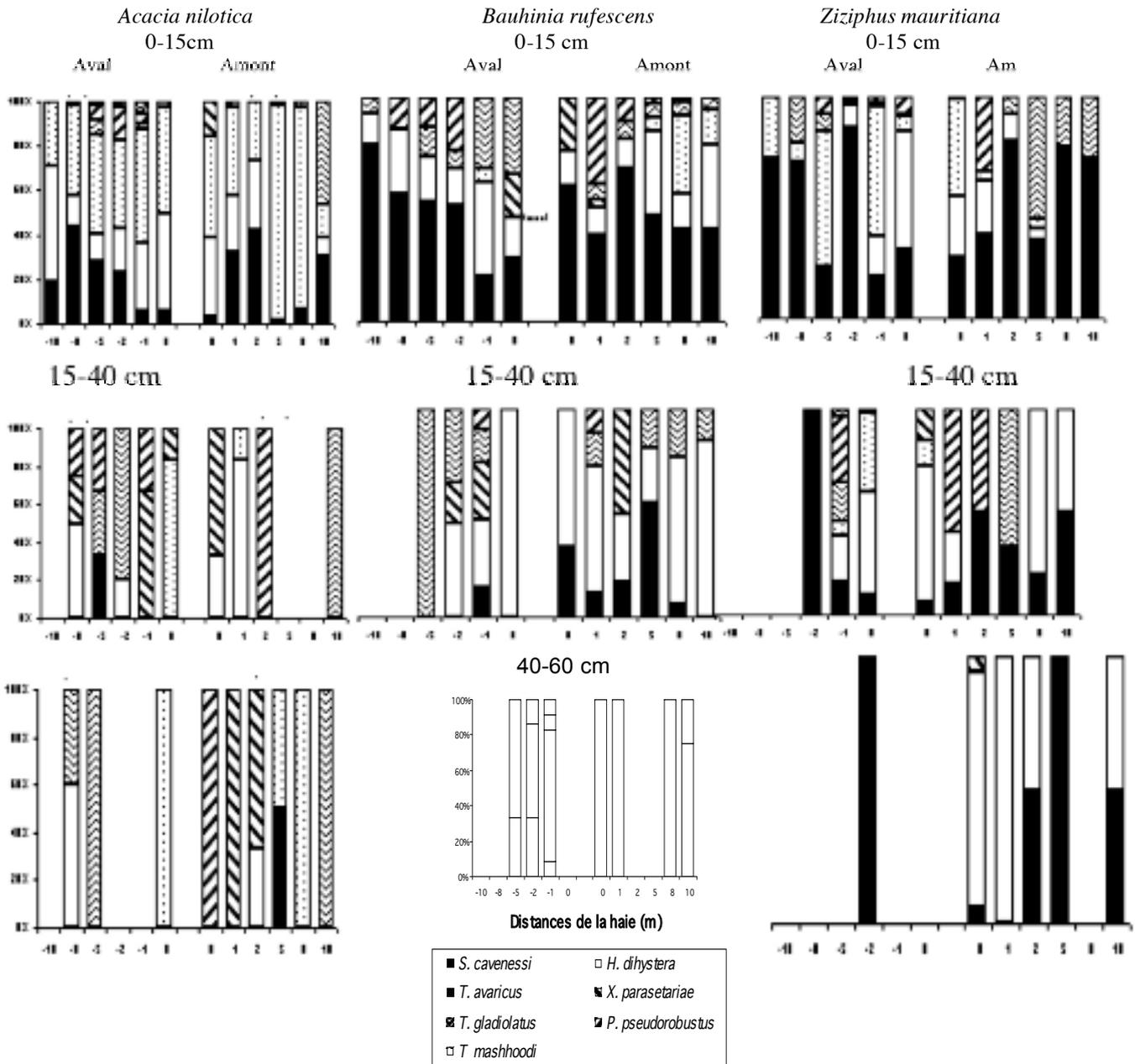


Figure 2: Evolution des proportions relatives des différentes espèces qui composent le peuplement de nématodes phytoparasites le long des transects pour chaque type de haie, en fonction de la profondeur.

(24, 26). Cette situation existe dans certains cas, comme pour les cultures maraîchères au Sénégal, lorsque des haies brise-vent ont été constituées avec *Prosopis juliflora* (27). Cette légumineuse favorise la pullulation des nématodes à galls du genre *Meloidogyne* qui attaquent et détruisent les cultures maraîchères.

Dans le cas des cultures vivrières du bassin arachidier (mil, arachide, haricot), la situation est différente. La présence de certaines espèces comme *T. avaricus* tend à montrer que les haies s'apparentent à des zones de jachère très anciennes, puisque dans cette région, cette espèce se développe essentiellement dans les forêts ou dans de telles jachères, c'est-à-dire des écosystèmes très stables (25). Cette observation est renforcée par la présence, en proportion importantes, des genres *Xiphinema* et *Helicotylenchus*, également indicateurs d'une restauration et d'une stabilisation du milieu sous l'effet de la jachère (32). La haie vive provoque un effet comparable à la jachère dans cette zone soudano-sahélienne, c'est-à-dire un accroissement

de la taille du peuplement de nématodes phytoparasites, mais également un accroissement de la richesse spécifique mesurée par le nombre d'espèces présentes. Au plan de la nocuité, les résultats obtenus dans des expériences en serre montrent que la diversité spécifique du peuplement de la jachère semble atténuer son effet pathogène par rapport au peuplement, composé essentiellement de deux espèces, qui existe dans les champs cultivés, et qui est pathogène (15). Contrairement au cas évoqué précédemment pour les cultures intensives maraîchères, l'aptitude des haies d'*A. nilotica*, de *Z. mauritiana* ou de *B. rufescens* à maintenir dans la zone, non pas une seule, mais un grand nombre d'espèces de nématodes, est de nature à réduire l'effet pathogène du peuplement constitué par ces différentes espèces de nématodes, en cas de contamination des cultures. La présence de *H. dihystra* est extrêmement importante, car cette espèce semble avoir un effet modérateur sur la pathogénie du peuplement auquel elle appartient (31). Parmi les types de haies étudiés, celle constituée avec *A.*

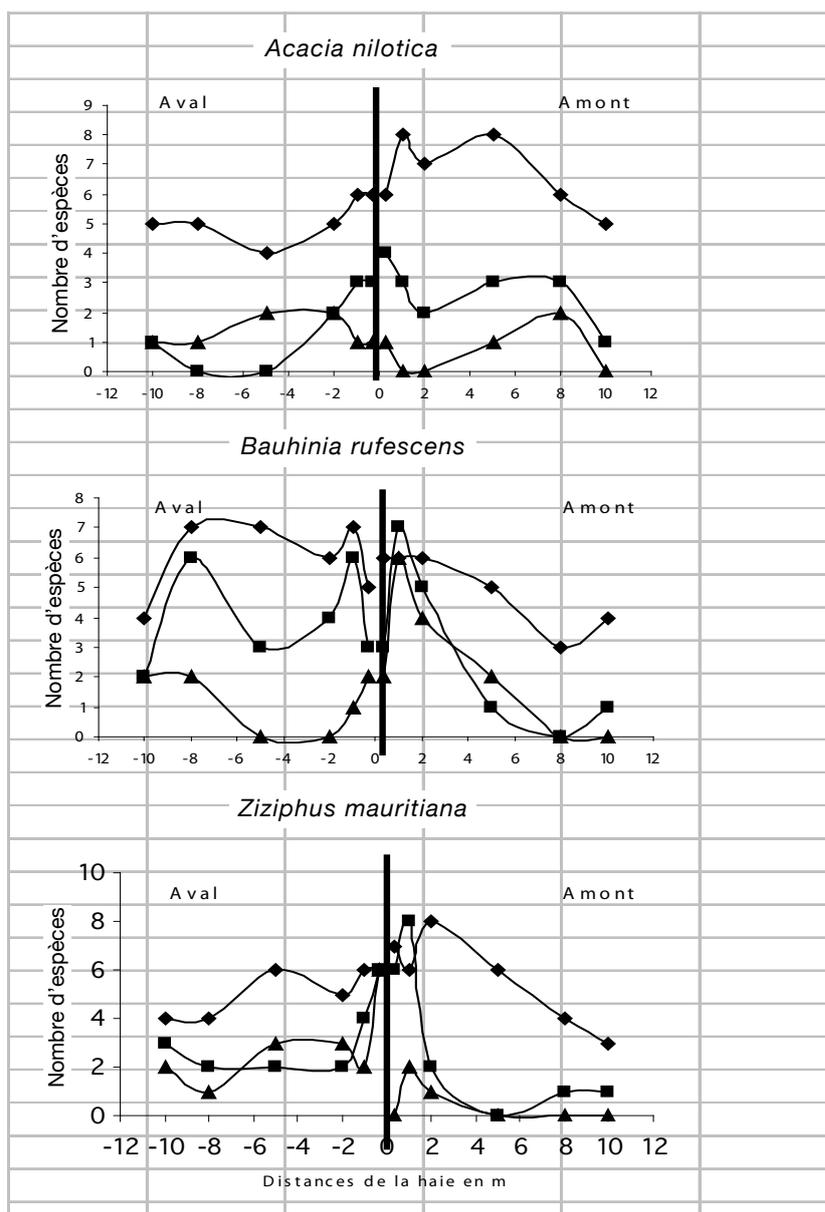


Figure 3: Evolution du nombre d'espèces de nématodes phytoparasites importantes au plan agronomique en fonction de la distance à la haie et de la profondeur (cm), pour les 3 espèces végétales.

nilotica apparaît la plus intéressante au plan nématologique puisqu'elle ne favorise pas la multiplication de *S. cavenessi* qui est l'une des espèces dominantes sur les cultures de la région (17). Enfin, la diversité nématologique peut être enrichie ou maintenue grâce à l'action brise-vent des haies qui entraîne l'accumulation des particules transportées par le vent (14, 20), sur lesquelles des nématodes peuvent être fixés sous forme anhydrobiotique (4).

Dans l'horizon superficiel, l'influence de *A. nilotica* est très différente de celle des deux autres espèces or, son système racinaire par pivot ne permet pas d'expliquer la multiplication des nématodes phytoparasites à 5 m de la haie par la présence de racines de cet arbre. Ce phénomène pourrait donc résulter d'un effet de bordure qui a favorisé la croissance des mauvaises herbes. Les nématodes phytoparasites ont pu ainsi disposer d'une masse importante de racines pour édifier un peuplement particulièrement abondant et *a priori* peu pathogène puisque très diversifié.

Cet effet "haie" se manifeste également en profondeur, mais généralement sous la haie ou à proximité immédiate. La présence des racines des ligneux, dans ces couches

qui restent longtemps humides, permet certainement une activité des nématodes pendant une bonne partie de la saison sèche (16), alors que ceux qui sont en surface (la majorité) sont sous formes de résistance anhydrobiotiques (11); or, dans le champ, il n'y a pas de racine en profondeur. Cette situation pourrait être exploitée favorablement dans la mesure où les organismes antagonistes, comme les champignons nématophages (13) et les bactéries, *Pasteuria* spp., par exemple (29), dont la présence dépend de celle d'hôtes actifs, pourraient y poursuivre leur multiplication pendant la période sèche. Dès le retour des pluies, ces organismes antagonistes actifs pourraient contaminer immédiatement les nématodes, alors que dans le champ, ils ont pratiquement disparu du fait du dessèchement rapide de l'horizon superficiel où se trouvent les nématodes-hôtes, dont le développement s'arrête chaque année avec celui de la plante cultivée dont ils se nourrissent.

Les nématodes libres, et en particulier les formes saprophytes, environ 7 fois plus nombreux que les nématodes phytoparasites, correspondent à des indicateurs de fertilité, dans la mesure où leur abondance est directement

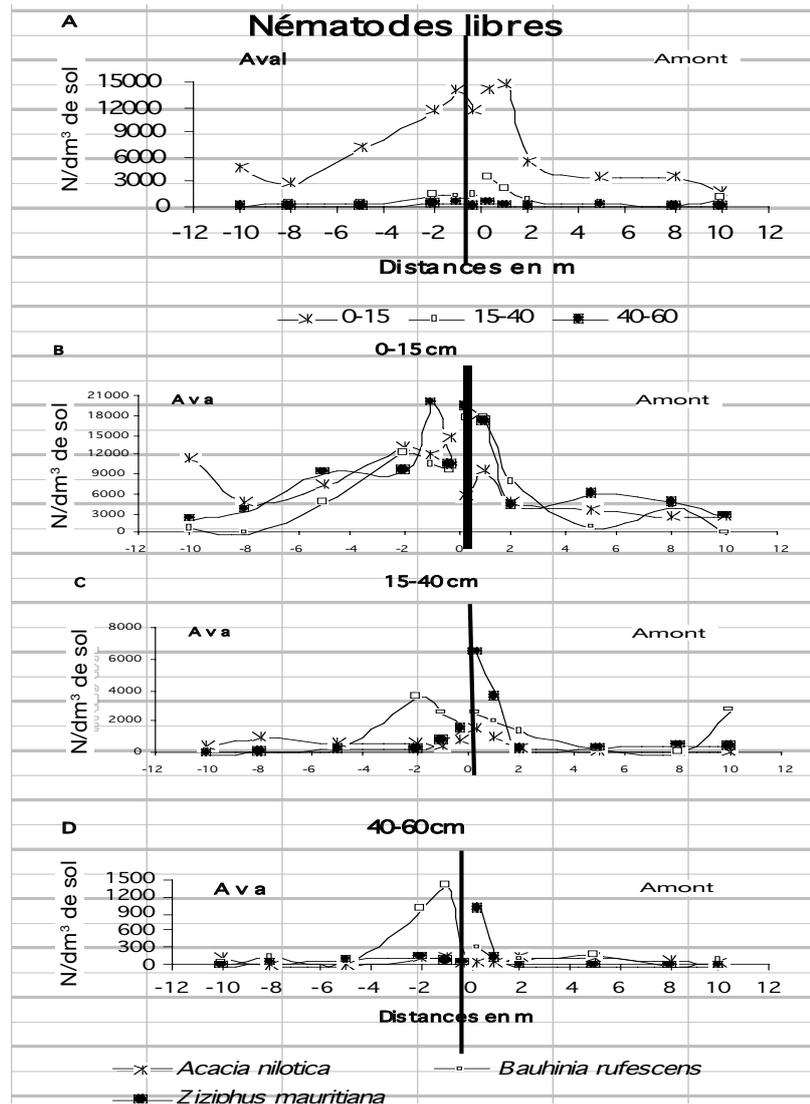


Figure 4: Evolution de la densité de nématodes libres en fonction de la distance à la haie et de la profondeur, pour l'ensemble des haies (A) et pour chaque espèce végétale (B à D). (Nématodes/dm³ de sol).

liée à la présence de bactéries et donc indirectement à celle de matière organique décomposable. Ces organismes ont également un impact sur le cycle des nutriments, car leur activité est à l'origine d'une partie de l'azote minéralisé du sol, indispensable à la croissance des plantes (19). Les haies constituent indiscutablement des lieux extrêmement favorables à leur prolifération, du fait de l'enrichissement en matière organique lié à la présence d'une biomasse végétale considérablement plus importante que dans le champ. Leur présence en grande majorité dans la couche superficielle du sol prouve que les apports de litières sont déterminants, mais l'existence d'une activité des nématodes libres en profondeur, uniquement au niveau de la haie, met en évidence un enrichissement des différentes strates du sol par le renouvellement des racines des ligneux.

Que ce soit les nématodes phytoparasites ou les nématodes libres, leur double dépendance directe ou indirecte, du sol et de la plante hôte, en font des indicateurs biologiques extrêmement sensibles qui peuvent être utilisés pour déterminer la zone d'influence de la haie. Dans cette étude, il apparaît que cette influence est plus large en aval qu'en amont. Cette disparité pourrait s'expliquer par un dessèchement plus rapide du sol en amont, conformément aux résultats obtenus par Caubel-Forget et Grimaldi (10).

Le rôle potentiel de la haie à l'échelle du bassin versant

Dans la zone soudano-sahélienne, les haies ont été introduites pour protéger les plantations et les aménagements de parcelle, et aussi pour contrôler l'érosion du sol dans les zones déforestées (2). Leur présence permet de réduire de plus des deux tiers les coefficients de ruissellement et les transports de particules solides (1). Une étude réalisée à Thyssé Kaymor au Sénégal, sur un bassin aménagé de 58 ha a montré que les 14 événements pluvieux qui ont provoqué l'apparition de ruissellement ont mobilisé 6000 m³ d'eau qui ont transporté environ 19 t de particules de sol et 280 millions de nématodes phytoparasites; soit environ 3 fois plus que le nombre estimé dans 19 t de sol en place (8). Autrement dit, les nématodes seraient beaucoup plus sensibles au ruissellement que les particules de sol de même masse (sable fin), bien qu'ils soient plus gros (un demi à 1 mm de long). Ce résultat pourrait provenir de leur faible densité qui leur permet de flotter plus longtemps et de leur aptitude à effectuer des mouvements, donc probablement à se dégager des obstacles.

Si la dissémination de parasites sur un bassin versant est un processus extrêmement néfaste, il pourrait être exploité de deux manières:

- D'une part, en gérant l'occupation de la parcelle, non

plus uniquement par rapport à son état de fertilité, mais par rapport à la situation des parcelles environnantes et en fonction des chemins du ruissellement sur le bassin versant (qui pourraient d'ailleurs être identifiés en utilisant les nématodes comme marqueurs biologiques; Cadet, non publié). Il s'agit d'éviter qu'une parcelle mise en culture après jachère soit immédiatement ré-infestée par les nématodes parce qu'elle est située en aval d'un champ cultivé depuis longtemps et donc très infesté. La réintroduction des nématodes phytoparasites ne se traduira pas par un anéantissement immédiat des cultures vivrières qui profiteront de l'effet jachère sur les aspects physico-chimiques de la fertilité, mais leur présence est de nature à réduire la durabilité du système de culture à jachère et par conséquent, à remettre en cause sa justification (9).

- D'autre part, si l'eau de ruissellement transporte des nématodes, elle peut certainement transporter également des organismes antagonistes pour les combattre (bactéries ou champignons). Des mesures effectuées en simulation de pluie ont d'ailleurs mis en évidence le phénomène en ce qui concerne *Pasteuria penetrans*, fixés sur des juvéniles de *Meloidogyne* (Cadet, non publié). D'autres observations ont montré que ces eaux sont chargées de bactéries différentes selon leur origine: jachère, champs d'arachide ou de mil (Duponnois, comm. pers). De ce fait, les eaux de ruissellement pourraient être employées pour disperser des bactéries comme *Burkholderia*, dont certaines souches sont nématicides, ou *Azospirillum*, pour combattre le striga (6), avec deux avantages supplémentaires:
 - une action potentielle sur la fertilité du sol dans la mesure où ces souches peuvent également favoriser l'agrégation ou la fixation d'azote atmosphérique (3, 30);

- une dispersion au niveau du bassin versant, sans introduction de nouvelles pratiques culturales.

Dans ce cadre, les haies pourraient jouer un rôle fondamental, puisqu'elles constituent les dernières zones stables et les ultimes refuges, avec les barrages antiérosions, et les jachères résiduelles ou améliorées, que l'on peut envisager de manipuler. Cette manipulation passe par l'introduction de végétaux et de microorganismes, de façon à créer, au niveau des écotones, les conditions environnementales de leur survivance. Nos résultats montrent que ces écotones doivent être aménagées, par rapport au passage de l'eau de ruissellement, de manière à créer les conditions nécessaires à la manipulation de leur contenu biologique et à la dispersion des microorganismes sur les parcelles, et non plus uniquement par rapport à l'objectif de réduction de l'érosion physique.

Conclusion

À travers l'étude de l'impact des haies vives, par rapport à leur influence sur la faune nématologique, l'érosion et le ruissellement, il est possible d'élaborer un concept de gestion des nématodes et de la fertilité par aménagement du paysage, qui s'appuie sur une spatialisation du bio-fonctionnement du sol. Si les différents compartiments de ce concept ont fait l'objet d'études verticales parfois pluridisciplinaires en hydrologie, nématologie, bactériologie, sa validation en grandeur réelle, à l'échelle d'un bassin versant embocagé reste à faire.

Remerciements

Cette étude a été menée avec l'appui financier du réseau ANAFE du Centre International de Recherche en Agroforesterie (ICRAF).

Références bibliographiques

1. Albergel J., Diatta M., Pépin Y., 1999, Aménagement hydraulique et bocage dans le bassin arachidier du Sénégal. La jachère en Afrique tropicale: Rôles, aménagement, alternatives. Floret Ch., Pontanier R., Volume 1: Actes du séminaire international, Dakar, 13-16 avril 1999, John Libbey, EUROTEXT, Paris, 741-750.
2. Albergel J., Perez P., Grouzis M. & Diatta M., 1997, Rehabilitation of a semiarid ecosystem in Senegal. Part 1. Hillside scale experiments, Agriculture, Ecology and Environment, 65, 95-106.
3. Bally R., Miche L., Alexandre G., Kabir M.M., Jacoud C., Boullant M.-L., Ouedrago O. & Salle G., 1998, Inhibition de la germination de la plante parasite *Striga hermonthica* par *Azospirillum brasilense* L4, bactérie P.G.P.R. fixatrice d'azote, associée aux racines du sorgho, Agronomie Africaine, 11, 239-249.
4. Baujard P. & Martiny B., 1994, Transport of nematodes by wind in the peanut cropping area of Senegal, West Africa, Fundamental and applied Nematology, 17, 543-550.
5. Benoit-Cattin M. & Ruas J-F., 1995, Concept et instruments de prévisions alimentaires des pays d'Afrique sahélienne, économies et sociétés, série développement agroalimentaire, 22, 3-4, 269-280.
6. Boullant M.-L., Michel L., Ouedrago O., Alexandre G., Jacoud C., Salle G. & Bally R., 1997, Inhibition of *Striga* seed germination associated with sorghum growth promotion by soil bacteria. C. R. Acad. Sci. 320, 159-162.
7. Cadet P. & Floret C., 1995, An initial study of fallow periods on the nematode community in the sudanese-sahelian zone of Senegal, Acta Oecologica, 16, 77-88.
8. Cadet P. & Albergel J., 1998, Passive transport of phytoparasitic nematodes by runoff water in the sudano-sahelian climatic area, Journal of Hydrology, 214, 91-102.
9. Cadet P., Bois J-F., Pate E., N'diaye-Faye N. & Floret C., 1999, Diversité des nématodes parasites et durabilité du système culture-jachère au Sénégal. La jachère en Afrique tropicale: rôles, aménagement, alternatives. Floret Ch., Pontanier R., Volume 1: Actes du séminaire international, Dakar, 13-16 avril 1999, John Libbey, EUROTEXT, Paris, 268-276.
10. Caubel-Forget V. & Grimaldi C., 1999, Fonctionnement hydrologique et géochimique du talus/haie de ceinture de bas-fonds: conséquences sur le transfert et le devenir des nitrates. (Résumé), VII^{ème} journée française de l'Association Internationale d'Ecologie du paysage, rôle fonctionnel des lisières et des écotones, 21-23 avril 1999, Besançon, France.
11. Demeure Y., 1975, Résistance à la sécheresse, en zone sahélienne du nématode phytoparasite *Scutellonema cavenessi* Sher, 1963, Cah. ORSTOM, Sér. Biol. 10, 283-292.
12. Duchoufou P., 1977, Précis de pédologie. Pédogénèse et classification. Masson, Paris: 291 p.
13. Duponnois R., Matelle T. & Guèye M., 1995, Biological characteristics and effects of two strains of *Arthrobotrys oligospora* from Senegal on *Meloidogyne* species (with reference to *M. mayaguensis*) parasitizing tomato plants, Biocontrol Science & Technology, 5, 517-525.
14. Floret C. & Pontanier R., 1982, L'aridité en Tunisie présaharienne (climat, sol, végétation et aménagement). Travaux et documents de l'ORSTOM n°150, Paris. 544 p.
15. Floret C., Pontanier R. & Serpenté G., 1993, La jachère en Afrique intertropicale. Dossier MAB 16. UNESCO, Paris: 86 p.
16. Germani G. & Luc M., 1982, Etudes sur la «chlorose voltaïque» des légumineuses due au nématode *Aphasmatylenchus straturatus* Germani. II, Revue Nématol. 5, 195-199.
17. Germani G., Baujard P. & Luc M., 1985, La lutte contre les nématodes dans le bassin arachidier sénégalais. ORSTOM, Paris: 16 p.
18. Greenland D.J. & Nye P.H., 1959, Increases in carbon and nitrogen contents of tropical soils under natural fallows, Journal of Soil Science, 10, 284-99.
19. Hassink J., Bouwman L.A., Zwart K., Bloem J. & Brussaard L., 1993, Relationships between soil texture, physical protection of organic matter, soil biota, and C and N mineralization in grassland soils, Geoderma, 57, 105-128.

20. Le houero H.N., 1981, Long term dynamics in arid land vegetation and ecosystems of north Africa. IBP Synthesis, Cambridge Univ. Press. Goodall, Evenary and Noy-Meir (eds.), 357-384.
21. Louppe D., 1991, Réflexions sur les haies-vives et brise-vent en nord Côte d'Ivoire (Région de Korhogo). Congrès Forestier Mondial - Paris - Sept 1991 - Actes 3, RFF hors série n°3, 129-135.
22. Masse D., Cadet P., Chotte J-L., Diatta M., Floret C., N'diaye-Faye N., Pate E., Pontanier R., Thioulouse J. & Villenave C., 1998, L'exploitation des jachères naturelles compromet la restauration de la fertilité du milieu semi-aride au Sénégal, Agriculture et Développement, 18, 31-38.
23. Netscher C., 1981, Arbres résistants aux *Meloidogyne* spp.: utilisation comme brise-vent au Sénégal, Agronomie Tropicale, 26, 175-177.
24. Netscher C. & Sikora R.A., 1990, Nematode parasites of vegetables. Plant parasitic nematodes in subtropical agriculture. M. Luc, R.A. Sikora and J. Bridge (Eds). Wallingford, U.K., C.A.B. International, 237-283.
25. Pate E., 1997, Analyse spatio-temporelle des peuplements de nématodes phytoparasites dans les systèmes de culture à jachère au Sénégal. Thèse de l'Université Claude Bernard, Lyon I, France: 208 p.
26. Prot J.C., 1975, Recherches concernant le déplacement des juvéniles de *Meloidogyne* spp. vers les racines, Cah. ORSTOM, Sér. Biol. 10, 251-262.
27. Prot J.C., 1986, Sensibilité de sept légumineuses arborescentes aux nématodes *Meloidogyne javanica*, *Meloidogyne incognita*, *Scutellonema cavinessi* et *Dolichorhynchus elegans*, Revue Nématol. 9, 416-418.
28. Seinhorst J.W., 1962, Modification of the elutriation method for extracting nematodes from soil, Nematologica, 8, 117-128.
29. Stirling G.R., Sharma R.D. & Perry J., 1990, Attachment of *Pasteuria penetrans* spores to the root knot nematode *M. javanica* in soil and its effects on infectivity, Nematologica, 36, 246-252.
30. Tran Van V., Berge O., Balandreau J., Ngo ke S. & Heulin T., 1996, Isolement et activité nitrogénasique de *Burkholderia vietnamiensis*, bactérie fixatrice d'azote associée au riz (*Oryza sativa* L.) cultivé sur un sol sulfaté acide du Viêt-nam, Agronomie, 16, 479-491.
31. Villenave C. & Cadet P., 1998, Interaction of *Helicotylenchus dihystra*, *Pratylenchus pseudopratensis* and *Tylenchorhynchus gladiolatus* on two plants from the soudano-sahelian zone of west Africa, Nematologica, 28, 31-39.
32. Villenave C. & Cadet P., 1999, Rôle particulier de *Helicotylenchus dihystra* au sein des peuplements de nématodes phytoparasites (Sénégal). La jachère en Afrique tropicale : rôles, aménagement, alternatives. Floret Ch., Pontanier R., Volume 1: Actes du séminaire international, Dakar, 13-16 avril 1999, John Libbey, EUROTEXT, Paris, 291-299.

P. Cadet, Français, DEUG Chimie Biologie, Maîtrises de génétique et biochimie, DEA de Biologie générale et appliquée, Thèse en Biologie appliquée. Directeur de Recherche, IRD/Centre de Biologie et de Gestion des Populations CS30016, 34988 Montferrier-sur-lez Cedex. Responsable du laboratoire mixte SASRI/IRD de Nématologie et microbiologie du sol.

Diaminatu Sanogo, Sénégalaise, Ingénieur des Sciences Appliquées- Spécialité Eaux et Forêts, DEA de Biologie végétale, Doctorat 3^{ème} cycle option Biologie végétale. Coordonnatrice nationale du projet «Forging Links»: Nouer des liens entre la recherche en agroforesterie et le Développement au Sénégal. Coordonnatrice nationale du projet «Isang Bagsak», communication participative pour le développement. Projet ISRA/ICRAF/Université Laval; ISRA/CNRF, Dakar, Sénégal.

Influence de la fumure azotée et du rythme d'exploitation sur la production de matière sèche et la valeur alimentaire de *Andropogon gayanus* Kunth au Burkina Faso

M.F. Obulbiga¹* & Chantal Yvette Kaboré-Zougrana²

Keywords: *Andropogon gayanus* Kunth- Nitrogen fertilization- Harvesting intervals- Biomass production- Nutritional value- Burkina Faso

Résumé

L'influence de la fumure azotée et du rythme d'exploitation sur la production de biomasse, la composition chimique et la valeur alimentaire a été étudiée chez l'espèce fourragère *Andropogon gayanus* cultivée en zone soudanaise du Burkina Faso. La culture de l'espèce a consisté en la mise en place en première année par repiquage d'éclats de souche suivie de l'exploitation durant la deuxième année. Cette culture est soumise à quatre niveaux de fumure sous forme d'urée (0; 40; 80 et 150 kg /ha correspondant respectivement à 0; 18,5; 37 et 67 unités d'N/ha) et trois rythmes d'exploitation (30 jours, 40 jours et coupe à l'épiaison) avec 4 répétitions pour chaque facteur. Les résultats obtenus montrent que la dose de fumure azotée maximale (67 unités d'N/ha) associée à une coupe à l'épiaison donne la biomasse la plus élevée (7,6 t MS/ha). Le rythme de coupe de 30 jours favorise le mieux l'expression des effets de la fumure azotée. Ce rythme fournit un fourrage excellent dès la dose modérée de 37 unités d'N/ha correspondant à 90 g MAD/kg MS et 0,81 UFL. La culture d'*Andropogon gayanus* Kunth, sous fertilisation azotée modérée semble être une alternative pour assurer une disponibilité fourragère quantitative et qualitative.

Summary

Influence of Nitrogen Fertilization and Management Practices on Dry Matter Production and Nutritional Value in *Andropogon gayanus* Kunth in Burkina Faso

The influence of nitrogen fertilization and harvesting practices on biomass production, chemical composition and nutritional value were studied on *Andropogon gayanus* Kunth forages set in Sudanese agroclimatic zone of Burkina Faso. The first year was spent to establish an adequate plant population, by transplantation of *Andropogon gayanus* stumps; then, four nitrogen doses were applied on experimental blocs during the second year: a) 0 N-units/ha (0 kilos of urea/ha) as Control, b) 18.5 N-units/ha (40 kilos of urea/ha), c) 37 N-units/ha (80 kilos of urea/ha) and d) 76 N-units/ha (150 kilos of urea/ha). Also, three harvesting intervals were applied as follows: harvesting i) every 30 days, ii) 40 days and iii) once at ear emergence. Each factor combination was repeated 4 times. Results indicated that treatment 67 N-u/ha combined with harvesting once at ear emergence led to the higher total dry matter (DM) production (7.6 tons DM/ha), while harvesting every 30 days showed the best expression of nitrogen fertilization effects. This harvesting interval (30 days), associated with moderate nitrogen fertilization dose (37 N-units/ha) gave an excellent forage containing 90 g DNM/kg DM, 0.81 French Feed Unit for Milk Cropping *Andropogon gayanus* Kunth under moderate fertilization doses and using adequate harvesting practice seems to be a suitable alternative to provide enough quantity of good quality forage.

Introduction

La graminée pérenne *Andropogon gayanus* Kunth est une graminée vivace très appréciée par les pasteurs de l'Afrique de l'ouest pour sa tolérance à la sécheresse et la qualité de son fourrage (4). Cette graminée est caractérisée par son haut rendement fourragère par rapport aux autres graminées fourragères locales (3, 13, 17, 18). Elle joue donc un rôle indéniable dans l'amélioration de la production fourragère en zones soudanaise et soudano-sahélienne (1, 2, 4, 6, 14, 15, 20). La culture de cette graminée pourrait donc représenter une alternative avantageuse aux cultures conventionnelles (19). Les principaux facteurs influençant sa production et sa valeur alimentaire sont le climat, le sol, la fumure et le rythme d'exploitation (1, 3, 5, 8, 11, 12). Ainsi, *Andropogon gayanus* est proposé pour être utilisé avec profit dans l'amélioration de certains pâturages naturels, spécialement dans les zones où la pluviométrie est inférieure à 1000 mm/an (3, 4). Sans apport de fertilisant, n'importe quelle forme d'exploitation de l'espèce diminue le stock d'azote dans le sol (5). La pauvreté des sols en éléments nutritifs représentant le facteur le plus limitatif de la production agro-

pastorale dans les pays sahéliens, un accroissement de la production ne peut être obtenu que par une utilisation de la fertilisation minérale (20).

L'objet de cette étude est donc de déterminer l'effet de la fumure azotée et du rythme d'exploitation sur la production de biomasse et la valeur alimentaire de l'espèce *Andropogon gayanus*. De telles informations sont indispensables pour la mise en oeuvre de la production et pour l'exploitation de l'espèce dans le cadre d'un système de production intensif tel que pratiqué dans des unités de production modernes au Burkina Faso.

Matériels et méthodes

1. Le milieu d'étude

L'étude a été réalisée entre juin 1999 et janvier 2001 à la station de Recherches Environnementales et Agricoles de Kouaré, qui est située en région soudanaise du Burkina Faso entre les parallèles 12° 05' et 11°55' de latitude Nord et les méridiens 0°10' et 0°25' de longitude Ouest. Le climat

¹Département Productions Animales, Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA), 04 B.P. 8647, Ouagadougou 04, Burkina Faso.

Téléphone : (226) 31 92 29. Fax : 34 02 71.

²Université polytechnique de Bobo-Dioulasso, 01 B.P. 1091, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso

*Auteur pour correspondance

e-mail: obulbigaf@yahoo.fr

Reçu le 29.03.05 et accepté pour publication le 03.04.06.

y est de type Nord-soudanien avec une saison de pluies qui alterne avec une longue saison sèche (octobre à mai). La pluviométrie moyenne annuelle calculée sur 30 années (1969-1998) est de 801 mm.

Le sol est de type ferrugineux lessivé à taches et concrétions (21) caractérisé par l'argile de type kaolinite et une teneur en matière organique faible.

2. Dispositif expérimental

Un dispositif expérimental en split -plot comparant quatre niveaux de fumure azotée et trois rythmes d'exploitation sur des parcelles de 40 m² (8 x 5 m) avec 4 répétitions a été réalisé; soit 12 parcelles élémentaires par répétition ou bloc et un total de 48 parcelles. Des prélèvements de sol (couche de 0 à 20 cm) du site d'implantation de l'essai pour analyses ont été faits pour analyses avant sa mise en place. Des résultats d'analyse, il est ressorti que le sol du site est très pauvre en matière organique (0,58%), en azote (0,3 g/kg) et en phosphore (teneur < 0,5 g/kg). Ainsi, au démarrage de la culture installée en juillet 1999 par repiquage d'éclats de souche de l'écotype local, *Andropogon gayanus* Kunth var. *bisquamulatus* avec un écartement de 80 cm entre les plants, un amendement du sol à base de Burkina phosphate (BP) a été appliqué à la dose de 400 kg/ha avec une fumure de fond de 100 kg d'engrais 14 - 24 - 14 par ha épanchée uniformément sur toutes les parcelles. L'apport de la fumure azotée qui a fait l'objet d'étude (Tableau 1) a été apporté sous forme d'urée au cours de l'année d'exploitation et a consisté en l'application de quatre niveaux de fumure (0; 40; 80 et 150 kg d'urée/ha correspondant respectivement à 0; 18,5; 37 et 67 unités d'N/ha) associés à trois rythmes d'exploitation (30 jours, 40 jours et une fauche au stade épiaison). L'épandage d'azote a été fractionné en une application le 19 juillet 2000 et en la deuxième le 31 août 2000 respectivement après la première et la deuxième coupe du rythme d'exploitation de 30 jours.

Tableau 1
Teneur en unités d'N des doses d'urée appliquées

Fumures / ha	N
Témoin	0
40 kg urée	18,5
80 kg urée	37
150 kg urée	67

3. Mesure de la biomasse

Elle a consisté en la récolte intégrale de la parcelle utile (coupe de la touffe à 15 cm du sol) et en la pesée du fourrage sur place avant et après élimination de la nécromasse. Les échantillons représentatifs des quatre répétitions par traitement sont mélangés et homogénéisés et deux fractions sont prélevées: une pour la détermination de la matière sèche (MS) par séchage au soleil puis à l'étuve à 105 °C. La deuxième est séchée à l'ombre en vue de la détermination de la composition chimique.

4. Evaluation du poids relatif de différentes parties de la plante

A chaque coupe, trois échantillons représentatifs de 1 kg de plantes entières, prélevés lors des mesures de biomasse sont séparés en feuilles vertes, tiges + gaines vertes, feuilles mortes, tiges + gaines mortes et inflorescences et leurs proportions relatives exprimées sur la base de la MS (11).

5. Evaluation de la composition chimique et de la valeur alimentaire

L'évaluation de la composition chimique a porté sur les

échantillons séchés à l'ombre. Les analyses suivantes ont été effectuées: matière sèche (MS) à l'étuve à 105 °C; matières minérales (MM) par calcination de la MS à 550 °C; on en déduit la matière organique (MO); les matières azotées totales correspondant à l'azote selon Kjeldahl (N x 6,25); les constituants pariétaux (méthode de Van-Soest): NDF (Neutral Detergent Fiber), ADF (Acid Detergent Fiber) et ADL (Acid Detergent Lignin) sulfurique déterminée à partir de l'ADF.

La valeur alimentaire du fourrage a été déterminée à partir des équations de prédiction établies sur l'espèce cultivée (4):

- MAD (g / kg MS) = 9,9339 MAT(g / kg MS) - 40,2803
r = 0,99
- UFL = 0,0041 MAD + 0,4576 r = 0,95
- UFV = 0,0045 MAD + 0,3411 r = 0,95

6. Traitement et analyse statistique des données

La saisie des données s'est effectuée à l'aide du logiciel EXCEL 98, l'analyse statistique descriptive avec le logiciel MINITAB version 12 et enfin l'analyse de la variance à l'aide du logiciel Genstat 5 release 3.2.

Résultats et discussions

1. Variation du rendement en matière sèche

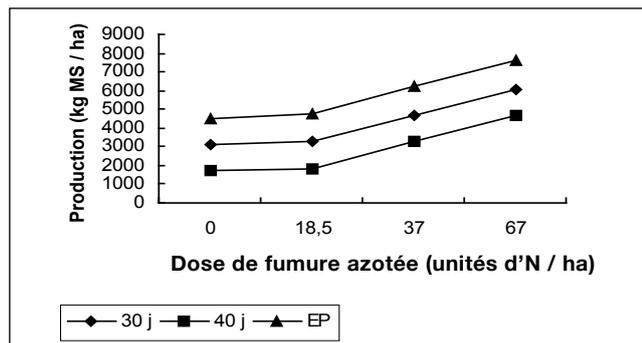
La fumure azotée et le rythme d'exploitation influencent très positivement la production de MS (P < 0,01) de la plante entière et des différents organes (Figure 1). Le rythme de coupe de 30 jours et la dose maximale de fumure induisent la production de feuilles la plus élevée qui est de 4024 kg MS/ha soit un gain de production de 30 kg MS/unité d'N. Pour les tiges et la plante entière, la biomasse maximale (respectivement de 5831 et 7610 kg MS/ha et correspondant à des gains de production de 39 et 47 kg MS/unité d'N) est aussi obtenue avec la dose maximale de fumure, mais pour une coupe à l'épiaison. Cette production de fourrage plus importante à l'épiaison, correspond malheureusement à un rapport F/T est très bas (0,35 - 0,38) qui se traduirait par une qualité plus faible du fourrage (13).

Le niveau maximal de fumure azotée expérimenté pour la culture de l'espèce par certains auteurs (4, 15, 20) a été de 300 unités d'N/ha. La dose la plus élevée utilisée dans notre étude (67 unités d'N/ha) ne représente que 22,3% de cette valeur. Pourtant, elle a permis d'obtenir une production de 7,6 t.MS/ha pour une coupe à l'épiaison et 6 t.MS/ha pour une coupe de 30 jours. Ces données sont respectivement inférieures à celles de 8,43 t.MS/ha obtenues par Buldgen et Dieng (4) pour une coupe en fin de cycle et avec un niveau de fumure azotée de 80 unités d'N/ha. Elles sont aussi inférieures aux 8,57 t.MS/ha obtenues par les mêmes auteurs pour une coupe de 30 jours et avec une dose de fumure azotée encore plus élevée de 100 unités d'N/ha.

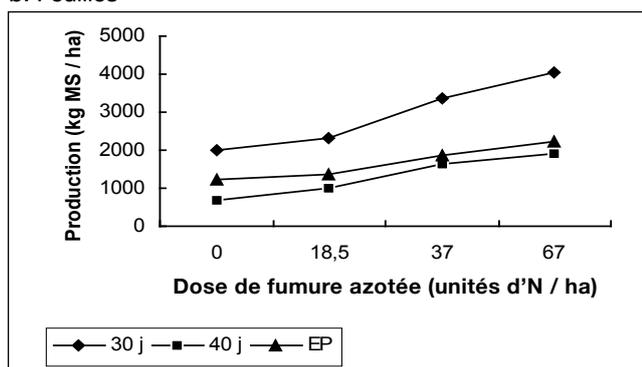
Les gains supplémentaires de production évalués à 47 kg MS pour une coupe à l'épiaison sont eux aussi moins élevés que ceux obtenus par d'autres auteurs (15, 20) qui en appliquant un niveau de fumure très élevé de 300 kg d'N/ha ont obtenu respectivement des gains supplémentaires de production de 77 et 62 kg MS/kg d'N utilisé.

Tous ces résultats montrent bien qu'un apport de fumure azotée à l'espèce *Andropogon gayanus* en culture fourragère accroît de façon très appréciable son rendement en MS. Cependant, il convient de souligner que l'efficacité de cette réponse positive de l'espèce à la fumure est étroitement liée comme toute culture pluviale aux aléas climatiques et surtout à la répartition spatio-temporelle des pluies. L'augmentation de la biomasse due à la fumure accroît les besoins en eau de la plante et de ce fait, fragilise l'aptitude de l'espèce à la tolérance à la sécheresse (3).

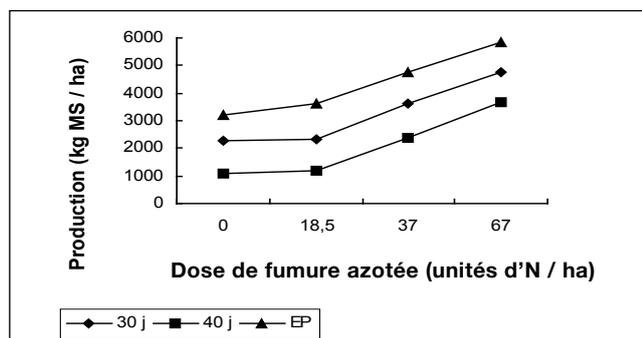
a: Plante entière



b: Feuilles



c: Tiges et gaines



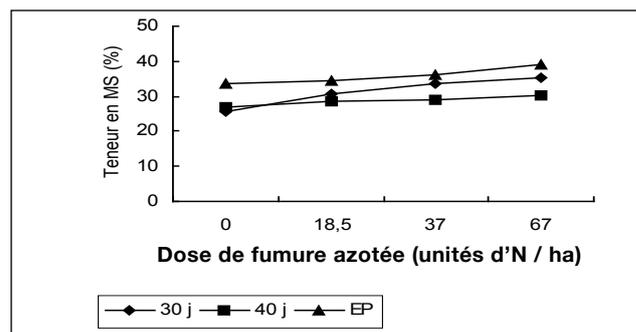
30 j= coupe tous les 30 jours, 40 j= coupe tous les 40 jours, EP= coupe à l'épiaison

Figure 1: Influence de la fumure minérale et du rythme d'exploitation sur la production de matière sèche (kg MS/ha) de la plante entière (a) des feuilles (b) et des tiges + gaines (c) de *Andropogon gayanus*.

2. Variation de la composition chimique et valeur alimentaire

Composition chimique

Sous l'influence de la fumure azotée et du rythme de coupe, l'augmentation de la teneur en MS (Figure 2) ne devient significative ($p < 0,05$) qu'à partir de la dose maximale de fumure apportée à la plante. La teneur la plus élevée dans la plante entière (39%), les feuilles (30%) et les tiges (42%) est obtenue avec la coupe à l'épiaison avec la dose maximale de fumure. Ceci s'explique par le fait que l'âge de la plante au moment de son exploitation et la fertilisation appliquée constituent les plus importants facteurs de variation de la valeur fourragère des graminées (3). Par ailleurs, il a été mis en évidence que l'augmentation de la teneur en cet élément dans la plante est en fait le reflet de celles des organes constitutifs (feuilles et tiges), qui ont une évolution parallèle, avec toutefois des teneurs supérieures dans les feuilles que dans les tiges (11).



30 j= coupe tous les 30 jours, 40 j= coupe tous les 40 jours, EP= coupe à l'épiaison

Figure 2: Influence de la fumure minérale du rythme d'exploitation sur la teneur en matière sèche (MS en %) de *Andropogon gayanus*.

L'interaction fumure azotée et rythme de coupe n'est pas significative ($p < 0,01$) pour la teneur en matières minérales (MM) de la plante. Contrairement aux autres graminées, *Andropogon gayanus* connaît une faible variation des teneurs de ces éléments (3). La figure 3 montre que la teneur la plus forte a été obtenue avec le rythme de coupe de 30 jours et la dose de fumure maximale à savoir 87 g/kg MS.

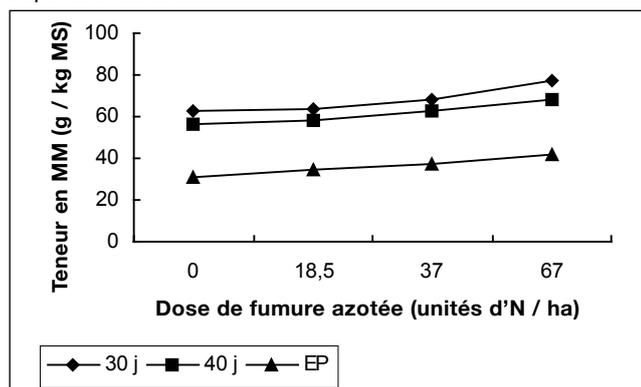
Sous l'influence de la fumure azotée et du rythme de coupe, la teneur en MAT des différents organes augmente très significativement ($p < 0,01$) dès la dose minimale de fumure dans les feuilles et la plante entière et à partir de la dose modérée (37 unités d'N/ha) dans les tiges et gaines et ce, quel que soit le rythme de coupe (Figure 4). Ceci montre bien que l'action combinée fumure azotée et le rythme de fauche modifie la qualité du fourrage (3, 4). La teneur la plus élevée dans les feuilles et la plante entière (143 et 124 g/kg MS respectivement) obtenue avec la dose maximale de fumure et le rythme de coupe de 30 jours correspond respectivement à une augmentation de 70 et 93%.

Par contre dans les tiges, la valeur maximale est obtenue avec le rythme de coupe de 40 jours (68 g/kg MS soit une augmentation de 44%). La coupe à l'épiaison donne la teneur la plus faible dans les tiges qui varie de 28 g/kg MS (dose minimale) à 45 g/kg MS (dose maximale). Ceci confirme les résultats obtenus par d'autres auteurs (2, 5, 7, 10) qui montrent que plus le rythme de fauche est intensif plus la teneur en matières azotées est élevée. Aussi, l'influence de la fumure croît avec l'intensité du rythme de fauche. Ce qui explique le fait que la fumure azotée associée au rythme de coupe de 30 jours s'est révélée appropriée pour la production du fourrage de qualité. En effet, ce rythme de coupe le plus intensif fournit dans la plante entière la teneur en MAT la plus élevée obtenue avec la dose maximale d'azote. Cette valeur est supérieure à celle de 84,4 g/kg MS observée par d'autres auteurs (7) en conditions soudano-sahéliennes avec le même rythme de coupe et à une forte dose de fumure azotée de 120 unités d'N/ha.

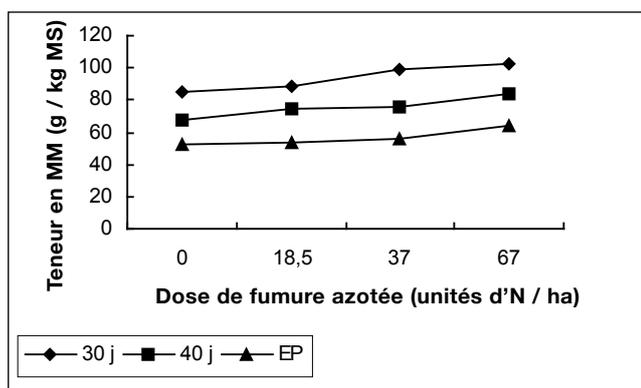
L'interaction de la fumure azotée et du rythme de coupe n'influence pas significativement ($p < 0,01$) la teneur en NDF des organes de la plante. La valeur la plus élevée est observée dans les tiges et gaines avec la coupe à l'épiaison (Figure 5). Elle varie de 795 g/kg MS (dose minimale de fumure) à 808 g/kg MS (dose maximale de fumure). L'augmentation résultante de cette interaction n'est que de 2% pour les tiges.

Ces résultats concordent avec ceux de Buldgen et Dieng (4) montrant que l'application de la dose maximale 120 unités d'N/ha baisse seulement la teneur en fibre brute de la plante entière de 0,50% pour rythme de fauche de 30 jours. La teneur la plus faible variant de 690 à 714 g/kg MS qui est obtenue avec le rythme de coupe de 30 jours pour les feuilles.

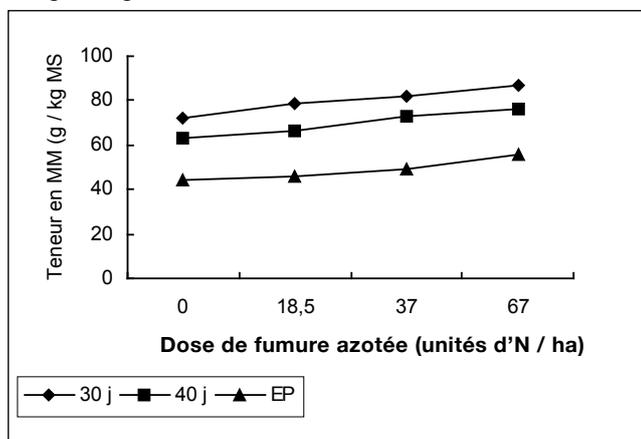
a: plante entière



b: feuilles



c: tiges et gaines



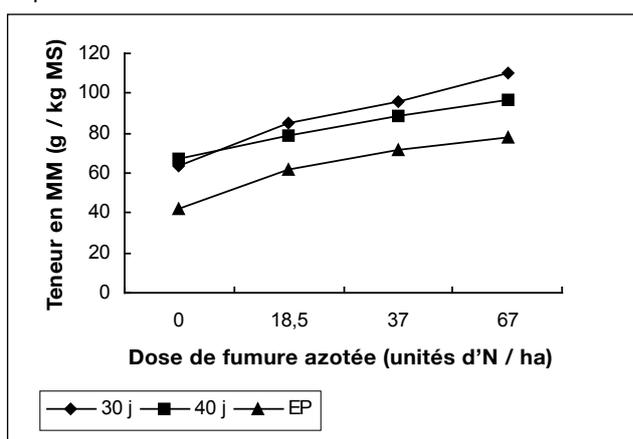
30 j= coupe tous les 30 jours, 40 j= coupe tous les 40 jours, EP= coupe à l'épiaison

Figure 3: Influence de la fumure azotée et du rythme d'exploitation sur la teneur en cendres (MM g/kg MS) de la plante entière (a) des feuilles (b) et des tiges + gaines (c) de *Andropogon gayanus*.

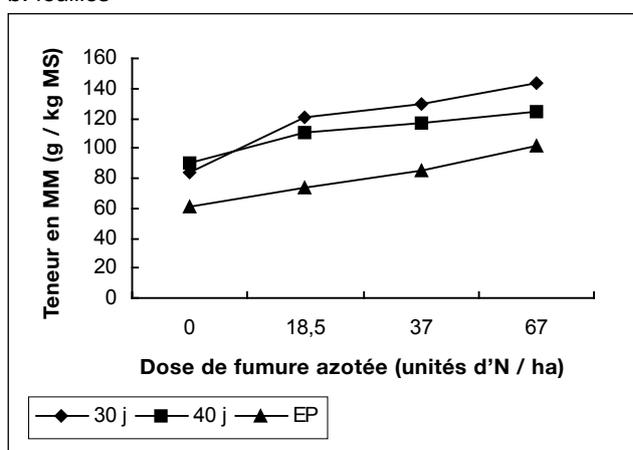
Valeur alimentaire (MAD, UFL et UFV)

La fumure azotée associée à l'un des trois rythmes de coupe influe sur la teneur en MAD, UFL et UFV quel que soit l'organe de la plante. La teneur la plus forte par organe est obtenue avec le rythme de coupe de 30 jours pour les feuilles. Elle est de 110 g MAD/kg MS; 0,85 UFL/kg MS et 0,78 UFV/kg MS (Tableau 2). La valeur la plus faible est observée avec la coupe à l'épiaison pour les tiges et gaines (40 g MAD/kg MS; 0,74 UFL/kg MS et 0,65 UFV/kg. Quel que soit l'organe, on ne note pas de différence significative

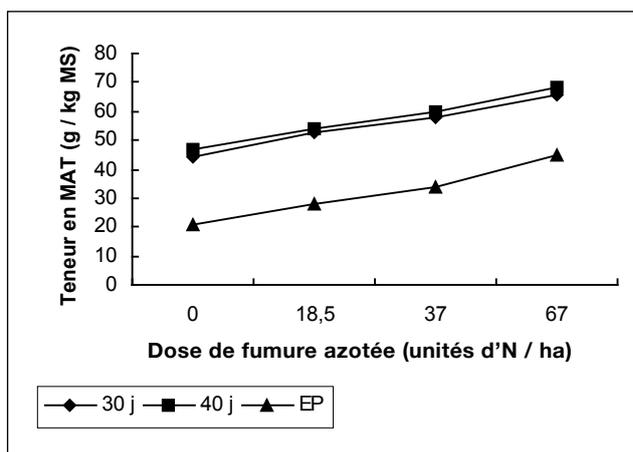
a: plante entière



b: feuilles



c: tiges et gaines



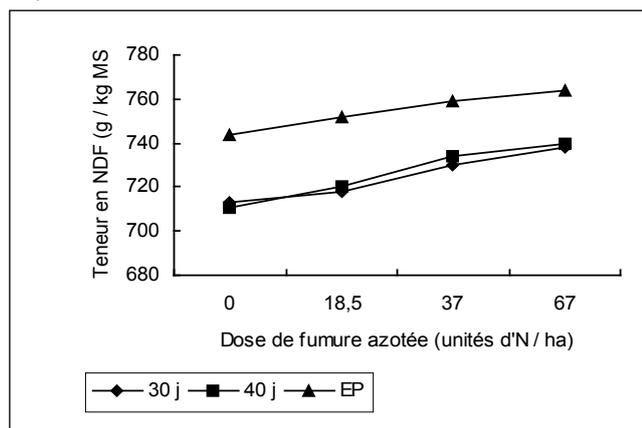
30 j= coupe tous les 30 jours, 40 j= coupe tous les 40 jours, EP= coupe à l'épiaison

Figure 4: Influence de la fumure minérale et du rythme d'exploitation sur les teneurs en matières azotées totales (MAT g/kg MS) de la plante entière (a) des feuilles (b) et des tiges + gaines (c) de *Andropogon gayanus*.

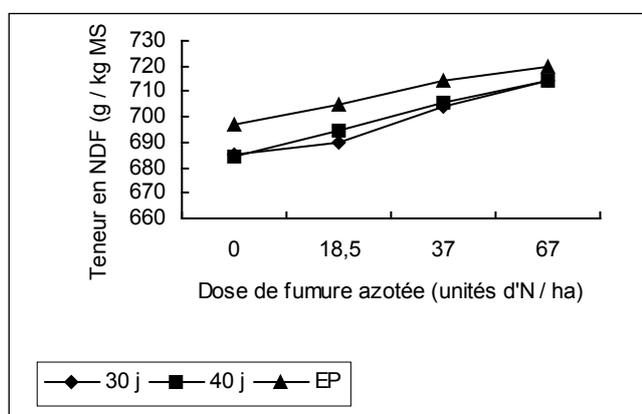
($p < 0,05$) entre les rythmes de coupe de 30 et 40 jours pour ces trois valeurs. Par contre, il existe une différence très significative ($p < 0,01$) entre chacun de ces deux rythmes et la coupe à l'épiaison.

En se référant aux teneurs en MAD, UFL et UFV obtenues dans la plante entière, on note que les deux rythmes de

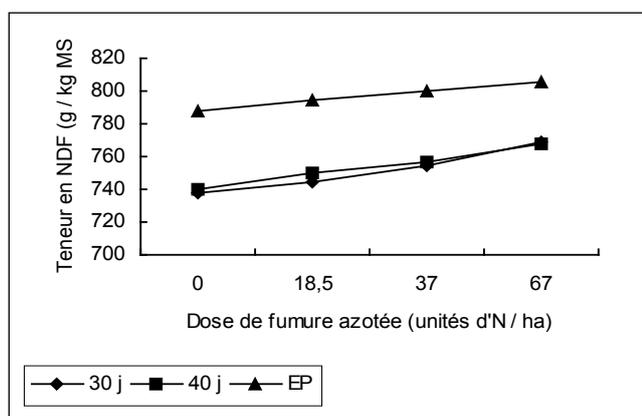
a: plante entière



b: feuilles



c: tiges et gaines



30 j= coupe tous les 30 jours, 40 j= coupe tous les 40 jours, EP= coupe à l'épiaison

Figure 5: Influence de la fumure minérale et du rythme d'exploitation sur la teneur en NDF g/kg MS de la plante entière (a) des feuilles (b) et des tiges + gaines (c) d'*Andropogon gayanus*.

coupe permettent d'obtenir du fourrage d'excellente qualité à partir de la dose de 37 unités d'N/ha selon la classification établie (1). En effet à cette dose de fumure, on note au niveau du rythme de coupe de 30 jours: 83 g MAD/kg MS; 0,82 UFL/kg MS, 0,73 UFV/kg MS et au niveau de celui de 40 jours: 82 g MAD/kg MS; 0,80 UFL/kg MS et 0,72 UFV/kg MS.

À la dose maximale de fumure, la valeur alimentaire du fourrage observée avec le rythme de coupe de 30 jours concorde avec celle obtenue par d'autres auteurs (4) chez l'espèce (110 g de MAD/kg MS; 0,90 UFL et 0,85 UFV), grâce à un épandage de 100 unités d'N/ha après chaque fauche et à un rythme de coupe de 4 à 5 semaines. Un résultat similaire a été obtenu avec un rythme de coupe de 29 jours (3).

L'intérêt de la culture d'*Andropogon gayanus* sous fertilisation azotée paraît donc évident du point de vue de l'amélioration de la valeur alimentaire du fourrage produit. Cette réponse très positive, du rythme de coupe de 30 jours combiné à la fumure azotée, sur l'augmentation de la teneur en MAD des feuilles et du rapport F/T du fourrage produit, conduit à proposer son adoption dans le cadre d'une production intensive d'*Andropogon gayanus*. En effet, la valeur alimentaire obtenue grâce à l'effet des deux facteurs, fait de l'espèce une exception par rapport à la plupart des fourrages cultivés tropicaux caractérisés par leur très faible valeur nutritive. Une forte proportion de ces derniers contient en effet, moins de 7% de MAT dans la matière sèche et une digestibilité inférieure à 50% (9).

L'étude réalisée sur l'influence de la fumure azotée et du rythme d'exploitation sur composition chimique et la valeur alimentaire du fourrage d'*Andropogon gayanus* montre que cette influence s'est révélée plus ou moins significative sur la plupart des constituants chimiques. La fumure azotée dès la dose modérée de 37 unités d'N/ha associée au rythme de coupe de 30 jours s'est révélée mieux appropriée pour un enrichissement très significatif de la valeur nutritive du fourrage (amélioration des MAD, UFL et UFV). Par contre, la coupe à l'épiaison associée à la dose maximale de fumure (67 unités d'N/ha) donne un fourrage de qualité inférieure correspondant à 72 g MAD/kg MS; 0,79 UFL/kg MS et 0,69 kg UFV/kg MS, mais fournissant la production de MS la plus élevée.

Conclusion

L'étude a permis de mettre en évidence l'intérêt de la fertilisation azotée et du rythme d'exploitation sur la culture d'*Andropogon gayanus* Kunth dans un objectif de production intensive de fourrage.

Du point de vue production de MS, la fumure azotée et le rythme d'exploitation ont influencé très significativement sur la production de MS d'*Andropogon gayanus*. La coupe à l'épiaison a donné la production totale de fourrage la plus élevée (5 - 8 t MS), mais de qualité moindre par rapport aux coupes à 30 j et à 40 j.

Le rythme de coupe de 30 jours s'est révélé être celui fournissant le meilleur rapport F/T dans la plante. Aussi, la fumure azotée associée au rythme de coupe de 30 jours fournit un fourrage excellent dès la dose modérée de 37 unités d'N/ha correspondant à 90 g MAD/kg MS 0,81 UFL et 0,73 UFV.

Dans le cadre d'un système de production intensif, les résultats obtenus montrent que la culture d'*Andropogon gayanus* Kunth sous fertilisation azotée modérée est bien indiquée pour assurer à la ferme un disponible fourrage important et d'excellente qualité.

Cependant, l'adoption de cette pratique par les producteurs peut être limitée en raison des contraintes diverses liées à i) l'investissement dans l'achat des engrais; ii) la compétition possible pour la main-d'œuvre entre l'itinéraire propre aux cultures fourragères et celui des autres spéculations (16); iii) le risque de non remplissage de certains besoins spécifiques aux cultures fourragères: fauche, fanage, conditionnement, transport, stockage, conservation, etc.

Tableau 2
Influence de la fumure minérale et du rythme d'exploitation sur la valeur alimentaire d'*Andropogon gayanus*

Valeur alimentaire	Organe	Fumure (unités d'N / ha) et rythme de coupe											
		0			18,5			37			67		
		30 j	40 j	EP	30 j	40 j	EP	30 j	40 j	EP	30 j	40 j	EP
MAD (g / kg MS)	F	87 <i>a</i>	89 <i>a</i>	66 <i>b</i>	101 <i>a</i>	98 <i>a</i>	70 <i>b</i>	107 <i>a</i>	105 <i>a</i>	83 <i>b</i>	110 <i>a</i>	108 <i>a</i>	101 <i>a</i>
	T	40 <i>c</i>	43 <i>c</i>	16 <i>d</i>	49 <i>c</i>	50 <i>c</i>	24 <i>d</i>	54 <i>c</i>	60 <i>c</i>	30 <i>d</i>	62 <i>c</i>	61 <i>c</i>	42 <i>d</i>
	PE	64 <i>e</i>	66 <i>e</i>	42 <i>f</i>	77 <i>e</i>	76 <i>e</i>	48 <i>f</i>	83 <i>e</i>	82 <i>e</i>	56 <i>f</i>	86 <i>e</i>	84 <i>e</i>	72 <i>f</i>
UFL	F	0,82 <i>a</i>	0,82 <i>a</i>	0,77 <i>b</i>	0,83 <i>a</i>	0,82 <i>a</i>	0,79 <i>b</i>	0,84 <i>a</i>	0,83 <i>a</i>	0,80 <i>b</i>	0,85 <i>a</i>	0,84 <i>a</i>	0,81 <i>b</i>
	T	0,74 <i>c</i>	0,73 <i>c</i>	0,69 <i>d</i>	0,75 <i>c</i>	0,74 <i>c</i>	0,71 <i>d</i>	0,76 <i>c</i>	0,75 <i>c</i>	0,72 <i>d</i>	0,77 <i>c</i>	0,76 <i>c</i>	0,73 <i>d</i>
	PE	0,79 <i>e</i>	0,78 <i>e</i>	0,74 <i>f</i>	0,80 <i>e</i>	0,79 <i>e</i>	0,76 <i>f</i>	0,82 <i>e</i>	0,80 <i>e</i>	0,77 <i>f</i>	0,83 <i>e</i>	0,81 <i>e</i>	0,79 <i>f</i>
UFV	F	0,74 <i>a</i>	0,74 <i>a</i>	0,69 <i>b</i>	0,75 <i>a</i>	0,74 <i>a</i>	0,70 <i>b</i>	0,77 <i>a</i>	0,75 <i>a</i>	0,72 <i>b</i>	0,78 <i>a</i>	0,78 <i>a</i>	0,73 <i>b</i>
	T	0,65 <i>c</i>	0,64 <i>c</i>	0,60 <i>d</i>	0,66 <i>c</i>	0,65 <i>c</i>	0,61 <i>d</i>	0,68 <i>c</i>	0,67 <i>c</i>	0,63 <i>d</i>	0,69 <i>c</i>	0,68 <i>c</i>	0,64 <i>d</i>
	PE	0,70 <i>e</i>	0,68 <i>e</i>	0,65 <i>f</i>	0,71 <i>e</i>	0,70 <i>e</i>	0,66 <i>f</i>	0,73 <i>e</i>	0,72 <i>e</i>	0,68 <i>f</i>	0,74 <i>e</i>	0,73 <i>e</i>	0,69 <i>f</i>

F= Feuilles et inflorescences, T= Tiges et gaines, PE= plante entière
 30 j= coupe tous les 30 jours, 40 j= coupe tous les 40 jours, EP= coupe à l'épiaison
 Les moyennes affectées d'une même lettre ne diffèrent pas significativement.

Références bibliographiques

- Boudet G., 1984, Manuel sur les pâturages tropicaux et les cultures fourragères. Collection Manuels et Précis d'élevage. Ministère de la coopération et du Développement. France, 266 p.
- Bowden B.N., 1963, Studies on *Andropogon gayanus* Kunth I. The use of *Andropogon gayanus* in agriculture Emp. J. of Exp. Agric. **31**, 123, 267-273.
- Boyer J., Roberge G. & Friot D., 1985, Etude écophysiological de la productivité de quelques graminées à hauts rendements fourragers cultivés au Sénégal. II. Variations de leur valeur fourragère en fonction du rythme d'exploitation et de la fumure minérale. Rev. Elev. Méd. Vét. Pays trop. **38**, 4, 339-352.
- Buldgen A. & Dieng A., 1997, *Andropogon gayanus* var. *bisquamulatus*. Une culture fourragère pour les régions tropicales. Les presses agronomiques de Gembloux. Administration Générale de la Coopération au Développement (Belgique), 171 p.
- Cisse M.I. & Breman H., 1980, Influence de l'exploitation sur un pâturage à *Andropogon gayanus* Kunth var. *tridentatu*. Rev. Elev. Méd. Vét. Pays trop. **33**, 4, 407-416.
- Dieng A., Buldgen A. & Compère R., 1991a, La culture fourragère temporaire d'*Andropogon gayanus* Kunth var. *bisquamulatus* en zone soudano-sahélienne sénégalaise. 3. Influence du rythme d'exploitation sur la production de fourrage. Bull. Rech. Agron. Gembloux, **26**, 3, 337-349.
- Dieng A., Buldgen A. & Compère R., 1991b, La culture fourragère temporaire d'*Andropogon gayanus* Kunth var. *bisquamulatus* en zone soudano-sahélienne sénégalaise. 4. Composition chimique et valeur alimentaire du fourrage. Bull. Rech. Agron. Gembloux, **26**, 3, 351-366.
- Djimadom M., 1999, Recherche des facteurs favorables à l'installation du peuplement d'*Andropogon gayanus* Kunth dans les jachères en savanes soudanaises. Cas de la région de Bondokui, Burkina Faso. Mémoire DEA. Université de Ouagadougou, 67 p.
- Guerin H., 1999, Valeur alimentaire des fourrages tropicaux cultivés. Pp. 93-141. In: Roberge G. & Toutain B. (Editeurs). Cultures fourragères tropicales. CIRAD. Montpellier. France.
- Haggar R.J., 1975, The effect of quantity, source and time of application of nitrogen fertilizers on the yield and quality of *Andropogon gayanus* at Shika. Nigeria. J. agric. Sci., Camb, **84**, 529-535.
- Kaboré-Zougrana C.Y., 1995, Composition chimique et valeur nutritive des herbacées et ligneux des pâturages naturels soudanais et les sous-produits du Burkina Faso. Thèse de Doctorat d'Etat. Université de Ouagadougou, 301 p. + annexes.
- Kaboré-Zougrana C.Y., Toguyeni A. & Sana Y., 1999, Ingestibilité chez le mouton des foin de cinq graminées tropicales. Revue Elev. Méd. Vét. Pays trop. **52**, 2, 147-153.
- Kaboré-Zougrana C.Y., Zougrana I. & Sawadogo E., 1994, Variations saisonnières de la matière sèche et de la composition chimique d'*Andropogon gayanus* au Burkina Faso. Fourrages, **137**, 61-74.
- Kiema S., 1992, Utilisation pastorale des jachères de Bondokui (zone soudanienne, Burkina Faso) Mémoire DESS. Univer. Paris XII, Val de Marne, 89 p.
- Kone D. & Groot J.J.R., 1996, Efficacité d'utilisation de l'azote et du phosphore par *Stylosanthes hamata*, *Vigna unguiculata*, *Andropogon gayanus* et *Pennisetum pedicellatum* en zone Soudano-sahélienne du Mali. Rapport PSS n° 21. Wageningen, 43 p. + annexes.
- Lhoste P., 1999, Intégration des cultures fourragères dans les systèmes de production. Pp. 359-366. In: Roberge G. & Toutain B. (Editeurs). Cultures fourragères tropicales. CIRAD. Montpellier. France.
- Sana I., 1991, Etude de quelques graminées fourragères de la zone soudanienne: évolution de la biomasse et de la composition morphologique; évolution de la valeur nutritive (composition chimique, ingestibilité digestibilité). Mémoire de fin d'études IDR. Université de Ouagadougou, 64 p. + annexes.

18. Sawadogo E., 1990, Stade de développement, biomasse et valeur nutritive de quatre graminées fourragères; - *Brachiaria lata* (Scumach) C.E. Hubber; - *Pennisetum pedicellatum* Trin; - *Panicum anabaptistum* Steud; - *Andropogon gayanus* Kunth, Mémoire de fin d'études IDR. Université de Ouagadougou, 114 p. + annexes.
19. Serpantie G., Douanio M. & Madibaye D., 1997, Recherches participatives sur la culture d'*Andropogon gayanus* Kunth var. *Tridentatus* Hack en zone soudanienne I: opportunité de cette culture et éléments d'écologie. Pp. 181-190. In: Actes Atelier Régional Korhogo "Cultures fourragères et développement durable en zone subhumide" Korhogo, Côte d'Ivoire, 26-29 mai 1997. CIRDES-IDESSA-CIRAD
20. Traoré M., 1996, Utilisation de l'*Andropogon gayanus* pour l'amélioration de la production fourragère et de la fertilité du sol en zone de savane, ESPGRN. Mopti. Mali, 10 p.
21. Zerbo L., 1993, Caractérisation des stations de recherches agronomiques DI, Katchari, Kouare, 109 p.

M.F. Obulbiga, Burkinabè, DEA en Gestion Intégrée des Ressources Naturelles (GIRN), Option Production animale. DES en gestion et développement des milieux intertropicaux. Département Productions Animales, Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA), 04 B.P. 8647, Ouagadougou 04, Burkina Faso.

Chantal Yvette Kaboré Zoungrana, Burkinabè, DEA Nutrition, Thèse Doctorat de 3^{ème} cycle en Nutrition, Maître de Conférence, Directrice de l'Institut des Sciences de la nature et de la vie/ Université polytechnique de Bobo-Dioulasso (UPB), Responsable du Laboratoire d'Etude des Ressources Naturelles et des Sciences de l'Environnement (LERNSE), Université polytechnique de Bobo-Dioulasso, 01 B.P. 1091, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso.

AVIS

Nous rappelons à tous nos lecteurs, particulièrement ceux résidant dans les pays en voie de développement, que TROPICULTURA est destiné à tous ceux qui oeuvrent dans le domaine rural pris au sens large.

Pour cette raison, il serait utile que vous nous fassiez connaître des Institutions, Ecoles, Facultés, Centres ou Stations de recherche en agriculture du pays ou de la région où vous vous trouvez. Nous pourrions les abonner si ce n'est déjà fait.

Nous pensons ainsi, grâce à votre aide, pouvoir rendre un grand service à la communauté pour laquelle vous travaillez.

Merci.

BERICHT

Wij herrineren al onze lezers eraan, vooral diegenen in de ontwikkelingslanden, dat TROPICULTURA bestemd is voor ieder die werk verricht op het gebied van het platteland en dit in de meest ruime zin van het woord.

Daarom zou het nuttig zijn dat u ons de adressen zou geven van de Instellingen, Scholen, Faculteiten, Centra of Stations voor landbouwonderzoek van het land of de streek waar U zich bevindt. Wij zouden ze kunnen abonneren, zo dit niet reeds gebeurd is.

Met uw hulp denken we dus een grote dienst te kunnen bewijzen aan de gemeenschap waarvoor u werkt.

Dank U.

Etude de la variabilité intraspécifique de tolérance au stress salin du pois chiche (*Cicer arietinum* L.) au stade germination

H. Hajlaoui¹, M. Denden² & M. Bouzlama³

Keywords: Chick pea- Salt stress- Germination- Tunisia

Résumé

Cette étude a pour objet de comparer le comportement germinatif de quelques génotypes de pois chiche (*Cicer arietinum* L.), dans des conditions de stress salin. Dans ce cadre, un essai a été conduit sur huit génotypes dont les graines sont soumises sous différentes concentrations de NaCl (0; 34; 68 et 102 mM). Les mesures effectuées ont concerné la cinétique, la vitesse et le taux de germination final. La mobilisation des réserves et la réversibilité de l'action du sel sont également étudiées. Les résultats obtenus suggèrent que la capacité germinative des génotypes n'est pas affectée au niveau du traitement 34 mM de NaCl. Par contre, à des concentrations plus élevées, elle diminue et la vitesse de germination se ralentit. L'augmentation de la concentration saline jusqu'aux doses 68 et 102 mM entrave le processus de mobilisation des réserves et diminue la moyenne de germination journalière. La variabilité intraspécifique de pois chiche vis-à-vis de la salinité est relativement importante. Mais, en présence comme en absence de sel, le génotype FLIP97-254C a montré le meilleur comportement germinatif. Le sel semble agir sur les graines de pois chiche à la fois par ses effets osmotiques, qui sont réversibles, et aussi par ses effets toxiques irréversibles.

Summary

Study of the Intra-specific Variability Tolerance to Salt Stress of Chickpea (*Cicer arietinum* L.) in the Germination Stage

This study aims at comparing the germinative behaviour of some genotypes of chickpea (*Cicer arietinum* L.), in salt stress. For this, a test has been driven on eight genotypes whose seeds are submitted under different concentrations of NaCl (0; 34; 68 and 102 mM) in a temperature of 26 °C and a relative humidity of 93%. The measures concerned the kinetics, the speed and the final germination rate. The mobilization of the reserves and the reversibility of the effect of salt stress are also studied. The results suggest that the germinative capacity of the genotypes is not affected in 34 mM of NaCl. But in more elevated concentrations, it decreases and the speed of germination shows down. The increase of the salt concentration until 68 and 102 mM hinders the process of mobilization of the reserves and decreases the mean daily germination. The intraspecific variability of chickpea is relatively important. But, in presence as in absence of salt, the FLIP97-254C genotype showed the best germinative behaviour. During germination, salinity has two different effects on the chickpea seeds, the first are osmotic reversible, the second are toxic irreversible.

Introduction

La germination est considérée comme une étape critique dans le cycle de développement de la plante. En effet, elle conditionne l'installation de la plantule, son branchement sur le milieu, et probablement sa productivité ultérieure (35). Le chlorure de sodium présent dans le sol ou dans l'eau d'irrigation affecte la germination des glycophytes dont le pois chiche (*Cicer arietinum* L.) de deux manières, il diminue la vitesse de germination et réduit le pouvoir germinatif (30, 36). Cet effet dépend de la nature de l'espèce, de l'intensité du stress salin et de sa durée d'application (5, 34). La réduction du pouvoir germinatif est due à l'augmentation de la pression osmotique de la solution du sol, qui ralentit l'imbibition et limite l'absorption de l'eau nécessaire au déclenchement des processus métaboliques impliqués dans la germination. La salinité perturbe également les systèmes enzymatiques impliqués dans les différentes fonctions physiologiques de la graine en germination tels que la diminution de l'activité de polyphénol oxydase et amylase (22, 32) et des peroxydases (18). La tolérance au sel au stade germination peut être similaire ou différente de celle au stade plante adulte. En effet, pour certaines espèces, les graines présentant une aptitude à germer sous des conditions de salinité, auraient des prédispositions à continuer à tolérer ce stress, au cours de leur croissance ultérieure (30). Cependant, certains auteurs suggèrent que les réactions des plantes à la salinité diffèrent selon le stade de développement et que le comportement de certaines plantes comme le maïs, la fève et le haricot à

des stades ultérieurs ne montre pas une réaction claire entre la résistance au stade germination et celle observée ultérieurement (28). Le pois chiche, est une plante diploïde à $2n = 16$ chromosomes. A l'intérieur de l'espèce, la variabilité génétique est extrêmement importante et se trouve révélée par l'autogamie (14). Les graines riches en protéines et en sels minéraux (19), ont généralement une forme plus au moins arrondies, de couleur crème pâle et présentant une saillie en forme de bec (10). Sur la surface orientée vers le sommet de la graine se trouve l'embryon noyé dans un tissu nutritionnel qui est l'albumen. L'ensemble est enveloppé dans les téguments. L'albumen contenant les matières de réserves, comprennent, outre des matières amylacées, du gluten et des matières minérales destinées à l'alimentation du jeune embryon. Les germes sont riches en matières grasses (8). La sensibilité au sel chez le pois chiche a été démontrée dans plusieurs travaux (20, 29). Sur un support inerte comme le sable, il y a déjà une réduction de la croissance à 20 mM NaCl (24). A la dose de 40 mM, le chlorure de sodium diminue encore plus fortement la production de matière fraîche et sèche des racines et des parties aériennes et à 80 mM, il devient létal (4). Certains travaux montrent que le pois chiche est plus tolérant à la salinité pendant la germination qu'aux stades ultérieurs de développement (3, 9). L'évaluation de la réponse au sel de 200 lignées de pois chiche montre qu'il est difficile d'associer la résistance au sel à une forte productivité en raison d'une dépense énergétique élevée imposée par la

¹Laboratoire de Physiologie Végétale. Ecole Supérieure d'Horticulture de Chott-Mariem 4042 Sousse, Tunisie.

²Laboratoire de Physiologie Végétale. Ecole Supérieure d'Horticulture de Chott-Mariem 4042 Sousse, Tunisie.

³Laboratoire d'Amélioration des Plantes. Ecole Supérieure d'Horticulture de Chott-Mariem 4042 Sousse, Tunisie.

Auteur correspondant: Hajlaoui H., Laboratoire de Physiologie Végétale, Ecole Supérieure d'Horticulture de Chott Mariem 4042 Sousse, Tunisie, Tel: +21697340246
Fax: +21673348691 E-mail: hajlaoui2001@yahoo.fr

Reçu le 17.05.05 et accepté pour publication le 31.03.06.

contrainte saline (31). En Tunisie, le pois chiche est d'une consommation très fréquente, il occupe avec la fève, le premier rang des légumineuses. La superficie cultivée est de l'ordre 35000 ha mais avec un rendement faible (0,7 t.ha⁻¹) qui ne satisfait pas la consommation locale (2). Pour augmenter la production nationale, une extension de la superficie cultivée a été adoptée et ceci par l'introduction de génotypes de pois chiche d'hiver dans de nouvelles régions au centre et au sud du pays caractérisées généralement par des sols qui sont relativement salés (17). La recherche parmi les génotypes de ceux qui ont un comportement satisfaisant en milieu salé permettrait d'étendre la culture de cette espèce sur des sols riches en sels solubles et d'identifier les facteurs de tolérance vis-à-vis de cette contrainte environnementale (11). C'est dans cette optique que nous avons étudié les effets inhibiteurs de NaCl sur la germination de huit génotypes de pois chiche.

Matériel et méthodes

1. Matériel végétal

Au cours de cet essai, le choix a été fixé sur huit génotypes de pois chiche d'hiver. Le tableau 1 montre l'origine et les géniteurs de chaque génotype testé.

2. Méthodes

Dans le but de déterminer les effets néfastes de NaCl sur la germination des graines de pois chiche, un essai de germination a été effectué sous différentes concentrations de chlorure de sodium.

Les graines, au nombre de 20, sont lavées abondamment à l'eau, puis rincées à l'eau distillée. Elles sont ensuite mises à germer dans des boîtes de pétri de 10 centimètres de diamètre, entre deux couches de papier filtre, celui-ci est humidifié avec 20 ml d'eau distillée pour le témoin et avec 20 ml de l'une des solutions salées ayant les concentrations suivantes: 34 mM, 68 mM et 102 mM de NaCl. Les boîtes sont ensuite enveloppées dans un sachet en plastique pour éviter l'évaporation de l'eau, et mises à l'obscurité dans un

incubateur réglé à une température de 26 °C et une humidité relative de l'air variant entre 78 à 93%. La germination est repérée par la sortie de la radicule hors des téguments de la graine. Au cours de cet essai les paramètres étudiés sont:

-Taux de germination final: ce paramètre constitue le meilleur moyen d'identification de la concentration saline qui présente la limite physiologique de germination des graines de pois chiche. Il est exprimé par le rapport nombre de graines germées sur nombre total de graines.

-Cinétique de germination: pour mieux appréhender la signification écologique du comportement germinatif des génotypes étudiés ainsi que l'ensemble des événements qui commencent par l'étape cruciale d'absorption de l'eau par la graine et se terminent par l'élongation de l'axe embryonnaire et l'émergence de la radicule à travers les structures qui entourent l'embryon. Le nombre de graines germées est noté à 12; 24; 36; 48; 72 et 96 heures après le début de l'expérience.

-Vitesse de germination: elle permet d'exprimer l'énergie de germination responsable de l'épuisement des réserves de la graine. La vitesse de germination est estimée par le temps moyen (t_{50}) qui correspond à la germination de 50% du lot de graines (23).

-Moyenne journalière de germination (MDG= Mean Daily Germination): selon Osborne et Nercer (27) MDG= Pourcentage de germination final/nombre de jours à la germination finale.

-Mobilisation des réserves au cours de germination: c'est une étape essentielle dans la mesure où elle permet de soutenir la croissance de la plantule pendant les premiers stades de son développement. La sensibilité de cette phase au stress salin est estimée par la quantité de matière sèche résiduelle du grain après 4 jours de germination.

-Réversibilité de l'action du sel: ce paramètre a l'avantage de déterminer l'origine de l'effet dépressif du sel s'il est de nature osmotique et/ ou toxique. Ainsi, les graines sont mises à germer en présence de 68 mM et 102 mM de NaCl pendant 4 jours. Au quatrième jour, les graines non germées sont rincées trois fois pour éliminer le sel non absorbé puis

Tableau 1
Origine et géniteurs des génotypes étudiés

Génotypes	Géniteurs	Origine
ILC 1799	NEC 2904	Syria
ILC 3182	ICC 10736 PIC	Turkey
ILC4134	2139	Tunisia
FLIP 88- 42 C	X 85 TH 230/ ILC 3395 x FLIP 83-13 C	ICARDA / ICRISAT
FLIP 96- 116 C	X 93 TH 75/ ILC 6104x FLIP 91- 120C	ICARDA / ICRISAT
FLIP 97- 254 C	X 94 TH 65/ FLIP 81-83 C x UC 15	ICARDA / ICRISAT
FLIP 98- 142 C	X 95 TH 40/ ICCV- 2X S 93018	ICARDA / ICRISAT
ICCV- 2	-	ICARDA / ICRISAT

Tableau 2
Variation de la capacité germinative des génotypes pour les différentes concentrations de NaCl (millimoles)

NaCl (mM)	ILC 1799	ILC 3182	ILC 4134	FLIP 88-42 C	FLIP 96-116 C	FLIP 97-254 C	FLIP 98-142C	ICCV-2	Moyenne (n= 40)
0 (n= 5)	91,6 ^a	90 ^a	88,3 ^a	83,3 ^a	90 ^a	95 ^a	83,3 ^a	78,3 ^a	87,5 ^a ± 5,4
34 (n= 5)	80 ^a	75 ^b	86,6 ^a	71,6 ^a	86,6 ^a	91,6 ^a	71,6 ^b	70 ^a	79,1 ^b ± 8,3
68 (n= 5)	21,6 ^b	66,6 ^c	68,3 ^b	55 ^b	61,6 ^b	85 ^a	28,3 ^c	33,3 ^b	52,5 ^c ± 22,3
102 (n= 5)	20 ^b	43,3 ^d	15 ^c	21,6 ^c	28,3 ^c	53,3 ^b	16,6 ^d	21,6 ^b	27,5 ^d ± 13,7
Moyenne (n= 20)	53,3 ^b ± 37,3	68,7 ^{ab} ± 19,5	64,5 ^{ab} ± 34,2	57,9 ^{ab} ± 26,8	66,6 ^{ab} ± 28,5	81,2 ^a ± 19	50 ^b ± 32,4	50,8 ^b ± 27,5	

(a, b, c, d): Les moyennes de la même colonne suivies de la même lettre ne diffèrent pas au seuil de 5%.

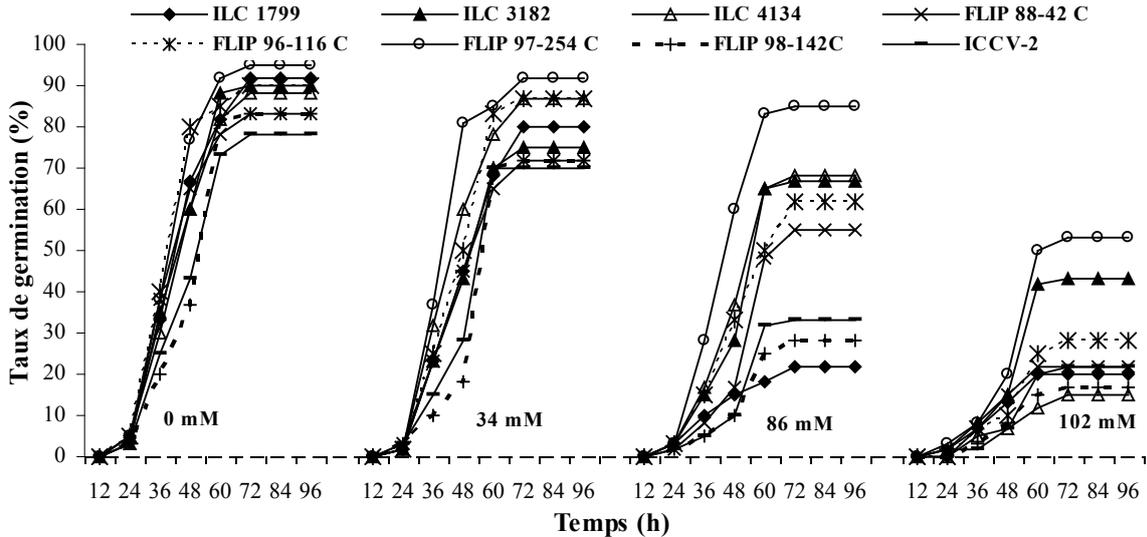


Figure 1: Effets de différentes concentrations de NaCl (0 à 102 mM) sur la cinétique de germination des graines de huit génotypes de pois chiche mises à l'obscurité, à température constante de 26 °C et une humidité relative variant de 78% à 93%.

transférées par lots de 20 graines sur milieu constitué d'eau distillée pendant quatre jours supplémentaires. Pour toutes les concentrations utilisées, chaque résultat correspond à la moyenne de 5 répétitions. L'analyse de variance est effectuée par «SPSS for Windows version 10» et la comparaison des moyennes est fait par le test Duncan au seuil de probabilité de 5%.

Résultats

1. Taux de germination final

Les résultats portés dans le tableau 2 présentent la réponse génotypique de la germination au stress salin. On remarque que dans le milieu contenant 34 mM de chlorure de sodium la capacité germinative pour la plupart des génotypes n'est pas affectée et les valeurs enregistrées sont statistiquement proches des valeurs obtenus chez les plantes témoins. Cependant avec la même concentration (34 mM), le taux de germination des deux génotypes ILC3182 et FLIP98-142C, se montre affecté par le sel. En effet, à ce niveau de traitement, les pourcentages de germination correspondant ont diminué par rapport au témoin de 25% et 11% respectivement pour ILC3182 et FLIP98-142C. A la concentration de 68 mM de NaCl, seul le génotype FLIP97-254C a gardé un taux de germination final relativement élevé qui est en moyenne de 85%. Pour les autres génotypes, le pourcentage des graines germées baisse au niveau du traitement 68 mM et devient encore plus faible et différente à la concentration 102 mM. A cette concentration, les valeurs les plus faibles sont aussi celles des deux génotypes ILC3182 (15%) et FLIP98-142C (16%).

Par voie de comparaison entre les moyennes des différents génotypes, nous pouvons classer ces derniers en trois groupes à réaction différente vis-à-vis du chlorure de sodium:

- Le premier, renferme uniquement le génotype FLIP97-254C, qui a le taux de germination le plus élevé de 81%. Il ne marque qu'une réduction discrète, par rapport aux témoins, de 3% pour une concentration de 34 mM et 10% pour une concentration de 68 mM (Tableau 2).

- Le deuxième groupe est constitué par 4 génotypes (ILC3182, ILC4134, FLIP88-42C et FLIP96-116C) représentant des taux de germination rapprochés avec une moyenne de 64%.

- Le troisième groupe représente les trois génotypes (ILC1799, FLIP98-142C, ICCV-2) qui ont une capacité germinative moyenne faible de 51%.

A travers les traitements, la capacité germinative diminue quand le stress salin augmente. Par comparaison au témoin, les plantes qui ont subi le stress 34 mM, 68 mM et 102 mM sont accompagnées d'une diminution progressive à raison de 8%, 35% et 60% (Tableau 2).

2. Cinétique de germination

La figure 1 montre l'effet des différentes concentrations de NaCl sur l'évolution du taux de germination des génotypes au cours du temps. Les courbes de germination permettent de distinguer 3 phases:

- une phase de latence, nécessaire à l'apparition des premières germinations, au cours de laquelle le taux de germination reste faible. La durée de cette phase est variable selon la concentration de NaCl. Elle est courte, de l'ordre de 24 heures, chez les plantes témoins et celles cultivées à une concentration de 34 mM de NaCl. Mais, elle devient plus au mois longue, surtout chez les plantes soumises au traitement 102 mM NaCl pour lesquelles cette phase peut aller jusqu'à 36 heures;

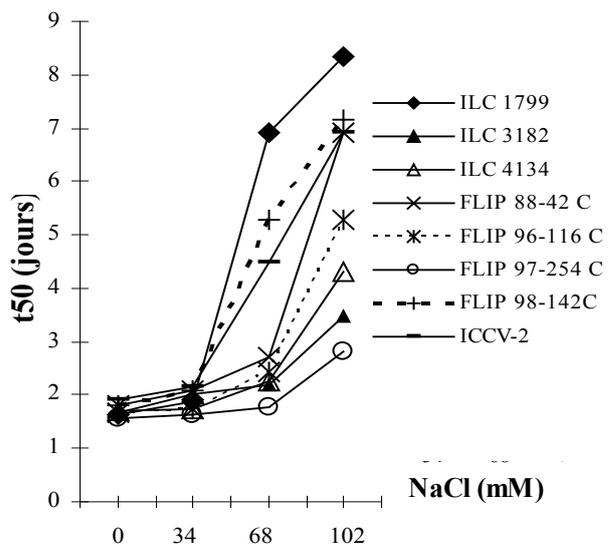


Figure 2: Effets de différentes concentrations de NaCl (0 à 102mM) sur le temps moyen de germination (t_{50}) des graines de huit génotypes de pois chiche mises à l'obscurité, à température constante de 26 °C et une humidité relative variant de 78% à 93%.

- une phase sensiblement linéaire, correspondant à une augmentation rapide du taux de germination qui évolue proportionnellement au temps, du moins pour les plantes témoins et les plantes soumises aux concentrations inférieures à 68 mM;

- une troisième phase correspondant à un palier représentant le pourcentage final de germination et traduisant la capacité germinative dans les conditions de l'expérience.

Par voie de comparaison entre les génotypes, il paraît que le nombre de graines germées en fonction du temps du génotype FLIP97-254C évolue plus rapidement que les autres génotypes. Cependant, l'évolution la plus lente du taux de germination est observée chez les deux génotypes FLIP98-142C et ICCV-2. Le reste des génotypes ont un comportement intermédiaire.

3. Vitesse de germination et moyenne de germination journalière

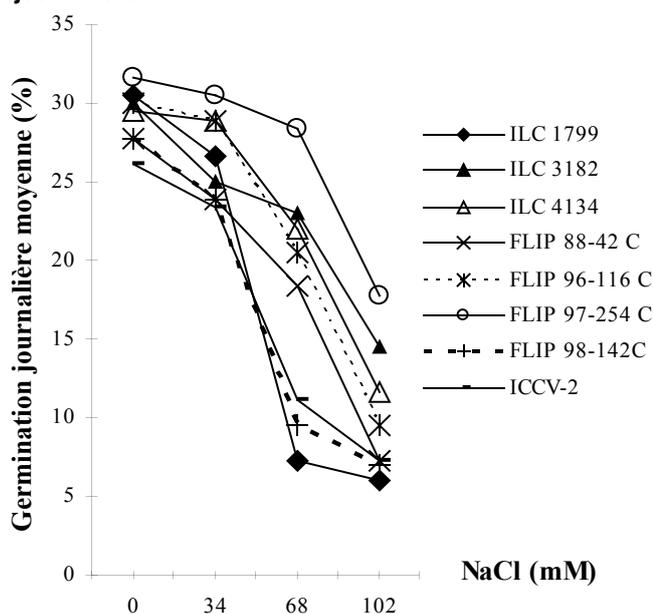


Figure 3: Variation de la moyenne du taux de germination journalière de huit génotypes de pois chiche en fonction de la concentration en chlorure de sodium (0 à 102 mM). Les graines sont mises à l'obscurité, à température constante de 26 °C et une humidité relative variant de 78% à 93%.

La vitesse de germination est évaluée par le t_{50} , c'est le temps moyen correspondant à la germination de 50% du lot de graines. La figure 2 représente la vitesse de germination des 8 génotypes, exprimée par le t_{50} en présence des différentes concentrations de NaCl. Pour l'ensemble des génotypes, l'effet de NaCl se traduit par une augmentation du t_{50} , ou une diminution de la vitesse de germination. Pour les témoins et les plantes soumises à une concentration saline de 34 mM, le t_{50} est peu modifié et il ne dépasse pas les 2 jours.

Par contre, pour des concentrations plus élevées de 68 mM et 102 mM, le t_{50} augmente de façon considérable pour atteindre dans certains cas 6 et même 8 jours respectivement pour les deux génotypes ILC4134 et FLIP88-42C.

Ainsi, la présence de chlorure de sodium ralentit la vitesse

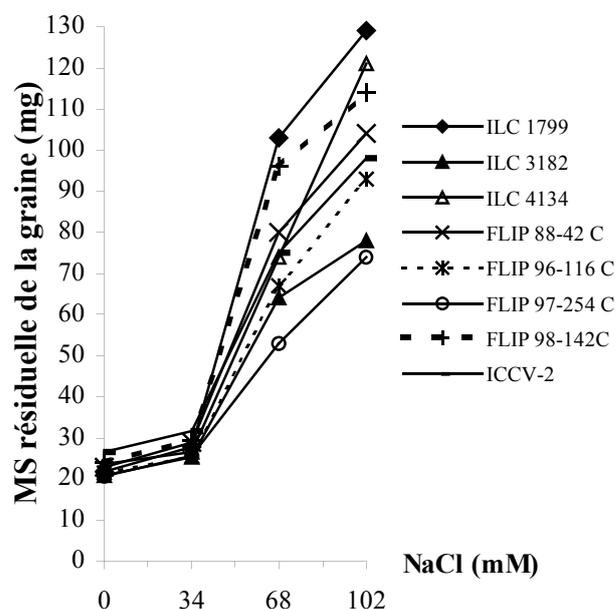


Figure 4: Effets de différentes concentrations de NaCl (0 à 102 mM) sur la mobilisation des réserves estimée par la quantité de matière sèche résiduelle après 4 jours de germination des graines de huit génotypes de pois chiche mises à l'obscurité, à température constante de 26 °C et une humidité relative variant de 78% à 93%.

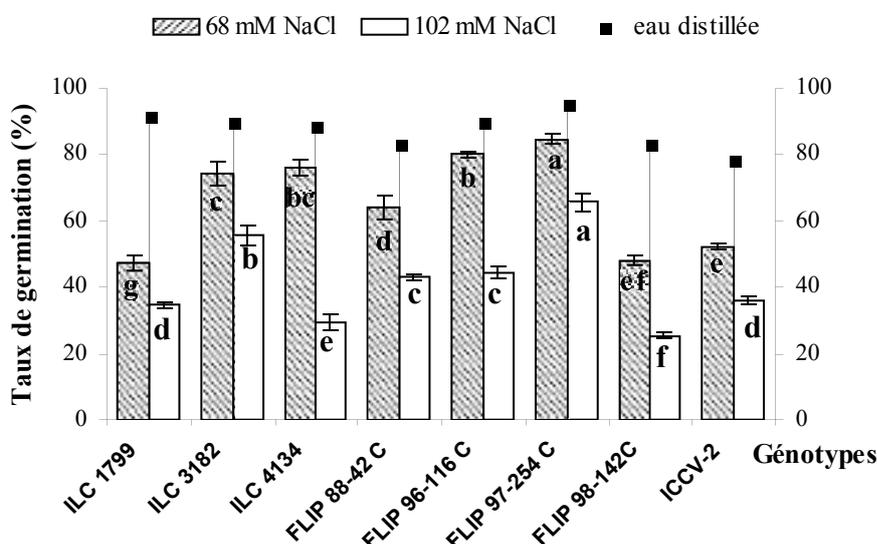


Figure 5: Taux de germination des graines de huit génotypes de pois chiche mises à germer soit directement sur milieu témoin non salé, soit sur milieu témoin, mais après un prétraitement avec du chlorure de sodium (68 et 102 mM) à l'obscurité, à température constante de 26 °C et une humidité relative variant de 78% à 93%.

de germination des graines de tous les génotypes mais de façon différente. En effet, en absence comme en présence de sel, les premières germinations se manifestent plus rapidement chez FLIP97-254C que chez le reste des génotypes.

La diminution de la vitesse de germination des graines en présence de chlorure de sodium se répercute négativement sur les moyennes de germination journalière des génotypes dont les valeurs sont rapportées sur la figure 3. En effet à des concentrations de sel qui dépasse 34 mM, ce paramètre devient faible et variable en fonction des génotypes. Au traitement 102 mM, la valeur la plus élevée est gardée toujours par le génotype FLIP97-254C, elle est de 17%. Tandis que le taux de germination journalière le plus faible est enregistré par le génotype ILC1799, il est de l'ordre de 6%.

4. Mobilisation des réserves des graines

La mobilisation des réserves des graines est une étape essentielle dans la germination dans la mesure où elle permet de soutenir la croissance de la plantule pendant les premiers stades de son développement. La sensibilité de cette phase au stress salin peut être appréciée par la vitesse d'épuisement des réserves des graines. La figure 4 représente l'effet de la salinité sur la mobilisation de ces réserves estimée par la quantité de matière sèche résiduelle de la graine après 4 jours de germination. Sur milieu témoin, la masse de matière sèche résiduelle des graines est faible et peu différente entre les génotypes. Elle varie entre 20 mg et 26 mg respectivement pour les deux génotypes FLIP97-254C et ICCV-2.

Chez tous les génotypes, la masse sèche résiduelle des graines en germination est plus élevée en présence de chlorure de sodium que sur milieu témoin, ce qui suggère que le sel exerce un effet dépressif sur la mobilisation des réserves. C'est ainsi qu'à la concentration de 102 mM de NaCl, la masse sèche résiduelle des graines reste, après quatre jours d'imbibition, presque voisine de sa valeur initiale pour certains génotypes. A ce niveau de traitement, la matière sèche résiduelle devient élevée et différente entre les génotypes. Elle varie entre 74 mg et 129 mg respectivement pour les deux génotypes FLIP97-254C et ILC1799.

5. Réversibilité de l'inhibition de la germination

Nous avons montré que le sel exerce, à fortes doses (68 et 102 mM), un effet dépressif sur la germination des graines des génotypes de pois chiche étudiés. Cette inhibition peut être osmotique et/ou toxique. Dans la mesure où elle est d'origine osmotique, on devrait s'attendre à une reprise de la germination après levée de cette contrainte. Par contre, si des phénomènes de toxicité ionique interviennent, on peut prévoir l'absence de cette reprise de germination. La figure 5 représente le taux de germination des graines des huit génotypes, soit directement sur milieu dans de l'eau distillée, soit sur ce même milieu, mais après un prétraitement avec du chlorure de sodium aux doses 68 et 102 mM.

Pour les deux concentrations 68 mM et 102 mM, le transfert des graines dans de l'eau distillée est suivi d'une reprise de la germination. Néanmoins, la capacité germinative reste plus faible que celle obtenue chez les graines mises directement sur milieu témoin. De plus, les graines prétraitées dans NaCl puis transférées dans l'eau distillée germent d'autant mieux que la concentration du traitement initial soit plus faible. La capacité germinative après reprise de la germination varie avec le type de génotype et la dose de NaCl appliquée au cours du prétraitement. En effet, pour les deux prétraitements, FLIP97-254C se distingue des autres génotypes par le fait d'avoir toujours le taux de germination le plus élevé, il est de l'ordre de 84% et 65% respectivement pour 68 mM et 102 mM de NaCl. Mais les taux enregistrés restent inférieurs de 10% et 29%, (respectivement pour 68 mM et 102 mM), par rapport au témoin après 4 jours de transfert sur milieu sans

sel. Cependant, les taux de germination les plus faibles sont obtenus par les deux génotypes ILC1799 (47%) et FLIP98-142C (25%) respectivement pour les prétraitements 68 mM et 102 mM de NaCl.

Discussion

Pendant la germination, l'émergence de la radicule serait contrôlée par l'osmolarité du milieu, alors que la croissance ultérieure de la plantule serait limitée par la mobilisation et le transport des réserves vers l'axe embryonnaire (13). L'étude des effets de différentes concentrations de chlorure de sodium sur la germination des graines a montré que ni la capacité germinative, ni la vitesse de germination sont affectées par le sel à une concentration de 34 mM de NaCl. Mais, à des concentrations plus élevées, elles deviennent sensibles. La variation de la capacité germinative est comprise entre 87% pour les témoins et 27% pour les plantes qui ont subi le stress 102 mM NaCl. Des résultats similaires ont été signalés par d'autres auteurs (21, 25, 26). Par exemple Khalid et al. (21) ont montré que, pour deux génotypes de pois chiche soumis sous stress salin (CE égale à 16 ds/m), la capacité germinative a diminué par rapport au témoin de plus de 60%. Cependant, Dua (9) a montré que le taux final de germination des génotypes étudiés n'avait pas diminué avec l'augmentation de la salinité; toutefois il était retardé à partir d'une CE égale à 6 ds/m. La diminution du taux de germination final correspond soit à une augmentation de la pression osmotique externe, ce qui affecte l'absorption de l'eau par les graines et/ou bien à une accumulation des ions Na^+ et Cl^- dans l'embryon (15). Cet effet toxique peut conduire à l'altération des processus métaboliques de la germination et dans le cas extrême à la mort de l'embryon par excès d'ions.

Le retard de la germination des graines ainsi que la diminution de la moyenne de germination journalière de l'ensemble des génotypes avec l'augmentation de la concentration saline est expliqué par le temps nécessaire à la graine de mettre en place des mécanismes lui permettant d'ajuster sa pression osmotique interne (7). La mobilisation des réserves (exprimée par la matière sèche résiduelle) dépend de l'activation des enzymes hydrolytiques. Ces réserves, chez le pois chiche, sont majoritairement de nature glucidique (22), sont hydrolysées par l' α -amylase en sucres solubles et sont soumises à la plantule pour les besoins de sa croissance (15). L'effet de NaCl peut s'exercer sur l'activité enzymatique elle-même (13), comme sur le transport des produits de l'hydrolyse des réserves vers l'embryon. C'est ainsi qu'à travers les traitements, la moyenne de matière sèche résiduelle varie de 22 mg, 27 mg, 76 mg et 101 mg respectivement pour 0, 34, 68 et 102 mM de NaCl. Cet effet dépressif du sel sur la mobilisation des réserves a déjà été signalé chez le petit pois (26), la fève (12) et le blé (33).

Les expériences de transfert sur milieu témoin de graines après prétraitement avec du NaCl sont conduites pour préciser le mode d'action du sel sur la germination. Les résultats montrent que les effets sont d'abord de nature osmotique, du fait de la reprise de la germination une fois que la contrainte saline a été levée. Néanmoins des phénomènes de toxicité dus à l'accumulation des ions Na^+ et Cl^- , se sont également manifestés, comme en témoigne la baisse de la capacité germinative, par rapport au témoin, même après le retour à un milieu ne contenant pas de NaCl. La réversibilité de la réponse au sel a été démontrée dans plusieurs travaux et chez plusieurs espèces. Elle s'observe aussi chez les légumineuses (11), l'orge (6) et le Citrus (37).

Conclusion

Les résultats rapportés dans cette étude laissent supposer que le pois chiche est une plante sensible à l'action du

NaCl, au stade de germination. A des concentrations de sel qui dépassent 34 mM la capacité germinative ainsi que la vitesse de germination sont fortement touchées. Les effets dépressifs de sel sont essentiellement de nature osmotique mais à des fortes concentrations des phénomènes de toxicité peuvent se manifester. De plus, une variabilité intraspécifique, assez importante vis-à-vis

du sel, est observée entre les huit génotypes étudiés. Une telle variabilité peut servir ultérieurement pour faire des croisements et par la suite trouver la meilleure recombinaison dans les descendants. En absence comme en présence de sel, le génotype FLIP97-254C possède le meilleur comportement germinatif. Cependant, les deux génotypes ILC1799, FLIP98-142C se montrent les plus sensibles.

Références bibliographiques

- Allen S.G., Dobrenz A.K., Schonhorst M.H. & Stoner J.E., 1985, Heritability of NaCl tolerance in germinating Alfalfa seeds. *Agro. Journal*, 77, 1056-1060.
- Aouani M.A., Mhamdi R., Jebara M. & Noelle A., 2001, Characterization of rhizobia nodulating chickpea in Tunisia. *Agronomie*, 21, 577-581.
- Ashraf M. & Waheed A., 1992, Screening chickpea (*Cicer arietinum* L.) for salt tolerance, *Tropenlandwirt*, 93, 45-55.
- Ashraf M. & Waheed A., 1993, Responses of some genetically diverse lines of chickpea (*Cicer arietinum* L.) to salt. *Plant and Soil*, 154, 257-266.
- Ben Naceur M., Rahmoune C., Sdiri H., Meddahi M. & Selmi M., 2001, Effet du stress salin sur la germination, la croissance et la production en grains de quelques variétés maghrébines de blé. *Sècheresse*, 12, 4, 167-174.
- Bliss R.D., Platt-Aloria K.A. & Thomson W.W., 1986a, The inhibitory effect of NaCl on barley germination. *Plant Cell and Env.* 9, 727-733.
- Bliss R.D., Platt-Aloria K.A. & Thomson W.W., 1986b, Osmotic sensitivity in relation to sensitivity in germination barley seeds. *Plant Cell and Env.* 9, 721-725.
- Côme D., 1970, Les obstacles à la germination. Masson et Cie. 162 pp.
- Dua R.P., 1992, Differential response of chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes to salinity. *J. of Agric. Sci., Cambridge*, 119, 367-371.
- El Bekkay B., 1984, Etudes de souches de rhizobium du pois chiche (*Cicer arietinum* L.). *Agriculture*, 3, 217-330.
- Esaïe T., 1995, Effet du sel sur la germination de graines de légumineuses. *Cahiers Agricultures*, 4, 207-209.
- Gal T., Shahal A., Uzi K. & Ewald S., 2004, Influence of nitrate and sodium chloride on concentration and internal distribution of mineral elements in broad bean (*Vicia faba* L.) and chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Landbauforschung Völkenrode*, 4, 54, 189-197.
- Gomes F.E., Prisco J.T., Campos F.A.P. & Filho E.J., 1983, Effects of NaCl salinity *in vivo* and *in vitro* ribonuclease activity of *Vigna unguiculata* cotyledons during germination. *Plant Physiol.* 59, 183-188.
- Gridley H., 1985, Food legumes in Tunisia: status and improvement. *In: amélioration des légumineuses alimentaires. Synthèse des travaux de stage de formation ICARDA*, 41-42.
- Groome M.C., Axler S. & Gifford D.J., 1991, Hydrolysis of lipid and protein reserves in lobolly pine seeds in relation to protein electrophoretic patterns following imbibition. *Physiol. Plant*, 83, 99-106.
- Guerrier G., 1983, Variations des teneurs en Na⁺ et Ca²⁺ d'embryons et de jeunes plants lors de la germination en milieu salé. *Phyton*, 43, 141-152.
- Halila H., 1986, Les légumineuses alimentaires en Tunisie, situation actuelle et perspectives d'amélioration, INRAT-ICARDA (Ed), Amélioration des légumineuses en Afrique du nord, pp.: 1-9.
- Iraida A., Miguel A.B., Mercedes C., Maria I.M., Antonio H., Ray A.B., Paul M.H., Miguel A.Q. & Victoriano V., 1999, Improved germination under osmotic stress of tobacco plants overexpressing a cell wall peroxidase. *FEBS Letters*, 457, 80-84.
- Jain H.K., 1977, Centers of diversity, genetics variability and components of yield and plant type in chickpea. *F.A.O. Plant protection and production*, 9 p.
- Katerji N., Van Hoorn J.W., Hamdy A., Mastroilli M., Oweis T. & Erskine W., 2001a, Response of two varieties of lentil to soil salinity. *Agricultural Water Management*, 47, 179-190.
- Khalid M.N., Iqbal H.F., Tahir A. & Ahmad A.N., 2001, Germination potential of chickpeas (*Cicer arietinum* L.) under saline conditions. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 4, 4, 395-396.
- Khemiri H., Belguith H., Jridi T., Ben El Arbi M. & Ben Hamida J., 2004, Caractérisation biochimique d'une amylase active au cours du processus germinatif des graines de colza (*Brassica napus* L.). *Enzymologie et métabolisme*, pp.: 146-149. Congrès International de Biochimie. Marrakech 3-6 mai 2004.
- Lang A., 1965, Effects of some internal and external conditions on seed germination. *Handb. der Pflanzenphysiol.* 15, 2, 848-893.
- Lauter D.J. & Munns D.N., 1986, Salt resistance of chickpea genotypes in solutions salinized with NaCl or Na₂SO₄. *Plant and Soil*, 95, 271-279.
- Mwale S.S., Hamusimbi C. & Mwansa K., 2003, Germination, emergence and growth of sunflower (*Helianthus annuus* L.) in response to osmotic seed priming. *Seed Sci. & Technol.* 31, 199-206.
- Okçu G., Kaya M.D. & Atak M., 2005, Effects of salt and drought stresses on germination and seedling growth of pea (*Pisum sativum* L.). *Turk J. Agric For.* 29, 237-242.
- Osborne J.M., Fox J.E.D. & Mercer S., 1993, Germination response under elevated salinities of six semi-arid blue bush species (Western Australia). *In: Lieth H. & Al Masoom A. (Eds), Towards the Rational Use of High Salinity Plants*, Vol. 1, pp. 323-338. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. 521 pp.
- Rajakaran L.R., Aspinal D. & Paleg L.G., 2000, Physiological mechanism of tolerance of *Lycopersicon* spp. Exposed to salt stress. *Canad. J. plant Sci.* 80/1, 151-152.
- Raza H.A., Muhammad N., Yasin Ashraf M. & Ejaz R., 2002, Morphochemical responses of Gram (*Cicer arietinum* L.) to salinity and nitrogen. *Asian Journal of Plant Sciences*, 1, 2, 171-173.
- Rozema J., 1975, The influence of salinity, inundation and temperature on the germination of some halophytes and non halophytes. *Oecol. Plant*, 10, 341-354.
- Sadiki M. & Rabihi K., 2001, Selection of chickpea (*Cicer arietinum* L.) for yield and nitrogen fixation ability under salt stress. *Agronomie*, 21, 659-666.
- Slama A.D., Afifi W.M., Mousa A.Z. & Shams El Din., 1992, Biochemical study on the effect of salinity on cucumber seedlings. *Annals Agric. Sci. Ain Shams Univ. Cairo*, 37, 2, 339-349.
- Soltani A., Gholipoor M. & Zeinali E., 2004, Seed reserve utilization and seedling growth of wheat as affected by drought and salinity. *Environmental and experimental botany*, (article in press).
- Tobe K., Zhang L., Yu Qiu G., Shimizu H. & Omasa K., 2001, Characteristics of seeds germination in five non-halophytic Chinese desert shrub species. *J. of Arid Envir.* 47, 191-201.
- Tremblin G. & Binet P., 1984, Halophilie et résistance au sel chez *Halopeplis amplexicaulis* (Vahl) Ung. *Oecol. Plant*, 5, 291-293.
- West D.W. & François L.E., 1982, Effects of salinity on germination, growth and yield of cowpea. *Irrig. Sci.* 3, 169-175.
- Zekri M., 1993, Osmotic and toxic ion effects on seedling emergence and nutrition of Citrus root stocks. *J. Plant Nutr.* 16, 2013-2028.

H. Hajjaoui, Tunisien, Ingénieur, DEA, Doctorant en Sciences Biologiques et Biotechnologiques à l'Institut Supérieur de Biotechnologie de Monastir.

M. Denden, Tunisien, Doctorat en Sciences Agronomiques, Maître de Conférence à l'Ecole Supérieure d'Horticulture et d'Elevage de Chott-Mariem, Directeur du Département d'Horticulture et de Paysage et responsable du Laboratoire de Physiologie Végétale.

M. Bouslama, Tunisien, Ingénieur, Master of Sciences en Agronomie, Ph. D en Génétique, Professeur à l'Ecole Supérieure d'Horticulture et d'Elevage de Chott-Mariem. Membre du Département de l'Horticulture et de Paysage et responsable du laboratoire d'Amélioration des plantes de Chott-Mariem.

Nitrogen-use Efficiency of Maize Genotypes under Weed Pressure in a Tropical Alfisol in Northern Nigeria

J.O. Azeez* & M.T. Adetunji

Key words: Nitrogen-use efficiency- Nitrogen-uptake- Nitrogen application- Tropical alfisol and low N tolerant maize- Nigeria

Summary

A split - split plot experiment in a randomized complete block design with three replicates was established at Samaru (Typic Haplustalf) in 2002 and 2003 rainy seasons to investigate the response of four low nitrogen tolerant maize (*Zea mays* L.) cultivars (Oba super II, Low N pool C2, TZB-SR and ACR 8328 BN C7) to nitrogen fertilizer and weed pressure. Maize grain yield, nitrogen-uptake, utilization and use efficiency were significantly higher in Oba super II and Low N pool C2 followed by ACR 8328 BN C7 and least in TZB -SR. At the application rate of 90 kg N.ha⁻¹, 68 kg N.ha⁻¹ were recovered in maize shoot while weeds uptake of N was 15.98 kg.ha⁻¹. With the application of 30 kg N.ha⁻¹, weed uptake was 28.38 kg N.ha⁻¹ while maize shoot uptake was 23.35 kg N.ha⁻¹. Generally, fertilizer addition enhanced the competitive ability of maize. The nitrogen-use efficiency of the maize genotypes was reduced due to weed interference while there were no differences in the residual soil nitrate among nitrogen rates and genotypes, partly due to the morphology of the site.

Résumé

Efficacité d'utilisation de l'azote par des génotypes du maïs en présence de mauvaises herbes dans un alfisol tropical dans le nord du Nigeria

Un essai visant à étudier le comportement de quatre cultivars de maïs (*Zea mays* L.), tolérants à une faible fertilisation azotée, lorsqu'ils sont semés en présence de mauvaises herbes avec différentes doses d'engrais azotés a été réalisé selon un dispositif expérimental en blocs aléatoires avec parcelles divisées et trois répétitions dans la région de Samaru (Typic Haplustalf) durant les saisons pluvieuses de 2002 et de 2003. Les cultivars de maïs testés étaient Oba super II, Low N pool C2, TZB-SR et ACR 8328 BN C7. Le rendement en grains; l'absorption, l'utilisation et l'efficacité de l'azote étaient significativement supérieurs ($p < 0,01$) pour les cultivars Oba super II et Low N pool C2. Pour les mêmes paramètres, le cultivar ACR 8328 BN C7 se classait après ceux-ci alors que la variété TZB-SR venait en dernière position. En cas d'application d'une dose de 90 kg N.ha⁻¹, on a observé un prélèvement de 68 kg N.ha⁻¹ par les plantes de maïs et de 15,98 kg N. ha⁻¹ par les adventices. Pour la dose de 30 kg N.ha⁻¹, la quantité d'N prélevée par les mauvaises herbes s'élevait à 23,38 kg. ha⁻¹ tandis que le prélèvement des plantes de maïs en N atteignant 23,25 kg.ha⁻¹. En général, l'apport d'azote a amélioré la compétitivité du maïs. L'efficacité d'utilisation de l'azote par les génotypes de maïs a été réduite du fait de la concurrence des mauvaises herbes. Aucune différence significative n'a été observée pour la teneur résiduelle en nitrates dans le sol; sans doute partiellement à cause du relief du site d'essai.

Introduction

West Africa soils are fragile, predominantly of kaolinitic clays with low effective cation exchange capacity (ECEC) and low plant nutrients (5, 11). Tropical climates are characterized by high rainfall and insolation. The attendant problems of nutrient leaching and low level of soil organic matter has made N the most limiting nutrient to maize production in Nigeria (1, 5). This has encouraged the excessive use of organic fertilizers above the amount recommended particularly in the savanna zone of Nigeria (12).

The prolonged and excessive use of nitrogen fertilizers on the other hand has led to the acidification of the soil (10) and is implied for nitrate leaching and environmental pollution (2).

Maize (*Zea mays* L.) is the dominant cereal crop grown in

Nigeria. Despite the widespread cultivation and numerous scientific efforts geared towards increasing maize yields, production by farmers is still low. This is attributed to the low soil fertility, problems of soil fertility management and high cost of farm inputs like herbicides. Maize farmers in the tropics are mostly resource poor, practising subsistence farming. Weed management is a major component of maize production (23); it is labour intensive (19) and accomplished primarily by hand weeding. This takes a substantial part of their time (3) and sometimes costlier than they can afford (23).

One probable means of reducing herbicide use and high cost of maize production is by growing maize hybrids that

Department of Soil Science and Land Management, University of Agriculture, Abeokuta, Nigeria.

*Author for correspondence (Tel: +234 803 715 6262; e-mail:azeez2001ng@yahoo.com)

compete more effectively against weeds for light, nutrients and water. This is aimed at preventing environmental contamination occasioned by herbicide use while increasing the crop yield. In a bid to alleviate the problem of soil fertility and its management in maize production, breeders have developed maize cultivars that are relatively more efficient in nitrogen-uptake from the soil or with high nitrogen use efficiency.

These potential competitive maize cultivars can prevent the occurrence or slow the increase of herbicides-resistant weed population in maize. It will also offer the opportunity of maximizing farmers profit while providing effective weed control at minimal cost. This is particularly important because farmers in developing countries are resource poor and hence need cheap weed control systems like the use of competitive cultivars. These cultivars have been bred and tested under weed-free conditions. Hence, before any reasonable conclusion could be drawn on their suitability to effectively adapt to low nitrogen soils and their ability to perform in a 'low input' production system like no herbicide application, the nitrogen use efficiency of these cultivars need to be tested under some levels of weed competition. This is to ascertain their superiority or otherwise in the uptake and utilization of nitrogen as compared to weeds. The objectives of this study therefore are to quantify the amount of nitrogen-uptake by low nitrogen tolerant maize and weeds and to evaluate the nitrogen-use efficiency of maize genotypes under weed pressures.

Materials and methods

Field experiments were conducted in 2002 and in 2003 rainy seasons at Samaru (11° 11' N, 07° 38' E altitude of 686 m) which is representative of the northern Guinea savanna agro ecological zone of West Africa. The selected site at Samaru has been depleted of their fertility. The soil of the site is described as alfisol. Mean annual rainfall of 1055 mm. The land is prepared by ploughing, harrowing and ridging. The experimental design was a randomized complete block in a split-split plot arrangement with three replications. The treatments were:

Main plots - Two levels of weed pressure, which were: - No weed pressure, (weekly weeding), and high weed pressure (not weeded throughout the growing season).

The subplot was three nitrogen levels: 0, 30, and 90 kg N.ha⁻¹. They were applied in two equal splits as urea (46% N) at two and six weeks after planting by side placement. Phosphorus and Potassium were applied at 15 kg P.ha⁻¹ as triple – super phosphate (46% P₂O₅) and 30 kg K.ha⁻¹ as muriate of potash (60% K₂O), respectively. Both were applied to the entire experimental plots. Four maize genotypes constituted the sub- sub plot, they included:

- 1) Oba Super II (Commercial nitrogen tolerant variety with high utilization efficiency).
- 2) Low N pool C2 (Open pollinated variety for low nitrogen conditions, both high nitrogen uptake and high utilization efficiency).
- 3) TZB-SR (Susceptible to nitrogen stress) and
- 4) ACR 8328 BN C7 (Variety improved at CIMMYT for low

nitrogen tolerance and high utilization efficiency).

All cultivars were sourced from the International Institute of Tropical Agriculture (IITA) Ibadan. To each plot of dimension 3 m x 8 m, two maize seeds were sown per hole and later thinned to one at 2 weeks after planting (WAP) at a distance of 25 cm x 75 cm giving a plant population of 53,333 stands per hectare. At harvest, 16 plants, (2 m) were taken from each plot from two center rows, the cobs were weighed. They were latter shelled, the weight of the grains were taken with the corresponding moisture content measured using Dickey-John moisture meter (Dickey-John Corporation Auburn, IL. 62615 USA). The grain weight was then corrected to 12% moisture content. Stovers from the 16 plants were weighed with a hanging balance. A subset of 4 plants was also weighed and later separated into leaves and stem. The leaf and stem was oven dried for 48 hours at 70 °C in the laboratory. The dry weight was taken on a scale (Denver Instrument Company Model XD4k). Weed dry matter yield was taken by using a 1 m x 0.3 m quadrat from areas where maize cobs were harvested, cut at ground level, oven dried at 70 °C for 48 hours and weighed. Dried maize grains, leaf, stem and weed samples from the treatments were milled; the nitrogen was determined by Kjeldahl digestion, while the nitrogen content was determined with the use of Technicon auto-analyzer. Efficiencies of nitrogen-uptake, utilization and use were calculated according to Moll *et al.* (14) as follows:

$$\text{N-uptake efficiency} = \frac{\text{Total nitrogen in plant at maturity}}{\text{Quantity of nitrogen applied}}$$

$$\text{N-utilization efficiency} = \frac{\text{Grain dry matter}}{\text{Nitrogen in above ground part}}$$

$$\text{N-use efficiency} = \frac{\text{Grain yield}}{\text{N applied}}$$

The residual soil nitrate was taken at crop harvest. Soil samples were taken randomly at a depth of 0-20 cm in each plot. Composite samples were then extracted with 2 Normal KCl measured by steam distillation with MgO and Devarda's alloy (16) and determined with an autoanalyser. Data generated was analysed using the General Linear Model procedure (GLM); Statistical Analysis systems Package (SAS) (21). Differences between treatments and their interactions were compared using Standard Errors of the Means and LSD.

Results and discussion

Figure 1 shows that there were significant increases in grain yields of maize genotypes with increase in N rates. Low N pool C2 and Oba super II had higher yield compared to other genotypes at all the N levels.

TZB-SR-SR had the lowest grain yield. Generally, yield reduction under 0 kg N /ha in comparison to 90 kg N /ha ranged from 79% in Low N pool C2 to 83% in TZB-SR.

At 90 kg N/ha, the yield ranged from 2.80 tons /ha in ZB-SR to 3.93 tons /ha in Low N pool C2. Overall lowest yield of 0.48 tons /ha was observed in TZB-SR at the control plots (0 kg N /ha) while yield at 30 kg N /ha ranged from 0.99 tons/ ha in ACR 8328 BN C7 to 1.28 tons /ha in Low N pool C2. The positive response observed in maize yield due to N

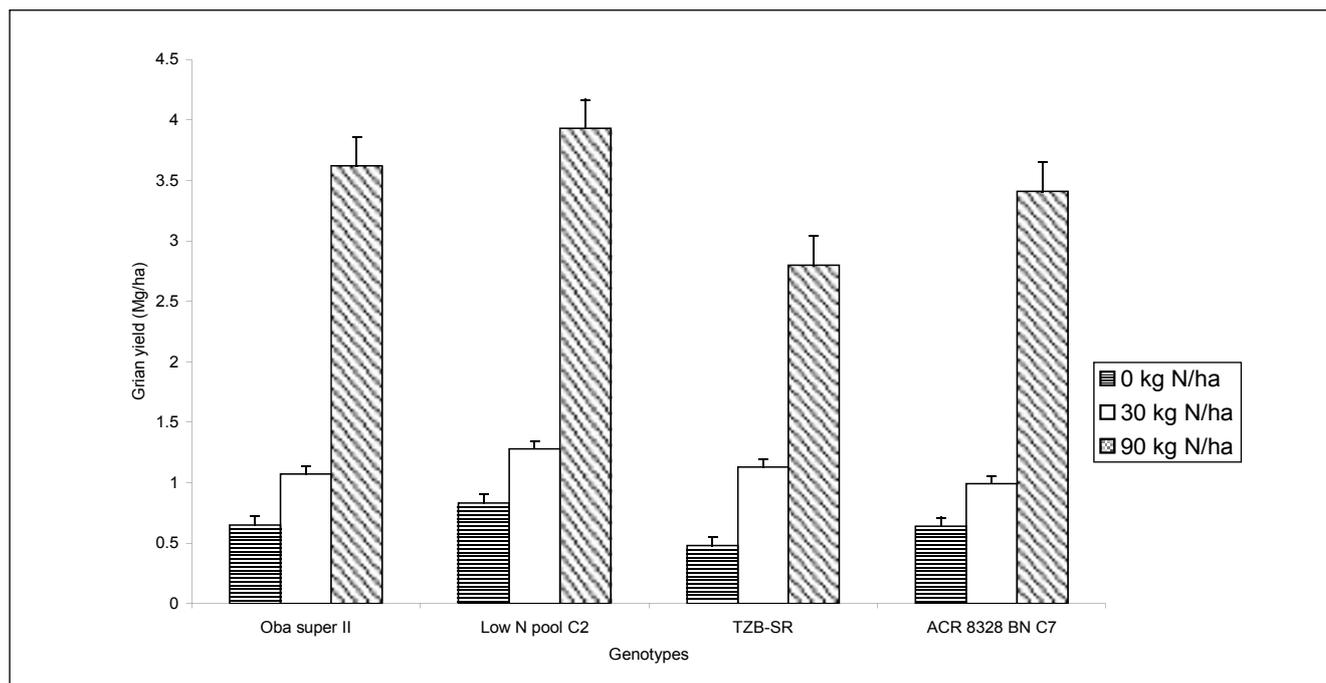


Figure 1: Grain yield of maize genotypes at 3 nitrogen levels; vertical bars represent standard error of the means.

application confirms the importance of N in maize nutrition. Adetunji (1) reported a strong dependence of maize yield on N content of some nigerian soils. Gallaher *et al.* (8) also reported increases in maize grain yield due to N-application rates.

Nitrogen-uptake values show that high soil N enhanced the relative competitiveness of the maize in these studies. Maize genotypes differed in their response to soil N, with a larger reduction in TZB-SR, a genotype susceptible to N stress. Oba super II and LOW N POOL C2 had superior grain yield partly due to their higher N-uptake and utilization efficiencies.

The effect of weeding pressure on N-uptake efficiency shown in table 1 revealed that there was a significant reduction in the N-uptake efficiency of the maize genotypes. The magnitude of the decrease was more with the application of 30 kg N/ha.

In a weed free environment N-uptake at 30 kg N/ha was higher than at 90 kg N/ha in all the genotypes. Oba Super II had the highest value while LOW N POOL C2 had the least uptake value. However, with increase in N rate to 90 kg N/ha, LOW N POOL C2 performed better than the other genotypes in a weed free environment; ACR8328 BN C7 had the least uptake efficiency. The reduction observed was more in 30 kg N/ha treatment for all the genotypes. It ranged

from 86% in ACR8328 BN C7 to 41% in LOW N POOL C2. At the application rate of 90 kg N/ha, the resultant reduction in uptake efficiency due to weed interference were 50% in LOW N POOL C2, 55% in ACR8328 BN C7, 57% in TZB-SR and 92% in Oba super II. The effect of weed pressure in reducing the N- utilization efficiency was more pronounced at the application rate of 30 kg N/ha (Table 2).

N-utilization efficiency of TZB-SR was very low due to weed interference, LOW N POOL C2 was least affected. The reduction ranged from 96% in TZB-SR to 67% in LOW N POOL C2. At the application of 90 kg N/ha, weed pressure had reductions that varied among genotypes, 57% in Oba super II and ACR8328 BN C7; 62% in LOW N POOL C2 and 64% in TZB-SR. In a weed free condition the N-utilization efficiency of all the genotypes was higher at 30 kg N/ha rate than 90 kg N/ha. At the lower N rate, Oba super II performed best (95.67) though similar to LOW N POOL C2 (94.67) while TZB-SR was the poorest (72.00). With increase in N rates to 90 kg N/ha, LOW N POOL C2 and Oba super II still had the best utilization efficiencies (58.67 and 58.33 respectively) while TZB-SR had the lowest (48.78) N-utilization efficiency. Table 3 shows that the nitrogen-use efficiency (NUE) of all the maize genotypes were reduced by weed interference both at 30 and 90 kg N/ha fertilization.

Table 1
Nitrogen-uptake efficiency* of maize genotypes (mean of two years)

	N uptake efficiency at 30 kg N/ha Weed free	N uptake efficiency at 30 kg N/ha High weed pressure	N uptake efficiency at 90 kg N/ha Weed free	N uptake efficiency at 90 kg N/ha High weed pressure
Oba super II	1.41	0.23	0.98	0.51
Low N pool C2	1.17	0.47	1.15	0.58
TZB-SR	1.20	0.18	1.01	0.43
ACR 8328BN C7	1.36	0.19	0.95	0.43
Average	1.29	0.27	1.02	0.49
SD (\pm)	0.12	0.14	0.09	0.07

*Calculated in reference to N-uptake in No-nitrogen treatment (0 kg N/ha).

Table 2
Nitrogen-utilization* efficiency of maize genotypes (mean of two years)

	N-utilization efficiency at 30 kg N/ha Weed free	N-utilization efficiency at 30 kg N/ha High weed pressure	N-utilization efficiency at 90 kg N/ha Weed free	N-utilization efficiency at 90 kg N/ha High weed pressure
Oba super II	95.67	5.00	58.33	25.22
Low N pool C2	94.67	31.33	58.67	30.44
TZB-SR	72.00	3.00	48.78	17.67
ACR 8328BN C7	85.67	7.33	54.44	23.44
Average	87.00	11.67	55.06	24.19
SD (\pm)	10.97	13.23	4.60	5.27

*Calculated in reference to N-utilization in No- nitrogen treatment (0 kg N/ha).

Nitrogen-use efficiency of all the maize genotypes was increased with increase in N rate (except TZB-SR) under a weed free condition. At lower N rate, the NUE of TZB-SR was higher (40) compared to other genotypes. Oba super II, LOW N POOL C2 and ACR8328 BN C7 had NUE values of 38, 28 and 25.67 respectively. Higher NUE recorded at 90 kg N/ha application rates ranged from 34.44 in ACR8328 BN C7 to 39.11 in Oba super II. LOW N POOL C2 and TZB-SR had similar NUE. At the application of 30 kg N/ha, the reduction due to weed interference in NUE were 82% in ACR8328 BN C7; 88% Oba super II, 93% in TZB-SR and 4% increase in LOW N POOL C2. The magnitude of the decrease was lower at the application of 90 kg N/ha. It ranged from 19% to 54% in TZB-SR.

Table 4 shows that the application of urea also increased the

uptake of N. The highest uptake was recorded in the 90 kg N /ha treatment in maize. There was however, no significant difference in the uptake of N in the control plots and 30 kg N /ha. Weed uptake of nitrogen was generally found to decrease with increase in N rates.

The least uptake was recorded in the 90 kg N /ha treatment. With the application of 90 kg maize parts take only 76% of it while weeds took 18%. At the control plots (0 kg N/ha) 30.08 kg N/ha was taken by weeds while only 16.32 kg N/ha was found in maize parts with an increase in N application (30 kg N/ha), the uptake by weeds reduced to 28.38 kg/ha while maize uptake rose to 23.35 kg N/ha. There was however no significant difference in the weed uptake of N in the control plots and the 30 kg N /ha treatment.

Weed N-uptake was found to decrease with increases in N

Table 3
Nitrogen-use* efficiency of maize genotypes (mean of two years)

	N-use efficiency at 30 kg N/ha Weed free	N-use efficiency at 30 kg N/ha High weed pressure	N-use efficiency at 90 kg N/ha Weed free	N-use efficiency at 90 kg N/ha High weed pressure
Oba super II	38.00	4.67	39.11	25.11
Low N pool C2	28.33	29.33	36.56	29.78
TZB-SR	40.00	3.00	38.11	17.67
ACR 8328BN C7	25.67	4.63	34.44	22.56
Average	33.00	10.41	37.06	23.78
SD (\pm)	7.06	12.64	2.03	5.05

*Calculated in reference to N-use in No- nitrogen treatment (0 kg N/ha).

Table 4
Nitrogen-uptake by maize and weed (kg/ha) (mean of two years)

	Maize shoot	Weed	Soil nitrate
Nitrogen rates (kg.ha ⁻¹) (N)			
0	16.32b	30.08a	1.10a
30	23.35b	28.38a	1.22a
90	68a	15.98b	1.62a
SE (\pm)	2.53	2.00	0.22
Genotypes (G)			
Oba super II	35.94ab	27.05a	1.04a
Low N pool C2	40.84a	24.72a	1.36a
TZB-SR	31.96b	26.19a	1.40a
ACR 8328 BN C7	34.81ab	21.30a	1.45a
SE (\pm)	2.93	2.31	0.26
N X G SE (\pm)	5.07ns	4.00ns	0.44ns

Mean values with the same alphabets are not statistically different at p= 0.05 ns: Not significant.

rates. There seems to be an inverse relationship between maize and weed N uptake with increase in N application. Variations observed among the genotypes indicated that LOW N POOL C2 had the highest shoot nitrogen uptake. This was similar to the values observed in Oba super II. Generally, shoot uptake of N is in the order LOW N POOL C2 > ACR 8328 BN C7 > Oba super II > TZB-SR-SR. Application of 90 kg N /ha resulted higher soil nitrate, this was not significantly higher than other N rates. Genotypes had no effect on the amount of soil nitrate. Total N content of plant is an indication of the plant's capacity to accumulate N (6). Maize lines have been shown to vary in their capacity to accumulate N and produce dry matter (15). This was observed in the present study. Differences occurred among genotypes for N accumulation and for efficiency in N- use, N- uptake and N-utilization. Total N that accumulated at maturity in the genotypes increased with N rates applied. Maize genotypes showed more competitiveness than weeds for N, particularly at 30 kg N/ha where more than 50% of the applied N was taken by maize. An inverse trend observed between maize N-uptake (high uptake values) and weed N uptake (low uptake values) with increased N rates shows that maize competitive ability was improved with increment in N applied. The greatest capacity to accumulate N in the shoot by LOW N POOL C2 and Oba super II may be related to the above ground dry matter at harvest and the percent N concentration that were high for both genotypes at maturity (18). The limited uptake capacity of TZB-SR might be due to its low N concentration and low stover yield. High above ground dry matter yield has been shown to correlate strongly with total aboveground N uptake among tropical maize populations, especially at low soil N rates (13). In contrast to the study of Wiesler and Horst (22) which showed that there was no difference in N uptake after silking among temperate maize cultivars, this study is consistent with the studies of Moll *et al.* (14) who observed significant differences among maize cultivars in N-uptake after silking.

Generally, the low soil nitrate of the study areas might be due to the high rate of run-off in the sites and the subsequent loss of applied N. Morphological description of the soil by Ogunwale *et al.* (17) have reported the occurrence of manganiferrous concretions in the 20 cm depth of Samaru

soil due to the existence of an active zone of alternating wet and dry cycles. This formation hindered nutrient infiltration, encouraged run off losses and reduced subsequent uptake by maize crop. The attendant problems of accelerated runoff and water logging (anaerobiosis) had probably contributed to the great loss of unused soil N, coupled with the likely loss of N by NH₃ volatilisation at application. Several workers have reported loss of N applied to the soil due to different pathways. Fertilizer N losses through denitrification have been estimated to be more than 10% in maize (9). Losses due to surface run off ranged between 1- 13% (4), while losses due to NH₃ volatilisation is higher than 40% (7). Also, the high insolation of the study area and the consequent dry soil condition enhanced ammonium accumulation while the amount of nitrate decreases. Ammonium has been reported as the dominant form of N during the dry season while nitrate is the dominant form in the rainy season (20). In the present study, differences were observed in the uptake, utilisation and use efficiency of the genotypes evaluated. N-uptake and utilisation efficiency at lower N rates is higher than at higher N rate thus showing the probability of having large losses of N at higher rate of N application to soil even with weed competition. The N-uptake efficiency (gram of plant per gram of available soil N), nitrogen-use efficiency and N-utilisation efficiency is higher in LOW N POOL C2 and Oba super II at both rates of N due to their superior ability to absorb and utilize N more efficiently than other genotypes. ACR 8328 BN C7 was moderate while TZB-SR was poor in N-use, uptake and utilisation. The reduction observed in the N-use, N-uptake and N-utilisation due to weed interference was more at low N rates; this is an indication of the low competitive ability of the maize genotypes at suboptimal N levels. This is also hinged on the ability of the genotypes to utilize N, the N stress susceptible genotype, TZB-SR was mostly affected while LOW N POOL C2 and Oba super II performed better due to their superior inherent genetic qualities.

Acknowledgements

We thank the International Institute of Tropical Agriculture (IITA) Ibadan, Nigeria for all the assistance.

Literature

- Adetunji M.T., 1991, An evaluation of the soil nutrient status for maize production in southwestern Nigeria. *Samaru journal of agricultural research*, 8, 101-113.
- Adetunji M.T., 1994, Nitrogen application and underground water contamination in some Agric. Soil of South Western Nigeria. *Fertilizer research*, 37, 159-163.
- Anonymous, 1979, Time required for hand weeding. *Newsletter International of weed science society*, 4, 1.
- Blevins D.W., Wilkinson D.H., Kelly B.P. & Silva S.R., 1996, Movement of nitratefertilizer to glacial till and runoff from a clay pan soil. *Journal of environmental quality*, 25, 584-593.
- Carsky R.J. & Iwuafor E.N.O., 1995, Contribution of soil fertility research and maintenance to improved maize production and productivity in sub-Saharan Africa. In proceeding of regional maize workshop, 29 May-2 June, 1995. IITA Cotonou, Benin Republic.
- Desai R.M. & Bhatia C.R., 1978, Nitrogen uptake and nitrogen harvest index in durum wheat. *Euphytica*, 27, 561-566.
- Fowler D.B. & Brydon J., 1989, No-till winter wheat production on the Canadian prairies: placement of urea and ammonium nitrate fertilizers. *Agronomy journal*, 81, 518-524.
- Gallaher R.N., Lang T.A., Gallaher K. & Ashburn E.L., 1992, No-tillage planted tropical corn yield response to nitrogen fertilizer. In: Mullen M.D., Duck B.N. (Eds), *Proceedings 1992 Southern Conservation Tillage Conference*. Tennessee Agric. Exp. Stn, Univ. of Tennessee, Knoxville, TN, SP 92- 01, pp. 30-33.
- Hilton B.R., Fixen P.E. & Woodward H.J., 1984, Effects of tillage, nitrogen placement, and wheel compaction on denitrification rates in the corn cycle of a corn- oats rotation. *Journal of plant nutrition*, 17, 1341-1357.
- Juo A.S.R. & Mano A., 1996, Chemical changes in slash and burn agriculture. *Agriculture, ecosystem and environment*, 58, 9-18.
- Juo A.S.R. & Wilding L.P., 1996, Soils of the lowland forest of West and Central Africa. *Proc. R. Soc. Edinburgh, Sect. B. Biological science*, 104, 15-29.

12. Kling J.G., Heuberger H.T., Oikeh S.O., Akintoye H.A. & Horst W.J., 1996, Potential for developing nitrogen use efficient maize for low input agricultural systems in the moist savanna of Africa. Pages 490-501. *In*: Proceedings of a symposium on developing drought and low nitrogen tolerant maize, CIMMYT, Mexico.
13. Lafitte H.R. & Edmeades G.O., 1994, Improvement for tolerance to low soil N in tropical maize. I. Selection criteria, *Field crops research*, 39, 1-14.
14. Moll R.H., Kamprath E.J. & Jackson W.A., 1982, Analysis and interpretation of factors which contribute to efficiency of nitrogen utilization *Agronomy journal*, 74, 562-564.
15. Moll R.H., Jackson W.A. & Mikkelsen R.L., 1994, Recurrent selection for maize grain yield: dry matter and nitrogen accumulation and partitioning changes. *Crop science*, 34, 874-881.
16. Mulvaney R.L., 1996, Nitrogen-inorganic forms, p. 1123-84, *In*: D.L. Sparks (ed) *Methods of soil analysis*. Part 3. SSSA and ASA, Madison, WI.
17. Ogunwale J.O., Babalola O.A., Oyinlola E.Y. & Raji B.A., 2001, A pedological characterization of soils in the Samaru area of Nigeria. *Samaru journal of agricultural research*, 17, 71-77.
18. Oikeh S.O., Kling J.G., Horst W.J., Chude V.O. & Carsky R.J., 1999, Growth and distribution of maize roots under nitrogen fertilization in plinthite soil. *Field crops research*, 62, 1-13.
19. Rafsnider G.T., Zimdahl R.L. & Hanimida M., 1990, Costs associated with weed management in cereals and food legumes in Safi province, Morocco. *FAO Plant protection bulletin*, 38, 188-193.
20. Roy S. & Singh J.S., 1995, Seasonal and spatial dynamics of plant-available N and P pools and N-mineralization in relation to fine roots in a dry tropical forest habitat. *Soil biology & biochemistry*, 27, 33-40.
21. SAS Institute, 1990, *SAS/STAT user's guide*. Release 6, 4th ed. SAS Institute, Cary, NC
22. Wiesler F. & Horst W.J., 1992, Differences between maize cultivars in yield formation, N-uptake and associated depletion of soil nitrate. *Journal of agronomy and crop science*, 16, 226-237.
23. Zimdahl R.L., Rafsnider G.T., Boughlala M. & Laamari A., 1992, Costs associated with weed management in cereals and food legumes in the Chaouia region of settat province Morocco. *Weed technology*, 6, 1, 156-160.

J.O. Azeez, Nigerian, PhD, Department of Soil Science and Land Management, University of Agriculture, Abeokuta, Nigeria.

M.T. Adetunji, Nigerian, Professor, Dean and Academic Advise to Dr. Azeez, Department of Soil Science and Land Management, University of Agriculture, Abeokuta, Nigeria.

AVIS DE CHANGEMENT D'ADRESSE

ADRESVERANDERING

Tropicultura vous intéresse! Dès lors signalez-nous, à temps votre changement d'adresse faute de quoi votre numéro nous reviendra avec la mention "N'habite plus à l'adresse indiquée" et votre nom sera rayé de la liste.

You are interested in Tropicultura! Make sure to inform us any change of your address in advance. Otherwise your issue will be sent back to us with the postal remarks "Adresse not traceable on this address" and then you risk that your name is struck-off from our mailing list.

U bent in Tropicultura geïnteresseerd! Stuur ons dan uw adresverandering tijdig door, anders riskeert U dat uw nummer ons teruggezonden wordt met de vermelding "Woont niet meer op dit adres" en uw naam wordt dan automatisch van de adressenlijst geschrapt.

Si Tropicultura se interesa, comuniquenos a tiempo cualquier cambio de dirección. De lo contrario la publicación que Ud. recibe nos será devuelta con la mención "No reside en la dirección indicada" y su nombre será suprimido de la lista de abonados.

CHANGING OF ADDRESS

CAMBIO DE DIRECCION

Preliminary Findings on the General Characteristics of the Oestrous Cycle in Postpartum Ngaoundere Gudali Cows

O. Messine¹, J.P.C. Greyling², L.J.M. Schwalbach², D.A. Mbah³ & G.S. Bah¹

Keywords: Oestrous cycle- Duration of Oestrus- Gudali cattle- Cameroon

Summary

A study was conducted to determine some important oestrous cycle characteristics (length and duration of oestrus) of Ngaoundere Gudali cattle at the Wakwa Agricultural Research Centre, Cameroon. The mean length of the oestrous cycle was 21.8 ± 0.5 d, significantly ($P < 0.05$) longer during the dry (24.1 ± 0.7 d) compared to the rainy (20.6 ± 0.5 d) season. A seasonal occurrence of oestrus was detected, suggesting that the oestrus in the Ngaoundere Gudali cow is more frequent during the rainy season. The oestrous period averaged 9.8 ± 0.6 h, with a range of 5 to 13 h. It was concluded that although the oestrous characteristics of the Ngaoundere Gudali do not seem to differ significantly from what is reported in other zebu breeds, more studies are needed to draw a clearer picture of the oestrous cycle characteristics of the breed.

Résumé

Données préliminaires sur les caractéristiques générales du cycle oestral des vaches suitées Goudali de Ngaoundéré

Une étude a été conduite en vue de déterminer quelques caractéristiques importantes du cycle oestral (longueur et durée de l'œstrus) des bovins Goudali de Ngaoundéré au Centre de Recherche Agricole de Wakwa, Cameroun. La durée moyenne du cycle était de $21,8 \pm 0,5$ j, significativement ($P < 0,05$) plus longue pendant la saison sèche ($24,1 \pm 0,7$ j) que pendant la saison des pluies ($20,6 \pm 0,5$ j). L'apparition saisonnière de l'œstrus suggérerait que l'œstrus est plus fréquemment exprimé chez la vache Goudali de Ngaoundéré pendant la saison des pluies. L'œstrus a duré en moyenne $9,8 \pm 0,6$ h, et a varié de 5 à 13 h. Il en a été conclu que les caractéristiques de l'œstrus du Goudali de Ngaoundéré ne diffèrent pas significativement de ce qui a été rapporté chez d'autres zébus mais des études plus approfondies sont nécessaires pour donner une image plus précise de ces caractéristiques.

Introduction

Reports on beef cattle cow-calf operations show that the main reason for low productivity is the poor reproductive performance of females (7, 9). This situation results from a combination of genetic, physiological, management and environmental factors, which affect the female in all the different reproductive stages, including the oestrous cycle (3). Previous reports (2, 13, 14, 18, 20, 27) have shown the duration of the oestrous cycle in African zebu cattle to vary between 16 and 30 days, with an average of 21 days. Other studies have shown the duration of the oestrous cycle to be affected by season (23, 27) and oestrus to be shorter in zebu than in the *Bos taurus* cattle breeds (11, 18, 23). However, very little is known about these parameters in Ngaoundere Gudali cattle, one of the most popular cattle breeds of the Adamawa Highlands in Cameroon. The few existing reports on reproductive performance of this breed are based either on information from a very limited number of animals or on results from questionnaires (5, 12, 19). No research work has been carried out to-date, aimed at understanding the basic reasons for the breed's poor reproductive performance, despite its fairly good productive performance. It was therefore deemed necessary to establish the reproductive characteristics of the breed and the effects of environmental factors on these parameters, in order to devise management strategies geared at improving its reproductive efficiency. The aim of this study was to characterise the oestrous cycle in postpartum Ngaoundere Gudali cows.

Materials and methods

The study was conducted on the beef herd of the Wakwa Regional Centre of Agricultural Research between November

2001 and May 2002. The Wakwa Research Centre is located on the Adamawa plateau, about 10 km east of Ngaoundere at latitude $7^{\circ}30'N$ and longitude $13^{\circ}30'E$. Wakwa is situated at an altitude of approximately 1200 m above sea level. The breed, climatic conditions, soil, vegetation and general management practices have previously been described (1, 10, 16, 17, 21, 22, 26). Forty postpartum Ngaoundere Gudali cows, aged 5 to 8 years were monitored during a 200-day period following parturition (between mid October and end of May). The cows were maintained on natural pastures, with a dry season supplement (cotton seed cake, 200 g/100 kg BW) offered from mid-January to mid-April. Access to water was unrestricted during the day and the animals were housed in a pen at night. Oestrus was checked twice daily (06:00 to 07:00 and 16:00 to 17:00) with the aid of a penis-deviated teaser bull. All behavioural signs of oestrus and the duration thereof were recorded. Onset of oestrus was taken as the first time when the cow allowed the teaser bull to mount her or was mounted by another anoestrous cow, and stood still. Mean duration of oestrous cycle was determined as the number of days elapsing between two consecutive observed episodes of standing oestrus. When a cow first allowed herself to be mounted, she was isolated in a pen with the teaser bull and oestrous behaviour observed for spells of 30 minutes, at hourly intervals, until the cow no more allowed mountings. Duration of oestrus was then calculated as the time elapsed between first and last observed acceptance to be mounted (4).

In addition to the above historical data collected from the artificially inseminated herd at the Wakwa Centre were used to monitor the seasonal occurrence of oestrus. In this herd,

¹ Institute of Agricultural Research for Development, Regional Centre of Wakwa, P.O. Box 65, Ngaoundere, Cameroon.

² Department of Animal, Wildlife and Grassland Sciences, University of the Free State, P.O. Box 339, Bloemfontein 9300, South Africa.

³ Ministry of Scientific Research and Innovation, P.O. Box 1457, Yaounde, Cameroon.

Corresponding author: Messine O., P.O. Box 65, Ngaoundere, Cameroon. Mobile: (237) 953 95 36; Fax: (237) 225 15 57; email: messineanatole@yahoo.com
Received on 30.12.05 and accepted for publication on 10.04.06.

oestrus was detected twice a day (7:00 to 7:30, and 16:00 to 16:30) and AI practised all year round. Thus, a total of 1504 occurrences of oestrus over a 9 year period (January 1980 to December 1988) were recorded. All data were analysed with the GLM procedures of SAS (25).

Results and discussion

During the experimental period, a total of 81 oestrous cycles were observed in 25 of the 40 postpartum cows monitored, meaning that 37.5% (15/40) of the cows were in anoestrus or did not show oestrus during the 200 d observation period following parturition. Mean recorded oestrous cycle length 21.8 ± 0.5 d, ranging from a minimum of 15 d to a maximum of 35 d. The frequency distribution of the length of the oestrous cycles is shown in figure 1.

Most of the oestrous cycles (67.9%) had a length comprised of between 18 and 22 d, while 18.52% of the cycles lasted

between 23 and 28 d. Only 4.9 and 8.6% of the cycles had a length of 15 to 17 and 30 to 35 d, respectively. These results are in agreement with those recorded from zebu breeds in Nigeria (2, 6, 13, 14, 20) and Ethiopia (18). Reports in other tropical areas showed the oestrous cycle length of tropical indigenous cattle breeds to stand between 16 and 30 d (11). In the present study, it is possible that the occurrence of silent oestruses and oestrus manifested at night might have been missed. The restricted duration of the observation periods, the relatively small number of animals available for the study and the unfavourable time of the year (mostly during dry season) did not allow for the observation of more than two oestrous periods in most of the cows. Dawuda *et al.* (6) have reported differences in length for the first, second and third oestrous cycles between the silent oestrus and oestrous cows to be not significant.

The oestrous cycles were significantly ($P < 0.05$) longer during the dry season (24.1 ± 0.7 d), compared to the rainy season

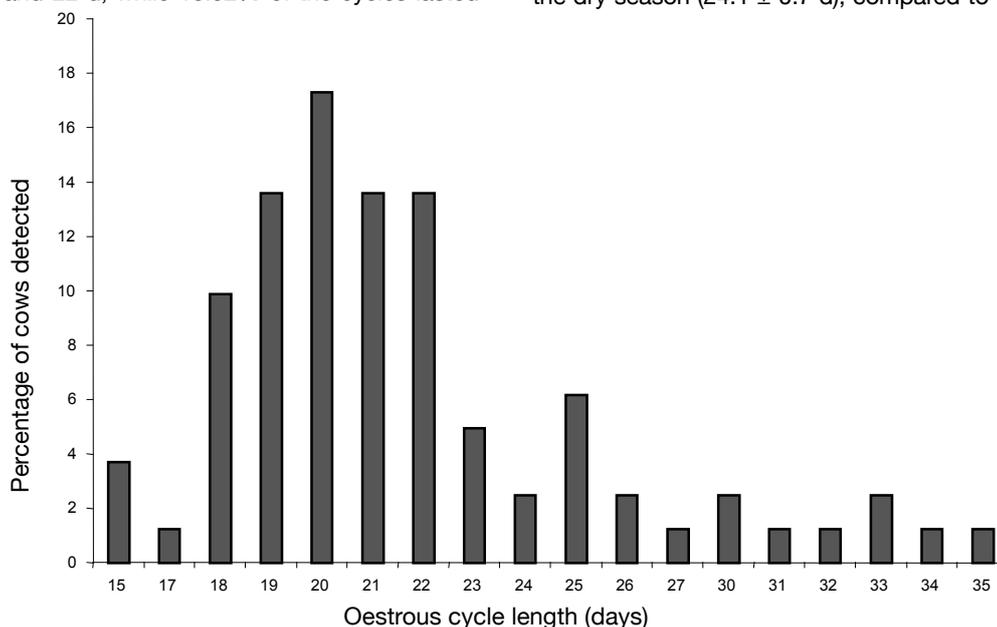


Figure 1: Frequency distribution of oestrous cycle length of postpartum Ngaoundere Gudali cows.

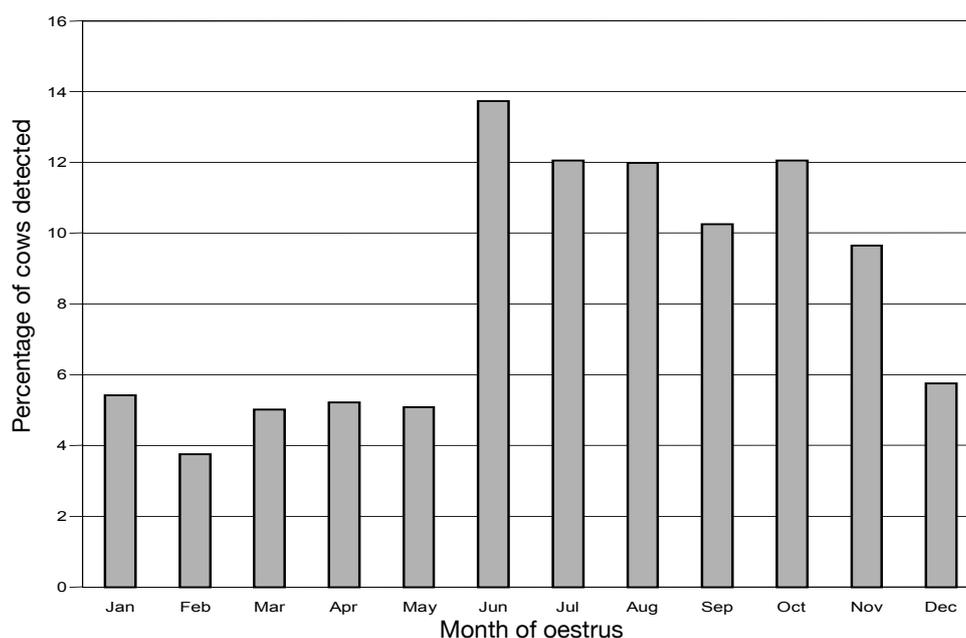


Figure 2: Average monthly distribution of oestrus over a period of 9 years in Ngaoundere Gudali cows.

(20.6 ± 0.5 d). The significant effect of season on the duration of the oestrous cycle has been previously reported elsewhere (15, 19, 23, 27). These reports are generally in agreement with the tendency for longer oestrous cycles during the dry season. Zakari *et al.* (27) working with the White Fulani and Sokoto Gudali in Nigeria, showed the oestrous cycles to be on average longer (26.04 d) in the pre-rainy season than during the rainy season (20.8 d). However, Mattoni *et al.* (19) and Lamothe-Zavaleta *et al.* (15) respectively reported oestrous cycles to be 1.3 and 2.1 d longer during the rainy season than during the dry period in zebu cattle. The observations recorded during the monitoring period show a significant ($P < 0.05$) influence of season on the number of cows in oestrous. Twenty-eight cows (34.6%) were detected in oestrous during the 3 hotter months of the dry season (January to March), and the rest (53/81 or 65.4%) were cyclic during the 2 cooler months of the rainy season (April and May).

From the historical data collected from the AI herd, it was noted that the majority of the cows were detected in oestrous during the rainy season, which runs from April to October. The monthly distribution of the oestrous observations is shown in figure 2.

Only 28.9% of the oestrous manifestations observed during the 9-year period were detected during the dry (November to March) and early rainy season (April and May), compared to 71.1% during the rest of the rainy season (June to October), when the average daily temperatures were lower. The low incidence of oestrous at the onset of the rainy season (April to May) could be related to a nutritional carry-over effect from the previous dry period. During these two months, the grass has just begun to grow and does not meet the requirements of the cows, whose body reserves were depleted during the long and harsh dry season. The seasonal peak occurrence of oestrous correlates well with the seasonal concentration of births that occurs 9 months later. These results confirm that oestrous manifestation in the Ngaoundere Gudali cows is more prominently expressed during the rainy season - probably due to the beneficial combination of availability of green and nutritious pastures, and of the mild ambient temperatures.

During the dry season in the Adamawa Highlands, the poor quality and low quantity of the vegetation limits the reproductive efficiency of Ngaoundere Gudali cows. Lhoste (16) reported losses in bodyweight of up to 20% in lactating Ngaoundere Gudali cows during this period. It could therefore be hypothesised that during the dry season, most cows are in a state of nutritionally-induced anoestrous associated with lactational anoestrus, as a majority of the dams calving during the rainy season are still nursing their calves during the following dry season. The current results agree with those of Rakha and Igboeli (24) who suggested that day length, along with other environmental factors such as temperature, rainfall and nutrition, are of overriding importance in the expression of oestrus. Although these findings are contrary to those of Zakari *et al.* (27) in Northern Nigeria where oestrous in indigenous cows seems to be manifested more frequently during the hotter months of the

year, they confirm reports stating that cows tend to express oestrus more prominently during the cooler hours of the day. The observation periods in this case (06:00-07:00 and 16:00-17:00) are relatively cooler, and it has been shown that tropical breeds tend to show oestrous during the cooler hours of the days (15, 18).

The mean duration of oestrous periods recorded varied between 5 and 13 h, with a mean of 9.8 ± 0.6 h, which is lower than the 10-20 h reported in the literature for tropical zebu cattle (8, 11, 15). An exception is the report of Johnson and Oni (13) in Nigeria showing an oestrous duration of 4 hours in Bunaji cattle in Nigeria. These differences could possibly be attributed to the different methods (duration and intervals) used for oestrous detection. In the present study, some of the cows may have been already in oestrous for some time before or after the observations were made. The actual onset and termination of the oestrous period could therefore have been missed and the low observation frequency could partially explain the shorter duration of the oestrous period recorded. As most of these observations were carried out during the rainy season, the effect of season on the duration of oestrous could not be determined. Zakari *et al.* (27) found mounting behaviour to be affected by season - it lasted longer in the rainy (4.7 hours) compared to the dry season (3.9 hours).

Conclusion

The mean length of the oestrous cycle in the Ngaoundere Gudali cows is 21.8 d. Season significant affects the length of oestrous cycle and the occurrence of oestrous in Ngaoundere Gudali cows. The cycles tended to be longer during the dry (24.1 d), compared to the rainy season (20.6 d). Most (65.4%) of the cycles detected occurred during the rainy season, with the majority concentrated in the period between July and October. The availability of nutritious (high protein) pastures during the rainy season seems to have a beneficial effect on the expression of the oestrous cycles. The mean duration of oestrous in Ngaoundere Gudali cows was recorded as 9.8 h, shorter than that reported in the literature for tropical zebu cattle, but this could be partially attributed to the low frequency of oestrous observation periods used in this study. More in-depth studies with a greater number of cows are deemed necessary for a better understanding of the oestrous cycle of local zebu cattle. Also, frequent blood sampling should be undertaken to qualify the pattern of circulating progesterone levels in these cows (both during the oestrous cycle and early pregnancy).

Acknowledgements

The authors wish to thank the General Manager of the Institute of Agricultural Research for Development for allowing that the results of this work be published. The role of P. Milon and Julienne of the French AFVP (Association Française des Volontaires du Progrès) is acknowledged. The help of Mrs J.-M. Kamdoun, J.A. Nguini, J. Mbakwa and E. Ngipdjo of the Wakwa Regional Centre is highly appreciated.

Literature

1. Abassa P.K., Mbah D.A., Zamba P., Tawah L.C., Messine O. & Oumate H., 1993, Factors which affect Gudali and Wakwa calf weights and weaning on the Adamawa Plateau, Cameroon. *Trop. Anim. Hlth Prod.* 25, 179-184.
2. Adeyemo O., Akpokodje U.U. & Odili P.I., 1979, Control of oestrus in *Bos indicus* and *Bos taurus* heifers with Prostaglandin $F_{2\alpha}$. *Theriogenology*, 12, 255-262.
3. Agyemang K., Little D.A., Bah M.L. & Dwinger R.H., 1991, Effects of postpartum body weight changes on subsequent performance in N'dama cattle maintained under traditional husbandry systems. *Anim. Reprod. Sci.* 26, 51-59.
4. Chicoteau P., Mamboue E., Cloe C. & Bassinga A., 1989, Oestrous behaviour of Baoule (*Bos taurus*) in Burkina Faso. *Anim. Reprod. Sci.* 21, 153-159.
5. Dawa O., 1988, An overview of animal production in the Adamawa Province. Working Document, Ministry of Livestock, Fisheries and Animal Husbandry, Provincial Delegation of Adamawa, Ngaoundere, Cameroon.
6. Dawuda P.M., Eduvie L.O., Esievo K.A.N. & Molokwu E.C.I., 1989, Silent oestrus manifestation in Nigerian Bunaji zebu cows. *Anim. Reprod. Sci.* 21, 79-85.

7. Dickerson G.E., 1970, Efficiency of Animal production – molding the biological components. *J. Anim. Sci.* 30, 849-859.
8. Dobson H. & Kamonpatana M., 1986, A review of female cattle reproduction with special reference to a comparison between buffaloes cows and zebu. *J. Reprod. Fertil.* 77, 1-36.
9. Dziuk P.J. & Bellows R.A., 1983, Management of reproduction of beef cattle, sheep and pigs. *J. Anim. Sci.* 57, 2, 355-379.
10. Ebangi A.L., 1999, Genetic improvement of beef cattle in a tropical environment with special reference to the Gudali and Wakwa breeds in Cameroon. Ph.D. thesis, University of the Free State, Bloemfontein, South Africa. 135 pp.
11. Galina C.S. & Arthur G.H., 1990, Review of cattle reproduction in the tropics. 4. Oestrus cycles. *Anim. Breed Abst.* 58, 697-707.
12. IRZ/GTZ, 1989, Livestock Farming Systems in Adamawa. Research Report N° 1. Institut de Recherches Zootechniques/Gesellschaft für Technische Zusammenfassung, Wakwa, Ngaoundere, Cameroun.
13. Johnson H. & Gambo J., 1979, Oestrus behaviour in Bunaji (White Fulani) heifers. *J. Agric. Sci., Cambridge*, 92, 689-694.
14. Johnson H. & Oni O.O., 1986, Oestrus detection by mounts received in Friesian x Bunaji heifers. *J. Agric. Sci., Cambridge*, 107, 67-69.
15. Lamotte-Zavaleta C., Frederiksson G. & Kindall H., 1991, Reproductive performance of zebu cattle in Mexico. 1. Sexual behaviour and seasonal influence on oestrous cyclicity. *Theriogenology*, 36, 6, 887-896.
16. Lhoste P., 1967, Seasonal behaviour of Zebu cattle in Adamawa, Cameroon. I. Study of adult females, comparison of the indigenous breed with Brahman ½ crosses. *Revue Elev. Méd. Vét. Pays trop.* 37, 2, 212-224.
17. Lhoste P., 1969, Cattle breeds of Adamawa, Cameroon. *Actes du Colloque sur l'élevage, Fort-Lamy, Tchad*. Pp. 519-533.
18. Mattoni M., Mukasa-Mugerwa E., Cecchini G. & Sovani S., 1988, The reproductive performance of East African (*Bos indicus*) Zebu cattle in Ethiopia. I. Oestrous cycle length, duration, behaviour and ovulation time. *Theriogenology*, 30, 961-971.
19. Mbah D.A., Mbanya J. & Messine O., 1987, Performance of Holsteins, Jerseys and their zebu crosses in Cameroon, Preliminary studies. *Sci. Tech. Rev., Agron. and Anim. Sci. Series*, 3, 2, 115-126.
20. Oyedipe E.O., Voh (Jr) A.A., Marire B.N. & Pathiraja N., 1986, Plasma progesterone concentrations during the oestrous cycle and following fertile and non-fertile inseminations of zebu heifers. *Br. Vet. J.* 142, 41-46.
21. Pamo E.T. & Yonkeu S., 1987, A study on the trends of some climatic parameters within the pastoral environment of Wakwa, Adamawa, Cameroon. *Sci. Tech. Rev., Agron. and Anim. Sci. Series*, 2, 19-33.
22. Piot J. & Rippstein G., 1975, Major herbaceous species of some rangelands in Adamawa, Cameroon. Ecology and dynamics of different exploitation rates. *Revue Elev. Méd. Vét. Pays trop.* 28, 427-434.
23. Plasse D., Warnick A.C. & Koger M., 1970, Reproductive behaviour of *Bos indicus* females in a subtropical environment. IV. Length of oestrous cycle, duration of oestrus, time of ovulation, fertilisation and embryo survival in grade Brahman heifers. *J. Anim. Sci.* 30, 63-72.
24. Rakha A.M. & Igboeli G., 1971, Effects of nutrition, season and age on the oestrous cycle of indigenous Central African cattle. *J. Anim. Sci.* 32, 943-945.
25. S.A.S., 1991, SAS/STAT guide for personal computers, version 6.03 edition. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
26. Tawah C.L., Mbah D.A., Rege J.E.O. & Oumate H., 1993, Genetic evaluation of birth and weaning weight of Gudali and two-breed synthetic Wakwa beef cattle populations under selection in Cameroon, Genetic and phenotypic parameters. *Anim. Prod.* 57, 73-79.
27. Zakari A.Y., Molokwu E.C.I. & Osori D.I.K., 1981, Effect of season on the oestrous cycle of cows (*Bos indicus*) indigenous to northern Nigeria. *Vet. Rec.* 109, 213-215.

O. Messine, Cameroonian, PhD, Institute of Agricultural Research for Development, Regional Centre of Wakwa, P.O. Box 65, Ngaoundere, Cameroon.

J.P.C. Greyling, South African, PhD (Animal Physiology), Head of Department of Animal, Wildlife and Grassland Sciences, University of the Free State, P.O. Box 339, Bloemfontein 9300, South Africa.

L.J.M. Schwalbach, Mozambican, MSc (Agr.), Department of Animal, Wildlife and Grassland Sciences, University of the Free State, P.O. Box 339, Bloemfontein 9300, South Africa.

D.A. Mbah, Cameroonian, PhD (Genetics), Ministry of Scientific Research and Innovation, P.O. Box 1457, Yaounde, Cameroon.

G.S. Bah, Cameroonian, D.V.M., M.V.Sc. "Theriogenology", Institute of Agricultural Research for Development, Regional Centre of Wakwa, P.O. Box 65, Ngaoundere, Cameroon.

Poids de l'œuf de la pintade locale (*Numida meleagris*) dans la région centrale du Burkina Faso: rapports avec les variables de l'incubation artificielle et la production des pintadeaux

R. Sanfo^{1*}, H.H. Boly², L. Sawadogo³ & B. Ogle⁴

Keywords: Artificial incubation- Egg weight- Local guinea fowl- Burkina Faso

Résumé

Les rapports entre le poids de l'œuf de la pintade locale (*Numida meleagris*) et les paramètres de la production de pintadeaux ont été étudiés dans la région centrale du Burkina Faso. Les œufs ($n = 2.500$) de la pintade locale sont classés par intervalle de 5 g en cinq catégories de poids allant de 25 g à 50 g. Le taux moyen de fertilité est de 84,4% et varie avec le poids de l'œuf. Le taux de mortalité embryonnaire moyen est de 17,3% et les taux de 11,2% et de 6,1% ont été relevés respectivement entre le 1^{er} et le 24^{ème} jour puis entre le 25^{ème} et le 31^{ème} jour après la mise en incubation. Le taux réel d'éclosion est significativement ($p < 0,05$) corrélé ($r = 0,85$) au poids de l'œuf. Le poids moyen du pintadeau d'un jour est de $25,2 \pm 1,9$ g et est significativement ($p < 0,05$) corrélé ($r = 0,96$) au poids de l'œuf. Cette relation positive est aussi observée entre le poids de l'œuf et la cinétique de croissance du pintadeau ($r = 0,97$). Le poids du pintadeau à un jour d'âge (y) est estimé par celui de l'œuf (x) avec l'équation de régression $y(g) = 0,4461 x g + 5,3867$ ($r^2 = 0,72$). Le taux moyen de mortalité des pintadeaux est de 16,5% et baisse quand le poids de l'œuf augmente. Cette moyenne est fortement influencée par le taux de mortalité de 46,4% relevé dans la catégorie de poids des œufs de 25 à 30 g.

Summary

Local Guinea Fowl's (*Numida meleagris*) Eggs Weight in the Central Area of Burkina Faso: Relationship with Artificial Incubation Variables and Keets Production

The relationships between the local guinea fowl's (*Numida meleagris*) egg weight and keets' production parameters in the central region of Burkina Faso are studied. The local guinea fowl's eggs ($n = 2500$) are distributed, per interval of 5 g, in five categories of weight going from 25 g to 50 g. The fertility average rate is 84.4% and varies with the egg weight. The embryonic death rate average is 17.3% and 11.2% with 6.1% are noticed respectively the 1st and the 24th day and between the 25th and the 31st day of incubation. The real hatchery rate is significantly ($p < 0.05$) correlated ($r = 0.85$) to the egg weight. The one-day keets weight average is about 25.2 ± 1.9 g and is significantly ($p < 0.05$) correlated ($r = 0.96$) to egg weight. This positive relation is always observed between the egg weight and the kinetics of the keets growth ($r = 0.97$). The one day keets weight (y) is estimated by that of the egg (x) by the regression equation $y(g) = 0.4461 x g + 5.3867$ ($r^2 = 0.72$). The mortality average rate of keets is 16.5% and drops when the egg weight increases. This average is strongly influenced by the death rate (46.4%) recorded in the category of eggs weight from 25 g to 30 g.

Introduction

L'œuf de la pintade locale (*Numida meleagris*) fait l'objet de divers types d'exploitation au Burkina Faso: dons, autoconsommation, commercialisation et reconstitution des effectifs du cheptel (1, 3, 26). La reconstitution des effectifs vient au premier rang des priorités (3) et porte sur 26,0% du total de la production des œufs (26). Cette reconstitution est opérée par des incubations naturelles qui sont réalisées dans 48,7% des cas par des poules reproductrices généralement retenues parmi les meilleures (25). Ces incubations naturelles présentent des limites d'exploitation car les poules engagées dans le processus de couvain connaissent une limitation du temps d'alimentation avec arrêt de ponte et baisse de poids. Elles présentent en outre l'inconvénient majeur de donner un nombre réduit de pintadeaux (27).

L'incubation artificielle pourrait favoriser la production d'un nombre plus élevé de pintadeaux et permettre ainsi une gestion plus efficiente du cheptel. Elle représente donc une solution dont il convient de mesurer les aspects techniques liés à l'œuf et ses interrelations avec le pintadeau. A ce titre, le poids de l'œuf est un critère fondamental (1, 9, 10, 17, 18) et la méconnaissance de ses effets sur les variables de l'incubation et les critères d'intérêt économique de la production des pintadeaux constitue une grande lacune au développement de l'élevage de la pintade.

La présente étude se propose de déterminer la relation entre le poids de l'œuf et (i)- les variables de l'incubation artificielle, (ii)- la croissance et la viabilité du pintadeau.

Matériel et méthodes

L'étude a été conduite dans le Centre de Recherches et de Formation Agricole (CRFA) de Gampéla, à une vingtaine de kilomètres à l'est de Ouagadougou sur l'axe Ouagadougou Fadan'Gourma. Ce centre est dans la zone nord-soudanienne du Burkina Faso.

Le matériel biologique était constitué de 2.500 œufs de pintades locales, répartis en 5 catégories de poids d'un intervalle de 5 g. Ils ont été identifiés par des numéros, classés selon leur appartenance à la catégorie, puis mis à incuber. Un incubateur, muni d'un système de retournement automatique, et un éclosoir, tous de marque Maino Enrico et de type 2-500 FH, ont été utilisés pour l'incubation. La capacité de chaque appareil était de 2.500 œufs. Une température de 38,2 °C et une humidité relative de 60% ont été observées dans l'incubateur. Dans l'éclosoir, ces valeurs ont été amenées à 37,8 °C pour la température et à 80% pour l'humidité relative (6, 7). Les mirages ont été effectués au 9^{ème} et au 24^{ème} jour (6, 7, 10) à l'aide d'une mireuse de marque ORBAN. Ces mirages ont permis de déterminer respectivement le taux d'œufs clairs et le taux de mortalité embryonnaire. Les mortalités embryonnaires ont été relevées au 24^{ème} jour par le second mirage et au 31^{ème} jour par l'observation du contenu des œufs non éclos, la durée admise pour l'incubation étant de 27 jours (6). Le suivi pondéral a porté sur 150 pintadeaux composant 5 lots de 30 et constitués suivant l'appartenance à la catégorie du poids de l'œuf. Chaque lot a été subdivisé en 2 répétitions

¹INERA/Kamboinsé, 01 Ouagadougou 01, Département Productions Animales, Burkina Faso. Tel: (226) 50 - 31 - 92 -29, e-mail: r_sanfo@yahoo.fr

²Institut National de l'Environnement et des Recherches Agricoles, PO Box 8645, Ouagadougou, Burkina Faso.

³Université de Ouagadougou , PO Box 7021, Burkina Faso.

⁴Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Animal Nutrition and Management, PO Box 7024, S-750 07, Uppsala, Sweden.

Reçu le 19.10.05 et accepté pour publication le 18.04.06.

de 15 pintadeaux préalablement identifiés à l'aide de boucles alaires. Le suivi des mortalités a été opéré selon la catégorie du poids de l'œuf et a porté sur l'ensemble des pintadeaux. Les suivis ont porté sur la période de 0 à 8 semaines. Les aliments, de type industriel, ont été apportés dans des mangeoires siphonées. L'eau de boisson était fournie avec du saccharose dissout au taux de 2,6%. Les pintadeaux ont été gardés dans une éleveuse de type ATTESTA maintenue à une température avoisinant 37 °C. Des lampes-tempête ont servi de sources de chaleur. Les différentes variables ont été calculées selon les formules appliquées par Ayorinde (6):

- Oeufs clairs (%)= nombre des œufs clairs / nombre total des œufs mis à incuber;
- Oeufs fertiles (%)= nombre d'œufs fertiles / nombre total d'œufs mis à incuber;
- Mortalité embryonnaire (%)= nombre d'embryons morts/ nombre d'œufs fertiles;
- Taux apparent d'éclosion (%)= nombre d'œufs éclos/ nombre total d'œufs mis à incuber;
- Taux réel d'éclosion (%)= nombre d'œufs éclos/ nombre total d'œufs fertiles.

Les mesures pondérales des œufs et des pintadeaux de 0 à 4 semaines ont été réalisées à l'aide d'une balance électronique AND, portée 180 g et sensibilité 0,1 mg. Au-delà des 4 semaines, les pesées des pintadeaux ont été poursuivies à l'aide d'une balance électronique de marque EKS avec une portée de 5 kg et une sensibilité de 5 g. Les pesées étaient opérées une fois toutes les deux semaines. Les données recueillies ont été soumises à une analyse de variance selon la procédure ANOVA du logiciel StatView, version 2005. La comparaison des moyennes a été faite par le test t de Student au seuil de signification de 5%. Le niveau de signification des coefficients de corrélation a été déterminé par le test Z au seuil de 5%.

Résultats

1. Poids des œufs incubés

Cinq catégories de poids sont relevées. Les catégories de

35 à 40 g et de 40 à 45 g sont les plus importantes au plan numérique avec les taux de représentation respectifs de 49,8% et de 25,7%. Celles-ci sont suivies respectivement des catégories de 30 à 35 g (12,7%), de 25 à 30 g (6,7%) et de 45 à 50 g (5,1)%. Dans le tableau 1 sont inscrites les moyennes pondérales des œufs selon les catégories.

La moyenne pondérale des œufs incubés est de $37,6 \pm 1,3$ g. Le pourcentage des œufs différent significativement d'une catégorie à l'autre au seuil de 5%.

2. Poids de l'œuf et taux de fertilité

Le tableau 2 présente les taux d'œufs clairs et les taux d'œufs fertiles selon la catégorie du poids de l'œuf. Le taux moyen d'œufs fertiles est de 84,4% pour l'ensemble des catégories. Ce taux marque une tendance à la hausse avec la catégorie du poids de l'œuf.

3. Poids de l'œuf et taux de mortalité embryonnaire

Les taux de mortalités embryonnaires selon la catégorie du poids de l'œuf sont donnés dans le tableau 3. La moyenne des taux de mortalités embryonnaires est de 17,3% avec 11,2% entre le 1^{er} et le 24^{ème} jour et 6,1% entre le 25^{ème} et 31^{ème} jour. Le taux de mortalité embryonnaire décroît quand le poids de l'œuf augmente.

4. Poids de l'œuf et taux d'éclosion

Dans le tableau 4 sont donnés les taux d'éclosion selon la catégorie du poids de l'œuf.

Les éclosions se sont déroulées du 26^{ème} au 28^{ème} jour, soit dans une plage de 3 jours. Le maximum des éclosions (80,7%) a été relevé au 27^{ème} jour. Le taux apparent d'éclosion, qui exprime le rapport entre le nombre de pintadeaux nés sur le nombre total d'œufs mis à incuber, est de 65,7% pour l'ensemble des catégories. Le taux réel d'éclosion qui indique le rapport entre le nombre de pintadeaux éclos et le nombre des œufs fertiles est de 82,7%. Les taux d'éclosion augmentent sensiblement avec la catégorie du poids de l'œuf. Le coefficient de corrélation ($r=0,85$) liant le taux d'éclosion à la catégorie du poids de l'œuf est significatif au seuil de 5%.

Tableau 1
Nombre et poids moyens des œufs mis à incuber selon la catégorie

Catégorie (g)	25 - 30	30 - 35	35 - 40	40 - 45	45 - 50	25 - 50
Nombre	168	318	1245	642	127	2.500
Oeuf %	6,7	12,7	49,8	25,7	5,1	100
Poids (g)	$28,7^a \pm 1,1$	$33,2^b \pm 1,4$	$37,7^c \pm 1,5$	$42,2^d \pm 1,4$	$46,1^e \pm 0,9$	$37,6 \pm 1,3$

Les limites supérieures de poids dans chaque intervalle ne sont pas prises en compte dans la catégorie.

Les nombres portant des lettres différentes en exposant diffèrent significativement au seuil de 5%.

Tableau 2
Taux d'œufs clairs et taux d'œufs fertiles selon la catégorie de poids

Catégorie de poids (g)	25 - 30	30 - 35	35 - 40	40 - 45	45 - 50	25 - 50
Clairs (%)	37,5	12,7	11,4	8,9	7,5	15,6
Fertiles (%)	62,5	87,3	88,6	91,1	92,5	84,4

Tableau 3
Mortalités embryonnaires suivant les intervalles de durée d'incubation et selon la catégorie de poids de l'œuf

Catégorie de poids (g)	25 - 30	30 - 35	35 - 40	40 - 45	45 - 50	25 - 50
Mortalité embryonnaire (%)						
1 ^{er} - 24 ^{ème} jour	27,5	11,9	7,9	5,0	3,7	11,2
25 ^{ème} - 31 ^{ème} jour	18,4	2,4	4,6	4,3	0,9	6,12
Total	45,9	14,3	12,5	9,3	4,6	17,3

Tableau 4
Taux apparent et taux réel d'éclosion selon la catégorie du poids de l'œuf

Catégorie de poids (g)	25 - 30	30 - 35	35 - 40	40 - 45	45 - 50	25 - 50
Taux d'éclosion (%)						
Apparent	33,8	71,5	70,3	76,3	76,7	65,7
Réel	54,1	85,7	87,5	90,7	95,4	82,7

5. Poids de l'œuf et poids du pintadeau à l'éclosion

Le poids vif moyen du pintadeau à l'éclosion, par catégorie du poids de l'œuf, est donné dans le tableau 5. Ce poids croît significativement ($p < 0,05$) avec le poids de l'œuf et présente une moyenne de $25,2 \pm 1,9$ g pour l'ensemble des catégories. Le coefficient de corrélation ($r = 0,96$) qui lie le poids du pintadeau d'un jour (y) à celui de l'œuf (x) est significatif au seuil de 5% et répond à l'équation de régression $y = 0,4461x + 5,3867$ ($r^2 = 0,72$).

6. Poids de l'œuf et poids du pintadeau à âges types

Dans le tableau 6 sont répertoriés les poids moyens des pintadeaux à âges types selon la catégorie du poids de l'œuf dont ils sont issus.

Tout comme à l'éclosion, le poids vif moyen du pintadeau à âges types est significativement ($p < 0,05$) influencé par la catégorie du poids de l'œuf. Ce poids reste plus élevé chez les pintadeaux issus des œufs lourds. Le poids vif moyen du pintadeau pour l'ensemble des catégories à 2 semaines d'âge est de $46,7 \pm 6,9$ g. Celui-ci passe à $76,6 \pm 10,0$ g à 4 semaines, à $118,8 \pm 14,0$ g à 6 semaines puis à $178,7 \pm 21,6$ g à 8 semaines. Les coefficients de corrélation entre le poids vif moyen du pintadeau et celui de l'œuf restent significatifs ($p < 0,05$) quel que soit l'âge type. Ils sont de 0,84 à 2 semaines d'âge; de 0,94 à 4 semaines; de 0,95 à 6 semaines et de 0,93 à 8 semaines.

De la 2^{ème} à la 8^{ème} semaine d'âge, le poids du pintadeau est multiplié par un coefficient qui croît avec son poids initial. Les valeurs de 4,5 et de 3,7 sont notées pour les catégories de 45 à 50 g et de 40 à 45 g respectivement. Ce coefficient, de 3,6 pour la catégorie de 35 à 40 g, baisse à 3,2 pour la catégorie de 30 à 35 g et à 2,2 pour la catégorie de 25 à 30 g.

7. Poids de l'œuf et cinétique de croissance pondérale du pintadeau

Les gains moyens quotidiens (GMQ) des pintadeaux selon la catégorie du poids de l'œuf sont inscrits dans le tableau 7.

La cinétique de croissance pondérale évolue significativement ($p < 0,05$) avec la catégorie du poids de l'œuf. Le coefficient de corrélation ($r = 0,97$) lie la catégorie du poids de l'œuf à celui de la vitesse de croissance. Cette vitesse est plus élevée chez les pintadeaux issus des gros œufs. Le GMQ moyen, de l'éclosion à 8 semaines d'âge, est de $4,3 \pm 1,1$ g pour l'ensemble des pintadeaux. Tous les lots présentent une évolution régulière des GMQ.

8. Poids de l'œuf et mortalité des pintadeaux

Les taux de mortalité des pintadeaux selon la catégorie du poids de l'œuf sont donnés dans le tableau 8.

Le taux moyen de mortalité enregistré de l'éclosion à 8 semaines présente une tendance à la baisse quand le poids de l'œuf augmente. Il est en moyenne de 16,5% pour l'ensemble des catégories. Cette moyenne est fortement influencée par le taux de mortalité (46,4%) des pintadeaux éclos dans la catégorie des œufs de 25 à 30 g. A l'exclusion du taux de cette catégorie, la moyenne est ramenée à 9,1%.

Les mortalités relevées ont été essentiellement de caractère nocturne et sans signe clinique perceptible au préalable.

Discussion

Le taux moyen de fertilité relevé dans notre étude est compris dans les intervalles de 70% à 90% (2) et de 20,66% à 88,24% (11). Ce taux est supérieur au taux de 44,7% (5) et de 49,14% (6) relevés au Nigeria. Le niveau élevé du taux moyen de fertilité des œufs dans cette étude laisse penser que ce paramètre ne constitue pas une contrainte majeure à la production des pintades au centre du Burkina Faso, contrairement à ce que

Tableau 5
Poids moyens des œufs éclos et des pintadeaux à un jour d'âge selon la catégorie du poids de l'œuf

Catégorie de poids		25 - 30	30 - 35	35 - 40	40 - 45	45 - 50	25 - 50
Poids Moyen* (g)	Oeuf	27,9 ^a ± 0,7	33,1 ^b ± 0,5	38,0 ^c ± 0,7	43,1 ^d ± 0,4	47,3 ^e ± 1,1	37,9 ± 0,7
	Pintadeau	19,6 ^a ± 1,6	22,7 ^b ± 2,5	25,2 ^c ± 1,2	28,1 ^d ± 3,0	30,6 ^e ± 1,3	25,2 ± 1,9

Les nombres portant des lettres différentes en exposant différent significativement au seuil de 5%.

Tableau 6
Poids du pintadeau à âges types selon la catégorie du poids de l'œuf

Âges (semaines)	25 - 30	30 - 35	35 - 40	40 - 45	45 - 50	25 - 50
2	21,8 ± 1,8	31,8 ^a ± 3,7	42,8 ^b ± 7,7	52,1 ^c ± 7,2	59,9 ^d ± 8,9	41,7 ± 5,7
4	28,4 ± 5,7	47,1 ^a ± 9,1	65,6 ^b ± 8,8	82,2 ^c ± 9,4	111,6 ^d ± 12,6	67,0 ± 9,1
6	34,7 ± 7,8	66,0 ^a ± 12,6	99,3 ^b ± 13,8	128,3 ^c ± 14,1	181,4 ^d ± 15,3	101,9 ± 12,7
8	47,5 ± 15,2	100,7 ^a ± 17,3	152,1 ^b ± 16,3	190,2 ^c ± 22,6	271,8 ^d ± 30,2	152,5 ± 20,3

Les nombres portant des lettres différentes en exposant différent significativement au seuil de 5%.

Tableau 7
GMQ (g) des pintadeaux par intervalle d'âge et selon les catégories de poids de l'œuf

Age (semaines)	25 - 30	30 - 35	35 - 40	40 - 45	45 - 50	25 - 50
0 - 2	0,4 ^a ± 0,0	0,6 ^a ± 0,2	1,3 ^b ± 0,5	1,7 ^b ± 0,5	2,1 ^c ± 0,6	1,2 ± 0,4
2 - 4	0,7 ^a ± 0,2	1,1 ^b ± 0,4	1,6 ^b ± 0,3	2,1 ^b ± 0,4	3,7 ^c ± 0,5	1,8 ± 0,4
4 - 6	1,1 ^a ± 0,3	1,3 ^a ± 0,5	2,4 ^b ± 0,5	3,3 ^c ± 0,6	5,0 ^d ± 1,1	2,7 ± 0,6
6 - 8	1,7 ^a ± 0,4	2,5 ^b ± 0,8	3,8 ^c ± 0,8	4,4 ^d ± 1,2	6,5 ^e ± 2,1	3,8 ± 1,1

Les nombres portant des lettres différentes en exposant différent significativement au seuil de 5%.

Tableau 8
Taux de mortalité des pintadeaux de 0 à 8 semaines d'âge suivant la catégorie du poids de l'œuf

Catégorie de poids de l'œuf	25 - 30	30 - 35	35 - 40	40 - 45	45 - 50	25 - 50
Taux de mortalité (%)	46,4	17,9	7,6	5,1	5,7	16,5

notent Offiong et Abed (22) en 1980 et Ayorinde et Ayeni (5) en 1986 au Nigeria. Ce constat est donc encourageant pour l'amélioration de l'élevage de la pintade dans cette partie du pays.

Les mortalités embryonnaires seraient les conséquences de la perte en eau des œufs. Ces pertes perturbent leur équilibre physiologique et partant, celui de l'embryon (30). Ces mortalités grèvent sévèrement les taux d'éclosion et constituent de ce fait une contrainte majeure à l'amélioration de la productivité de la pintade.

Les résultats des travaux confirment le succès de l'incubation artificielle des œufs de la pintade locale notée par Ayorinde (10) qui spécifie par ailleurs que cette opération peut s'effectuer tant avec les incubateurs commerciaux standard qu'avec ceux de fabrication locale utilisant le pétrole comme source de chaleur.

Le taux moyen réel d'éclosion relevé dans cette étude est comparable à ceux de 80,9% (32) et de 81,0% (5). Il est supérieur à celui du Nigeria qui est de 77,45% (6) et à celui du Mali Central avec la valeur de 44% (20). Il est toutefois inférieur à celui de 95% cité par Diabaté (16) pour le cas du Burkina Faso. Les faibles taux d'éclosion enregistrés pour la catégorie des œufs de moins de 30 g sont en accord avec les conclusions de plusieurs auteurs (1, 6, 9, 24), qui ont en effet noté que les œufs inférieurs à 30 g présentent un faible taux d'éclosion. Au regard de ces résultats, il serait plus indiqué de n'introduire en incubation, naturelle ou artificielle, que les œufs de 30 g et plus. En effet, dans les spécifications de la sélection de l'œuf, Abga (1) et Ayorinde (9) notent que ceux de moins de 30 g doivent être éliminés pour espérer un bon taux d'éclosion. Cette spécification est reprise par Ayorinde (10) pour le cas du Nigeria.

Agaba (1) et Tom (31) relèvent que le taux d'éclosion des gros œufs est faible. Cette observation n'a pas été vérifiée dans le cadre de cette étude, ce qui laisse présager de la possibilité de l'amélioration de la production de la pintade locale par la sélection de l'œuf.

La teneur plus grande en réserves nutritives des gros œufs pourrait expliquer le poids plus élevé de leurs pintadeaux à un jour d'âge. L'œuf est constitué en effet d'une structure de protection, la coquille, et de réserves nutritives, le jaune et le blanc (28). Cette corrélation positive entre le poids de l'œuf et celui du pintadeau à un jour d'âge est un indicateur favorable à l'amélioration génétique de la productivité pondérale qui exprime le poids des pintadeaux produits par femelle par an. Cette amélioration pourrait être opérée à travers la sélection de l'œuf sur la base de son poids. Cette hypothèse est confortée par l'héritabilité de 20% à 60% qui lie ces deux variables (28). Le poids moyen du pintadeau obtenu dans cette étude est comparable à celui de 26 g (29).

L'effet significatif de la catégorie du poids de l'œuf sur le poids du pintadeau à âges types est conforme aux travaux d'Ayorinde (10). Il confirme l'importance du poids de l'œuf dans l'amélioration de la productivité pondérale de la pintade, et de ce fait, la possibilité de l'utilisation du critère poids de l'œuf dans des opérations génétiques de sélection. De même, la corrélation positive entre la vitesse et le taux de croissance du pintadeau avec le poids de l'œuf conforte davantage la validité de cette assertion. Toutefois pour minimiser l'effet de l'âge sur le poids des œufs, ceux-ci devraient être collectés à partir de pondeuses d'un âge homogène (17).

Parallèlement à la sélection de l'œuf, celle de la pintade sur pied peut être opérée également. Ayorinde (8) note que ce type de sélection a un taux d'héritabilité de 35% à 44% et conclut qu'il peut contribuer à l'amélioration du potentiel génétique de la pintade locale. Il souligne de même que cette héritabilité est relativement élevée à 18 semaines d'âge.

La sélection pour la production de viande est d'autant plus

justifiée que la chair de la pintade est mieux appréciée que celle des poules domestiques à cause de sa saveur similaire à celle de la viande sauvage (8). Cette viande possède également un niveau plus élevé en acides aminés essentiels selon Capa et Casati (14).

La mortalité des pintadeaux est la contrainte majeure de la mélagriculture au Burkina Faso. Les taux de 63% à 89% sont cités par Bessin *et al.* (12). Ceux de 22% et de 100%, respectivement en milieu contrôlé et en milieu réel, sont relatés par Hien *et al.* (19). L'importance de la mortalité (60%) des pintadeaux est de même relevée par Nwagu et Alawa (21) pour le cas du Nigeria. Le taux de mortalité enregistré dans cette étude est nettement inférieur à ceux notés par les auteurs sus-cités.

La différence des taux de mortalité avec ceux rapportés par les autres auteurs pourrait être due aux conditions de conduite des pintadeaux avec apport en sucre, doublé du maintien de la température de l'éleveuse aux alentours de 35 °C dans le cadre de cette étude. A ces dispositions pourraient aussi s'ajouter celles prises pour éviter les bains accidentels. Cette analyse, conforme à celle de Okaeme (23), souligne que le froid est la principale cause de la mortalité des pintadeaux. Elle est de même soutenue par le fait que les bains, principalement lors du froid, sont souvent fatals aux pintadeaux. A cette situation s'ajoute l'inaptitude à la thermorégulation (4) et le caractère frileux des pintadeaux (1, 15). Parlant de température, Okaeme (23) recommande 37 °C, (13) celles de 36 °C à 40 °C, avec une baisse à 32,2 °C après 3 semaines, dans les éleveuses.

Au regard de ces résultats, des études sur l'effet réel du sucre en alimentation et le réchauffement de l'éleveuse sur la mortalité des pintadeaux devraient être conduites. Des graviers propres pourraient être placés dans les abreuvoirs en guise de support pour minimiser les risques de bains accidentels.

La baisse du taux de mortalité du pintadeau lorsque le poids de l'œuf augmente ouvre en outre une voie optimiste à la lutte contre cette mortalité par la sélection de l'œuf sur la base de son poids. Cette baisse pourrait s'expliquer par la vigueur plus grande des pintadeaux issus des œufs lourds, ceux-ci comportant plus de réserves nutritives à la disposition du fœtus (28).

Une des réputations majeures de la pintade locale adulte est sa résistance à plusieurs maladies communes, notamment à la maladie de Newcastle, qui affectent les diverses espèces avicoles (11). Ce caractère apparaît favorable à la lutte contre la mortalité de cette espèce, l'accent de la protection ne devant porter essentiellement qu'à son jeune âge. Ayorinde (8) rapporte que la mortalité est élevée durant les six premières semaines quel que soit le groupe génétique de la pintade.

Cette lutte contre la mortalité peut être appuyée par la sélection sur la base de la variété. Le Burkina Faso comporte quatre variétés de pintades (la noire, la lilas, la blanche, la perlée) selon Sanfo (26), et Ayorinde (11) a relevé en 1984 que la mortalité était significativement affectée par ce paramètre. La blanche enregistre le plus faible taux (5,65%) suivie de la noire (9,11%). Les taux de 11,44% et de 12,62% sont enregistrés respectivement chez la lilas et la perlée.

Conclusion

Le critère poids de l'œuf est positivement corrélé aux traits d'intérêts économiques (taux de fertilité et d'éclosion des œufs, taux de survie et vitesse de croissance pondérale des pintadeaux) de la production des pintades. Au regard de cet état de fait, le plan de gestion des œufs de la pintade locale au centre du Burkina Faso peut être proposé comme suit: les œufs de moins de 30 g seront préférentiellement destinés à la consommation. L'utilisation des œufs pour la reconstitution des effectifs par l'incubation pourrait porter sur ceux de 30 g et plus. Toutefois, dans l'optique d'obtenir

de meilleurs résultats, le tri pourrait s'opérer à partir des œufs de 35 g. L'amélioration de la productivité pondérale de la pintade locale par la sélection de l'œuf prendrait en compte au minimum ceux de 40 g. Dans l'optique toutefois d'obtenir de meilleurs gains génétiques, la pression de sélection pourrait être améliorée en ne considérant que les œufs de poids supérieur ou égal à 45 g. La prise en compte, entre autres critères, du poids de l'œuf de la pintade locale dans les opérations d'incubation serait donc une voie

favorable à l'amélioration du poids vif et de la productivité numérique, nombre de sujets adultes par femelle par an, de ladite espèce. L'ajout du saccharose dans l'eau de boisson et la tenue de la température de l'éleveuse aux alentours de 37 °C pourraient contribuer, en plus des efforts développés pour réduire la mortalité des pintadeaux, à atteindre ces objectifs. Les effets de ces facteurs devraient toutefois être analysés dans des études ultérieures.

Références bibliographiques

1. Abga A., 1989, Production des pintadeaux par le service provincial d'élevage (SPE). Mémoire d'ingénieur des techniques du développement rural. Ouagadougou Burkina Faso. 47 p.
 2. Anonyme, 1996, Quelques notions sur l'élevage de la pintade. Programme de Développement des Animaux Villageois. Ministère des Ressources Animales. Ouagadougou. Burkina Faso. 26 p.
 3. Anonyme, 2003, Ministère des Ressources Animales. Méléagriculture au Burkina Faso: diagnostic et axes d'amélioration. Secrétariat Général. Burkina Faso. 46 p.
 4. Anonyme, 2004, Ministère des Ressources Animales. Deuxième enquête nationale sur les effectifs du cheptel. Burkina Faso. Ministère des Ressources Animales. Ouagadougou. 77 p.
 5. Ayorinde K.L. & Ayeni J.S.O., 1986, The reproductive performance of indigenous and exotic varieties of the guinea fowl (*Numida meleagris*) during different seasons in Nigeria. J. Anim. Prod. Res. **6**, 2, 127-140.
 6. Ayorinde K.L., 1987, Effect of holding room, storage position and duration on hatchability of guinea fowl eggs. Tropical Agriculture. **64**, 3, 188-192.
 7. Ayorinde K.L., 1989, Effects of semen dosage and insemination frequency on the fertility of local pearl guinea fowl in Nigeria. Trop. Agric. (Trinidad), **66**, 2, 135-136.
 8. Ayorinde K.L., 1991, Guinea fowl (*Numida meleagris*) as protein supplement in Nigeria. World's Poultry Science Journal, Vol. **47**, 1, 21-26.
 9. Ayorinde K.L., 1999, Guinea fowl production system in Africa: a review. An FAO Commissioned Report.
 10. Ayorinde K.L., 2004, The spice of life. The seventy-first inaugural lecture. University of Ilorin. Ilorin. Nigeria. 60 p.
 11. Ayorinde K.L. & Okaeme A.N., 1984, All year guinea fowl-how feasible? African Farming and Food Processing. March/April, 21-22.
 12. Bessin R., Belem A.M.G., Boussini H., Compaoré Z., Kaboret Y. & Dembele M.A., 1998, Enquête sur les causes de mortalité des pintadeaux au Burkina Faso. Revue Ele. Méd. Vét. Pays trop. **51**, 1, 87-93.
 13. Blum J.C., Guillaume J. & Leclercq B., 1975, Studies of the energy and protein requirement of the guinea fowl. British Poultry Science, **16**, 157-168.
 14. Capa V. & Casati M., 1978, Experiments on growing guinea fowl: amino acid requirement and amino acid composition of carcass. Avicultura, **47**, 21-29.
 15. Casting J., 1979, Aviculture et petits élevages. Edition J.-B Baillière. 313 p.
 16. Diabaté H., 1981, Elevage traditionnel de la pintade en Haute-Volta. Mémoire. ISP, Université de Ouagadougou. Burkina Faso. 109 p.
 17. Gendron M. & Blentz G., 1970, La qualité de l'œuf de consommation. Supplément aux nouvelles de l'aviculture. N° 125. Paris 8^{ème}. France. 28 p.
 18. Guémené D., Kansaku N. & Zadworny D., 2001, L'expression du comportement d'incubation chez la dinde et sa maîtrise en élevage. INRA Prod. Anim. **14**, 147-160.
 19. Hien O.C., Boly H., Diarra B. & Sawadogo L., 2000, Influence du mode d'élevage sur la mortalité et la croissance des pintades en saison hivernale dans la zone sub-humide du Burkina Faso. Bull. Anim. Hlth. Prod. Afr. **48**, 236-245.
 20. Kuit H.G., Traoré A. & Wilson R.T., 1986, Livestock production in Central Mali: ownership, management and productivity of poultry in traditional sector. Trop. Anim. Hlth Prod. **18**, 222-231.
 21. Nwagu B.I. & Alawa C.B.I., 1995, Guinea fowl production in Nigeria. World's Poultry Science Journal, Vol. **51**, 261-270.
 22. Offiong S.A. & Abed S.M., 1980, Fertility, hatchability and malformation in Nigeria guinea fowl embryos as affected by dietary manganese. Br. Poult. Sci. **21**, 371-375.
 23. Okaeme A.N., 1986, Diseases of economic importance in guinea fowl (*N. meleagris*). In: Proceedings of the 11th Annual Conference of the Nigerian Society for Animal Production, Ahmadu Bello University, Zaria, March 23-27, pp. 64-68.
 24. Oke U.K. & Ayorinde K.L., 1999, Effect of photo-induction on egg production characteristics in the Nigerian local guinea fowl (*Numida meleagris galeata* Pallas). In: Enhancing Livestock Production in Nigeria. Proc. 26th Annual Conf. Nigerian Society for Animal Production, 337-339.
 25. Sanfo R., 2000, Productivité et variabilité individuelle du poulet local en conduites traditionnelle et améliorée au centre du Burkina Faso. Mémoire de D.E.A., I.D.R., Bobo-Dioulasso, Burkina Faso. 40 p.
 26. Sanfo R., 2005, Caractéristiques physiques de l'œuf de la pintade locale au centre du Burkina Faso. Rapport d'activités. Institut de l'Environnement et des Recherches Agricoles. Burkina Faso. Ouagadougou. 33 pages.
 27. Saunders M.J., 1984, Aviculture traditionnelle en Haute-Volta. Synthèse des connaissances actuelles et réflexions autour d'une expérience de développement. Programme de développement des animaux villageois (PDAV), Tome 1, Ouagadougou. 145 p.
 28. Sauveur B., 1988, Reproductions des volailles et production d'œufs. INRA Editions. Paris. France. 449 p.
 29. Somda J.C., 1987, Etude de la croissance des pintadeaux sur plusieurs types d'alimentation et modes d'élevages. Mémoire I.T.D.R. Université de Ouagadougou. 57 p.
 30. Thapon J.L., 1996, Science et technologie de l'œuf: l'œuf et les ovo produits. ENSA-Rennes. France. 62 p.
 31. Tom W.S., 2004, Care and incubation of hatching eggs. Poultry Science. Mississippi State University, 5 p.
 32. Veitsman L., Derevyanchenko A., Mishin A. & Mitskevich N., 1975, Incubation of guinea-fowl eggs. (Russian). Ptitsevodstvo, N°4, 31-32.
- R. Sanfo, Burkinabé, M.Sc, DEA, Étudiant en Thèse Unique à l'Université de Ouagadougou. Unité de Formation et de Recherches/Sciences de la Vie et de la Terre.
H. Boly, Burkinabé, PhD, Professeur, Maître de Conférence, Directeur de l'Institut National de Recherches Environnementales et Agricoles, Ouagadougou, Burkina Faso.
L. Sawadogo, Burkinabé, PhD, Doctorat d'Etat, Ministre des Enseignements Secondaire, Supérieur et de la Recherche Scientifique, Ouagadougou, Burkina Faso.
B. Ogle, Suisse, PhD, Professeur à University of Agriculture Sciences, Departement of Animal Nutrition and Management, Uppsala, Sweden.

LES ACTIONS DE LA DGCD

DE ACTIVITEITEN VAN DE DGOS

DGDC'S ACTIVITIES

LAS ACTIVIDADES DEL DGCD

The Belgian Platform on Tropical Animal Health and Production

(be-troplive): a new initiative funded by DGDC aiming to promote livestock production in the tropics



Origin of be-troplive

Several individuals or departments from Belgian institutions have developed an important expertise in tropical animal health and production. Furthermore, the Belgian Directorate-General for Development Cooperation is still supporting several programmes in that field, directly, through bilateral projects implemented by the Belgian Technical Cooperation (BTC) or, indirectly, through development and research projects implemented by NGO's, universities and specialized institutes.

Therefore, several Belgian partners agreed to collaborate within the framework of a platform on tropical animal health and production (be-troplive). After a period of implementation, the activities of be-troplive started effectively in 2006.

Structure

Be-troplive is an informal and multidisciplinary platform, which is open to institutional or individual members involved in tropical animal health and production activities.

Potential members are:

- Belgian academic institutions and research institutes
- Belgian development organisations, NGO's and consultancy companies
- Belgian government and parastatal services involved in development in general, and tropical animal health and production in particular
- Individuals involved in tropical animal health and production activities, including alumni of postgraduate courses of Belgian universities or academic institutions, active in a Belgian context.

The current founding steering committee is composed of representatives of following institutions: Belgian Technical Cooperation (**BTC** www.btcctb.org), Belgian Development Cooperation (**DGDC** www.dgci.be), University of Liège, Faculty of Veterinary Medicine (**FMV/Ulg** <http://www.ulg.ac.be/fmv/>), Ghent University, Faculty of Veterinary Medicine (**FDG/UG** <http://www.ugent.be/di/en>), Gembloux Agricultural University (**FUSAGx** <http://www.fsagx.ac.be/>), Vétérinaires Sans Frontières Belgium (**VSF-B** <http://www.vsf-belgium.org>) and the Institute of Tropical Medicine (**ITM** www.itg.be). Elections will be organised end of 2007.

Mission

The objectives of be-troplive are:

- to create a network of Belgian institutions and individuals involved in activities related to tropical animal health and production in order to exchange information on ongoing research, training and development projects
- to stimulate joint actions in order to attain synergy in the field
- to increase the national, European and international visibility of the Belgian expertise in tropical animal health and production
- to improve the coherence of the Belgian Co-operation, in the field of tropical animal health and production
- to improve the relations with the agricultural and the medical sector in order to enhance the efficacy of animal health and production activities

Strategies

In line with the tendencies in international development cooperation, the activities of be-troplive should be in agreement with the different strategies of the target countries and bilateral and international donors, especially with that of the Belgian

Development Cooperation (see text in French and Dutch on the DGDC website <http://www.dgic.be/>). For animal disease issues we refer also to the international health standards (see OIE http://www.oie.int/eng/normes/en_mcode.htm).

Activities carried out and foreseen

A website (www.be-troplive.be) was launched mid 2006. An online form allows candidates to register as a member. Currently, there are almost 100 members and 21 member's associations, among which universities, research institutes, NGO's, ... On a regular basis information is disseminated through a mailing list of 322 addresses including those of 190 experts, 19 private companies and 113 decision-makers (staff of EU, headquarters BTC, DGDC ...).

Almost 120 experts attended in 2006 the Symposium "Strengthening the Livestock services in the tropics", which was hosted by ITMA in the new location of the international Campus Rochus. Five communications were presented and 22 posters displayed.

The main activities in 2007 are the extension of the network to Alumni of the Belgian postgraduate courses in tropical animal health and production and the organisation of a workshop on "sustainable livestock production in the tropics" mid-November in Brussels.

Also planned for the future are, a symposium to improve the relations with the agricultural sector (Gembloux, 2008) and another one to improve the relations with the medical sector on zoonotic diseases in collaboration with be-cause health, the Belgian platform for international health (Antwerp, 2010).

PROJET PIC

Promotion d'un Centre de Ressource biologique fongique de référence*

Deux universités belges (UCL, ULg) avec l'appui de la Coopération universitaire au Développement (CUD) assurent la promotion d'un Centre de Ressource biologique fongique de Référence pour la zone Caraïbe à La Havane (Cuba)

Origine du projet

Une collaboration a débuté, il y a cinq ans déjà, en vue d'un projet de partenariat Belgo-Cubain. Deux universités belges, l'Université catholique de Louvain (UCL) et l'Université de Liège (ULg), et l'Institut d'Écologie et de Systématique (IES) à Cuba sont les partenaires de ce projet. Ensemble, nous promovons le développement et la valorisation d'un Centre de Ressource biologique fongique de référence, d'intérêt agricole, sylvicole et environnemental pour la zone Caraïbes. Ce Centre étudie la biodiversité fongique cubaine et, plus largement, celle de la zone Caraïbes, dans sa connaissance et sa compréhension, dans sa préservation *in situ* et *ex situ* et dans sa valorisation par transfert de technologies dans des applications agro-industrielles.

Un élément clé de ce projet est la Mycothèque de l'UCL (BCCM/MUCL) et les expertises multiples qui y ont été développées grâce à des scientifiques et des techniciens spécialisés.

La Mycothèque (MUCL) de l'UCL, est un partenaire des BCCM (Belgian Co-ordinated Collections of Micro-organisms) comprenant quatre partenaires financés directement par la politique scientifique de l'État Fédéral de Belgique. Les BCCM constituent un Centre de Ressource biologique (Biological Resource Center) fongique de référence relié aux réseaux européens et mondiaux de ce secteur. Le patrimoine de MUCL comprend plus de 26 000 souches de champignons vivants d'intérêt agro-industriel et environnemental comprenant levures, moisissures, champignons filamenteux et mycorhiziens et les expertises scientifiques, techniques et administratives associées sont de la responsabilité de cinq scientifiques post-doctorants et d'une douzaine de techniciens ainsi que de trois académiques UCL (Henri Maraitte, promoteur; Anne-Marie Corbisier, conseiller scientifique; Stéphane Declerck, BRC manager) et d'un scientifique senior, curateur de MUCL, le Dr Cony Decock).

Responsables scientifiques du projet CUD/PIC

Promoteur: Anne-Marie Corbisier, professeur UCL/MUCL

La Dra Sara Herrera Figueroa (IES, Cuba) et le Dr Cony Decock (Belgique, UCL, MUCL, curateur) collaborent sur la taxonomie des champignons lignivores. Le développement de projets de transfert de technologies de biorémédiation et de biodétoxification de colorants textiles polluants les effluents industriels à partir de ces champignons lignivores cubains mis en collection devrait apporter un appui environnemental significatif.

Le Dr Riccardo Herrera (IES, Cuba) et le Professeur Stéphane Declerck (Belgique, UCL/BCCM/MUCL) collaborent sur l'étude des associations symbiotiques entre les champignons endomycorhiziens à arbuscules et les pommes de terre et les bananiers, deux plantes agronomiques essentielles pour la région Caraïbes. L'agriculture cubaine devrait bénéficier de ce partenariat.

Les Drs Sara Herrera Figueroa (IES, Cuba) et Riccardo Herrera (IES, Cuba) et les Professeurs Vincent Demoulin (ULg) et

*Ce projet a fait l'objet d'une publication dans Echosud[®], Bulletin trimestriel de la Commission Universitaire pour le Développement (CUD), septembre 2005, pp. 6-7.

Daniel Thoen (ULg) collaborent sur l'étude de champignons symbiotiques ectomycorhiziens. Les retombées attendues en sylviculture concernent l'évaluation de l'importance de champignons symbiotiques ectomycorhiziens dans des associations spécifiques avec certaines espèces d'arbres. Ces souches de champignons mises en collection devraient être utilisées dans des projets de reforestation.

Mise en œuvre

Bénéficiant de l'expertise (création, entretien et développement) du centre de référence belge MUCL, Mycothèque de l'UCL, au sein de son laboratoire hôte consacré à la mycologie, l'IES à Cuba se prépare à mettre sur pieds un Centre de référence pour les espèces fongiques de Cuba et de la zone Caraïbes.

Centre de référence IES à Cuba

La rénovation et l'installation des laboratoires appropriés à l'IES avec les équipements modernes nécessaires (achetés en Belgique et envoyés par bateau à Cuba) ont été effectuées.

Le Centre de Ressource biologique de référence pour la zone Caraïbes avec ses premières 600 souches a ouvert ses portes officiellement le 17 septembre 2005 en présence des autorités cubaines et belges. Madame Murielle Andersson, secrétariat de la CUD, nous a fait l'honneur de sa présence.

Catalogue

Un premier catalogue public des souches disponibles est actuellement en préparation.

Cours international de mycologie

Après l'inauguration du Centre, un cours international de mycologie, fondamentale et appliquée, théorique et pratique d'une semaine a été organisé en 2005 par les partenaires du projet (MUCL, ULg, IES) à Cuba pour 30 étudiants cubains ainsi que 13 étudiants latino-américains.

Grâce au projet ainsi qu'à des sponsors privés, la participation au cours est gratuite pour les étudiants cubains et pour les étudiants latino-américains une intervention minimale leur est demandée.

Formations spécialisées

Les formations de chercheurs seniors cubains, comprenant plusieurs missions en forêt cubaine avec des spécialistes belges et plusieurs séjours en Belgique à l'ULg et l'UCL, sont en cours depuis plusieurs années.

Cony Decock, Dr

UCL/BCCM/MUCL,

Curateur MUCL,

Scientifique responsable du projet CUD (Belgique).

Sara Herrera Figueroa, Dr IES

Scientifique responsable du projet CUD (Cuba).

Anne-Marie Corbisier

Prof. UCL/BCCM/MUCL, conseiller scientifique MUCL et promoteur du projet CUD (Belgique).

corbisier@mba.ucl.ac.be

Quel avenir pour les forêts de la République démocratique du Congo?

Quel avenir pour les forêts de la République démocratique du Congo ? » poursuit la réflexion et les débats entamés lors de la conférence internationale sur la gestion durable des forêts de la RDC, organisée à Bruxelles, les 26 et 27 février 2007.

Cet ouvrage s'adresse en priorité à un public averti, soucieux de mieux comprendre la nature et la complexité des enjeux et des discussions relatifs à l'émergence d'une gestion durable des forêts en RDC. Il est organisé autour de 3 trois chapitres au sein desquels une vingtaine d'acteurs impliqués dans la réflexion sur l'évolution du secteur forestier en RDC font part de leurs expériences et de leurs questionnements.

Le premier chapitre aborde les outils dont nous disposons pour mieux connaître l'état réel des forêts. Le deuxième chapitre présente les principaux instruments institutionnels et les mesures transitoires pour une meilleure gouvernance forestière. Enfin, la troisième partie est consacrée aux instruments économiques conçus pour promouvoir les usages non extractifs des forêts.

Pour recevoir des exemplaires, envoyez un courriel à l'adresse info@btcctb.org La revue peut également être téléchargée : www.confordrc.org ou www.btcctb.org.

This new publication is a continuation of the debates and discussions that were initiated at the international conference on sustainable forest management in the DRC, held in Brussels on 26 and 27 February 2007.

This magazine targets a well-informed audience keen to better understand the nature and complexity of the challenges and discussions relating to the emergence of sustainable forest management in the DRC. It is organised into three chapters,

in which twenty players involved in the reflection on the evolution of the DRC forest sector share their experiences and questions.

The first chapter covers the tools at our disposal for better understanding the real status of forests. The second chapter sets out the main institutional tools and transitional measures for better forest governance. And the third chapter focuses on economic tools designed to promote non-extractive uses of forests.

For a (free) copy of this publication, please send a message to info@btcctb.org. It is also possible to download the publication on www.confordrc.org or www.btcctb.org.

Development Cooperation Prize

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

In the course of the years of the prize existence, the fields represented among the participants has remained more or less stable: the majority of files represent the exact sciences - with a very large share originating from the agricultural and applied biological sciences, followed by the human sciences and biomedical and veterinary sciences.

The prize is granted to maximum 14 students and 6 researchers and consists of an award of 1,250 € for students and 2,500 € for young researchers. Since 1998 the awards have been handed over by the Minister for Development Cooperation during a ceremony in the Royal Museum for Central Africa. The laureates from abroad are invited to Belgium especially for this occasion. Many use their stay in Belgium to establish or renew contacts with the Belgian academia in their fields of interest.

One abstract regarding the accomplishment of laureate from Cameroon awarded in 2006 is presented below.

'Phytochemical Study of Two Medicinal Plants of Cameroon: *Garcinia smeathmannii* and *Garcinia polyantha* (Guttiferae)/Evaluation of their Biological Activity and some Chemical Transformations'

Justin Komguem**

This work can stand any international comparison. It attests to the comparatively higher level of the University of Yaoundé in Cameroon, and to the strong qualities of Mr Komguem. This doctoral thesis describes the phytochemical study and evaluation of the biological activity of the bark of two plant species of the *Garcinia* genus used in traditional medicine in Cameroon. The plants in question are *Garcinia smeathmannii* and *Garcinia polyantha*.

The bibliography has been very thoroughly prepared. The extraction procedures used, the chromatographic purification and isolation of over twenty natural products with diverse chemical structures, point to a thorough physicochemical knowledge and experience. Semisynthesis was used to prepare derivatives of several of these natural substances. The various spectroscopic techniques employed in the structural clarification of all these molecules led to the identification of more than ten new products.

The biological evaluation of both extracts and pure components points among other things to the presence of an antibacterial, antioxydative or antileishmania activity. Moreover, these plants exhibited no acute or chronic toxicity.

The thesis is the result of enormous effort. It is clearly the fruit of a permanent collaboration with institutions in other countries in which knowledge and experience were exchanged. External technical support may have been called on, which of course in no way detracts from its merits, rather the contrary.

The results of this work are perhaps not to be translated immediately into actual applications in the interest of public health; relevance should rather be sought in the high level of scientific potential contained in it. This is undeniably important for the future of Cameroon.

**Cameroonian, Master in Organic Chemistry, 2001. Ph.D. in Organic Chemistry, 2006. Université de Yaoundé I, Cameroon. komguemjus@yahoo.fr

ORGANISATIE

Aard van de verantwoordelijke organisatie voor de publicatie en doel van het tijdschrift TROPICULTURA

De v.z.w. Agri-Overseas is een vereniging die gesticht werd met als doel beroepsbanden op te bouwen tussen alle krachten die voor overzeese plattelandontwikkeling ijveren. Zij publiceert het wetenschappelijk en informatief tijdschrift "Tropicultura" dat gewijd is aan de plattelandproblematiek in ontwikkelingslanden. Dit tijdschrift wordt driemaandelijks uitgegeven met de financiële steun van de Directie-Generaal Ontwikkelingssamenwerking (D.G.O.S.), Belgische Ministerie van Buitenlandse Zaken, Buitenlandse Handel en Ontwikkelings- samenwerking en met de steun van de Regio Brussel. Ze geniet de wetenschappelijke bescherming van de Koninklijke Academie voor Overzeese Wetenschappen

De v.z.w. Agri-Overseas is samengesteld uit individuele leden en uit de volgende Belgische instellingen: de vier faculteiten Landbouwwetenschappen (Gembroux, Gent, Leuven en Louvain- La- Neuve), de twee faculteiten Diergeneeskunde (Gent et Liège), het Departement Tropische Diergezondheid van het Instituut voor Tropische Geneeskunde te Antwerpen, de Interfacultaire Afdeling Landbouw van de Universiteit Libre de Bruxelles, de Facultés Universitaires Notre Dame de la Paix (Namur), het Departement van Wetenschappen en het Beheer van het Leefmilieu van de Universiteit de Liège, de Directie-Generaal Internationale Samenwerking

Raad van Beheer

De raad van beheer van de vzw Agri-Overseas is samengesteld uit Professor Dr J. Vercruyse, Voorzitter; Professor Dr Ir G. Mergeai, Afgevaardigde Beheerder; Dr E. Thys, Secretaris; Professor Dr B. Losson, schatbewaarder; Dr S. Geerts, Lid en Ere-Professor Dr Ir. J. Hardouin, Lid.

Redactiecomité

Het Redactiecomité van TROPICULTURA is samengesteld uit Professor Dr Ir G. Mergeai, Hoofdredacteur en Gedelegeerde Redacteurs: Professor Dr Ir J. Deckers, Land en Waterbeheer, Professor Dr J.-P. Dehoux, Dierenproductie en Fauna, Dr De Lame, Sociologie, Ere-Professor F. Malaisse, Bosbouw en Ecologie, Emeritus Professor Dr J.-C. Micha, Visvangst en Visteelt, Professor Dr Ir E. Tollens, Landbouweconomie, Professor Dr Ir P. Van Damme, Landbouwkunde, Professor Dr Ir E. Van Ranst, Bodemkunde, Professor Dr J. Vercruyse en Dr E. Thys, Diergezondheid, en Ir. F. Maes, wetenschappelijke collaborateur. Andere onderwerpen, zoals bv. Economie, Sociologie, ... worden rechtstreeks door het Sekretariaat behandeld.

Redactiesekretariaat

Bolwerksquare 1A, B-1050 Brussel – België
Telefoon : +32.(0)2.550 19 61/62; Fax: +32.(0)2.514 72 77
Email: ghare.tropicultura@belgacom.net / mjdesmet.tropicultura@belgacom.net /
Website: <http://www.bib.fsagx.ac.be/tropicultura/>

Bedeling

Tropicultura wordt gratis verdeeld op schriftelijk verzoek bij het Sekretariaat

DRAAGWIJDTE VAN HET TIJDSCHRIFT

TROPICULTURA publiceert oorspronkelijke artikels, onderzoeksnota's en overzichten, samenvattingen van boeken en thesen en besprekingen van films en audiovisuele hulpmiddelen die betrekking hebben tot alle domeinen aan plattelandontwikkeling gebonden : planten- en dierenproducties, diergeneeskundige wetenschappen, bosbouw, bodemkunde, agrarische bouwkunde, milieuwetenschappen, bio-industrie, voedingsmiddelenindustrie, sociologie en economie.

INSTRUCTIES VOOR DE AUTEURS

De manuscripten moeten origineel zijn en mogen niet reeds voorgelegd zijn geweest of gelijktijdig voorgelegd worden voor publicatie. Ze mogen in één van de vier volgende talen geschreven worden: Engels, Spaans, Frans en Nederlands.
De manuscripten moeten in drie papieren exemplaren per post aan de hoofdredacteur gericht worden ofwel rechtstreeks per e-mail naar het Sekretariaat verzonden in de vorm van toegevoegde bestanden.

Zij zullen recto opgesteld zijn, met dubbele spatie (27 lijnen van 60 karakters per bladzijde in DIN A4 formaat) en met een minimale marge van 3,5 cm rond het gedrukte deel. Zij zullen maximum tien bladzijden tekst bevatten (coverblad, samenvattingen en literatuurlijsten niet inbegrepen).

Het voorblad houdt de titel in, de verkorte titel (maximaal 55 drukletters), de complete namen en voornamen van de auteurs, het beroepsadres van alle auteurs en geëigend de dankbetuiging. De naam van de contactauteur zal met een "" gemerkt zijn en zijn adres aangevuld met zijn telefoon- en faxnummers en zijn elektronisch adres.

De volgende pagina's houden volgende elementen in: (i) de samenvattingen (max. 200 woorden) in de taal van het manuscript en in het Engels, voorafgegaan door de vertaling van de titel en gevolgd door maximum 6 sleutelwoorden in beide talen; (ii) de hoofdinhoud van de tekst; (iii) de literatuurlijst; (iv) niet meer dan drie tabellen genummerd met Arabische cijfers; (v) slechts drie figuren die op de achterzijde ondubbelzinnig genummerd moeten zijn (vi) de legendes van de tabellen en de figuren. Alle bladzijden van de bijdrage worden doorlopend genummerd. De figuren zullen op professionele wijze getekend zijn. Foto's dienen kontrastrijk te zijn, niet gemonteerd en op glanzend papier.

Slechts medeauteurs die zich schriftelijk akkoord verklaard hebben met het vermelden van hun naam op een manuscript, worden in de eindversie van het artikel in Tropicultura ook expliciet vermeld. De schriftelijke verklaring van de medeauteurs met betrekking tot dit punt kunnen per gewone post of per e-mail naar het Redactiecomité opgestuurd worden. De voogdij instellingen van de auteurs wordt verondersteld wordt verondersteld haar toestemming te hebben gegeven voor elke publicaties in Tropicultura. Agri-Overseas wijst elke verantwoordelijkheid af in deze materie.

De eerste indiening van een artikel bij de Redactie gebeurt op papier of op elektronische drager. In de mate van het mogelijke zal de auteur, na goedkeuring van het artikel voor publicatie, zijn laatste, herziene en verbeterde versie op computerdiskette of als attachment van een Email opsturen. Het programma Word wordt aanbevolen, maar een ASCII of RTF versie van de bestanden wordt aanvaard.

In het algemeen wordt de tekst ingedeeld in: inleiding, materiaal en methodes, resultaten, discussie, besluit. De indeling van de tekst zal niet verder gaan dan twee niveaus. Ondertitels dienen kort en in kleine letters te zijn en zullen nooit onderlijnd worden.

De referenties worden in de tekst door nummers tussen haakjes vermeld. In geval van citatie van verschillende referenties zullen de nummers in groeiende volgorde vermeld worden.

De literatuurlijst wordt alfabetisch gerangschikt op basis van de namen van de auteurs en chronologisch voor dezelfde auteur. De referenties zullen doorlopend genummerd worden beginnend met het cijfer 1.

Artikels uit tijdschriften worden in de literatuurlijst als volgt gerefereerd: namen van auteur(s) gevolgd door de initialen van de voornamen, het jaar van publicatie, de volledige titel van het artikel in de oorspronkelijke taal, de naam van het tijdschrift, het nummer van het volume (onderlijnd), de nummers van eerste en laatste bladzijde door een streepje verbonden.

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

Bij boeken dienen plaats en naam van uitgever vermeld te worden. Bij referenties naar hoofdstukken in boeken: (in volgorde) de auteurs van het hoofdstuk, jaartal, titel van het hoofdstuk, het woordje 'In:', de editorsnamen gevolgd door '(editors)'. *Titel van het boek* (cursief), volume of uitgave (indien meerdere), naam en lokatie van de uitgeverij, begin- en eindpagina's van het hoofdstuk.

Bij boeken zijn volgende elementen van belang: de namen van auteurs gevolgd door de initialen van de voornamen, het jaar van publicatie, de volledige titel van het boek, de naam en locatie van de uitgeverij, begin- en eindpagina's van het geciteerde hoofdstuk, het totaal aantal bladzijden van het boek. Verslagen van conferenties dienen op dezelfde wijze vermeld te worden, mits toevoeging als het mogelijk is van de plaats, de datum de conferentie en de namen van de wetenschappelijke editors.

Voorbeeld: 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.

Een persoonlijke mededeling wordt in de tekst als volgt vermeld: initialen en naam, persoonlijke mededeling, jaartal). Voorbeeld: (W.R. Allan, persoonlijke mededeling, 1988). Deze referentie wordt niet opgenomen in de literatuurlijst. Voor de referenties zonder auteur wordt in het nummer in de tekst vermeld en in de literatuurlijst: Anonymus (jaartal). Titel. Bron (waar men de gegevens kan terugvinden).

Het Redactiecomité behoudt zich het recht artikels die niet aan de voorafgaande instructies beantwoorden af te wijzen. De artikels zullen aan één of meer door de redactie gekozen referees voorgelegd worden. Deze referees blijven onbekend voor de auteurs. In geval van aanvaarding zal de Redactie van elk van de verschillende auteurs van een artikel de verbintenis vragen hun publicatierecht af te staan aan TROPICULTURA.

TROPICULTURA

2007 Vol. 25 N° 3

Four issues a year (July, August, September)

CONTENTS

ORIGINAL ARTICLES

- Non-genetic Factors Affecting Gestation Length and Postpartum Intervals in Gudali Zebu Cattle of the Adamawa Highlands of Cameroon (*in English*)
O. Messine, L.J.M. Schwalbach, D.A. Mbah & A.L. Ebangi 129
- Development of a Radioimmunoassay for Bovine Chymosin B (*in English*)
D. Idrissa-Sidikou, B. Remy, Isabelle Dufrasne, J.F. Cabaraux, J.P. Borceux & J.F. Beckers 134
- Tolerance of some Cassava Cultivars (*Manihot esculenta* Crantz) and the Wild Species (*M. Glaziovii*) to Cassava Mosaic Virus Disease and Brown Leaf Spot (*in French*)
Z. Ambang, A. Akoa, N. Bekolo, J. Nantia, L. Nyobe & Yvette Sylvie Bouquet Ongono 140
- Effect of some Chemical and Biological Fungicides on Mycelial Growth and Disease Severity of *Fusarium oxysporum* f.sp. *radicis-lycopersici* (*in French*)
K. Hibar, Mejda Daami-Remadi & M. El Mahjoub 146
- Potential Role of Live Fences for Nematode Management on Watersheds in the Senegalese Sudano-Sahelian Area (*in French*)
P. Cadet & Diaminatou Sanogo 153
- Influence of Nitrogen Fertilization and Management Practices on Dry Matter Production and Nutritional Value on *Andropogon gayanus* Kunth in Burkina Faso (*in French*)
M.F. Obulbiga & Chantal Yvette Kaboré-Zougrana 161
- Study of the Intra-specific Variability Tolerance to Salt Stress of Chickpea (*Cicer arietinum* L.) in the Germination Stage (*in French*)
H. Hajlaoui, M. Denden & M. Bouslama 168
- Nitrogen-use Efficiency of Maize Genotypes under Weed Pressure in a Tropical Alfisol in Northern Nigeria (*in English*)
J.O. Azeez & M.T. Adetunji 174
- Preliminary Findings on the General Characteristics of the Oestrus Cycle in Postpartum Ngaoundere Gudali Cows (*in English*)
O. Messine, J.P.C. Greyling, L.J.M. Schwalbach, D.A. Mbah & G.S. Bah 180
- Local Guinea Fowl's (*Numida meleagris*) Eggs Weight in the Central Area of Burkina Faso: Relationship with Artificial Incubation Variables and Keets Production (*in French*)
R. Sanfo, H.H. Boly, L. Sawadogo & B. Ogle 184
- DGDC 'S ACTIVITIES 189

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

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

