

TROPICULTURA

2007 Vol. 25 N°2

Trimestriel (avril- mai- juin)

Driemaandelijks (april- mei- juni)

Se publica po año (abril- mayor- junio)



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. Vercruysse
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 25,2

EDITORIAL/EDITORIAAL/EDITORIALES

Qui ne se souvient pas du passé, prépare mal l'avenir

Degene die zich het verleden niet herinnert, bereidt de toekomst slecht voor

Quien no recuerda el pasado prepara mal el porvenir

F. Maes 65

ARTICLES ORIGINAUX/OORSPRONKELIJKE ARTIKELS/ARTICULOS ORIGINALES

Importance de l'association de clones d'hévéas dans l'amélioration de la production du caoutchouc en plantations industrielles au Gabon

Belang van de associatie van klonen van Hevea voor het verbeteren van rubberproductie in industriële plantages in Gabon

Importancia de asociar clones de hevea en el mejoramiento de la producción de caucho en plantaciones industriales en el Gabón

A. Ndoutoume-Ndong 66

Bilan azoté chez le rat en croissance de la farine d'asticots séchés

Stikstofbalans van gedroogde vliegenlarvenmeel bij groeiende ratten

Balance de nitrógeno en la rata en crecimiento con harina de gusano blanco seco

K.G.M. Bouafou, K.G. Kouamé & A.M. Offoumou 70

Conception d'un épandeur de fumures organiques pour les exploitations à traction animale d'Afrique

Ontwerp van een mestverspreider met dierentractie voor kleine boerderijen in Afrika

Concepción de un esparcidor de abonado orgánico para las explotaciones agrícolas con tracción animal en el África

O.Y. Azouma, F. Giroux & D. Varchon 75

Effets des basses températures et de la photopériode sur la croissance et le développement inflorescentiel du fraisier non remontant

Invloed van lage temperaturen en fotoperiode op de groei en ontwikkeling van niet-klimmende aardbei

Efecto de las temperaturas bajas y del fotoperíodo en el crecimiento y el desarrollo de las inflorescencias del fresal no trepador

Ines Hajlaoui, C. Hannachi & Monique Bodson 82

Systèmes de cultures améliorés à base de niébé (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) pour une meilleure gestion de la sécurité alimentaire et des ressources naturelles en zone semi-aride du Burkina Faso

Verbeterde op kousenband (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) gebaseerde landbouwsystemen met het oog een beter beleid van de voedselzekerheid en van het beheer van natuurlijke hulpbronnen in de semi-aride zone van Burkina Faso

Sistemas de cultivos mejorados en base de caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) para un mejor manejo de la seguridad alimentaria y los recursos naturales en zonas semiáridas del Burkina Faso

J.S. Zoundi, A. Lalba, J.-P. Tiendrébogo & D. Bambara 87

Effets des digues filtrantes sur la productivité des pâturages naturels en région sahélienne du Burkina Faso

Effekt van filterdammen op de productiviteit van natuurlijke graslanden in de Sahel regio van Burkina Faso

Efectos de los diques de filtración sobre la productividad de los pastos naturales en región saheliana del Burkina Faso

A. Kiema, Chantal Yvette Kaboré-Zoungana & A.J. Nianogo 97

Dynamique de la conductance hydraulique chez l'olivier de table (*Olea europaea* L., cv Meski)

Hydraulische geleidingsdynamiek in tafelolijfboom (*Olea europaea* L., cv Meski)

Dinámica de la conductancia hidráulica en el olivo (*Olea europaea* L., cv Meski) (aceituna de mesa)

C. Hechmi, M. Braham, D. Boujnah, F. Ben Mariem, Wafa Ghariani, Z. Mahjoub & S. Ben Elhadj 103

Effet d'une complémentation azotée sur la pathologie de la trypanosomose animale africaine chez les moutons sahéliens

Effect van een stikstofhoudend complement op de pathologie van Afrikaanse Trypanosomiasis bij Sahel schapen

Efecto de un complemento nitrogenado en la patología de la tripanosomiasis animal africana en las ovejas sahelianas

A.B. Kanwé, S. Néyan, A.G. Ouédraogo & Z. Bengaly 108

Eradication planétaire de la peste bovine: la dernière ligne droite

Planetaire uitroeiing van rinderpest: de laatste rechte lijn

Erradicación a nivel mundial de la peste bovina: la última línea recta

P. Bastiaensen, N. Denormandie, Cécile Squarzone, K. Bidjeh, B.A. Diop & R. Bessin 113

NOTES TECHNIQUES/TECHNISCHE NOTA'S/NOTAS TECNICAS

Evaluation des caractéristiques physico-chimiques et sensorielles de la purée de tomate locale produite à petite échelle au Bénin

Evaluatie van de fysisch-chemische en sensorische karakteristieken van lokaal kleinschalig geproduceerde tomatenpuree in Benin

Evaluación de las características fisicoquímicas y sensoriales del puré de tomate local producida a pequeña escala en Benin

J. Dossou, I. Soulé & Marcelline Montgo 119

LES ACTIONS DE LA DGCD/DE ACTIVITEITEN VAN DE DGIS/LAS ACTIVIDADES DE LA DGCD 126

BIBLIOGRAPHIE/BOEKBESPREKING/BIBLIOGRAFIA 128

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

Qui ne se souvient pas du passé, prépare mal l'avenir

F. Maes*

Le développement durable est l'ADN du développement humain; un brin est porteur de la séquence générationnelle, l'autre, des relations interdisciplinaires. Les liaisons qui associent les paires relèvent de l'éducatif et des ressources de financement; ils seront forts si une place de choix est réservée à l'éducation et si une aide planifiée et rationnelle est fournie à bon escient; ils seront faibles dans les autres cas.

La problématique du développement durable sera d'autant mieux appréhendée et, dès lors, agréée que l'ensemble des maillons qui constituent cette chaîne de solidarité est solide et équilibré. Si l'un des maillons est faible, l'ensemble le sera et sera, de surcroît, inutile si le maillon le plus faible est celui de l'ancrage de la chaîne.

Dans celle-ci, le premier maillon est, en général, celui qui représente l'agriculture; et, quand, en outre, elle intéresse des pays ou des régions où se pratique encore une économie de subsistance, ce maillon revêt, à fortiori, une importance particulière; en cas de faiblesse, la population, en mal de subsistance, devra se tourner vers le système primitif de la cueillette ou choisira l'exode rurale; ces choix ne peuvent satisfaire qu'une demande très limitée. La nature ne peut produire plus que ce qu'elle a; les milieux urbains s'hypertrophient et ne peuvent, à leur tour, répondre aux besoins de ces populations qui s'accrochent, comme elles le peuvent, à un système d'agriculture suburbaine mal structuré car non conçu dans cette optique.

Une population mal nourrie compte de nombreux malades, de nombreux chômeurs; l'oisiveté prend le pas, les écoles sont vides... Une aide médicale, un soutien éducatif lui sont certes apportés ponctuellement mais ne produisent que des effets précaires. Ces efforts louables seront toutefois d'autant plus productifs, à court puis à long terme, tout en devenant progressivement moins onéreux, si la population assistée jouit déjà d'une certaine auto-subsistance voire d'une auto-subsistance certaine.

Quant à l'effort accompli, il sera d'autant plus porteur s'il est intégré dans un plan général de développement durable, coordonné au sein d'un centre de planification organisé (national, bi- ou multilatéral) et dans le cadre d'une concertation intime et permanente entre demandeurs et assistances. Cela suppose que les pays donateurs soient non seulement parfaitement informés des besoins mais soient capables de mettre sur pied des projets, à large spectre, répondant à la demande formulée et proposant des hommes de terrain expérimentés; ces projets pourront, si nécessaire, être ajustés, voire améliorés, par des actions plus spécifiques ou ponctuelles.

Malheureusement, dans nos pays, la problématique du développement durable en milieu tropical n'est plus très attractive; une certaine bonne conscience nous rassérène; l'agriculture tropicale, ce maillon essentiel, ne semble plus trop préoccuper la sphère politique. Les centres manifestant encore un intérêt dans ce domaine se comptent sur les doigts de la main. L'information agronomique ne semble plus avoir d'attrait, si ce n'est dans l'un ou l'autre centre ou par opportunisme, alors qu'une approche globale et intégrée s'avère nécessaire. Cette déglingue alimente à contre-courant une politique qui se prétend soutenir internationalement le développement durable, à moins qu'il ne s'agisse là simplement d'un leurre.

Demain, quand viendra l'heure d'une prise de conscience responsable, nos pays, qui se seront démobilisés (comme cela a failli être le cas dans l'immédiat après guerre pour l'enseignement de l'agriculture tropicale dont on cernait mal l'intérêt en période de crise), se trouveront fort dépourvus et ne pourront répondre à la demande formulée par les pays du Sud si ce n'est de façon trop ponctuelle; ils s'étonneront alors que d'autres, aujourd'hui un peu en retrait, leur auront soufflé la mise mais aussi les intérêts.

Au lieu de sauverdurer les efforts comme cela se fait, de disséminer les sources d'information encore existantes et de laisser tomber les bras, au grand dam des générations qui ont fait de l'agronomie tropicale belge, **ce fleuron** que l'on nous a tant envié, pour la qualité de ses recherches (Inéac) et la mise au point efficace de ses applications en milieu rural ou industriel,

- réagissons et n'abandonnons surtout pas;
- éduquons nos jeunes éléments qui, épris de ce mouvement de solidarité et ayant compris son rôle primordial, comptent s'y consacrer;
- favorisons, avant qu'il ne soit trop tard, le regroupement des forces intellectuelles et du savoir-faire agronomique tropical qui sont encore notre apanage, tout en ne perdant surtout pas de vue le rôle essentiel que doit obligatoirement jouer le facteur humain dans ce domaine;
- last but not least, concentrons en **un seul site**, proche de l'organe de décision, la masse d'information agronomique disponible (que d'aucuns envisagent de mettre au pilon!) en attendant de pouvoir, comme il se doit, traiter et mettre en valeur ce qui ne l'a pas suffisamment été, en principal, toute l'information souterraine, recelant trésors et expériences.

Mai 2007.

*Ingénieur agronome des régions tropicales (à la retraite), Agri-Overseas.

ARTICLES ORIGINAUX

OORSPRONKELIJKE ARTIKELS

ORIGINAL ARTICLES

ARTICULOS ORIGINALES

Importance de l'association de clones d'hévéas dans l'amélioration de la production du caoutchouc en plantations industrielles au Gabon

A. Ndoutoume-Ndong*

Keywords: *Hevea brasiliensis*- *Colletotrichum gloeosporioides*- Artificial defoliation- One treatment- Association of clones- Improvement of the production- Gabon

Résumé

Au Gabon, la chute secondaire des feuilles constitue le principal problème de la culture d'hévéas. Dans la plantation où le GT1 est le clone le plus abondant (55%), on enregistre chaque année pendant la grande saison des pluies (mars-avril) un développement de l'antracnose à *Colletotrichum gloeosporioides*. On observe des attaques très sévères sur les hévéas qui se traduisent par la chute des jeunes feuilles atteintes. De ce fait, la densité foliaire dépasse difficilement 50% tout au long de l'année. Des études antérieures réalisées sur le clone GT1 ont montré qu'on pouvait lutter contre cette antracnose en réalisant une défoliation artificielle provoquant la chute des feuilles et une refoimation avant que les conditions favorables au développement du champignon ne s'établissent. Il faut toutefois deux à trois traitements successifs sur ce clone pour obtenir des résultats satisfaisants et cela s'avère assez coûteux. Par contre, notre étude montre qu'un seul traitement suffit pour lutter contre la chute secondaire des feuilles et améliorer substantiellement la production du caoutchouc, à condition qu'il y ait une association de clones. La présence, sur les mêmes parcelles, de clones sensibles et moins sensibles dans des proportions à peu près équivalentes empêche la propagation du champignon après la défoliation artificielle. Dans les conditions écologiques du Gabon, il est donc recommandé de ne pas planter un clone à plus de 25%.

Summary

Importance of Clonal Association of Hevea for Improvement of the Rubber Production in Industrial Plantations in Gabon

The secondary leaf fall of rubber tree is the main problem of hevea cultivation in Gabon. Each year, during the great rain season (March-April), new leaves of hevea are systematically destroyed by *Colletotrichum gloeosporioides* in the plantation where the GT1 is the most abundant clone (55%). So the foliar density exceeds with difficulty 50% throughout the year. Former studies carried out on clone GT1 showed that they could fight against this disease by an artificial defoliation causing leaf fall and refoimation before favourable conditions of fungous development appear. However, two or three successive artificial defoliations are necessary on this clone to obtain satisfactory results, which is rather expensive. On the other hand, our study shows that only one treatment is enough to fight against the secondary leaf fall and to substantially improve the rubber production, but only in case of an association of several clones together. The presence, on the same land, of sensitive and less sensitive clones in about equivalent proportions prevents the propagation of fungal epidemy after artificial defoliation. Under the ecological conditions of Gabon, it is thus recommended to avoid planting one clone with more than 25%.

Introduction

Dans le souci de relancer et de dynamiser le secteur agricole longtemps négligé par rapport au secteur minier et forestier au Gabon, la première plantation d'hévéas a été mise en place en 1982 à Mitzic dans le nord du pays. Pour cela, plusieurs clones d'origines différentes ont été introduits au Gabon sur trois plantations industrielles (Mitzic, Bitam, Kango) pour une superficie totale de 9.011 ha. C'est ainsi qu'en 1991, le Gabon est devenu producteur de caoutchouc (2).

Le principal problème de l'hévéaculture gabonaise est une maladie parasitaire qui provoque la chute secondaire des feuilles d'hévéa. Elle est due à un champignon ascomycète Mélanconiale appelé *Colletotrichum gloeosporioides* (2). La chute secondaire des feuilles d'hévéas a lieu au moment où les arbres reconstituent leur feuillage. Cette phase sensible de leur phénologie se déroule au mois de mars-avril pendant la grande saison des pluies favorable au développement du champignon. Il en résulte des attaques très sévères sur les clones sensibles qui se traduisent par des nécroses et des déformations des limbes puis par une

chute des jeunes feuilles atteintes à des stades précoces de leur développement (4). De ce fait, des refoimations de compensation se produisent durant toute la saison des pluies (4). Systématiquement détruites par les attaques du champignon, les feuilles sont de moins en moins vigoureuses, au fur et à mesure elles se succèdent et ne parviennent pas à reconstituer le feuillage initial des arbres. Ce n'est qu'à partir de juin-juillet que les arbres les plus vigoureux parviennent à retrouver partiellement leur densité foliaire normale.

Des travaux effectués au Cameroun montrent que des traitements aériens à base de produits provoquant la défoliation et une refoimation avant que les conditions favorables au développement du champignon ne s'établissent (lutte par esquive) ont donné des résultats intéressants (1). Compte tenu des conditions écologiques similaires entre le Cameroun et le Gabon, nous avons appliqué cette méthode de lutte dans la plantation de Mitzic. Les études réalisées par Guyot *et al.*, (3) sur le clone GT1 planté à 55% (sur un total de 5.009 ha) montrent qu'il faut

*Ecole Normale Supérieure de Libreville, B.P. 17009, Libreville, Gabon. Tel. (241) 26 16 54

Fax. (241) 73 31 61- email: augustendoutoume@caramail.com

Reçu le 17.05.05 et accepté pour publication le 19.01.06.

deux à trois traitements défoliants successifs pour améliorer la densité foliaire et la production du caoutchouc. Qu'en est-il pour les parcelles où il y a eu association de plusieurs clones (GT1, PB260, PB217, PB 235, RRIM 600 et AVROS 2037) sachant que les clones GT1, RRIM 600 et AVROS sont les plus sensibles? Le suivi de la densité foliaire et la production du latex des parcelles d'hévéas traités et non traités pendant une année nous a permis d'évaluer l'impact d'une association de clones.

Matériel et méthode

L'étude a été réalisée dans la plantation industrielle de Mitzic située à 0°50 latitude nord et 550 m d'altitude. La température moyenne annuelle est de 23,7 °C pour une pluviométrie annuelle de 1.750 mm. Le sol de Mitzic est ferrallitique désaturé et la végétation est de type forestier. Le principe consiste à appliquer un seul traitement défoliant sur une parcelle contenant un mélange de clones et suivre la densité foliaire et la production des hévéas.

1- Défoliation artificielle et suivi de l'évolution de la densité foliaire

La parcelle qui a été choisie pour l'expérimentation sur l'association des clones a une superficie de 25 ha composée de six clones (GT1, PB260, PB217, PB 235, RRIM 600 et AVROS 2037) chacun recouvrant une superficie de quatre ha environ, GT1, RRIM 600 et AVROS 2037 étant les plus sensibles. La parcelle a été divisée en deux: une sous-parcelle qui a reçu le traitement défoliant et une qui n'en a pas reçu car elle servait de témoin. Chacune des deux sous-parcelles a une surface de 12,5 ha. La division de la parcelle a été faite de telle sorte que chaque clone soit représenté dans chaque sous-parcelle et de façon équitable.

La même superficie a été utilisée pour l'expérimentation sur parcelle GT1 non associée à d'autres clones. Comme dans le premier cas, on a 12,5 ha de sous-parcelle défoliée artificiellement et 12,5 ha non défoliée. Une surface totale de 50 ha a été utilisée pour toute l'étude.

La défoliation artificielle intervient au mois de janvier avant la défoliation naturelle (mars-avril). Elle consiste à effectuer un épandage aérien de 40 litres de solution à l'hectare comprenant 3 litres d'éthrel + 37 litres d'eau + 40 ml d'extravon. L'avion passe à environ 2 m au-dessus de la couronne des arbres. Chaque passage couvre une largeur d'environ 30 m soit 3 lignes d'hévéas. Le passage de l'avion pendant le traitement est indiqué au pilote par la balise mobile. La répartition des produits sur la surface des feuilles est très bien faite après le passage de l'avion. L'avion effectue une rotation toutes les 20 mn et peut traiter 60 ha par rotation soit environ 120 ha à l'heure.

Le suivi foliaire s'est fait sur une superficie de 6,25 ha (2.080 arbres) pour toutes les sous-parcelles. Les relevés ont commencé au mois de novembre de l'année précédente pour connaître l'état de la densité foliaire avant et après les défoliations des sous-parcelles traitées et témoin. Le principe des relevés consiste à donner un pourcentage du feuillage de l'arbre à l'instant t par rapport au moment où la densité foliaire de l'arbre est à son maximum. Ce maximum correspond au stade où toutes les branches de l'arbre porteraient toutes leurs feuilles au stade le plus mûre. Les valeurs de la densité foliaire varient de 0% (pas du tout de feuilles) à 100% (maximum de feuilles au stade le plus mûre sur toutes les branches). Les relevés se faisaient tous les 15 jours.

2- Incidence du traitement sur la production du latex

Au niveau de chaque sous-parcelle (traitées et non traitées), 700 arbres du clone GT1 ont été saignés 6 jours par semaine pendant 9 mois. La récolte du latex coagulé (fonds de tasses) se fait quotidiennement et est déposée sur les claies. La récolte du jour est pesée en début d'après midi.

Résultats

1- Défoliation artificielle et suivi de l'évolution de la densité foliaire (Figures 1 et 2)

L'épandage aérien de la solution aqueuse d'éthrel entraîne un

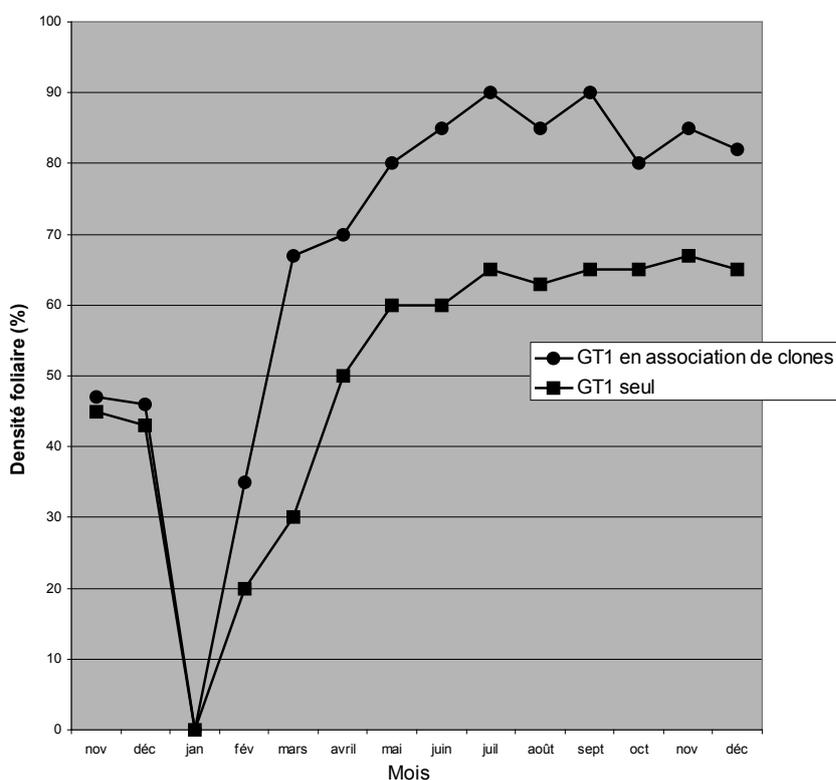


Figure 1: Evolution de la densité foliaire d'hévéa après défoliation artificielle à l'éthrel.

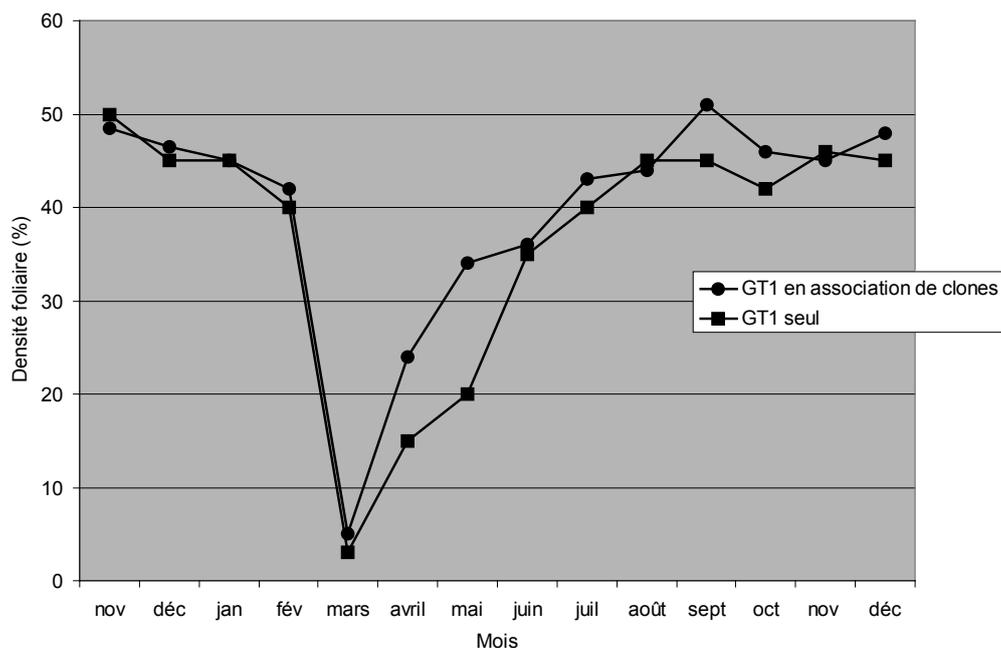


Figure 2: Evolution de la densité foliaire d'hévéa dans des parcelles non défoliées.

vieillesse accélérée des feuilles. En effet, le jaunissement des feuilles commence 24 heures après le traitement, puis leur chute débute 4 à 5 jours plus tard. La majorité des arbres perdent leurs feuilles 15 jours après le traitement mais la défoliation complète de tous les arbres traités ne survient que trois semaines après l'épandage du produit.

Le suivi de l'évolution de la densité foliaire montre que sur les sous-parcelles traitées, la refoliation est plus rapide en association de clones (Figure 1). Un mois et demi après la défoliation, le GT1 associé a reconstitué l'équivalent de sa densité foliaire avant défoliation, alors que dans la parcelle monoclonale il faut deux fois plus de temps soit trois mois. Cette densité foliaire atteint 90% six mois après le traitement en association de clones alors qu'elle ne dépassera jamais 67% tout au long de l'année dans la sous-parcelle monoclonale.

Sur la parcelle non défoliée artificiellement, on constate que les deux sous-parcelles ont des densités foliaires similaires (Figure 2). Toutefois, après la défoliation naturelle (mars), la vitesse de refoliation du GT1 est plus rapide en association de clones. En deux mois, on a une densité foliaire de 35% contre 20% pour la sous-parcelle monoclonale.

2- Incidence du traitement sur la production du latex (Tableau 1)

Pour les sous-parcelles artificiellement défoliées, après une saignée régulière 6 jours sur 7 pendant 9 mois, la production de latex est plus importante en association de clones (Tableau 1). La production du GT1 en culture associée est de 1.374 kg/ha contre 1.061 kg/ha en culture monoclonale. Sur chaque ha on a un gain de production de 313 kg lorsqu'on pratique une association de clones.

Tableau 1

Production de latex (en kg/ha) sur neuf mois du clone d'hévéa GT1 après défoliation artificielle à l'éthrel

	Parcelle défoliée	Parcelle non défoliée
GT1 en association de clones	1374	963
GT1 seul	1061	950
Gain de production	313	13

Pour ce qui concerne les parcelles non traitées, les productions sont respectivement de 963/ha en clones associés et 950/ha si le GT1 est seul, cela se traduit par un gain de production de seulement 13 kg à l'ha (Tableau 1). Cependant, lorsqu'on compare les sous-parcelles traitées à celles qui n'ont pas reçu de traitement défoliant, on constate que la chute secondaire des feuilles au mois de mars a un impact négatif sur la production du caoutchouc. Le changement de la phénologie des arbres permet non seulement un gain important de la densité foliaire mais aussi une hausse de la production.

Discussion

La défoliation artificielle que nous avons utilisée est une méthode mise au point et expérimentée pour la première fois au Cameroun contre *Colletotrichum gloeosporioides* (1). C'est une méthode de lutte par esquivage, c'est-à-dire qu'on modifie la phénologie de l'arbre en décalant la période de formation de jeunes feuilles (ce sont elles qui sont sensibles au pathogène) par rapport à la période des conditions climatiques favorables (saison des pluies de mars-avril) à l'apparition d'une épidémie. C'est pour cela que la défoliation artificielle a lieu à Mitzic au mois de janvier pour que les feuilles qui vont repousser se retrouvent au stade mûre (insensible au pathogène) dès mi-février (3). Les résultats de cette étude montrent que sur les parcelles où on a un mélange de plusieurs clones (GT1, PB260, PB217, PB 235, RRIM 600 et AVROS 2037), il y a une augmentation significative de la densité foliaire et de la production dès la première application du traitement. Par contre Guyot *et al.* (3) ont montré que 2 à 3 applications sont nécessaires sur les parcelles constituées uniquement de GT1. Le traitement apporte une amélioration de la densité foliaire quel que soit le clone traité. L'avantage de l'association des clones est que les sources d'inoculum du champignon qui se trouvent sur les clones sensibles (GT1, RRIM 600 et AVROS) ont du mal à se propager en présence des clones moins sensibles (PB260, PB217 et PB 235). L'association de clones limite donc l'apparition de l'épidémie après la chute synchrone des feuilles de la parcelle, c'est pour cela qu'on observe une augmentation substantielle de la densité foliaire et de la production après une seule défoliation artificielle, c'est-à-dire dès que tous les arbres de la parcelle se retrouvent au même stade phénologique.

La conséquence première de l'antracnose à *Colletotrichum gloeosporioides* est la diminution de la surface foliaire (lésions nécrotiques sur feuilles ou perte de feuilles) ce qui réduit la capacité de la plante à synthétiser de la matière organique. Il s'ensuit un allongement de la période de faible production consécutive à la défoliation/refoliation naturelle et un ralentissement de la croissance. Les autres conséquences sont le non-renouvellement des réserves suite à la diminution de la photosynthèse. Les émissions répétées de nouvelles feuilles provoquant un épuisement des réserves de l'arbre, par conséquent la production de latex sera faible alors que le gain de densité foliaire entraîne une augmentation des productions.

Le problème de maladie des feuilles se pose à Mitzic parce que la répartition clonale de cette plantation n'obéit pas les recommandations de la répartition clonale établies dans

les autres pays hévéicoles. En Côte d'Ivoire, par exemple, aucun clone n'est planté à plus de 25% (1). Cette répartition qui recommande de ne pas planter un clone à plus de 25% est un mode de culture qui permet de réduire les effets des attaques des parasites de l'hévéa quand le clone planté s'avère sensible à ces attaques; la comparaison de la répartition de trois plantations industrielles du Gabon, permet de comprendre pourquoi la lutte de la maladie des feuilles est intensifiée à Mitzic et non à Bitam et à Kango (2). Le fait que le clone GTI soit à 55% de la surface plantée constitue le principal problème plutôt qu'un phénomène lié à la nature même de ce clone. Il est donc vivement recommandé de procéder à une association de clones lors de la mise en place de nouvelles plantations ou des extensions afin de minimiser les coûts (40.000 FCFA par ha, soit 61 Euros/ha) liés au traitement au Gabon.

Références bibliographiques

1. Delabarre M.A. & Serier J.B., 1995, L'hévéa. Maisonneuve et Larose, Paris, 238 p.
2. Enjalric F. & Ngoua Assoumou H.G., 1998, L'hévéaculture au Gabon. Plantations, Vol. 5, 325-329.
3. Guyot J., Ntawanga Omanda E., Ndoutoume A., Mba Otsaghe A., Enjalric F. & Ngoua Assoumou H.G., 2001, Effect of controlling *Colletotrichum* leaf fall of rubber on epidemic development and rubber production. Crop Protection, 20, 581-590.
4. Sénéchal Y., 1986, L'antracnose de l'hévéa, étude épidémiologique et recherche de moyen de lutte. Thèse de Doctorat d'Ingénieur, Université Paris XI, Orsay.

A. Ndoutoume-Ndong, Gabonais, D.U.E.S. option chimie, Licence de Biologie des Organismes et des Populations, Maîtrise de Biologie des Organismes et des Populations option Zoologie Appliquée et Parasitologie, Enseignant-Chercheur en Biologie, Chef de Département des Sciences Naturelles à l'Ecole Normale Supérieure de Libreville, Maître-Assistant C.A.M.E.S. (Conseil Africain et Malgache pour l'Enseignement Supérieur) en Biologie Animale.

Bilan azoté chez le rat en croissance de la farine d'asticots séchés

K.G.M. Bouafou^{1*}, K.G. Kouamé¹ & A.M. Offoumou¹

Keywords: Two days old Maggots- Nitrogen balance- Growing rats

Résumé

Les bilans azotés des farines d'asticots de 2 jours séchés pendant 12, 24 et 48 heures à 70 °C ont été étudiés. Parmi elles, la farine dérivée d'asticots séchés durant 24 heures a le meilleur bilan azoté, du reste inférieur à celui de la caséine. Toutefois, au regard de la valeur de leurs bilans azotés, ces farines d'asticots séchés apparaissent globalement comme une source potentielle de protéine pour l'alimentation animale.

Summary

Nitrogen Balance of Dried Maggots' Meal in Growing Rats

The nitrogen balances of two days old maggots dried during 12, 24 and 48 hours at 70 °C were determined. Among them, the meal derived from maggots dried during 24 hours has the best nitrogen balance, moreover inferior than that of casein. However, in regard to the value of their nitrogen balances, these dried maggots meals appear globally as a potential protein source for animal feeding.

1. Introduction

Les coûts élevés des protéines alimentaires constituent en partie un frein au développement de l'élevage en Afrique (4). Ce constat commande la recherche d'autres sources protéiques bon marché et accessibles à tous.

Les asticots, biodégradeurs de la matière organique, ont fait l'objet de plusieurs travaux qui ont montré la possibilité de leur utilisation dans l'élevage comme protéine alimentaire (6, 10, 11, 16, 17, 24).

Par ailleurs, il apparaît qu'en zone tropicale, la production d'asticots de mouches en quantité est possible à partir d'une large gamme d'ordures ménagères et de sous-produits agricoles (5, 14, 15, 20).

C'est pourquoi, cette étude complémentaire a pour but de déterminer les bilans azotés des farines des asticots de mouches des déchets de ménage et sous-produits agricoles chez le rat en croissance, dans la perspective d'une utilisation à grande échelle dans l'élevage.

2. Matériel et méthodes

2.1. Animaux et logements

Les animaux sont des rats mâles de race Wistar en croissance (45-65 jours) issus de l'animalerie de notre laboratoire.

Les rats sont logés dans des cages à métabolisme individuelles à fonds grillagés qui permettent de retenir les fèces en amont et de recueillir en aval les urines, qui se déversent dans des bocal par un entonnoir fixe. Les cages sont munies de râteliers et de biberons pour alimenter et abreuver les animaux.

2.2. Production d'asticots

Les épluchures d'ignames et les restes de poissons frais sont disposés en couches dans une demi-barrique, puis rendus accessibles aux mouches. Ces mouches, essentiellement du genre *Calliphora* y sont attirées en nombre par les restes de poissons frais. Tout se déroule dans une pièce ouverte sur trois côtés mais protégée par du grillage. Après 24 heures d'ensemencement des substrats, la demi-barrique est couverte. Deux jours plus tard, les asticots avec le substrat sont versés dans de l'eau bouillante. Les asticots morts flottant en surface sont cueillis avec une écumeoire.

2.3. Composition alimentaire des régimes

2.3.1. Données de base pour la formulation des régimes

Il s'agit d'une étude de la qualité d'une protéine alimentaire. Ainsi dans les différents régimes (protéinés), le taux protéique est fixé à 9- 10% (1, 9, 13, 19, 21) avec un niveau énergétique égal à 4.200 kcal pour 1.000 g de matières sèches (1, 22, 25).

Les proportions de glucides et de lipides des régimes sont obtenues par calcul. Et ce, de manière à satisfaire le niveau calorique requis des régimes, en tenant compte des apports énergétiques des glucides (4 kcal pour 1 g), des lipides (9 kcal pour 1 g) et des protéines (4 kcal pour 1 g) (Tableau 1- 1).

Tableau 1- 1
Besoins en macro- composants des rats

Protéine	9- 18%
Glucide	53,5- 70%
Lipide	3- 10%

Sources: U.A.R.- 1.03, Adrian *et al.*(1).

2.3.2. Farines d'asticots (F.A.S.)

Les asticots de deux jours d'âge récoltés, sont séchés à l'étuve à 70 °C pendant 12, 24 et 48 heures. Ensuite, ils sont moulus. Ainsi sont obtenus F.A.S.₁₂, F.A.S.₂₄ et F.A.S.₄₈; le nombre en indice indique la durée de séchage des asticots.

2.3.3. Autres intrants alimentaires des régimes

L'amidon de maïs blanc (Merck) est la principale source de glucides. L'huile de maïs (Lesieur) apporte les acides gras essentiels. La caséine représente la source de protéine témoin. Le mélange vitaminé et minéral a été préparé au laboratoire selon les indications de Pawlak et Pion (22) (Tableaux 1- 2 et 1- 3).

2.3.4. Régimes alimentaires

Les régimes ont été préparés au laboratoire selon la méthode et les indications de Pawlak et Pion (18). Au total, cinq régimes iso-caloriques (4.200 kcal/kg de matières sèches) dont quatre iso-protéiques (10%, soit 100 g/kg de matières sèches) sont préparés. L'autre est sans protéine, c'est le régime protéoprive (P.P.) (Tableau 2).

¹Laboratoire de Nutrition et Pharmacologie UFR-Biosciences, Université de Cocody, 22 B.P. 582, Abidjan 22, Côte d'Ivoire.

* Adresse de correspondance: email: bouafou_k@yahoo.fr

Reçu le 25.08.04 et accepté pour publication le 24.01.06.

Tableau 1- 2
Besoins en minéraux des rats en croissance (par kg de M.S.)

Eléments	Besoins	Quantité de sel par kg de M.S.	Sels
Sodium	2 g	5,0761 g	NaCl
Potassium	3 g	5,3003 g	K ₂ CO ₃
Magnésium	1 g	3,4722 g	MgCO ₃
Phosphore	7 g	30,7017 g	CaHPO ₄
Calcium	10 g	2,4345 g	CaCO ₃
Fer	60 mg	342,8 mg	NH ₂ Fe
Manganèse	40 mg	8,368 mg	MnCO ₃ -H ₂ O
Cuivre	10 mg	39,37 mg	CuSO ₄ -H ₂ O
Zinc	30 mg	132,16 mg	ZnSO ₄ -H ₂ O
Fluor	5 mg	11,06 mg	NaF
Iode	200 µg	0,26 mg	KI
Cobalt	100 µg	0,20 mg	CoCO ₃
Sélénium	100 µ	0,14 mg	SeO ₂
Aluminium	100 µg	1,74 mg	AlK(SO ₄) ₂ H ₂ O

Source: Pawlak et Pion, (22).

Tableau 1- 3
Besoins en vitamines des rats en croissance

Vitamines	Besoins (par kg de M.S.)
A	4. 375 U.I.
Acide folique	2 mg
Acide para- aminobenzoïque	1.000 mg
B 1	18 mg
B 2	30 mg
B 6	18 mg
B 12	0,06 mg
C (acide ascorbique)	200 mg
D 2	3 .750 U.I.
E	60 mg
Inositol	1.000 mg
K 1	10 mg
Pantothénate	60 mg
P.P.	60 mg

Source: Pawlak et Pion, (22).

2.4. Constitution des lots d'animaux et expérimentation animale

A chaque régime alimentaire correspond un lot de cinq rats en croissance.

L'expérimentation animale qui s'est faite selon la méthode de Adrian *et al.* (1) comporte deux phases: une expérience de croissance qui a duré 12 jours et celle des bilans azotés qui a couvert les cinq derniers jours de la première. En effet le bilan azoté reste l'une des méthodes les plus "robustes" d'exploration du métabolisme azoté. Un bilan azoté significatif doit être réalisé sur une période minimale de 3 jours et idéalement de 5 jours (3).

2.4.1. Conduite de l'expérience et mesures effectuées

Les régimes sont distribués *ad libitum* une fois par jour (les matins à heure fixe) sous forme de purée, pour éviter les gaspillages. L'eau est servie à volonté et renouvelée à intervalle de trois jours.

Les animaux sont pesés au démarrage de l'expérience puis à intervalle de deux jours. La dernière pesée a eu lieu à la fin de l'expérience. La croissance est déterminée par la différence entre le poids initial et le poids final.

Tableau 2
Teneurs en composants classiques des régimes alimentaires (g/kg de M.S.)

Composants	Régimes				
	Protéoprive (P.P.)	Témoin (Caséine)	F.A.S. ₁₂	F.A.S. ₂₄	F.A.S. ₄₈
Protéines	0,000	105,260	141,500	139,232	140,838
Prémélange macro- éléments	46,975	46,975	44,060	44,861	43,922
Prémélange oligo- éléments	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600
Prémélange vitaminique	4,200	4,200	4,200	4,200	4,200
Prémélange huile de maïs et vitamine D2	21,400	21,400	21,400	21,400	21,400
Agar-agar	27,000	27,000	27,000	27,000	27,000
Amidon de maïs	818,025	722,235	660,200	658,807	665,970
Huile de maïs	81,800	72,330	101,040	103,900	106,000
Totaux	1.000,000	1.000,000	1.000,000	1.000,000	1.000,000
Energie brute (kcal/kg M.S.)	4.200	4.200	4.200	4.200	4.200

F.A.S.₁₂: le nombre en indice (12) indique la durée de séchage des asticots à l'étuve à 70 °C.

N.B.: L'énergie brute des régimes a été calculée en se référant aux valeurs de combustion des différents nutriments sur la base de 4 kcal pour 1 g de protéine, 4 kcal pour 1 g de glucide et 9 kcal pour 1 g de lipide.

La différence entre les quantités d'aliments servis et les restes (y compris les pertes), rapportée à la matière sèche permet de déterminer la quantité consommée.

Au cours de l'expérience des bilans azotés, les urines et les fèces sont collectés chaque jour, pesés puis conservés à - 10 °C pour analyses.

2.4.2. Prélèvement et pesée d'organes

A la fin de la période expérimentale, les animaux ont été anesthésiés à l'éthyle uréthane puis sacrifiés pour le prélèvement de l'iléon, des reins et du foie. Tous les organes ont été rincés au sérum physiologique, déshumidifiés et pesés. L'iléon a été vidé de son contenu avant d'être pesé.

2.5. Analyses chimiques

2.5.1. Taux d'humidité

Il est déterminé par étuvage à 70 °C jusqu'à l'obtention d'une masse constante de l'échantillon prélevé (5 g pesés avec une balance Sartorius à précision égale à 0,1) (2).

2.5.2. Taux de protéine (2)

Les protéines des produits solides et des liquides ont été dosées selon la technique Kjeldahl par un auto distillateur (2200 Kjeltex- autodistillation, FOSS TECATOR) avec un coefficient de conversion de l'azote en protéine égal à 6,25.

2.5.3. Taux de matière grasse

La matière grasse est extraite à l'ébullition à partir de 5 g d'échantillon (pesés avec une balance Sartorius à précision égale à 0,001) par l'hexane pur, dans un appareil de Soxhlet à 80 °C. Après évaporation de l'hexane à l'évaporateur rotatif à bain chaud (Rotavapor), le ballon préalablement taré est refroidi au dessiccateur avec son dépôt et pesé (2).

2.5.4. Taux de cendre

La teneur en cendre est obtenue par pesée du résidu de 5 g (pesés avec une balance Sartorius à précision égale à 0,1) de l'échantillon incinéré à 550 °C pendant 24 heures, dans un four à moufle (Select horn, P selecta) (2).

2.5.5. Teneurs en minéraux

Le sodium (Na), le potassium (K), et le calcium (Ca) sont dosés par spectrophotométrie d'absorption atomique au photomètre de flamme (PFP 7) à partir du filtrat de la cendre de l'échantillon (2).

2.6. Expression des paramètres d'étude de la valeur nutritionnelle

(Tableau 3).

Tableau 3
Expression des paramètres d'étude de la valeur nutritionnelle

Paramètres	Expressions mathématiques
Matière sèche ingérée (M.S.I.)	Quantité totale de matière sèche (de l'aliment) ingérée durant la période d'expérimentation
Protéine totale ingérée (P.T.I.)	$P.T.I. (g) = M.S.I \times \% \text{Protéine du régime}$
Gain de poids (G.P.)	Poids final – poids initial
Protéine totale ingérée (P.T.I.)	$M.S.I \times \% \text{Protéine du régime}$
Coefficient d'efficacité alimentaire (C.E.A.)	$C.E.A. = G.P. (g) / M.S.I. (g)$
Coefficient d'efficacité protéique (C.E.P.)	$C.E.P. = G.P. (g) / P.T.I. (g)$
Digestibilité apparente (D.a)	$D.a = (I - F) / I$
Digestibilité réelle (D.r)	$\text{Protéine absorbée (A)} / \text{Protéine ingérée (I)} \text{ ou } I - (F - Fpp/I)$
Rétention protéique (R.P.)	$R.P. = I - (F - Fpp) - (U - Upp)$
Protéique nette utilisée (P.N.U.)	$P.N.U. = I - (F - Fpp) - (U - Upp) / I$

F: protéine excrétée par les fèces d'un sujet autre que celui soumis au régime sans protéine.

Fpp: protéine excrétée par les fèces d'un sujet soumis au régime sans protéine.

I: protéine ingérée.

U: protéine excrétée par les urines d'un sujet autre que celui soumis au régime sans protéine.

Upp: protéine excrétée par les urines d'un sujet soumis au régime sans protéine.

3. Résultats

3.1. Composition chimique des farines d'asticots séchés

La composition chimique des farines d'asticots âgés de deux jours, séchés à l'étuve pendant différentes durées (12, 24 et 48 heures) est consignée dans les tableaux 4- 1 et 4- 2.

Les analyses indiquent que les asticots sont riches en protéines avec 41,9% par rapport à la matière sèche (M.S.) et en matière grasse avec 34,4% de la M.S. cependant, leurs teneurs en minéraux sont faibles.

Tableau 4- 1

Composition chimique moyenne de chaque farine d'asticots séchés (F.A.S.) (% M.S.)

	F.A.S. ₁₂	F.A.S. ₂₄	F.A.S. ₄₈
Protéine	41,090	42,490	42,050
Matière grasse	28,535	37,096	37,538
Cendre	7,180	6,370	6,160
Sodium (Na ⁺)	0,403	0,416	0,387
Potassium (K ⁺)	0,510	0,533	0,444
Calcium (Ca ⁺⁺)	0,056	0,049	0,052
Matière sèche	25,680	25,870	26,130

Tableau 4- 2

Composition chimique moyenne des 3 types de F.A.S. (% M.S.)

Farine d'asticots séchés de deux jours d'âge	
Protéine*	41,88 ± 0,72
Matière grasse*	34,39 ± 5,08
Cendre*	6,57 ± 0,54
Sodium* (Na ⁺)	0,40 ± 0,02
Potassium* (K ⁺)	0,50 ± 0,05
Calcium* (Ca ⁺⁺)	0,06 ± 0,01
Matière sèche*	25,90 ± 0,23

(*) = valeurs moyennes suivies de leurs écart- types.

3.2. Bilan azoté

3.2.1. Matière sèche ingérée (M.S.I.)

La M.S.I. s'élève à 6,30 ± 0,02 g/j pour le régime témoin; elle est supérieure aux valeurs obtenues avec les régimes

Tableau 5
Résultats des essais de croissance

Régimes Paramètres	Régime protéoprive	Régime Témoin	Régime F.A.S. ₁₂	Régime F.A.S. ₂₄	Régime F.A.S. ₄₈
M.S.I. (g)*	37,36 ± 2,474	75,60 ± 2,079	50,90 ± 2,760	60,34 ± 6,500	55,99 ± 3,490
M.S.I. (g/j)*	3,11 ± 0,206	6,30 ± 0,170	4,24 ± 0,230	5,03 ± 0,540	4,66 ± 0,290
P.T.I. (g)*	-	7,56 ± 0,210	5,09 ± 0,280	6,03 ± 0,650	5,59 ± 0,350
P.T.I. (g/j)*	-	0,63 ± 0,020	0,42 ± 0,020	0,50 ± 0,050	0,46 ± 0,030
G.P. (g)*	-12,26 ± 5,200	24,22 ± 9,580	5,90 ± 5,540	5,96 ± 4,140	12,08 ± 1,740
G.P. (g/j)*	-1,02 ± 0,430	2,02 ± 0,800	0,49 ± 0,460	0,49 ± 0,340	1,00 ± 0,140
C.E.A.*	-0,33 ± 0,150	0,32 ± 0,130	0,11 ± 0,110	0,09 ± 0,050	0,22 ± 0,030
C.E.P.*	-	3,20 ± 1,250	1,13 ± 1,070	0,95 ± 0,530	2,16 ± 0,340

(*)= valeurs moyennes suivies de leurs écart- types.

à base de F.A.S. (4,24 ± 0,23 - 5,028 ± 0,54 g/j.). La M.S.I. la plus élevée des régimes testés est obtenue au régime F.A.S.₂₄ (5,03 ± 0,54 g/j) (Tableau 5).

3.2.2. Protéines totales ingérées (P.T.I.)

Les niveaux d'ingestion protéique les plus élevés sont obtenus avec le régime témoin d'une part (7,56 ± 0,21 g) et le régime F.A.S.₂₄ (6,03 ± 0,65 g) d'autre part (Tableau 5).

3.2.3. Gain de poids (G.P.)

Tous les animaux, à l'exception de ceux nourris au régime sans protéine, ont pris du poids. Les G.P. des régimes F.A.S. se situent entre 0,49 ± 0,34g/j et 1,00 ± 0,144 g/j. Les rats ayant les croissances les plus fortes sont ceux soumis aux régimes de référence (2,02 ± 0,8 g/j) et F.A.S.₂₄ (1,00 ± 0,14 g/j) (Tableau 5).

3.2.4. Coefficient d'efficacité alimentaire (C.E.A.)

Le régime témoin a un C.E.A. (0,32 ± 0,12) supérieur à ceux des régimes F.A.S. (0,09 ± 0,053 - 0,21 ± 0,03). Pour les régimes asticots, l'aliment le plus efficace est le régime F.A.S.₄₈ (0,21 ± 0,03) (Tableau 5).

3.2.5. Coefficient d'efficacité protéique (C.E.P.)

Les C.E.P. les plus élevés sont obtenus avec le régime témoin (3,18 ± 1,24) et F.A.S.₄₈ (2,16 ± 0,34) (Tableau 5).

3.2.6. Coefficient de digestibilité des protéines

La digestibilité réelle du régime témoin (caséine) s'élève à 95%; elle est supérieure à celles des régimes asticots qui varient entre 77% et 86%. C'est le régime F.A.S.₁₂ qui a la digestibilité la plus élevée (86%) (Tableau 6).

3.2.7. Poids des organes

Les poids relatifs du foie, des reins et de l'iléon (en pourcentage du poids vif) mesurés sur les animaux consommant les régimes F.A.S. sont légèrement plus élevés que ceux des animaux nourris avec le régime témoin (Tableau 7).

Tableau 7
Résultats de la biométrie des organes

Régimes Paramètres	Régime Témoin	Régime F.A.S. ₁₂	Régime F.A.S. ₂₄	Régime F.A.S. ₄₈
% poids (2) reins/poids corporel*	0,67 ± 0,07	0,93 ± 0,07	0,92 ± 0,09	0,76 ± 0,08
% poids foie/ poids corporel*	3,96 ± 0,26	4,38 ± 0,31	4,58 ± 0,05	4,08 ± 0,60
% poids iléon/ poids corporel*	0,38 ± 0,06	0,52 ± 0,06	0,55 ± 0,05	0,47 ± 0,12

(*)= valeurs moyennes suivies de leurs écart-types.

Tableau 6
Résultats des essais de bilans azotés

Régimes Paramètres	Régime Témoin	Régime F.A.S. ₁₂	Régime F.A.S. ₂₄	Régime F.A.S. ₄₈
Digestibilité apparente (D.a)	0,874	0,746	0,751	0,703
Digestibilité réelle (D.r)	0,950	0,840	0,777	0,794
Rétention protéique (R.P.)	3,06	1,37	1,95	1,86
Protéine nette utilisée (P.N.U.)	0,84	0,74	0,69	0,77

4. Discussion

Composition chimique des farines d'asticots séchés

Les analyses montrent que les F.A.S. sont une source appréciable de protéines et de lipides.

D'autres analyses effectuées (7, 10, 20) sur les farines de pupes séchées de mouches domestiques ont abouti à des valeurs de teneurs en protéines (43,5 à 53,4% de M.S.), comparables à celles que nous avons obtenues sur les asticots.

Nos dosages révèlent que les asticots ne sont pas riches en minéraux. En revanche, Dashefsky *et al.* (10) trouvent que la farine de pupes de la mouche domestique contient assez de phosphore, d'une grande bio disponibilité chez la volaille. Ce constat peut suggérer que la teneur minérale de la mouche dépend de son stade d'évolution.

Bilan azoté des farines d'asticots séchés

Plusieurs paramètres tels la consommation, la croissance, les coefficients d'efficacité alimentaire et protéique, la digestibilité et la biométrie d'organes ont permis d'évaluer les qualités des F.A.S. (1).

Les bilans azotés des asticots apparaissent inférieurs à celui de la caséine, utilisé comme protéine de référence dans les études de nutrition tant humaine qu'animale en raison de sa haute valeur nutritionnelle (26).

Néanmoins les valeurs de ces paramètres sont comparables à celles obtenues avec les farines de viande, de poisson, de soja ou de coton, qui sont les protéines conventionnellement utilisées dans l'alimentation du bétail, des volailles ou du poisson (18, 23).

Teotia et Miller (23), se basant sur la composition de la carcasse, les gains de poids, la prise et la conversion d'aliment, ont montré qu'il n'y a pas de différence significative ($p < 0,05$) entre des poussins nourris avec des pupes séchées de mouches et ceux nourris à partir d'un aliment standard.

L'analyse de l'effet du traitement thermique que nous avons fait subir aux asticots révèle un effet bénéfique de leur séchage pendant 24 heures. Ces observations suggèrent que les asticots, qui vivent dans des milieux pollués, soient contaminés par des substances thermolabiles, probablement peu toxiques, dont les effets peuvent être atténués partiellement par le séchage.

Cependant, cela n'a pas eu que des effets bénéfiques puisque un séchage de 48 heures à 70 °C a entraîné une baisse de la digestibilité des protéines d'asticots. Cheftel *et al.* (9) expliquent ces observations par le fait que le traitement thermique sévère appliqué à des systèmes protéiques modèles contenant très peu de glucides (viande ou poisson), conduit à la formation de ponts covalents

isopeptidiques entre résidus de lysine et de glutamine ou d'asparagine. Du point de vue nutritionnelle, la formation de ponts covalents isopeptidiques entre résidus de lysine et de glutamine ou d'asparagine. Du point de vue nutritionnelle, la formation de ces ponts intra ou intermoléculaires abaisse la digestibilité des protéines.

La légère hypertrophie des organes (les reins, le foie et l'iléon) des animaux nourris avec les régimes asticots est la manifestation que ces régimes renferment des substances difficilement métabolisables, imposant donc à ces organes un surcroît d'activité (1).

5. Conclusion

Quoique constitués à plus de 70% d'eau à l'état frais, les asticots de deux jours séchés se sont révélés une source appréciable de protéines et de matières grasses. En effet après séchage, leur teneur protéique atteint 42% de la M.S., mais ils ne sont pas une bonne source de minéraux. Les essais de nutrition réalisés sur des rats en croissance ont permis de montrer qu'un séchage adéquat des farines d'asticots de deux jours donnait des produits aux caractéristiques alimentaires et nutritionnelles comparables aux farines de viande, de poisson, de soja ou de coton, utilisées habituellement comme sources de protéines dans l'alimentation animale.

Cependant, la légère hypertrophie des organes (les reins, le foie et l'iléon) des animaux nourris avec les régimes asticots commande d'autres études afin de prescrire l'utilisation optimale des asticots en élevage.

Références bibliographiques

- Adrian J., Rabache M. & Frangne R. 1991, Techniques d'analyse nutritionnelle. *In*: Principes de techniques d'analyse. Ed. Lavoisier TEC & DOC Paris, 451-478.
- A.O.A.C., 1975, Official methods of analysis, 12th ed. Wash., DC.
- Beaufrère B., 1993, Evaluation du métabolisme protéique, *in*: Traité de Nutrition Pédiatrique, 14, 421-436.
- Bouafou K.G.M., 2000, Mise en place du Tarif Extérieur Commun (T.E.C.) au sein de l'U.E.M.O.A.: influence sur l'aviculture ivoirienne, mémoire de Maîtrise, 35 p.
- Burton M. & Burton R., 1973, Grand dictionnaire des animaux, tome 16, Bordas, Edito-Sce S.A.G. Genève, 196 p.
- Calvert C.C., Martin N.D. & Morgan N.O., 1969 (a), Housefly pupae as food for poultry. *J. Econ. Entom.* 62, 938-9.
- Calvert C.C., Martin N.D. & Morgan N.O. 1969 (b), Dual roles for houseflies in poultry manure disposal. *Poultry Sci.* 48, 179-3.
- Campbell J.A., 1961, Methodology of protein evaluation. PAG Document R. 10/Add. 37. Protein Advisory Group of United Nations System, United Nations, N.Y. 10017, U.S.A.
- Cheftel J.C., Cuq J.L. & Lorient D., 1985, Modification des protéines. *In*: Protéines alimentaires. Ed. Lavoisier TEC & DOC Paris, 255-277.
- Dashefsky H.S., Anderson D.L., Tobin E.N. & Peters T.M., 1976, Face fly pupae: a potential food supplement for Poultry, *Environment Entomology*, 1, 5, 680-682.
- Ekoué S.E. & Hadzi Y.A., 2000, Production d'asticots comme source de protéines pour jeunes volailles au Togo- Observations préliminaires. *Tropicicultura*, 18, 4, 212-214.
- Hardouin J., 1992, Termites and maggots use as feed: preliminary information, Proceedings of the seminar on Invertebrates (minilivestock) farming. *Philippine. Nov.* 1992.
- Hegsted D.M. & Chang Y., 1965, Protein utilization in growing rats. I. Relative growth index as a bioassay procedure. *J. Nutr.* 85, 159-168.
- Imai C., 1984, Population dynamics of houseflies, *Musca domestica*, on experimentally accumulated refuse, *Research on population ecology*, 26, 353- 362.
- Keiding J., 1986, La mouche domestique, Guide de formation et d'information, Série lutte anti-vectorielle. Ed. O.M.S., 60 p.
- Loa C., 1998, Quelques données quantitatives en production d'asticots pour l'aviculture villageoise du nord du Cameroun- B.E.D.I.M. 2, 7, 1998.
- Loa C., 2000, Production et utilisation contrôlées d'asticots. *Tropicicultura*, 18, 4, 215-219.
- Lowe M.C., Kotula K.T. & Briggs G.M., 1985, The protein quality (P.E.R. and N.P.R.) of several powdered soybean food products in the rest. *Nutrition Reports International*, 32, 3, 547-557.
- Njaa L.R., 1963, A study on Mitchell method for determination of the biological value of protein. *John Boktrykkeri, Bergen, Norway*.
- Nzamujo O.P., 1999, Technique for maggot production- The Songhai Experience (unpublished report).
- PAG guidelines, 1972, PAG guidelines for preclinical, testing of novel sources of protein, *PAG bulletin*, 4, 3, 21-22.
- Pawlak M. & Pion R., 1968, Influence de la supplémentation des protéines de blé par les doses croissantes de lysine sur la teneur en acides aminés libres du sang et du muscle du rat en croissance. *Ann. Biol. Bioch. Biophys.* 7, 517-530.
- Teotia J.S. & Miller B.F., 1971, Nutritive content of fly pupae and manure residue (unpublished report).
- Tiemoko Y. & Tawfik E., 1998, Effects of starter protein level on the growth performance of broiler chicks raised in the humid tropics. *Animal research and development*, 30, 77-83.
- Vermorel M., Toullec G., Durand D. & Pion R., 1975, Valeur protéique et énergétique des algues bleues spirulines supplémentées en acides aminés: utilisation digestive et métabolique par le rat en croissance, *Ann. Nutr. Alim.* 29, 6, 535-552.
- Who, 1985, Energy and proteins requirements, 5-205.

K.G.M. Bouafou, Ivoirien, Doctorant (4^e année thèse unique de Nutrition Animale) au Laboratoire de Nutrition et Pharmacologie, UFR-Biosciences, Université de Cocody, 22 B.P. 582, Abidjan 22, Côte d'Ivoire.

K.G. Kouamé, Ivoirien, Maître-assistant, Nutritionniste, S/Directeur du Laboratoire de Nutrition et Pharmacologie, UFR-Biosciences, Université de Cocody, 22 B.P. 582, Abidjan 22, Côte d'Ivoire.

A.M. Offoumou, Ivoirien, Professeur titulaire de Physiologie Animale, Directeur du Laboratoire de Nutrition et Pharmacologie, UFR-Biosciences, Université de Cocody, 22 B.P. 582, Abidjan 22, Côte d'Ivoire.

Conception d'un épandeur de fumures organiques pour les exploitations à traction animale d'Afrique

O.Y. Azouma^{1,3*}, F. Giroux² & D. Varchon³

Keywords: Manure spreader- Participatory approach- Manufacturing skill- Maintenance- Togo

Résumé

Les engrais organiques constituent un facteur indispensable de durabilité des systèmes de production agricole. Aujourd'hui les paysans de l'Afrique de l'ouest, exploitant des fermes de 0,5 à 5 hectares, réalisent manuellement l'opération d'épandage de cette fumure organique. Dans le but de réduire la pénibilité de ce travail et d'intensifier l'utilisation de la fumure organique, une équipe pluridisciplinaire de conception composée de chercheurs, de paysans, et d'un équipementier local, a proposé une solution technique à ce problème à travers une démarche participative. La caractérisation fonctionnelle, sociale, et économique, du besoin des paysans a été réalisée par des enquêtes et par des mesures des temps de travaux d'épandage tels qu'ils sont pratiqués traditionnellement au Togo, intégrant une analyse physico-chimique des fumures utilisées. Un cahier des charges fonctionnel a été ainsi réalisé, faisant apparaître un coût objectif de 400.000 FCFA pour l'équipement à concevoir. En croisant ces caractéristiques avec un état de l'art sur les systèmes d'épandage de fumure organique, l'étude s'est orientée vers la conception d'une charrette épandeuse. Cette charrette épandeuse réalisée et en cours d'expérimentation intègre le potentiel local de fabrication, tant au niveau des matériaux disponibles que des savoir-faire, et les capacités de maintenance des utilisateurs finaux.

Summary

Design of an Animal-drawn Manure Spreader for Small Farms in Africa

Organic manures are an essential factor of sustainability of agricultural farming systems. West African peasant, owner of small farms from 0.5 to 5 ha, manually carries out the spreading of manure. In order to reduce the difficulty of this work and to intensify the use of organic manures, a multidisciplinary design team made up of researchers, peasants and a local equipment manufacturer proposed a technical solution to this problem through a participatory approach. The functional, social and economic characterization of the farmers' needs was carried out by inquiries and by measurements of the working times using traditional spreading methods in Togo. A physico-chemical analysis of the organic manures used was also carried out. Functional specifications were thus defined, giving a target cost of 400,000 FCFA to design and construct the equipment. By crossing the user's requirements with a state-of-the-art for systems of manure spreading, the study was oriented to a multipurpose ox cart, combining the traditional function of materials transportation and the manure spreading function. The equipment designed integrates local manufacturing skills, availability of materials and manufacturing know-how, and maintenance skills that the final user can carry out.

Introduction

En Afrique de l'ouest, le nombre très important des petites exploitations, cas de plus de 80% des actifs agricoles dans plusieurs pays (2, 7, 14, 15, 18), la pénibilité du travail manuel et la faiblesse des moyens financiers limitent fortement l'usage de la fumure organique malgré son intérêt agronomique et son impact sur la durabilité des systèmes de culture. Ceci justifie le besoin latent d'un équipement agricole adéquat pour améliorer la productivité du paysan au niveau de l'application de fumures organiques. Les équipements qui pourraient être importés des pays du nord ne conviennent pas en matière de capacité et de coût. La copie et la conception adaptative de matériels souvent conçus à l'extérieur, généralement retenues pour le développement des équipements dans les pays du sud ont montré leur limites, en particulier lorsqu'il s'agissait d'innover dans un domaine peu ou mal connu (9, 12). Pour satisfaire les attentes des acteurs des secteurs agricole et agroalimentaire, l'intégration de la fabrication et de la maintenance dans la conception constitue un aspect essentiel de la recherche. Face aux différents problèmes posés, nos travaux ont eu pour objectifs: d'intégrer la fabrication et la maintenance, le plus en amont dans le processus de conception d'un équipement afin de prendre en compte l'ensemble de son cycle de vie; de concevoir un épandeur de fumure organique pour accroître la productivité et la qualité des pratiques paysannes d'épandage et contribuer ainsi à la protection du sol contre son appauvrissement et sa dégradation. Cet article présente

la démarche et les résultats des travaux de conception d'une charrette épandeuse adaptée aux conditions des paysans de l'Afrique de l'ouest.

Matériels

Les matériels utilisés pour l'étude concernent: des fiches d'enquêtes économiques et socio-techniques; des fiches de suivi des opérations d'épandage et d'analyse granulométrique; des chronomètres, un décamètre, un appareil photo et du matériel informatique; une étuve Memmert et un pH-mètre Tacussel; un dispositif vibrant et des jeux de tamis de mailles de 2 à 63 mm; des échantillons de compost, de terreau et de fumiers provenant de l'élevage de volailles, petits ruminants et gros bétail; une maquette fonctionnelle constituée d'un fond mouvant muni de deux poulies fixées sur l'axe d'entraînement puis un hérisson comportant deux poulies; des masses marquées constituées essentiellement de pièces de récupération; une balance à cadran circulaire de capacité maximale de 10 kg, de précision 50 g; une balance de capacité maximale de 150 kg pour peser le fumier, précision 500 g; un câble de frein en acier pour accrocher les masses marquées: 0,002 m de diamètre, 1 m de long et dont le poids est inférieur à 0,050 kg donc négligeable; un tachymètre portatif HT64/10 de capacité 0,16 à 167 tr.s⁻¹ (10 à 10.000 tr / min).

^{1*} Auteur correspondant.

¹ Ecole Supérieure d'Agronomie, Université de Lomé, B.P. 1515, Lomé, Togo.

² Centre de coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement, 73 rue J.-F. Breton, 34398 Montpellier Cedex 05, France.

³ Laboratoire de Mécanique Appliquée R. Chaléat, Université de Franche-Comté, 24 rue de l'Épitaphe, 25000 Besançon, France.

e-mail: azouma@yahoo.com / giroux@cirad.fr / daniel.varchon@univ-fcomte.fr

Reçu le 18.11.05 et accepté pour publication le 24.01.06.

Tableau 1
Composition de l'équipe de recherche locale et collaboration

Organismes locaux	Compétences	Compétences associées
UL/ESA ONG-RAFIA UPF et SOTOCO	Mécanisation agricole Agronomie – vulgarisation Fabrication d'équipements	Paysans pays du Sud Retour des expériences Vulgarisation traction animale
Appui méthodologique		
LMARC CIRAD-AMIS CEMAGREF	Mécanique appliquée Méthode de conception Technologies d'épandage	Paysans pays du Nord Epandeurs à traction animale Retour des expériences

Méthode

Approche participative

A partir de l'identification du besoin réel d'un épandeur, une équipe constituée de chercheurs, de paysans et d'un équipementier (Tableau 1) utilise la méthode CESAM (9, 12), «Conception d'équipements dans les pays du sud pour la production agricole et agroalimentaire, méthode» pour organiser le processus de conception permettant de déboucher sur une solution technique.

Enquêtes

Une enquête auprès d'un échantillon de 19 paysans dans la région des savanes du Togo a permis d'analyser le besoin et ses aspects socio-économiques puis d'identifier les problèmes de maintenance des équipements exploités. Elle s'est déroulée en deux étapes: un entretien avec le groupe de paysans (brainstorming) puis une enquête individuelle à l'aide d'un questionnaire. Une collecte d'informations sur les pratiques d'épandage de fumures organiques en milieu paysan au Togo et au Burkina Faso a été réalisée: photos, description des méthodes, mesures de temps de travaux. Shiba (20) montre qu'avec une douzaine de clients du futur produit, on collecte 70% de la richesse d'informations et au-delà de 20 clients, l'apport d'informations nouvelles

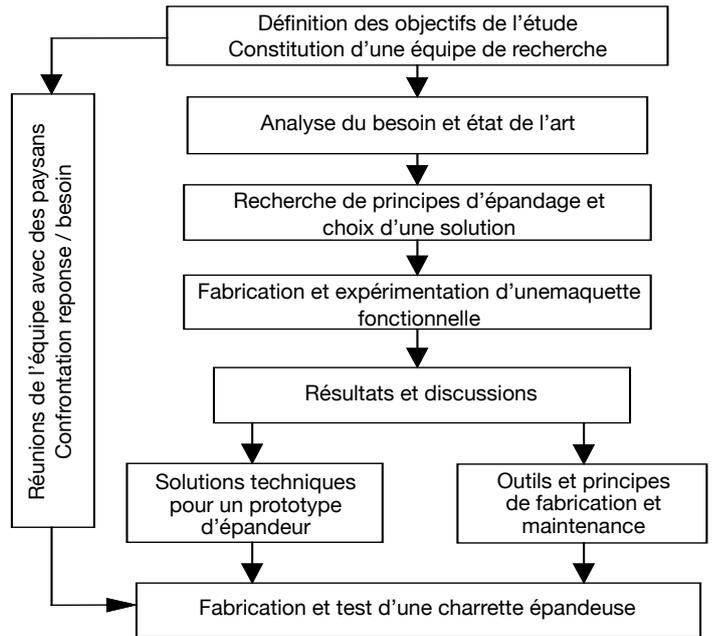


Figure 1: Démarche de conception de l'épandeur.

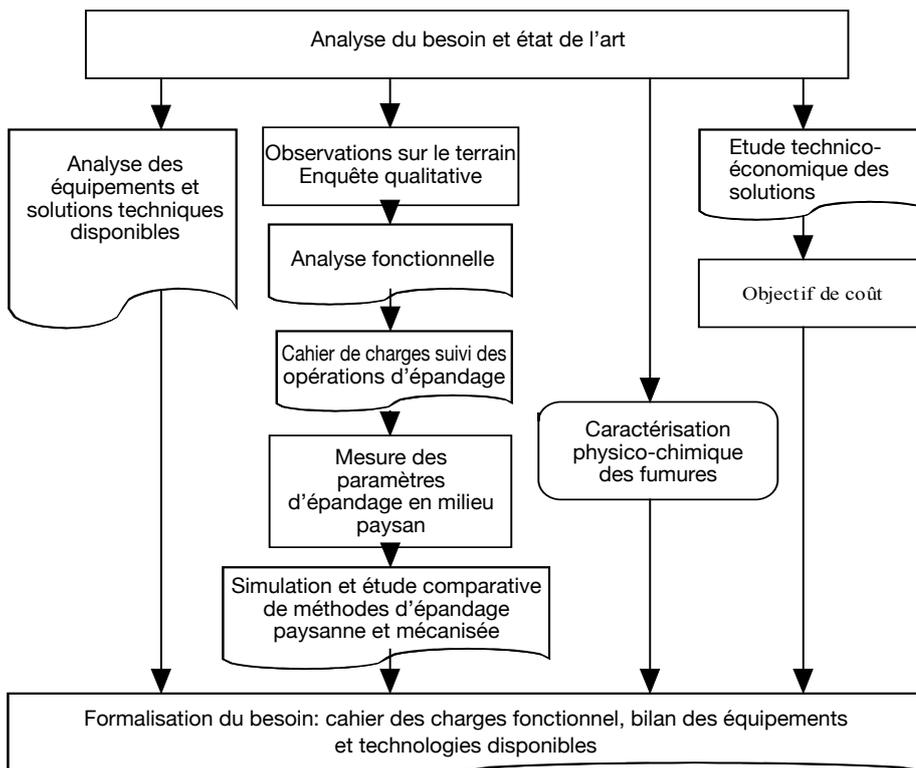


Figure 2: Étapes de formalisation du besoin d'épandeur

Tableau 2
Taux d'humidité de différentes fumures organiques

Type de fumure	Poids fumure humide (10 ⁻³ kg)	Poids fumure sèche (10 ⁻³ kg)	Taux d'humidité (%)	Humidité moyenne (%)
C1	92,9	67,1	27,77	28,00
	13,7	10	27,0	
	13	9,2	29,23	
C2	40,2	33,1	17,66	18,59
	11,2	8,7	22,32*	
	12,3	9,9	19,51	
BBN	70,9	33,8	52,32	51,30
	16,3	8,1	50,30	
	27,1	13,2	51,29	
BBM	61	32,5	46,72	46,79
	14,3	7,6	46,85	
	11,2	6,8	39,28*	
BAT	55,3	49,3	10,84	9,88
	18,9	17	10,05	
	16,0	14,6	8,75	
FPR	63,3	44,2	30,17	29,53
	12,7	9	29,13	
	11,6	8,2	29,31	
FN	59,8	56,6	5,35	4,38
	15,1	14,5	3,97	
	10,4	10	3,84	

C1: compost; C2 : Terreau; BBN : Bouse de bovins de Naloaté; BBM : Bouse de bovins de Matiga; BAT : Bouse d'ânes de Timbou; FPR : Fèces de petits ruminants; FN : Fientes de volaille de Naloaté. * Les valeurs avec l'astérisque n'ont pas été prises en compte dans le calcul de l'humidité moyenne.

Tableau 3
pH de différents types de fumure organique

Type de fumure	pHeau	pH _{KCl}
C1	9,1	7,9
C2	7,8	7,5
BBN	9,2	8,5
BBM	9	8,1
FPR	9,9	9,4
FN	6,8	6,7
BAT	9,3	8,4
pHmoyen	8,7	8,0

devient marginal. L'équipe de conception s'inspire de ce principe et consulte les utilisateurs tout au long du processus de conception de l'épandeur (Figures 1 et 2). Les données des enquêtes ont été traitées manuellement et à l'aide du logiciel excel. Des échantillons de compost, terreau et de fumiers provenant de l'élevage de volailles, petits ruminants et gros bétails ont été prélevés en vue de leur caractérisation physico-chimique (1): granulométrie, mesure du taux d'humidité et du pH (Tableaux 2 et 3).

Recherche de la solution technique

Plusieurs principes et mécanismes d'épandage des engrais ont été étudiés à travers une recherche documentaire (3, 5, 8, 10, 13, 16, 17, 19, 21, 22) et des visites de paysans français pratiquant l'épandage à traction animale de fumures organiques. Une maquette fonctionnelle, de type fond mouvant et hérissos (Figure 3) a été fabriquée pour évaluer les couples, les puissances et tous les paramètres cinématiques indispensables pour la définition du prototype final répondant au cahier des charges.

Résultats et discussions

Enquêtes auprès des paysans

La production et l'épandage de fumures nécessitent du matériel adéquat, beaucoup de temps et d'effort humain. Interrogés sur différents types d'équipements proposés, tous les 19 paysans ont choisi une charrette épandeuse à traction animale et acceptent de payer jusqu'à 400.000 FCFA. L'évaluation des coûts prévisionnels montre que seule cette solution correspond au coût objectif (Tableau 4). La majorité des paysans préfère acheter l'épandeur auprès d'une institution, à titre individuel et à crédit (Tableau 5). En outre, ils sont favorables à deux autres modes d'exploitation de l'épandeur: offre de service d'épandage



Figure 3: Maquette fonctionnelle de l'épandeur fabriquée à l'UPF au Togo.

Tableau 4
Coût prévisionnel de modèles d'équipement d'épandage

Modèles de la recherche	Coût (FCFA)	Observations
Epandage motorisé		Tracteur « Agrimex »,
Variante I		P= 30 ch., 4 roues motrices
Tracteur (P ≤ 30 ch.)	7 550 000	Epandeur conçu à partir d'une charrette GP 1000
Epandeur à fond mouvant	550 000	L= 2 m ; l= 1,6 m ; h= 0,75 m
COÛT TOTAL I	8 100 000	
Variante II		Tracteur «Agrimex», P = 30 ch.
Tracteur	7 550 000	Eparpilleur, P= 20 – 25 ch.
Eparpilleur	1 000 000	
COÛT TOTAL II	8 550 000	
Epandage semi motorisé		Energie animale insuffisante
Une paire de bovins	240 000 +	Adaptation des animaux au bruit du moteur thermique P
Epandeur + moteur	550 000 +	= 10 ch.
	500 000	Moteur pour actionner le système d'épandage
COÛT TOTAL	1 290 000	
Epandage à traction animale		Bovin de 200 Kg à 600 FCFA / Kg
Une paire de bovins	240 000	Epandeur conçu à partir d'une charrette PP 1000
Epandeur	550 000	L= 1,6 m ; l= 1,3 m ; h= 0,75 m
COÛT TOTAL	790 000	

Tableau 5
Conditions d'acquisition de l'épandeur par le paysan

Choix du fournisseur	Rép./19	Mode de possession	Rép./19	Modalités de paiement	Rép./19
Institution	18	A titre individuel	14	Au comptant	00
Equipementier	01	En groupement	03	A crédit	19
		Autrement	02		
TOTAL	19		19		19

au village et l'entraide. L'analyse des problèmes rencontrés par les utilisateurs de matériels agricoles révèle trois actions essentielles à prendre en compte dans la conception de l'épandeur: l'amélioration de la résistance des pièces pour augmenter leur durée de service, la réduction des coûts de fabrication donc des prix de vente et l'élévation du niveau d'intervention de l'utilisateur sur son matériel (entretiens et réparations).

Caractérisation physico-chimique des fumures organiques

La quantité moyenne de fumure chargée par voyage correspond à la moitié de la charge utile des charrettes, soit 488 kg pour un volume moyen de 0,8 m³. Cela s'explique par la non utilisation de ridelles et de bardage des charrettes, pratique qui ne permet pas d'optimiser le chargement afin de réduire les temps de travaux (Figure 4). Les résultats de l'étude physico-chimique montrent que: les matériaux à épandre sont très hétérogènes, fibreux, pâteux ou poudreux; la taille moyenne des éléments est inférieure à 3 cm mais peut dépasser 6 cm; les fumures étudiées sont basiques avec $pH_{eau} = 8,7$ et $pH_{KCl} = 8,0$ sauf les fumiers issus de l'élevage de volailles sont très faiblement acide avec $pH_{eau} = 6,8$ et $pH_{KCl} = 6,7$; les taux d'humidité $\leq 51\%$. Les fumures organiques étudiées sont corrosives. Les matériaux de fabrication de l'épandeur devront être assez résistants et/ou protégés à l'aide de peintures antirouille, d'enduits à base de bitume, de caoutchouc (16). Les principes d'épandage de matériaux solides granulés ou non compacts ne sont pas applicables aux fumures organiques étudiées.



Figure 4: Transport de fumier avec une charrette sans ridelle et bardage.

Simulation et étude comparative des méthodes d'épandage

Résultats des mesures

Productivité du travail de chargement: $q_c = 650$ kg/hom. h;
Vitesse de transport aller/retour: $v = 1,11$ m.s⁻¹ (4 km/h);
Durée de déchargement par deux personnes: $t = 510$ s (8,5 min);
Productivité du travail d'éparpillage: $q_e = 2000$ kg/hom.h

Hypothèses de simulation

Superficie: S= 1 ha= 10.000 m²; Dose de fumure sur un hectare: Q= 6.500 kg (6,5 t); Déchargement: 1 ou 2 personnes/charrette; Distance du lieu de stockage du fumier à la parcelle: 1.000 m (1 km); Chargement des charrettes: 1, 2, 3 personnes. Eparpillement: 1 ou 2 personnes; Chargements considérés (kg): H1= 450, H2= 650, H3= 750; Vitesse d'éparpillement, v_e= 0,97 m. s⁻¹= 3,5 km/h; Largeur théorique d'éparpillement: L_e= 1,2 m.

Formules

La durée d'épandage manuel est composée de 4 temps: chargement, transport, déchargement, éparpillement, résumée par la formule ci-dessous.

Durée d'épandage pour un déchargement effectué par une personne

$$T = \frac{Q}{p \times qc} + \frac{D}{v} + 1,5t \times u \times m + \frac{Q}{p \times qc} \quad [1]$$

t: durée moyenne d'un déchargement par 2 personnes; u: nombre de voyage; m: nombre de tas de fumure par voyage; Q: dose de fumier/ha; p: nombre de personnes; qc: productivité du travail de chargement; D: distance; v: vitesse de transport; qe: productivité du travail d'éparpillement.

Une personne s'occupe de la conduite des animaux et le second du déchargement effectif de la fumure. Lorsque le déchargement est effectué par deux personnes, cas le plus souvent rencontré en milieu paysan, le coefficient 1,5 est supprimé.

Durée d'épandage mécanisé

$$T_m = \frac{Q}{p \times qc} + \frac{D}{v} + \frac{10.000}{L_e \times v_e} \quad [2]$$

Q: dose de fumier/ha; p: nombre de personnes; qc: productivité du travail d'éparpillement; D: Distance du lieu de stockage du fumier à la parcelle; v: Vitesse de transport aller/retour; L_e: Largeur théorique d'éparpillement; v_e: Vitesse d'éparpillement.

Le déchargement et l'éparpillement sont combinés, ce qui permet de réduire le temps d'épandage car les temps de chargement et de transport ne varient pas à la fois pour la méthode manuelle et celle mécanisée. La figure 5 montre que le gain de temps est de 4 à 5 h/ha lorsqu'une seule personne réalise l'éparpillement comparativement à la pratique manuelle paysanne. De 3 à 5 ha, une solution technique dans les limites de la capacité d'investissement du paysan permettrait de gagner 2 à 4 jours de travail de

5 heures/jour. En outre, la mécanisation de l'épandage présente plusieurs avantages: une charrette polyvalente: transport de produits divers et épandage de fumures; la réduction de l'évaporation de l'azote consécutif à l'exposition au soleil des tas de fumure; une répartition plus régulière et homogène de la fumure; la productivité du travail plus élevée pour un agriculteur et la promotion de l'utilisation de la fumure organique pour la conservation des eaux et des sols.

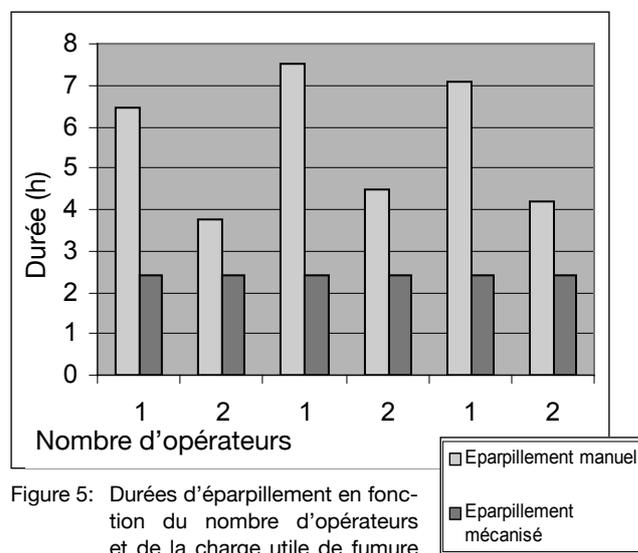


Figure 5: Durées d'épandage en fonction du nombre d'opérateurs et de la charge utile de fumure organique.

Estimation de l'énergie animale disponible

L'évaluation de l'énergie animale disponible est indispensable pour le choix des solutions techniques et le dimensionnement d'une charrette épandeuse. Le poids vif des bovins de trait couramment rencontrés en Afrique de l'ouest varie de 200 à 350 kg. Nous allons évaluer la puissance des bovins à partir de la force de traction et des vitesses de travail, 2 à 4 km/h.

$$F = 0,12 P \quad [3]$$

F: force de traction;

P: poids vif;

0,12: coefficient de la FAO (6) confirmé par Le Thiec (11), permet d'avoir une réserve d'effort de 2 à 4%.

Tableau 6
Force et puissance de traction d'une paire de bovins en Afrique de l'ouest

Source d'énergie	Poids vif moyen (kg)	Force de traction (N)	Puissance (Watt)			
			W1	W2	W3	W4
2 bovins	400	480	264	331,2	398,4	532,8
	500	600	330	414	498	666
	600	720	396	496,8	597,6	799,2
	700	840	496	579,6	697,2	932,4

Tableau 7
Résultats des essais en charge du hérisson

Désignation	Effort tangentiel (N)	Couple (Nm)	Vitesse tr.s ⁻¹ (tr/min)	Puissance (Watt)
Hérisson	52	1,5	3,33 (200)	31,6
	52	1,5	3,36 (202)	31,9
	52	1,5	3,35 (201)	31,7
Moyenne	52	1,5	3,35 (201)	31,7

Tableau 8
Résultats des essais en charge du fond mouvant

Charge utile (kg)	Effort d'entraînement (N)	Vitesse (m.s ⁻¹)	Puissance (Watt)
450	2250	0,008	36
650	3250	0,008	52
750	3750	0,008	60

Les animaux de trait qui actionnent les épandeurs de fumier conçus en Europe et en Amérique pèsent au minimum de 400 à 600 kg/animal, ce qui correspond à une force de 960 à 1440 N/paire d'animaux. Par comparaison avec les valeurs du tableau 6, l'énergie animale disponible en Afrique de l'ouest est faible.

Expérimentation de la maquette fonctionnelle

Le hériçon et le fond mouvant sont expérimentés à vide et en charge (Tableaux 7, 8).

La puissance nécessaire au fonctionnement à la fois du fond mouvant et du hériçon peut être fournie par les animaux. Cependant, la faiblesse de l'énergie d'une paire de bovins de trait en Afrique de l'ouest, la complexité du système fond mouvant et hériçon et les risques d'accident pour un utilisateur non assis au cours de la conduite de l'équipement, imposent une autre solution technique qui correspondrait au coût objectif par rapport à la capacité d'investissement des paysans.

A partir de l'analyse de six méthodes possibles d'épandage en traction animale (1) et considérant l'environnement technologique local, les contraintes socio-économiques, les aspects ergonomiques et techniques de l'utilisateur, l'équipe de conception a décidé de développer une charrette épandeuse (Figure 6). Le basculement de cet équipement d'un angle de 42° combiné aux secousses dues aux sols



Prototype a)

champêtres rugueux, permet d'épandre 1 m³ de fumure organique solide émietée par des hériçons traînés. Le mécanisme des hériçons est amovible et permet ainsi de charger et transporter aisément différents produits ruraux. Ce prototype réalisé intègre les capacités locales de fabrication (techniques et matériaux) et de maintenance préventive de l'utilisateur. La maintenance préventive confiée à l'utilisateur est identique à celle de la charrette: nettoyage, serrage de boulons et graissage.

Conclusion

La charrette épandeuse conçue à partir d'une approche participative et pluridisciplinaire répond aux besoins réels des producteurs agricoles africains: l'accomplissement des fonctions de service définies et l'intégration de la fabrication et maintenance locales. Les travaux, essais en milieu paysan et modifications, vont se poursuivre en vue d'obtenir un prototype final qui sera vulgarisé.

Remerciements

Les auteurs expriment leur gratitude à l'ONG RAFIA, à l'équipementier UPF (Togo) et à l'ONG IRCOD (France) pour leur participation aux travaux de recherche et / ou pour leur soutien financier. Nous remercions F. Thirion (CEMAGREF) et les agriculteurs J.-J. Marquart (Trondes) et J.-L. Cannelle (Lavier dans le Doubs) pour leurs conseils.



b)

Figure 6: Charrette épandeuse: a) position transport – b) position épandage.

Références bibliographiques

1. Azouma Y.O., 2005, Intégration de la fabrication et de la maintenance dans une démarche de conception pluridisciplinaire d'équipements agricoles et agroalimentaires pour l'Afrique. Thèse de doctorat en Génie industriel, Université de Franche-Comté, Besançon, pp. 103-152.
2. Bobobee E.Y.H., 1993, Energie humaine et animale dans les systèmes agricoles du Ghana: quelques expériences pp.132-136. In: FAO, Energie humaine et animale dans la production agricole. Actes de l'atelier, Harare, Zimbabwe 18-22 janvier 1993.
3. Cedra C., 1997, Les matériels de fertilisation et de traitement des cultures. France: coédition CEMAGREF, Lavoisier, ITCF et FNCUMA, 343 p.
4. Cedra C. & Cheze B., 1991, Lexique illustré du machinisme et des équipements agricoles. France: coédition CEMAGREF et LAVOISIER, 320 p.
5. CEEMAT, 1977, Manuel de motorisation des cultures tropicales. Techniques rurales en Afrique, tome I. Paris: Ministère de la Coopération française, pp. 445-470.
6. FAO, 1995, Sélection, essai et évaluation de machines et équipements

- agricoles. Bulletin des services agricoles de la FAO, N°115. Rome, 75 p.
7. Faure G., 1994, Mécanisation, productivité du travail et risque: le cas du Burkina Faso; Economie rurale N°219.
 8. Federal Ministry of Agriculture and Natural Ressources, National Centre for Agricultural Mechanization, 1996, 1995 Annual report. Ilorin, Nigeria, 62 p.
 9. Giroux F., 2000, Pour une conception coopérative dans les pays du sud. Application au secteur agricole et agroalimentaire. Travaux de recherche en Génie Industriel. Mémoire d'habilitation à diriger des recherches, Université Joseph Fourier, Grenoble 1, 2000, pp. 24-50.
 10. GRET *et al.*, 1993, Matériels pour l'agriculture. 1500 références pour l'équipement des petites et moyennes exploitations. ITDG, GRET et CTA, Saint-Etienne: Impressions DUMAS, pp. 169-200.
 11. Le Thiec G., 1996, Agriculture africaine et traction animale. France: Edition CIRAD et CTA, pp. 187-196.
 12. Marouzé C., Diagne A. & Giroux F., 2004, Contribution to the building of an equipment design method in developing countries using an analysis of traditional practices. *In: Methods and tools for co-operative and integrated design* (Eds.) Serge Tichkiewitch, Daniel Brissaud, p. 57-70, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2004. ISBN 1-4020-1889-4.
 13. Millcreek manufacturing co. Millcreek compact manure spreaders. Disponible sur: <http://www.farmecoop.com/millcreekmini.htm>. Consulté le 23/03/2004.
 14. Ministère de l'Agriculture et des Ressources Animales, Burkina Faso, 1998, Enquête Nationale de Statistiques Agricoles 1993. Rapport général.
 15. Ministère togolais de l'agriculture, de l'élevage et de la pêche, 1998, Recensement national de l'Agriculture 1996. Caractéristiques structurelles de l'agriculture togolaise. Rapport principal, Togo, 120 p.
 16. Ogier M., Marouzé C. & Huet P., 1988, L'artisan mécanicien. Manuel pour petits ateliers urbains et ruraux. Techniques rurales en Afrique; Paris: Ministère de la coopération et du Développement, 369 p.
 17. Pequea machine. Disponible sur: <http://www.pequeamachine.com/pequea/grounddrive.html>. Consulté le 04/10/2002.
 18. Phillip D.O.A., 1993, Aspects économiques de la traction animale au Nigeria: aperçu de la situation, pp. 128-131. *In: FAO, Energie humaine et animale dans la production agricole. Actes de l'atelier, Harare, Zimbabwe 18-22 janvier 1993.*
 19. Renaud J., 1981, Les épandeurs. Motorisation et technique agricole, janvier 1981, N°25, pp. 4-14.
 20. Shiba S., 1995, La conception à l'écoute du marché. Organiser l'écoute des clients pour en faire un avantage concurrentiel. Paris: INSEP éditions, 126 p.
 21. Small Farmer's Journal, Fall, vol. **22**, N°4 p. 23.
 22. Small Farmer's Journal, Summer, vol. **23**, N°3 pp. 88-89.

O.Y. Azouma, Togolais, Ingénieur, Enseignant-Chercheur à l'Ecole Supérieure d'Agronomie de l'Université de Lomé, B.P. 1515, Lomé, Togo.

F. Giroux, Français, Professeur, Directeur de l'Ecole Nationale Supérieure des Industries Agricole et Alimentaire (ENSIA-SIARC), Associé de Recherche au CIRAD à Montpellier, 73 rue J.-F. Breton, 34398 Montpellier Cedex 05, France.

D. Varchon, Français, Ingénieur de Recherche, Laboratoire de Mécanique Appliquée R. Chaléat, Université de Franche-Comté, 24 rue de l'Epitaphe, 25000 Besançon, France.

AVIS

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

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

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

Merci.

BERICHT

Wij 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.

Effets des basses températures et de la photopériode sur la croissance et le développement inflorescentiel du fraisier non remontant

Ines Hajlaoui¹, C. Hannachi¹ & Monique Bodson²

Keywords: Strawberry- Temperature and Photoperiod- Growth of vegetative- Inflorescentiel organs- Tunisia

Résumé

Des plants au stade 4 feuilles de deux cultivars de fraisier, Darselect et Elsanta, ont été scindés en cinq lots et cultivés durant 10 semaines sous différents régimes thermique et photopériodique: [1] une température basse (3 °C) associée à 8 h (4 semaines) puis transférés à une température élevée (20 °C) associée à 8 h ou 16 h (6 semaines) ou bien [2] une température élevée (20 °C) associée à 8 h et 16 h (10 semaines) ou 8 h (4 semaines) suivis de 16 h (6 semaines). Les résultats obtenus montrent que le pré-traitement thermique de 4 semaines détermine la croissance et l'état inflorescentiel des plants qui sera mesuré dès leur transfert à une température élevée (20 °C) en présence des jours courts ou des jours longs durant 6 semaines. En effet, les températures élevées (20 °C) augmentent le nombre de feuilles/plant, améliorent la surface foliaire totale et la longueur du pétiole, tandis que les basses températures (3 °C) avancent le stade d'émergence du bourgeon terminal et accélèrent la croissance de son axe inflorescentiel. Dans ce cas, le transfert des plants de jours courts en jours longs favorise la croissance de l'axe inflorescentiel et la longueur du pétiole (Elsanta).

Summary

Effects of Low Temperatures and Photoperiod on Growth and Inflorescentiel Development of June Bearing Strawberry

Strawberry plants (stage 4 leaves) of two cultivars, Darselect and Elsanta were subjected to temperature and photoperiod patterns: [1] low temperature (3 °C) with short days (8 h, 4 weeks) then 20 °C with short days or long days (16 h for 6 weeks) or [2] high temperature (20 °C) with short days, long days (10 weeks) or short days (4 weeks) followed by long days (6 weeks). Results showed that, temperature (3 °C or 20 °C) of first period (4 weeks) influences development stages of bud and vegetative growth after transferring plants to high temperature (20 °C) during 6 weeks. In fact, high temperature ameliorates leaf number/plant, total leaf area and length petiole and low temperature enhances terminal bud initiation and accelerates growth of inflorescentiel axis. Positive effects of low temperatures on elongation of petiole and inflorescentiel axis are increased by long days (Elsanta).

Introduction

Le fraisier, appartenant à la famille des Rosacées, est une plante herbacée et pérenne avec un port en rosette qui possède un rhizome (tige plus ou moins souterraine). Son système racinaire est peu développé et assez superficiel. Le fraisier cultivé (*Fragaria x ananassa* Duch, 2n= 56) est un hybride naturel octoploïde (*Fragaria chiloensis* x *Fragaria virginiana*) (6). L'inflorescence est une cyme bipare dont le nombre de fleurs est théoriquement illimité (5).

Les différentes phases de développement et de croissance du cycle physiologique du fraisier sont tributaires des facteurs du milieu, principalement la température et la photopériode (12). En fonction de leurs réponses photopériodiques, les cultivars de fraisier sont classés en deux catégories distinctes entre lesquelles le passage se fait selon un continuum de situations intermédiaires (12). La première catégorie est formée par les cultivars dits «non remontants» (une seule fructification/an), ce sont des plantes de «jours courts» facultatifs dont l'induction florale se fait à une photopériode inférieure à 12 h associée à des températures n'excédant pas les 15 °C (5). La seconde catégorie est formée par les cultivars dits «remontants» (deux fructifications/an) dont l'induction florale se fait à une photopériode supérieure à 12 h et des températures modérées, comprises entre 15 et 20 °C (5). Certains auteurs (12) identifient une troisième catégorie de cultivars dits «Day Neutral» dont la régulation photopériodique est faible (5). Cependant certains auteurs (7) considèrent que les termes «remontants» et «Day Neutral» sont interchangeables désignant une classification technique (deuxième production) et une classification

physiologique (photopériode longue). Dès lors, les cultivars de fraisier sont classés non plus selon leurs exigences photopériodiques mais plutôt selon leur unique production unique ou multiple (3).

La croissance végétative et la différenciation florale sont sous l'influence de facteurs génétiques et des conditions environnementales, principalement la température et la photopériode (1). Par exemple, chez les variétés non remontantes, le passage de l'état végétatif à l'état inflorescentiel des bourgeons est liée aux basses températures égales ou inférieures à 15 °C associées à une photopériode courte de 8 h. Toutefois, il y a une forte interaction entre la température et la photopériode. En effet, à 15 °C, la photopériode critique est comprise entre 11 et 12 h suivant les cultivars. Mais, cette photopériode chute dès que la température augmente (4, 12).

Ainsi, le présent travail analyse l'impact d'un passage à basse température et de différentes photopériodes sur la croissance végétative et le développement inflorescentiel de jeunes plants de deux cultivars non remontants de fraisier (Elsanta et Darselect). Les résultats attendus pourraient être exploités pour améliorer le rendement du fraisier en Tunisie où la culture est faite sur une superficie de 500 ha, localisée principalement au Cap-Bon dans la région de Korba (Nabeul). La récolte débute en janvier et se termine en juin (plantation en septembre). Son rendement moyen est de 30 t/ha. Les cultivars utilisés sont des cultivars non remontants, principalement les cultivars Tudla (Espagne) et Chandler (USA).

¹Ecole Supérieure d'Horticulture. 4042 Chott- Mariem, Sousse. Tunisie.

²Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux, Passage des Déportés, 2 à 5030 Gembloux, Belgique.

Reçu le 16.11.05 et accepté pour publication le 30.01.06.

Matériel et méthodes

1. Matériel végétal

Le matériel végétal se compose de jeunes plants de fraisier (*Fragaria x ananassa* Duch) issus de stolons de deux cultivars non remontants, Elsanta et Darselect. Le cultivar Elsanta se caractérise par un rendement élevé, une cueillette facile, une bonne conservation des fruits et une bonne qualité gustative des fruits. Néanmoins, 'Elsanta' requiert de bonnes conditions de sol et se montre très sensible aux maladies cryptogamiques (10). Le cultivar Darselect est moins sensible aux maladies cryptogamiques, moins exigeant en conditions édaphiques et ses fruits ont une bonne qualité organoleptique mais il est moins productif (11).

2. Conditions de culture

Les jeunes plants des deux cultivars (Elsanta et Darselect) ont été mis à enraciner à l'étouffée sur tourbe à 25 °C au Laboratoire de physiologie végétale appliquée à l'Horticulture de la Faculté des Sciences Agronomiques de Gembloux. Après enracinement, ils ont été repotés en pots plastique noir (400 ml de volume) dans du terreau et placés dans une chambre de culture (20 °C, 16 h, 4 semaines) jusqu'au stade quatre feuilles. La culture est éclairée par une lumière artificielle d'une intensité de $180 \pm 15 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (tubes Osram de type «lumilux») et sous une humidité relative de $65 \pm 5\%$. En cours de culture, la fertilisation est assurée de façon hebdomadaire par la solution d'Hoagland où les engrais solubilisés dans une eau déminéralisée sont le nitrate de potassium (0,505 g/l), le nitrate de calcium (0,820 g/l), le phosphate monopotassique (0,136 g/l) et le sulfate de magnésium (0,240 g/l).

3. Protocoles expérimentaux

Après les quatre semaines de croissance (stade 4 feuilles), les plants ont été scindés en cinq lots de façon aléatoire et ont été cultivés durant 10 semaines sous différents régimes thermique et photopériodique: sous une température élevée 20 °C associée à 8 h, 16 h (10 semaines) ou 8 h (4 semaines)

suivis de 16 h (6 semaines) ou bien une température basse (3 °C) associée à 8 h (4 semaines) puis transférés à 20 °C associée à 8 h ou 16 h (6 semaines). Ces conditions de l'expérimentation sont affichées dans le tableau 1.

4. Paramètres mesurés

Pour chacun des deux cultivars ('Elsanta' et 'Darselect'), le nombre de feuilles émergées/plant, la longueur du pétiole (mesurée entre le point d'insertion des folioles et celui des stipules de la feuille), la surface foliaire de toute la plante (planimètre digital: Li Cor 3000), la hauteur des inflorescences émergées/plante et le stade de développement de l'inflorescence primaire (déterminé après dissection du bourgeon sous loupe binoculaire) sont examinés chez huit plants par traitement thermique et lumineux.

Les résultats présentés dans ce travail ont été traités statistiquement par l'analyse de variance à un et deux critères de classification. La structuration des moyennes est réalisée par la méthode de Duncan avec un niveau de signification de 5% (logiciel «The SAS System for Windows V.6.0.»). Le paramètre de dispersion repris pour les données des graphiques est l'erreur standard de la moyenne (SE).

Résultats

1. Nombre de feuilles émergées

Selon la figure 1, les plants des deux cultivars, cultivés sous basse température (3 °C) pendant 4 semaines, donnent dès le transfert à une température élevée (20 °C) pendant 6 semaines le plus faible nombre de feuilles (lots 1 & 2), 5 à 6 feuilles/plante. Par contre, les plants maintenus sous une température élevée (20 °C) durant 10 semaines (lots 3, 4 & 5), ont donné plus de feuilles. Dans ce dernier cas, le plus grand nombre de feuilles est observé chez les plants conduits en jours courts (lot 4, Darselect) ou en jours courts suivis de jours longs (lot 3, Elsanta), soit respectivement 8,5 et 10 feuilles/plant. Les analyses statistiques montrent que les effets négatifs des températures basses sont hautement significatifs chez les deux cultivars, Darselect et Elsanta. Tandis que les effets de la photopériode sont significatifs uniquement chez le cultivar Darselect.

2. Surface foliaire totale par plant

Selon la figure 2, les basses températures (3 °C) de 4 semaines ont significativement réduit la surface foliaire des plantes des deux cultivars (lots 1 & 2). En effet, après transfert à des températures plus favorables (20 °C) pendant 6 semaines, la surface foliaire mesurée est inférieure à 100 cm². Par contre, les températures élevées (20 °C) de 10

Tableau 1
Traitements thermique et lumineux de l'expérimentation

Lots	4 semaines	6 semaines
Lot 1	3 °C + 8 h	20 °C + 16 h
Lot 2	3 °C + 8 h	20 °C + 8 h
Lot 3	20 °C + 8 h	20 °C + 16 h
Lot 4		20 °C + 8 h
Lot 5		20 °C + 16 h

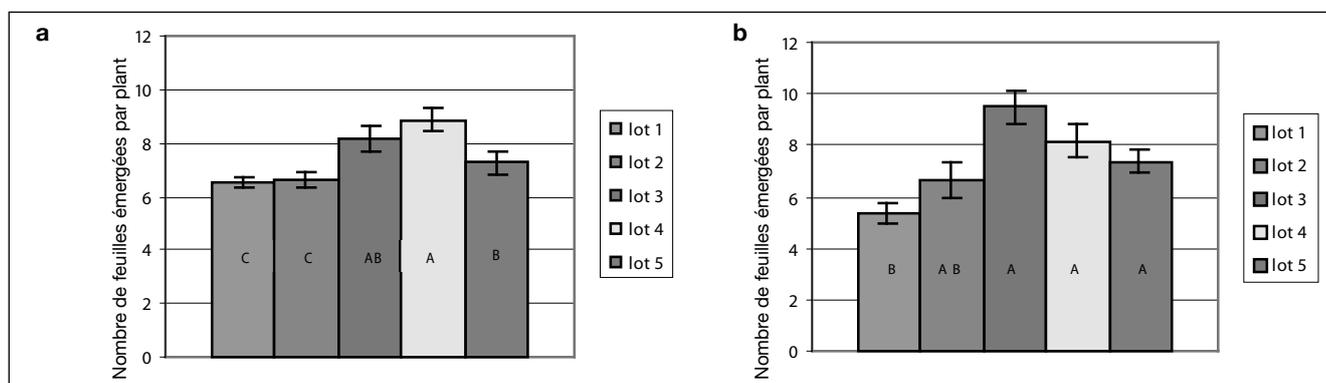


Figure 1: Nombre de feuilles émergées/plant, après 6 semaines à 20 °C, en fonction des différentes conditions expérimentales. a: cv. Darselect; b: cv. Elsanta. Les barres verticales correspondent aux erreurs standards de la moyenne. Les valeurs moyennes associées à des lettres identiques ne sont pas significativement différentes.

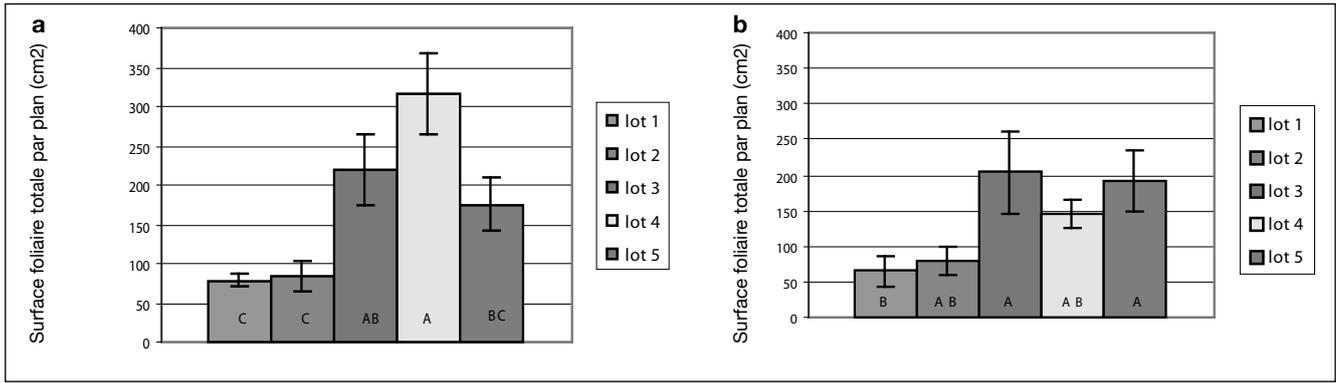


Figure 2: Surface foliaire totale/plant, après 6 semaines à 20 °C, en fonction des différentes conditions expérimentales. a: cv. Darselect; b: cv. Elsanta. Les barres verticales correspondent aux erreurs standard de la moyenne. Les valeurs moyennes associées à des lettres identiques ne sont pas significativement différentes.

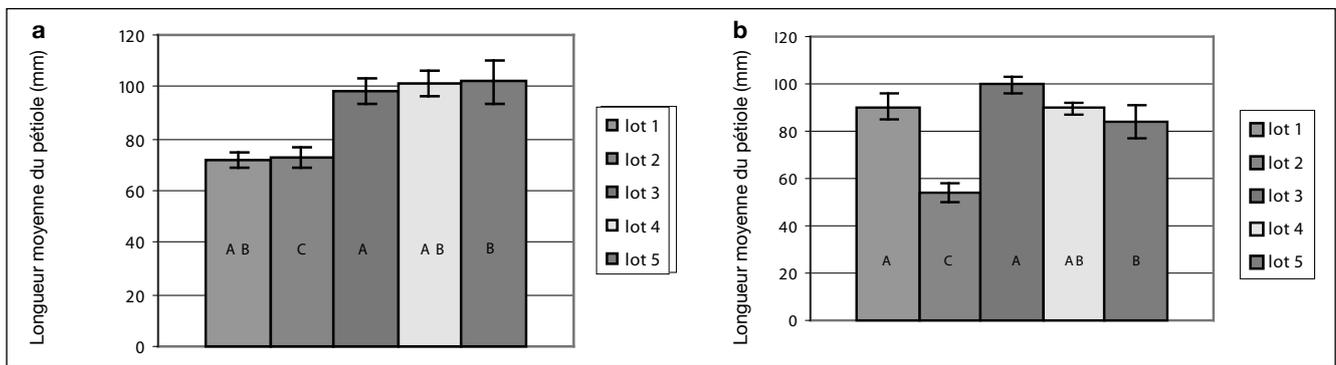


Figure 3: Longueur du pétiole d'une feuille mature, après 6 semaines à 20 °C, en fonction des différentes conditions expérimentales. a: cv. Darselect; b: cv. Elsanta. Les barres verticales correspondent aux erreurs standard de la moyenne. Les valeurs moyennes associées à des lettres identiques ne sont pas significativement différentes.

semaines (lots 3, 4 & 5) ont amélioré la surface foliaire des deux cultivars, elle est de 200 (cultivar Elsanta) à 320 cm² (cultivar Darselect). La photopériode ne joue aucun rôle significatif sur la surface foliaire.

3. Longueur du pétiole

D'après la figure 3, les pétioles les plus longs (80 à 100 mm) ont été mesurés chez les feuilles des plants cultivés sous une température de 20 °C pendant 10 semaines (lots 3, 4 & 5) et les pétioles les plus courts ont été mesurés chez les plants cultivés sous une température basse de 3 °C (lots 1

& 2). Toutefois, dans ce dernier cas, lorsque les plants ont été transférés à une photopériode longue (16 h) durant 6 semaines, les feuilles (cultivar Elsanta) ont développé des pétioles assez longs, 80 à 100 mm.

4. Stade «inflorescence émergée»

Le développement de l'inflorescence primaire du fraisier dans le bourgeon passe par huit stades physiologiques, depuis l'apparition du méristème plat à bombé: premier stade jusqu'à l'émergence de l'inflorescence: dernier stade (12). Ainsi, chez les deux cultivars testés, la température (3 °C ou 20 °C) a agi

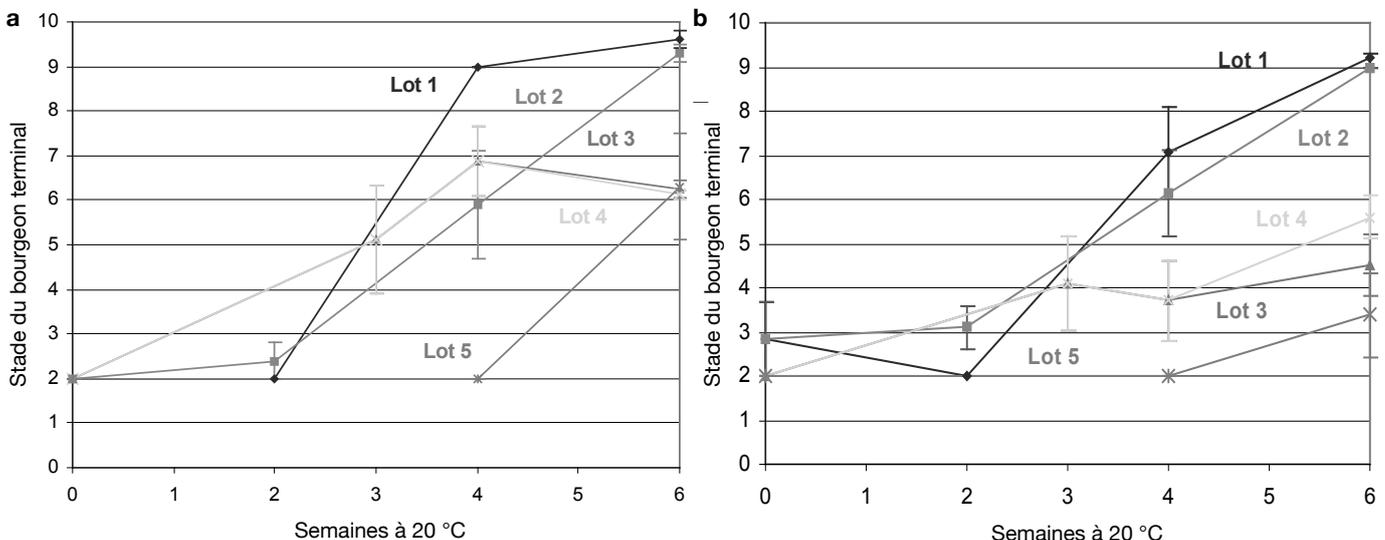


Figure 4: Evolution du stade de développement du bourgeon terminal de plants de fraisier au bout des 10 semaines à 20 °C. a: cv. Darselect; b: cv. Elsanta. Les barres verticales correspondent aux erreurs standard de la moyenne.

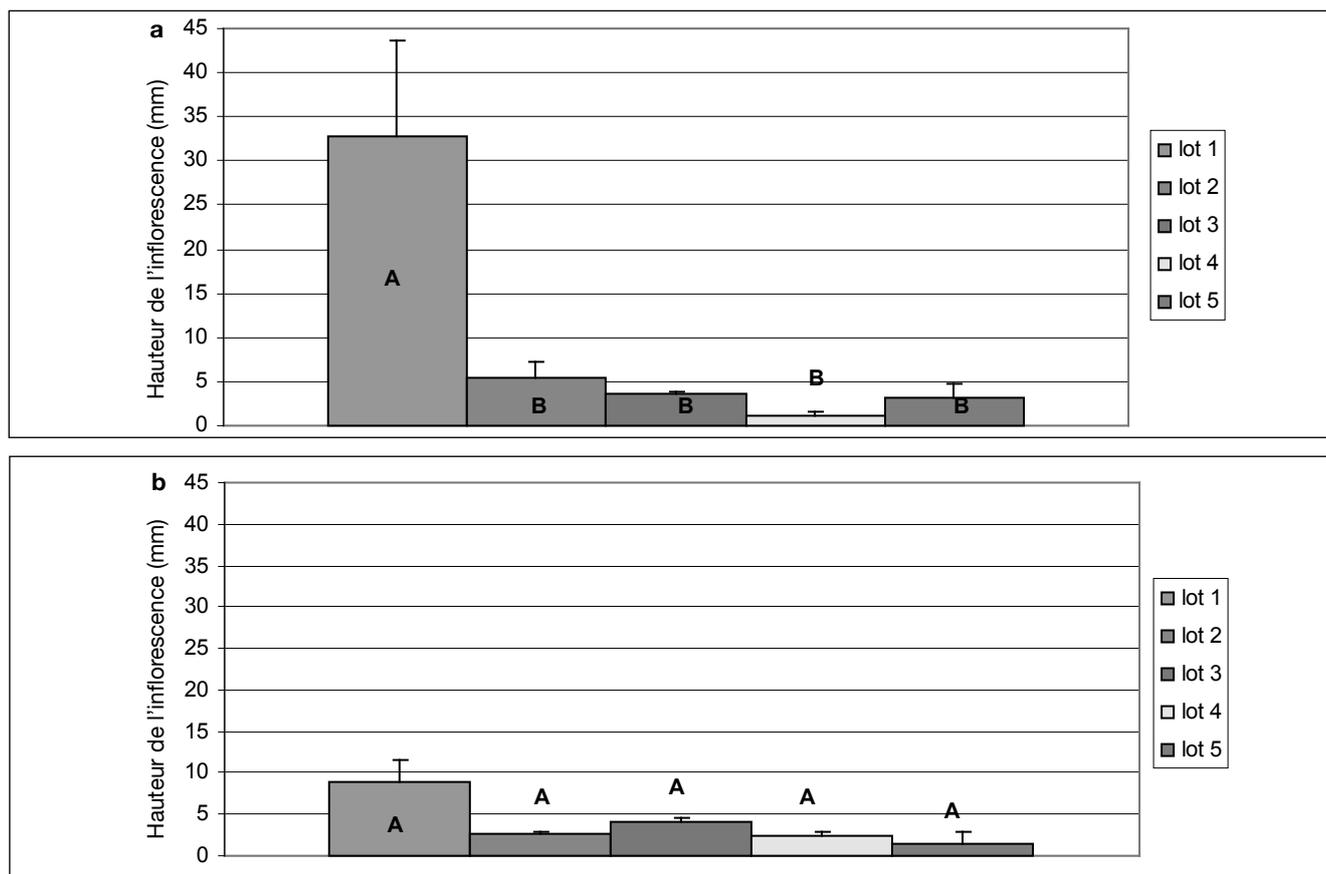


Figure 5: Hauteur de l'inflorescence principale en fonction des conditions expérimentales après 10 semaines à 20 °C. a: cv. Darselect. b: cv. Elsanta. Les barres verticales correspondent aux erreurs standard de la moyenne. Les valeurs moyennes associées à des lettres identiques ne sont pas significativement différentes.

sur la rapidité de l'évolution physiologique des bourgeons des plants transférés à 20 °C. A la 6^{ème} semaine, les bourgeons des plants cultivés à basses températures (lots 1 & 2), contiennent des carpelles sur le réceptacle (7^{ème} stade). Par contre, les bourgeons des plants cultivés à températures élevées (lots 3, 4 & 5) évoluent moins rapidement, ils sont au premier (méristème plat à bombé) ou troisième stade (primordiums d'axes secondaires visibles) chez le cultivar Elsanta et ils n'ont pas dépassé le quatrième stade (primordiums de sépales de la fleur primaire visibles) chez le cultivar Darselect. Ces effets positifs des basses températures sur l'évolution du bourgeon sont encore améliorés par la photopériode longue au niveau de la 4^{ème} semaine (lot 1, figure 4). De plus, pour tous les traitements essayés, la cinétique d'évolution du bourgeon (lot 3) est plus rapide chez le cultivar Darselect que chez le cultivar Elsanta (Figure 4).

5. Hauteur de l'inflorescence principale

Il est également noté que la hauteur de l'inflorescence principale chez les deux cultivars du fraisier dépend des traitements thermiques et/ou photopériodiques, préalablement reçus durant 4 semaines, elle varie de 3 mm à 9 mm chez le cultivar Elsanta et de 2 mm à 33 mm chez le cultivar Darselect. En effet, après transfert à 20 °C durant 6 semaines, la figure 5 montre que chez les plants du cultivar Darselect, les basses températures (3 °C) ont significativement stimulé la croissance de l'axe inflorescentiel. Cet effet positif (lot 1) se trouve significativement renforcé par la photopériode longue (16 h).

Discussion

Les traitements thermiques et photopériodiques, ayant caractérisé les conditions environnementales de l'expérience

durant 10 semaines de culture, période scindée en deux intervalles successifs, de quatre semaines (3 °C + 8 h, 20 °C + 8 h ou 16 h) et de six semaines (20 °C + 8 h ou 16 h), ont exercé des effets significatifs sur la croissance végétative et l'état inflorescentiel des plants de deux cultivars de fraisier, Darselect et Elsanta. Chez d'autres cultivars de cette même espèce, effectivement, les plants de fraisier sont très sensibles aux variations des conditions environnementales, notamment la photopériode et la température (9, 11, 12). En effet, lorsque les plants ont été préalablement cultivés pendant 4 semaines sous une température de 20 °C, ils ont produit un plus grand nombre de feuilles; 8,5 (Darselect) à 9,8 feuilles/plant (Elsanta), une plus grande surface foliaire, 200 (cultivar: Elsanta) à 320 cm²/plant (cultivar Darselect) et un pétiole plus long, 80 à 100 mm (cultivars: Darselect et Elsanta). Par contre, les basses températures (3 °C), facteurs inhibiteurs de la végétation (2), ont limité la croissance de ces trois paramètres. Toutefois, ces effets négatifs des basses températures ont pu être effacés par une photopériode longue (16 h), car chez les plants du cultivar Elsanta soumis au froid puis transférés en jours longs de 16, la longueur du pétiole se trouve significativement amélioré par rapport au pétiole des plants maintenus en jours courts, soit respectivement une longueur de 90 mm contre 55 mm. En effet, quand les températures dépassent 16 °C, la photopériode doit être supérieure à 14 h pour stimuler la croissance végétative (5).

En outre, le passage de l'état végétatif à l'état inflorescentiel du bourgeon terminal est déterminé par deux principaux facteurs environnementaux, la photopériode et la température (7, 13). Nos résultats indiquent que cette transition est assurée par les basses températures (3 °C) pendant 4 semaines. Car, après transfert de ces plants à 20 °C durant 6 semaines,

le bourgeon terminal a atteint le stade 10. C'est-à-dire que toutes les pièces florales de la première fleur (primordiums de sépales, pétales, étamines et carpelles) sont mises en place. Tandis que, chez les plantes cultivées à 20 °C durant 10 semaines, le bourgeon terminal n'a pas dépassé le stade 5 (cultivar Elsanta) ou le stade 6 (cultivar Darselect); il y a formation uniquement des primordiums des sépales de la fleur primaire. Certains auteurs (4, 5) ont montré, chez d'autres cultivars de fraisier, que le froid stimule la floraison. A cette vernalisation, vient s'ajouter une exigence en photopériode longue pour la croissance rapide des pièces florales, les plants, vernalisés sous jours courts puis transférés en jours longs, ont eu une évolution rapide du bourgeon terminal (surtout le cultivar Darselect) et un allongement significatif de l'axe de l'inflorescence par comparaison aux plants vernalisés en jours courts et maintenus ultérieurement également en jours courts.

Conclusion

Le pré-traitement thermique pendant 4 semaines des plants de deux cultivars non remontants de fraisier, Darselect et Elsanta conditionnent ultérieurement durant 6 semaines leur croissance végétative et leur l'état inflorescentiel. En effet, les températures élevées (20 °C) permettent aux plants d'acquérir une bonne croissance végétative, c'est-à-dire ils ont un plus grand nombre de feuilles, une plus grande surface du limbe et un pétiole plus long. Tandis que les basses températures (3 °C) améliorent l'état inflorescentiel des plants: ils accélèrent l'évolution du bourgeon terminal (les deux cultivars). En outre, après transfert des plants des températures basses aux températures élevées (20 °C), les jours longs stimulent l'élongation du pétiole des feuilles (cultivar Elsanta) et celle de la hauteur de l'inflorescence (cultivar Darselect).

Références bibliographiques

1. Avigdor-avidov H., 1986, Strawberry. In: Monselise, S.P. (ed.), Fruit set and development. CRC Press, Boca Raton, FL, pp. 419-448.
2. Champagnat P., 1992, Les bourgeons et le froid: notions indispensables; dormance des bourgeons chez les végétaux ligneux. Les végétaux et le froid. Editeurs des Sciences et Arts, 179-262.
3. Durner E.F. & Poling F.B., 1985, Comparison of three methods for determining the floral or vegetative status of strawberry plants. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 110, 808-811.
4. Durner E.F. & Polling F.B., 1987, Flower bud induction, initiation, differentiation and development in the "earliglow" strawberry. Scientia Horticulturae, 31, 61-69.
5. Guttridge C.G., 1985, The effects of winter chilling on the subsequent growth and development of the cultivated strawberry plant. J. Hort. Sci. 51, 225-234.
6. Hancock J.F., 1999, Structural and development physiology. In: "Strawberries", ed. CABI Publishing, CAB International, U. K. 90-110.
7. Lason K.D., 1994, Strawberry. In: Handbook of environmental physiology of fruit Crop. Volume I, Temperature Crop (Schaffer B. and Anderson P.C., Eds). CRC press, Boca Raton, Florida, 271-297.
8. Markocic M. & Roudeillac P., 1995, Fraises remontantes: la sélection variétale. L'arboriculture fruitière, 480, 17-21.
9. Le Mière P., Hadley P., Darby J. & Battley N.H., 1998, The effect of thermal data and crown size on growth, development and yield of *Fragaria x ananassa* Duch. Elsanta. J. Hort. Sci. 73, 786-795.
10. Risser G., 1987, La fraise: techniques de production. Chapitre 3: Physiologie. Ed. Ctifl. 60-80.
11. Robbe A., 2000, Le point sur la variété 'Darselect': Le fruit belge. 483, 68-73.
12. Sonstebly A. & Nes A., 1998, Short day and temperature effects on growth and flowering in strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.). Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 73, 730-736.
13. Sung S. & Arnasino R., 2004, Vernalisation and epigenetic: how plants remember winter. Current opinion in plant biology, 7, 4-10.
14. Verhoeven B., 1999, Contribution à l'optimisation de la culture continue de *Fragaria x ananassa* Duch. (cv Elsanta). Etude des caractéristiques histologiques permettant de préciser la période d'initiation inflorescentielle et florale responsable de la fructification du printemps. Projet de fin d'études, FuSAGx, 80 p.

Ines Hajlaoui, Tunisienne, Doctorante, DEA, Ecole Supérieure d'Horticulture. 4042 Chott- Mariem, Sousse, Tunisie.

C. Hannachi, Tunisien, Maître de conférences, Thèse d'Etat, Ecole Supérieure d'Horticulture. 4042 Chott- Mariem, Sousse, Tunisie.

Monique Bodson, Belge, Professeur, Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux, Passage des Déportés, 2 à 5030 Gembloux, Belgique.

Systemes de cultures améliorés à base de niébé (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) pour une meilleure gestion de la sécurité alimentaire et des ressources naturelles en zone semi-aride du Burkina Faso

J.S. Zoundi ^{1*}, A. Lalba ², J.-P. Tiendrébéogo ³ & D. Bambara ⁴

Keywords: Cowpea- Food security- Income- modeling- Burkina Faso

Résumé

Des systèmes de cultures améliorés de niébé ont été introduits dans des exploitations mixtes agriculture-élevage de la zone semi-aride au Burkina Faso et ensuite évalués dans des modèles de programmation linéaire. Les résultats ont montré que les variétés améliorées de niébé associées aux céréales permettent d'accroître la production agricole et le disponible fourrager, et de dégager des revenus pour acheter des compléments de vivriers. L'application de ces systèmes sur les terres de cultures peut varier entre 38% et 64% dans la partie sahélienne. Ils permettent aux agriculteurs de doubler la production de mil et de produire en plus annuellement 353 kg de niébé. Ces systèmes peuvent être promus dans la zone semi-aride du pays sans politique de soutien à la production. Par contre les soles améliorées de cultures pures de niébé ne sont pas profitables en raison des pertes liées au risque climatique, et aussi des coûts de production élevés par rapport aux capacités financières des exploitants. Elles permettent toutefois d'accroître le disponible fourrager à la ferme. Des stratégies de diminution des coûts de production des systèmes améliorés auront un impact considérable sur la sécurité alimentaire et sur le revenu.

Summary

Improved Cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) Based Cropping Systems for Food Security and Natural Resource Management Enhancement in Semi-arid Burkina Faso

Improved cowpea cultivars were introduced in the cropping systems of mixed farms in the semi-arid part of Burkina Faso and their impact was assessed using a linear programming model. The results obtained put in evidence that the adoption of improved cowpea varieties intercropped with local cereals may lead to an increase in crop production and forage stock. Such improved cropping system may also allow the farmers to obtain some extra-revenues necessary to reach self sufficiency in food. Optimal land allocation of these promising cropping technologies varied between 38% and 64% of the arable area within the semi-arid sahelian sub-zone and permitted the farmers to obtain surplus of 353 kg per ha cowpea grain and to double their millet grain production level. These systems can be promoted across the whole semi-arid zone even without specific supports. However, sole cropping of improved cowpea cultivars has little chance to be adopted because of the crop failure due to drought risk and higher cost technology for the semi-arid smallholder farmers. The adoption of improved cowpea and cereals cultivars may lead to an increase in forage storage at the farm level. Promotion of low cost technologies adapted to the new improved cultivars for pests control and seed production will enhance farmers' food security and income.

1. Introduction

La zone semi-aride du Burkina Faso est confrontée à une insécurité alimentaire qui s'est aggravée depuis les grandes sécheresses qui ont sévi au Sahel dans les années 1974 et 1984 (2, 7). Les principales causes sont l'insuffisance et l'irrégularité des pluies, la baisse de la capacité productive des terres agricoles, l'explosion démographique et les systèmes de production qui demeurent toujours extensifs. L'agriculture repose principalement sur les cultures vivrières, notamment le mil (*Pennisetum thyphoides*) et le sorgho (*Sorghum vulgare*), avec une faible diversification des cultures. L'élevage des petits ruminants se positionne comme une activité clé dans l'amélioration de la sécurité alimentaire et du revenu des agriculteurs (1, 8, 9, 11, 12), mais est limité par la contrainte d'alimentation du bétail pendant la saison sèche qui dure huit mois. Dans ce contexte, la culture du niébé est d'une importance stratégique compte tenu de ses prix de vente plus incitatifs qui peuvent permettre aux agriculteurs de disposer de revenus pour acheter du vivrier (10). La culture joue également un rôle considérable dans l'alimentation énergétique des ruminants grâce aux fanes, et dans l'amélioration de la fertilité des sols par la fixation de l'azote atmosphérique, contribuant ainsi à une meilleure

gestion des ressources naturelles. Sa production demeure cependant faible et éparse dans les systèmes traditionnels de la zone semi-aride (2, 3), où elle n'occupe en moyenne que 20% de la superficie totale des associations avec les céréales locales (3). De plus en plus la culture prend de l'importance dans les systèmes de production de la zone avec l'introduction de nouvelles variétés et de systèmes de cultures améliorés. Cet article a pour objet d'analyser les comportements des producteurs par rapport à l'adoption de systèmes de cultures améliorés de niébé. La programmation linéaire a été utilisée pour mesurer les effets de politiques alternatives de crédit et de réduction des coûts de production sur l'adoption de ces systèmes et leur impact sur la sécurité alimentaire, le revenu des producteurs et l'alimentation du bétail en saison sèche.

2. Matériel et méthodes

2.1. Milieu de l'étude

L'étude s'est déroulée dans la zone semi-aride du Burkina Faso, où deux villages ont servi de site de recherches. Le village de Madougou, localisé dans la partie sahélienne,

¹Institut de l'Environnement et des Recherches Agricoles (INERA), 04 BP. 8645, Ouagadougou 04, Burkina Faso. Fax: 00 226 50 34 02 71. Tél: 00 226 70 23 92 16. e-mail: zoundi@fasonet.bf, zoundi@hotmail.com

²Programme de Développement de l'Agriculture de la Coopération Germano-burkinabé. BP. 11, Gaoua, Burkina Faso.

³INERA, CREAM de Kamboinsé, 01 BP. 476, Ouagadougou 01, Burkina Faso.

⁴INERA, Station de Tougan, BP. 49, Tougan, Burkina Faso.

Reçu le 06.10.04 et accepté pour publication le 03.02.06.

comprise entre 13°59'56" et 14°6'44" de latitude nord et entre 2°28'02" et 2°37'66" de longitude ouest. La pluviométrie moyenne annuelle y varie de 400 à 600 mm. Le terroir de Ziga, localisé dans la partie soudano-sahélienne, comprise entre 13°22'34,08" et 13°26'41,25" de latitude nord et 2°16'37,66" et 2°22'4,08" de longitude ouest. La pluviométrie annuelle y varie entre 600 et 800 mm. L'intérêt de ces terroirs pour cette étude réside dans le fait que le premier a une orientation des activités vers l'agropastoralisme, avec une forte intégration de l'élevage des bovins et des petits ruminants (ovins et caprins) dans les systèmes de production qui sont dominés par le mil cultivé en association insignifiante avec le niébé. Le deuxième a une orientation des activités vers l'agriculture avec une faible intégration de l'élevage. Le système de production y est dominé par la culture du sorgho, principale céréale vivrière, à laquelle est associé traditionnellement le niébé.

2.2. Identification des options améliorées de production de niébé

Un diagnostic participatif sur la culture de niébé, utilisant la méthode accélérée de recherche participative (MARF), a été mené dans les deux villages. Des interviews semi-structurées auprès de groupes de producteurs (trices), ainsi que des informations secondaires recueillies auprès des agents locaux de services agricoles ont permis d'identifier avec ceux-ci les contraintes liées à la production du niébé et d'envisager les possibilités d'amélioration des systèmes de cultures traditionnels.

2.3. Evaluation des options améliorées de production de niébé en milieu paysan

Deux options ont été expérimentées chez 15 producteurs de chaque type d'exploitation dans la zone sahélienne: la culture pure de la variété améliorée de niébé K VX396-4-5-2D, et l'association de la variété améliorée de niébé IAR7/180-4-5-1 avec une variété améliorée de mil, la IKMV 8201. Trois options ont été expérimentées également chez 15 producteurs de chaque type d'exploitation dans la zone soudano-sahélienne: les soles des deux variétés améliorées de niébé, et l'association de la variété de niébé IAR7/180-4-5-1 avec une variété améliorée de sorgho, la CEF 382/2-1-1 (Sariasso 11). Les différentes options ont été introduites dans les systèmes de cultures des producteurs avec les paquets technologiques qui les accompagnent, notamment les écartements, la fertilisation organo-minérale, et les traitements phytosanitaires. Les expérimentations ont été conduites entièrement sous gestion paysanne, durant trois campagnes agricoles, de 2001 à 2003, afin de valider les résultats agronomiques et pour cerner la variabilité des rendements selon les années pluviométriques. Les rendements grains et pailles de céréales et de niébé ont été mesurés.

2.3. Evaluation de l'insertion des options en milieu paysan

Les modèles d'optimisation ont été développés à l'issue des expérimentations. Ils reposent sur des typologies d'exploitations réalisées dans les deux villages (Tableau 1). La formulation générale des modèles est: $F = \text{Max} \sum_k \text{Prob}_k$

Profit_k, dans laquelle F la fonction objective maximise (Max) le profit (Profit) suivant la probabilité (Prob) d'occurrence des saisons (k). Le profit est réalisé après déduction des coûts de production et du remboursement des crédits des recettes de vente des produits agricoles. Cette fonction induit explicitement la prise en compte du risque de façon exogène, sur la variabilité des coefficients de rendement et de prix en fonction des types d'année, sèche ou moyenne, selon qu'on se situe à des niveaux inférieurs ou supérieurs à la pluviométrie moyenne annuelle. Les contraintes sous lesquelles est optimisée la fonction sont les principales rencontrées dans les systèmes de culture de la zone.

Ces contraintes sont les suivantes:

(i)- la disponibilité des terres agricoles:

$$\sum_j \sum_{per} \sum_{tec} TER_{j,per,tec} \leq SUP_j$$

(ii)- la main-d'œuvre:

$$\sum_j \sum_{per} MOT_{j,per} * TER_{j,per} - MOE * JA_{per,a} \leq 0;$$

(iii)- le financement des activités agricoles:

$$\sum_j \sum_{per} \sum_{tec} TER_{j,per,tec} * COUT_{j,per,tec} \leq CAPITAL + CRED_{per}$$

(iv)- l'alimentation du bétail en saison sèche:

$$\sum_a \text{NOMANIM}_a * \text{MATSECHE} * \text{UBT}_a * \text{NJOUR}_{per,t} - \sum_j \sum_{per} \sum_{tec} TER_{j,per,tec} * \text{FOUR}_{j,per,tec} \leq 0$$

Dans lesquelles les variables sont:

- TER, l'allocation optimale de la terre, en hectares;
- SUP, la quantité de terres disponible, en hectares;
- MOT, la main-d'œuvre requise, en hommes-jours;
- MOE, le nombre de travailleurs actifs disponibles;
- JA, le nombre de jours de travail;
- COUT, le coût de production, en FCFA;
- CAPITAL, la liquidité disponible pour la campagne agricole, en FCFA;
- CRED, le crédit disponible pour le financement des activités agricoles;
- NOMANIM, le nombre d'animaux, en têtes de bétail;
- MATSECHE, la quantité de matière sèche ingérée;
- UBT, l'unité bovine tropicale, équivalente à un animal pesant en moyenne 250 kg et consommant 6,25 kg de matières sèches par jour;
- NJOUR, le nombre de jours;
- FOUR, la quantité de fourrage produite, en kg.ha⁻¹.

Et les indices:

- j, les activités agricoles ou cultures;
- s, les types de sol;
- tec, les technologies et itinéraires techniques;
- per, les périodes d'activités;
- a, les types de travailleur actif (femme, homme, enfant);
- ta, les types d'animaux (bovin, ovin, caprin).

Tableau 1
Caractéristiques des exploitations enquêtées dans les villages de Madougou et de Ziga

Nombre d'exploitations considérées	Villages														
	Madougou						Ziga								
	agriculteur 20		éleveur 20				petite 20			moyenne 20			grande 15		
moy	min	max	moy	min	max	moy	min	max	moy	min	max	moy	min	max	
Population (nb)	14	7	28	8	3	13	6	3	9	14	8	19	28	15	32
Actifs (nb)	8	4	19	3	2	7	4	1	7	7	3	12	16	8	24
Superficie totale (ha)	8,2	3	14,5	5,1	2	12,2	4,58	2	6,5	5,7	3,7	9,5	9	7,2	18
Bovins (nb)	4	0	22	32	10	102	0	0	0	2	0	10	2	0	14
Ovins (nb)	20	6	32	23	10	37	2	0	6	7	4	18	6	2	21
Caprins (nb)	24	12	44	48	21	72	2	0	8	8	4	22	6	3	16

Tableau 2
Prix de vente des productions animales et végétales

	Villages			
	Madougou		Ziga	
	Années			
	sèche	moyenne	sèche	moyenne
	Prix de vente des animaux (FCFA par tête)			
bovins	73 702	45 190	77 500	68 280
ovins	20 340	13 440	11 800	10 770
caprins	25 900	12 500	7 440	6 690
	Prix de vente des cultures (FCFA par kg)			
sorgho	-	-	100	60
mil	62	40	-	-
niébé	100	76	120	90

Tableau 3
Coûts de production des cultures et technologies (FCFA par hectare)

	Villages			
	Madougou		Ziga	
	Années			
	sèche	moyenne	sèche	moyenne
mil en système traditionnel	860	860	-	-
niébé K VX396-4-5-2D	43 768	43 768	36 050	36 050
association IAR7-IK MV	3 324	3 324	-	-
sorgho-niébé système traditionnel	-	-	1 500	1 500
sorgho Sariasso 11	-	-	5 540	5 540
niébé K VX396-4-5-2D	-	-	36 050	36 050
association IAR7-Sariasso 11	-	-	6 650	6 650

Les prix de vente et les coûts des productions qui ont été utilisés dans les modèles (Tableaux 2 et 3) sont issus des enquêtes exploratoires et du suivi des exploitations agricoles menés entre 2000 et 2003 par une équipe pluridisciplinaire de chercheurs en milieu réel. Les rendements moyens utilisés sont ceux obtenus lors des expérimentations (Tableau 4). Les modèles d'optimisation sont écrits dans le logiciel GAMS 20.5 'General Algebraic Modelling System' utilisé par la Banque Mondiale.

3. Résultats et discussions

3.1. Ampleur des gains de productivité générés par les paquets technologiques améliorés

Des gains substantiels de rendements grains ont été obtenus avec les options améliorées testées dans les champs paysans (Tableau 4).

3.2. Situation actuelle sans introduction des options améliorées

Les résultats des modèles d'optimisation sans les options techniques améliorées (Tableau 5) montrent que toutes les exploitations-types des deux villages sont déficitaires en vivriers dans les années de faible pluviosité et doivent recourir au marché pour acheter des céréales afin de couvrir leurs besoins alimentaires.

Tableau 4
Gains moyens de productivité (kg.ha⁻¹) obtenus des différentes technologies

Options évaluées	Villages			
	Madougou		Ziga	
	Années			
	sèche	moyenne	sèche	moyenne
1- mil en système traditionnel	192	564	-	-
2- niébé K VX396-4-5-2D	446	847	228	496
3- association IAR7-IK MV				
- mil IK MV	1096	1470	-	-
- niébé IAR7	182	229	-	-
4- sorgho-niébé système traditionnel				
- sorgho	-	-	210	618
- niébé	-	-	32	60
5- sorgho Sariasso 11	-	-	346	926
6- association IAR7-Sariasso 11				
- sorgho Sariasso 11	-	-	588	775
- niébé IAR7	-	-	122	857
7- niébé IAR7	-	-	291	398

Tableau 5
Plans optimaux initiaux sans introduction de systèmes améliorés

	Villages				
	Madougou		Ziga		
	Agriculteur	Eleveur	petite exploitation	moyenne exploitation	grande exploitation
Allocation optimale de la terre par activité (en ha)					
Mil	8,20	5,10	-	-	-
Sorgho-niébé	-	-	2,54	4,46	9,09
Production totale (en kg)					
Année moyenne					
Mil	3 892	1 236	-	-	-
Sorgho	-	-	1 575	2 700	5 388
Niébé	-	-	153	255	496
Année sèche					
Mil	1 005	286	-	-	-
Sorgho	-	-	535	928	1 876
Niébé	-	-	81	149	317
Consommation de la production (en kg)					
Année moyenne					
Mil	2 647	1 236	-	-	-
Sorgho	-	-	1 200	2 700	5 388
Année sèche					
Mil	1 005	286	-	-	-
Sorgho	-	-	535	928	1 876
Achats de vivriers (en kg) / déficit vivrier					
Année moyenne					
Mil	0	323	-	-	-
Sorgho	-	-	0	43	96
Année sèche					
Mil	1 668	1 273	-	-	-
Sorgho	-	-	664	1 814	3 609
Vente de produits (en kg)					
Année moyenne					
Mil	1 217	0	-	-	-
Sorgho	-	-	375	0	0
Niébé	-	-	152	255	496
Année sèche					
Mil	0	0	-	-	-
Sorgho	-	-	0	0	0
Niébé	-	-	81	149	317
Profit (FCFA)					
Année moyenne	+ 54 074	- 1 859	+ 37 998	+ 26 443	+ 43 048
Année sèche	- 98 109	- 64 406	- 68 260	- 192 918	- 388 959

3.2.1. Dans la zone sahélienne

Les niveaux de couverture des besoins céréaliers à partir de la production des exploitations (Tableau 5) varient considérablement en fonction de la pluviosité annuelle. En année de moyenne pluviosité, les exploitations d'agriculteurs arrivent à couvrir leurs besoins alimentaires et à dégager des excédents qui peuvent être stockés ou vendus sur le marché pour réaliser des profits. La valeur de cet excédent est en moyenne de 54 074 FCFA. Par contre en année de faible pluviosité les exploitations agricoles sont déficitaires et la valeur monétaire du déficit vivrier est de 98 109 FCFA. Ces résultats confirment l'importance du risque pluviométrique associé à la production agricole dans cette région du pays (2, 6, 7). A cela s'ajoutent les problèmes de dégradation des sols. Ces facteurs limitent la productivité des systèmes traditionnels et leur capacité à assurer la sécurité alimentaire, surtout dans les années de faible pluviosité. Avec l'absence de cultures de rente et d'autres cultures secondaires comme

le niébé, ce sont essentiellement les revenus tirés de la vente du bétail et des activités extra-agricoles qui permettent aux exploitations agricoles de faire face aux dépenses alimentaires (1, 2, 6, 9, 11).

3.2.2. Dans la zone soudano-sahélienne

Ce sont les petites exploitations faiblement peuplées qui arrivent à dégager des excédents céréaliers en année de moyenne pluviosité (Tableau 5). Plus les exploitations sont peuplées, plus elles sont exposées à l'insécurité alimentaire. La production traditionnelle du niébé en association avec le sorgho permet aux exploitations de disposer d'un revenu pour acheter des céréales. Dans les années de moyenne pluviosité, la production du niébé est plus importante et permet aux différents types d'exploitants de réaliser des profits après achat de faibles quantités de vivriers.

Tableau 6
Plans optimaux avec introduction des options améliorées sans mesures incitatives

	Villages				
	Madougou		Ziga		
	Agriculteur	Eleveur	Petite exploitation	Moyenne exploitation	Grande exploitation
Allocation optimale de la terre par activité (en ha)					
Mil	5,08	1,49	-	-	-
Iar-ikmv	3,11	3,29	-	-	-
Kvx	-	0,31	0	0	0
Sorgho-niébé	-	-	2,41	3,91	9,09
Sariasso 11-iar	-	-	0,13	0,54	0,46
Sariasso 11	-	-	0	0	0,64
Production totale (en kg)					
Année moyenne					
Mil	8 405	4 731	-	-	-
Sorgho	-	-	1597	2 823	5 746
Niébé	353	890	261	698	892
Année sèche					
Mil	951	198	-	-	-
Sorgho	-	-	587	1 140	2 147
Niébé	0	0	84	153	339
Consommation de la production (en kg)					
Année moyenne					
Mil	2674	1559	-	-	-
Sorgho	-	-	1 200	2743	5485
Année sèche					
Mil	951	198	-	-	-
Sorgho	-	-	587	1140	2147
Achats de vivriers (en kg) / déficit vivrier					
Année moyenne					
Mil	0	0	-	-	-
Sorgho	-	-	0	0	0
Année sèche					
Mil	1722	1361	-	-	-
Sorgho	-	-	613	1602	3338
Vente de produits (en kg)					
Année moyenne					
Mil	5731	3760	-	-	-
Sorgho	-	-	397	81	261
Niébé	353	890	261	698	892
Année sèche					
Mil	0	0	-	-	-
Sorgho	-	-	0	0	0
Niébé	0	0	84	153	339
Profit (F CFA)					
Année moyenne	+ 261768	+ 194524	+ 47332	+ 67746	+ 95898
Année sèche	- 101197	- 84386	- 63538	- 57202	- 359880

3.3. Possibilités d'adoption et impacts des systèmes de culture améliorés de niébé

L'insertion des options techniques dans les modèles d'exploitation affecte les plans de production, de consommation, de vente et de profit (Tableau 6).

3.3.1. Dans la zone sahélienne

L'association des variétés de mil IKMV 8201 et de niébé IAR7/180-4-5-1 s'insère dans les systèmes de cultures en occupant 38% et 64,6% des terres cultivées respectivement dans les exploitations d'agriculteurs et d'éleveurs. Cela s'explique par sa meilleure productivité par rapport au système traditionnel, et aussi par un faible coût de

production (3 324 FCFA.ha⁻¹). La sole améliorée de niébé KVX396-4-5-2D n'est adoptée que par les exploitations d'éleveurs sur une superficie de 0,3 ha. Ceux-ci disposent de moins de terres cultivables et ont une capacité financière plus élevée que les agriculteurs, grâce au bétail, qui leur permet d'adopter des systèmes plus coûteux. L'adoption des systèmes améliorés permet d'augmenter la production de céréales et de niébé pouvant être stockée ou vendue. Les agriculteurs réalisent avec ces options 4 fois plus de profit en année de moyenne pluviosité. Les éleveurs, qui avaient un besoin de liquidités de 1 859 FCFA pour acheter du vivrier en année de moyenne pluviosité dégagent un

Tableau 7
Plans optimaux avec introduction des options améliorées et une politique de crédit de
10 000 FCFA

	Villages				
	Madougou		Ziga		
	Agriculteur	Eleveur	Petite exploitation	Moyenne exploitation	Grande exploitation
Allocation optimale de la terre par activité (en ha)					
Mil	5,08	1,49	-	-	-
Iar-ikmv	3,11	3,29	-	-	-
Kvx	-	0,31	0	0	0
Sorgho-niébé	-	-	2,41	3,91	8,97
Sariasso 11-iar	-	-	0,13	0,54	1,21
Sariasso 11	-	-	0	0	0
Production totale (en kg)					
Année moyenne					
Mil	8405	4731	-	-	-
Sorgho	-	-	1596	2823	6271
Niébé	353	890	261	698	1536
Année sèche					
Mil	951	198	-	-	-
Sorgho	-	-	587	1140	2570
Niébé	0	0	84	153	371
Consommation de la production (en kg)					
Année moyenne					
Mil	2674	1559	-	-	-
Sorgho	-	-	1200	2743	5485
Année sèche					
Mil	951	198	-	-	-
Sorgho	-	-	587	1140	2570
Achats de vivriers (en kg) / déficit vivrier					
Année moyenne					
Mil	0	0	-	-	-
Sorgho	-	-	0	0	0
Année sèche					
Mil	1722	1361	-	-	-
Sorgho	-	-	613	1602	2915
Vente de produits (en kg)					
Année moyenne					
Mil	5731	3171	-	-	-
Sorgho	-	-	397	81	785
Niébé	353	890	261	698	1536
Année sèche					
Mil	0	0	-	-	-
Sorgho	-	-	0	0	0
Niébé	-	-	84	153	371
Profit (F CFA)					
Année moyenne					
	+ 261768	+194524	+ 47332	+ 67746	+ 175209
Année sèche					
	- 101197	- 84386	- 63538	- 173858	- 315502

profit 194 524 FCFA. La production fourragère de fanes de niébé permet aux agriculteurs d'alimenter intégralement leur troupeau de ruminants d'un total de 8,52 UBT (Unité Bovine Tropicale) pendant 18 jours en saison sèche. Elle permet aux éleveurs d'entretenir le troupeau de ruminants d'un total de 34,44 UBT pendant 11 jours en saison sèche. Par contre les systèmes améliorés présentent d'importants risques pour la sécurité alimentaire et le revenu des producteurs dans les années de faible pluviosité. En effet, les variétés améliorées de mil et de niébé sont plus sensibles au stress hydrique, si bien qu'elles ne permettent pas de produire en quantités suffisantes pour couvrir les déficits vivriers. Comparativement aux systèmes traditionnels, elles

provoquent même des besoins additionnels d'achat du vivrier; de 6,2% chez les agriculteurs et de 6,9% chez les éleveurs.

3.3.2. Dans la zone soudano-sahélienne

Le système traditionnel domine les systèmes améliorés (Tableau 6). L'association du sorgho Sariasso 11 et du niébé IAR7/180-4-5-1 occupe seulement 5,11% des terres cultivées dans les petites exploitations; 12,13% dans les moyennes exploitations, et 4,51% dans les grandes exploitations. Cela s'explique par le coût de production élevé de l'association (13 300 FCFA.ha⁻¹) par rapport aux capacités financières des producteurs de la localité.

Tableau 8
Plans optimaux avec introduction des options améliorées et une politique de crédit de
20 000 FCFA

	Villages				
	Madougou		Ziga		
	Agriculteur	Eleveur	Petite exploitation	Moyenne exploitation	Grande exploitation
Allocation optimale de la terre par activité (en ha)					
Mil	5,08	1,49	-	-	-
Iar-ikmv	3,11	3,29	-	-	-
Kvx	-	0,31	0	0	0
Sorgho-niébé	-	-	2,41	3,91	8,18
Sariasso 11-iar	-	-	0,13	0,54	2,01
Sariasso 11	-	-	0	0	0
Production totale (en kg)					
Année moyenne					
Mil	8405	4731	-	-	-
Sorgho	-	-	1596	2823	6451
Niébé	353	890	261	698	2180
Année sèche					
Mil	951	198	-	-	-
Sorgho	-	-	587	1140	2878
Niébé	0	0	84	153	377
Consommation de la production (en kg)					
Année moyenne					
Mil	2674	1559	-	-	-
Sorgho	-	-	1200	2743	5485
Année sèche					
Mil	951	198	-	-	-
Sorgho	-	-	587	1140	2878
Achats de vivriers (en kg) / déficit vivrier					
Année moyenne					
Mil	0	0	-	-	-
Sorgho	-	-	0	0	0
Année sèche					
Mil	1722	1361	-	-	-
Sorgho	-	-	613	1602	2607
Vente de produits (en kg)					
Année moyenne					
Mil	5731	3171	-	-	-
Sorgho	-	-	397	81	966
Niébé	353	890	261	698	2180
Année sèche					
Mil	0	0	-	-	-
Sorgho	-	-	0	0	0
Niébé	-	-	84	153	377
Profit (FCFA)					
Année moyenne	+ 261768	+ 194524	+ 47332	+ 67746	+ 233819
Année sèche	- 101197	- 84386	- 63538	- 173858	- 287988

L'activité économique y est basée essentiellement sur l'agriculture vivrière, avec très peu de possibilités de générer des revenus. Cette option améliorée a cependant un impact considérable sur l'accroissement de la production de niébé dans les années de moyenne pluviosité. Sa production augmente de 70% dans les petites exploitations, de 270% dans les moyennes exploitations, et de 180% dans les grandes exploitations. Elle permet une augmentation substantielle des profits réalisés par les différents types d'exploitations. La production fourragère en fanes permet aux petites exploitations qui disposent de 0,48 UBT de les alimenter pendant 80 jours en saison sèche. Les moyennes exploitations qui ont 3,42 UBT peuvent les nourrir pendant

45 jours, et les grandes exploitations qui disposent de 3,06 UBT ont la possibilité de les nourrir pendant 43 jours. Contrairement à la zone sahélienne, on a pu relever que les systèmes améliorés présentent moins de risque pour la sécurité alimentaire et pour le revenu des agriculteurs dans les années de faible pluviosité, comparativement aux options traditionnelles. Ceci s'explique en grande partie par une amélioration de la production de sorgho et de niébé. Dans ces années la production de fanes permet aux petites exploitations d'alimenter les ruminants pendant 61 jours. Elle permet aux moyennes exploitations de les alimenter pendant 34 jours, et aux grandes exploitations pendant 32 jours. Comme dans la partie sahélienne, les soles pures de

Tableau 9
Plans optimaux avec introduction des options améliorées et une politique de crédit de 30 000 FCFA

	Villages				
	Madougou		Ziga		
	Agriculteur	Eleveur	Petite exploitation	Moyenne exploitation	Grande exploitation
Allocation optimale de la terre par activité (en ha)					
Mil	5,08	1,49	-	-	-
Iar-ikmv	3,11	3,29	-	-	-
Kvx	-	0,31	0	0	0
Sorgho-niébé	-	-	2,41	3,91	7,39
Sariasso 11-iar	-	-	0,13	0,54	2,80
Sariasso 11	-	-	0	0	0
Production totale (en kg)					
Année moyenne					
Mil	8405	4731	-	-	-
Sorgho	-	-	1596	2823	6632
Niébé	353	890	261	698	2825
Année sèche					
Mil	951	198	-	-	-
Sorgho	-	-	587	1140	3186
Niébé	0	0	84	153	383
Consommation de la production (en kg)					
Année moyenne					
Mil	2674	1559	-	-	-
Sorgho	-	-	1200	2743	5485
Année sèche					
Mil	951	198	-	-	-
Sorgho	-	-	587	1140	3186
Achats de vivriers (en kg) / déficit vivrier					
Année moyenne					
Mil	0	0	-	-	-
Sorgho	-	-	0	0	0
Année sèche					
Mil	1722	1361	-	-	-
Sorgho	-	-	613	1602	2299
Vente de produits (en kg)					
Année moyenne					
Mil	5731	3171	-	-	-
Sorgho	-	-	397	81	1146
Niébé	353	890	261	698	2825
Année sèche					
Mil	0	0	-	-	-
Sorgho	-	-	0	0	0
Niébé	-	-	84	153	383
Profit (FCFA)					
Année moyenne					
	+ 261768	+ 194524	+ 47332	+ 67746	+ 292428
Année sèche					
	- 101197	- 84386	- 63538	- 17 858	- 260473

variétés améliorées de niébé Kvx396-4-5-2D et IAR7/180-4-5-1 ne s'insèrent pas dans les systèmes de cultures compte tenu des coûts de production élevés (36 050 FCFA.ha⁻¹).

3.4. Impacts de politiques de crédit

Ces nouvelles technologies ont des coûts additionnels que les producteurs ne sont pas en mesure de supporter, ou ne sont pas prêts à risquer financièrement dans le contexte climatique et économique incertains de la zone de l'étude. Trois hypothèses de crédit pouvant alléger la contrainte de trésorerie pour favoriser l'adoption des systèmes améliorés ont été simulées dans les modèles d'optimisation. Des crédits de 10 000 FCFA, 20 000 FCFA et 30 000 FCFA, au taux d'intérêt de 8% et avec un différé de remboursement de trois mois.

3.4.1. Dans la zone sahélienne

Les résultats obtenus des différentes simulations (Tableaux 7, 8 et 9) montrent que les politiques de crédit n'ont pas un impact sur l'introduction des innovations. Les possibilités financières de la majorité des exploitations agricoles dans cette zone sont en effet limitées. L'analyse des valeurs marginales montre une saturation de la contrainte foncière qui laisse très peu de marge de manœuvre aux agriculteurs pour risquer dans des activités d'intensification avec du crédit qu'ils ne pourront pas rembourser à partir des produits de l'agriculture.

3.4.2. Dans la zone soudano-sahélienne

Le crédit a un impact sur l'adoption des innovations proposées seulement dans les grandes exploitations. Avec

Tableau 10
Plans optimaux avec introduction des options améliorées et une réduction des coûts de production de 50%

	Villages				
	Madougou		Ziga		
	Agriculteur	Eleveur	Petite exploitation	Moyenne exploitation	Grande exploitation
Allocation optimale de la terre par activité (en ha)					
Mil	5,08	1,49	-	-	-
Iar-ikmv	3,11	2,97	-	-	-
Kvx	0	0,62	0	0	0
Sorgho-niébé	-	-	2,26	3,30	9,09
Sariasso 11-iar	-	-	0,28	1,15	0,90
Sariasso 11	-	-	0	0	0,18
Production totale (en kg)					
Année moyenne					
Mil	8405	4359	-	-	-
Sorgho	-	-	1620	2938	6103
Niébé	353	1097	382	1189	1287
Année sèche					
Mil	951	195	-	-	-
Sorgho	-	-	664	1373	2418
Niébé	0	0	86	161	361
Consommation de la production (en kg)					
Année moyenne					
Mil	2674	1559	-	-	-
Sorgho	-	-	1200	2743	5485
Année sèche					
Mil	951	195	-	-	-
Sorgho	-	-	644	1373	2419
Achats de vivriers (en kg) / déficit vivrier					
Année moyenne					
Mil	0	0	-	-	-
Sorgho	-	-	0	0	0
Année sèche					
Mil	1722	1364	-	-	-
Sorgho	-	-	555	1369	3066
Vente de produits (en kg)					
Année moyenne					
Mil	5731	2799	-	-	-
Sorgho	-	-	420	195	618
Niébé	353	1097	382	1189	1287
Année sèche					
Mil	0	0	-	-	-
Sorgho	-	-	0	0	0
Niébé	-	-	86	161	361
Profit (FCFA)					
Année moyenne	+ 261768	+ 195424	+ 59682	+ 118721	+ 152944
Année sèche	- 101197	- 84611	- 56343	- 144951	- 324664

seulement un crédit de 10 000 FCFA, ceux-ci pratiquent l'association de sorgho Sariasso 11 et de niébé IAR7/180-4-5-1 sur 2,6 fois plus de terres que dans le modèle sans intervention. Ce qui permet d'augmenter les productions de sorgho et de niébé, respectivement de 9% et 72% en année de moyenne pluviosité, et respectivement de 19,7% et 9,4% en année de faible pluviosité. Malgré la perte de production importante en année de faible pluviosité, les grandes exploitations arrivent ainsi à épargner 44 387 FCFA pour juguler le déficit céréalier. De plus la production de fanes leur permet de nourrir le bétail pendant 70 jours de plus en année de moyenne pluviosité, et pendant 54 jours de plus en année de faible pluviosité. Plus les montants de crédit alloués augmentent dans ces exploitations, plus elles

diminuent les superficies des systèmes traditionnels pour adopter le système amélioré d'association.

3.5. Impacts de la diminution des coûts de production

Les semences améliorées de niébé et de sorgho sont chères (750 FCFA.kg⁻¹) et peu disponibles localement. Les coûts de production de ces cultures sont élevés (Tableau 3). Une recherche d'accompagnement qui permettrait de former des paysans producteurs de semences et d'utiliser des bio-pesticides localement disponibles, tels que les gousses et feuilles de *Azadirachta indica*, peuvent diminuer considérablement les coûts de production du niébé. Une hypothèse de diminution de la moitié (50%) des coûts de production a donc été simulée dans les modèles

d'optimisation. Les résultats obtenus (Tableau 10) montrent un impact significatif sur l'adoption des systèmes de cultures améliorés et sur la possibilité pour les exploitations de générer des revenus.

3.5.1. Dans la zone sahélienne

Les impacts sont similaires à ceux observés dans les modèles sans intervention. Le scénario favorise cependant l'insertion de la sole améliorée de niébé KVX396-4-5-2D dans le système de cultures des éleveurs, qui peuvent la mettre en culture sur 0,62 ha de terres alors que c'est la moitié qui était mise en culture dans les autres scénarios. Il permet une légère augmentation du revenu des exploitations d'éleveurs. Ils arrivent à doubler la quantité de fanes produites qui permet d'alimenter les ruminants pendant 22 jours au lieu de 11 jours dans le scénario sans diminution des coûts de production.

3.5.2. Dans la zone soudano-sahélienne

L'impact est significatif sur la sécurité alimentaire et sur le revenu des trois types d'exploitations. Elle permet d'augmenter le niveau d'adoption de l'association Sariasso 11 et IAR7/180-4-5-1, avec une augmentation significative de la production graine de sorgho et de niébé. Comparativement au scénario sans intervention, les excédents dégagés permettent d'augmenter les profits de 26% dans les petites exploitations; de 75,24% dans les moyennes exploitations et de 243% dans les grandes exploitations. L'impact est par ailleurs significatif sur la production fourragère et la capacité d'entretenir les animaux pendant la saison sèche. En année de moyenne pluviosité, les petites exploitations ont la possibilité d'alimenter leur effectif de ruminants pendant 171 jours, les moyennes exploitations pendant 96 jours, et les grandes exploitations pendant 86 jours. En année de faible pluviosité, les petites exploitations peuvent utiliser les fanes pour nourrir le bétail pendant 130 jours, les moyennes exploitations pendant 73 jours, et les grandes exploitations pendant 65 jours.

4. Conclusions

Dans le contexte spécifique de la zone semi-aride du Burkina Faso, l'introduction de nouvelles technologies en matière de diversification des cultures permet d'améliorer efficacement

les systèmes de cultures traditionnels. Même sans recourir à des politiques de soutien à l'adoption, les variétés améliorées de niébé associées aux céréales locales ou améliorées peuvent s'insérer dans les systèmes de production, améliorer la sécurité alimentaire, augmenter le revenu des producteurs, et accroître la disponibilité fourragère à la ferme pour l'alimentation des ruminants en saison sèche. Par contre avec le risque climatique élevé, la faible capacité de financement des activités par les producteurs ruraux, et la contrainte foncière, les producteurs sont limités dans l'adoption des soles pures de variétés améliorées de niébé. L'impact des politiques et mesures alternatives pouvant favoriser l'adoption des innovations est lié à la disponibilité des ressources foncières, financières et humaines dans les exploitations agricoles. Plus elles disposent de ressources, plus elles bénéficieront des retombées économiques de telles mesures. Des politiques de crédit visant à promouvoir les systèmes de cultures améliorés ne peuvent être efficaces que dans les grandes exploitations qui disposent des ressources foncières et financières suffisantes pour risquer de se lancer dans la mise en œuvre de nouvelles technologies. Les possibilités de réduction des prix des semences et l'utilisation de bio-pesticides, moins onéreux, constituent des alternatives potentielles que la recherche-développement devrait explorer pour favoriser la diffusion de ces innovations. Dans la partie soudano-sahélienne, le risque pluviométrique plus faible et les ressources agricoles disponibles dans les exploitations agricoles favorisent plus l'adoption de systèmes améliorés. Dans la partie sahélienne plus aride, la stratégie devra être orientée vers la recherche des meilleures combinaisons possibles entre les systèmes de cultures améliorés utilisant les variétés locales adaptées à la sécheresse.

Remerciements

Les auteurs adressent leurs sincères remerciements au Centre Canadien de Recherche pour le Développement International (CRDI) qui a financé la recherche. Leur reconnaissance va également à l'endroit des techniciens de recherche Justin Tiemtoré, Issa Tassebedo, et Sonkaly Sérémé qui ont assuré la mise en place des expérimentations et la collecte des données.

Références bibliographiques

- Delgado C.L., 1979, The southern fulani farming system in Upper Volta: a model for the integration of crop and livestock production in the west African Savannah. Department of Agricultural Economics, Michigan State University, East Lansing, Michigan, 185 p.
- Dugué P., 1989, Possibilités et limites de l'intensification des systèmes de culture vivriers en zone soudano-sahélienne: le cas du Yatenga (Burkina Faso). Thèse de docteur-ingénieur. Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier, France, 269 p.
- Fornage N., 1993, Enjeux et possibilités de l'intensification au Nord-Yatenga. Rapport Projet Vivrier Nord-Yatenga, Ouahigouya, 78 p.
- Maatman A., Sawadogo H., Schweigman C. & Ouédraogo A., 1998, Application of zaï and rock bunds in the northwest region of Burkina Faso: study of its impact on household level by using a stochastic linear programming model. Netherlands Journal of Agricultural Science, 46, 123-136.
- Marchal J.Y., 1984, Yatenga Nord Haute Volta. La dynamique d'un espace rural soudano-sahélien. Travaux et documents de l'ORSTOM. 167, 849 p.
- Matlock G.W., 1978, Environment uncertainty and livestock production in Upper Volta. Upper Volta village project report. USAID, Washington, 147 p.
- Reardon T., Matlon P. & Delgado C., 1992, Coping with household-level food insecurity in drought-affected areas of Burkina Faso. World Development, 16, 1065-1074.
- Tapsoba B., 1986, Aspects socio-économiques de la culture pure du niébé dans les systèmes de production agricole. Mémoire de fin d'études d'ingénieur des sciences appliquées. IPR Katiébougou, 58 p.
- Winrock International, 1992, Assessment of animal agriculture in sub-saharian Africa. Winrock International Institute for Agricultural Development, Arkansas, 119 p.
- Zoundi S.J., 1997, Interaction agriculture-élevage et développement agricole en zone semi-aride d'Afrique sub-saharienne pp. 185-198, in: Les cahiers de l'EISMV, 3, Actes du séminaire sur l'étude des contraintes au développement des productions animales en Afrique sub-saharienne.

J.S. Zoundi, Burkinabè, Chargé de recherches en zootechnie, Chef de service, Liaison Recherche-Développement, Institut de l'Environnement et des Recherches Agricoles (INERA), 04 BP. 8645, Ouagadougou 04, Burkina Faso. Fax: 00 226 50 34 02 71. Tél: 00 226 70 23 92 16. e-mail: zoundi@fasonet.bf, zoundi@hotmail.com

A. Lalba, Burkinabè, Master of Science, zootechnie et économie, Responsable modernisation et équipement des exploitations du sud-ouest. Programme de Développement de l'Agriculture de la Coopération Germano-burkinabè, BP. 11, Gaoua, Burkina Faso.

J.-P. Tiendrébéogo, Burkinabè, Ingénieur de recherche en agro-pastoralisme. INERA, CREAM de Kamboinsé, 01 BP. 476, Ouagadougou 01, Burkina Faso.

D. Bambara, Burkinabè, Ingénieur de recherche en agronomie, INERA, Station de Tougan, BP. 49, Tougan, Burkina Faso.

Effets des digues filtrantes sur la productivité des pâturages naturels en région sahélienne du Burkina Faso

A. Kiema^{1,2*}, Chantal Yvette Kaboré-Zoungrana² & A.J. Nianogo^{2,3}

Keywords: Straining dam- Pastures- Conversion- Dégradation- Vegetation- Biomass-Burkina Faso

Résumé

Cette étude expose les effets de l'aménagement des pâturages par la digue filtrante sur la dynamique de la végétation. Dans les régions sahéliennes, de nombreuses techniques sont appliquées sur les sols pour la restauration des parcours dégradés. La digue filtrante s'intéresse particulièrement aux axes de drainage ou bas-fonds en dégradation. La méthode d'étude a consisté à évaluer l'impact des digues filtrantes par l'inventaire de la végétation, la mesure de la biomasse produite, et l'analyse chimique d'échantillons de fourrage et de sol. Ces observations ont été faites à la fois sur l'espace aménagé et sur un espace témoin représentatif en deux fois durant cinq ans. Les observations sur l'espace aménagé (stations d'observation d'un ha) ont été faites en fonction du gradient par rapport à la digue filtrante tandis que sur le témoin (station d'observation d'un ha), les mesures ont été homogénéisées sur l'ensemble de la parcelle. Les résultats obtenus des inventaires de végétation montrent un effet positif de l'aménagement sur la dynamique de la végétation qui se maintient après cinq années. Les effets concernent la composition floristique pour laquelle certaines espèces connaissent une amélioration. Il s'agit de *Panicum laetum* (+ 5,9% en 1999 et + 1,9% en 2003), *Setaria pallide fusca* (+ 2,4 à + 8,6%), *Cassia obtusifolia* (+ 13,6% à + 9,3%) et *Zornia glochidiata* (- 2,9% à + 1,7%). Les espèces en régression sont surtout composées de *Schoenefeldia gracilis* (+ 1,7% à - 12%) et *Microchloa indica* (- 28,9% à - 12,1% entre 1999 et 2003). L'écart de recouvrement du sol entre la parcelle aménagée et le témoin a été de -0,4% en 1999 contre + 14,6% en 2003. La biomasse produite et la capacité de charge ont connu une expansion allant de 3,14 à 4,5 fois par rapport à l'espace non aménagé. Cependant, des suivis doivent encore être maintenus en associant surtout les effets de l'exploitation (fauche et pâture) pour mieux préciser l'efficacité et la durabilité de ces aménagements sur les zones pastorales en même temps que des stratégies sont définies au niveau village sur la gestion de ces espaces restaurés.

Summary

Effects of Straining Dams on the Productivity of Natural Pastures in the Sahelian Region of Burkina Faso

This study evaluates the effects of straining dams built to help control erosion on natural pastures on vegetation dynamics. In sahelian regions, many technologies are applied on soils to help restore degraded lands. The straining dams are used essentially for drainage corridors or for lowlands under degradation. The vegetation was inventoried, biomass production evaluated, and soil and fodder plant samples were taken twice in a period of five years (1999-2003). Observations were made both on developed and undeveloped plots. The observations on developed areas (observation stations of one ha each) were made according to the gradient of the straining dam, whereas they were made in a homogenous manner throughout the unconverted plot. Results from the vegetation inventory show positive effects of the dams on vegetation dynamics which persist after five years. A change in plant species composition was observed. Species that underwent improvement in the five-year period are *Panicum laetum* (+ 5.9% to + 1.9%), *Setaria pallide fusca* (+ 2.4 to 8.6%), *Cassia obtusifolia* (+ 13.6 to 9.3%) and *Zornia glochidiata* (- 2.9 to + 1.7%). Species that underwent a setback were *Schoenefeldia gracilis* (+ 7.1 to - 12%) and *Microchloa indica* (- 28.9 to - 12.1%). The recovery has evolved from - 0.4 in 1999 to 14.6 in 2003. There was a 3.14 to 4.5 fold increase in biomass production and in carrying capacity in comparison with the undeveloped areas. However, the setup requires monitoring that is continuous and that includes areas under exploitation by grazing or by hay harvest in order, to provide more detailed information on the efficiency and sustainability of these straining dams on pastoral lands. In addition to this, management strategies for these restored landscapes will have to be identified at village level.

Introduction

En région sahélienne, l'élevage constitue l'une des principales activités socio-économiques de la population. Cet élevage s'effectue à base de ruminants (bovins, ovins, caprins, camelins) qui tirent l'essentiel de leurs besoins alimentaires des pâturages naturels (4, 13). Ces derniers sont par ailleurs sujets à de multiples contraintes dont les principales sont la pression démographique sur les meilleures terres, les zones de pâture et la dégradation des sols par l'érosion hydrique et éolienne et l'insuffisance de fourrage du fait surtout de la faible productivité des pâturages (7).

Face à cette situation, de nombreuses actions de gestion ont été initiées pour améliorer et restaurer les ressources naturelles (sol et végétation) grâce à l'appui des partenaires au

développement. Parmi ces actions, des aménagements anti-érosifs de plusieurs types sont initiés dans les programmes de développement, en l'occurrence les diguettes anti-érosives, les sous-solages, les digues filtrantes, etc. Ces aménagements s'effectuent en fonction de la nature des unités de végétation et les digues filtrantes qui constituent l'objet de cet article sont réalisées par les populations de cette région sur les axes de drainage et les bas-fonds en dégradation. Cette étude s'intéresse particulièrement aux effets de cette technique sur les pâturages naturels. Sa contribution à l'aménagement des pâturages constitue une nouvelle expérience pour les populations.

L'étude a donc eu pour objet d'aider à renseigner les décideurs,

¹Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles, CRREA/Sahel-Dori, B.P. 80, Province du Séno, Burkina Faso.

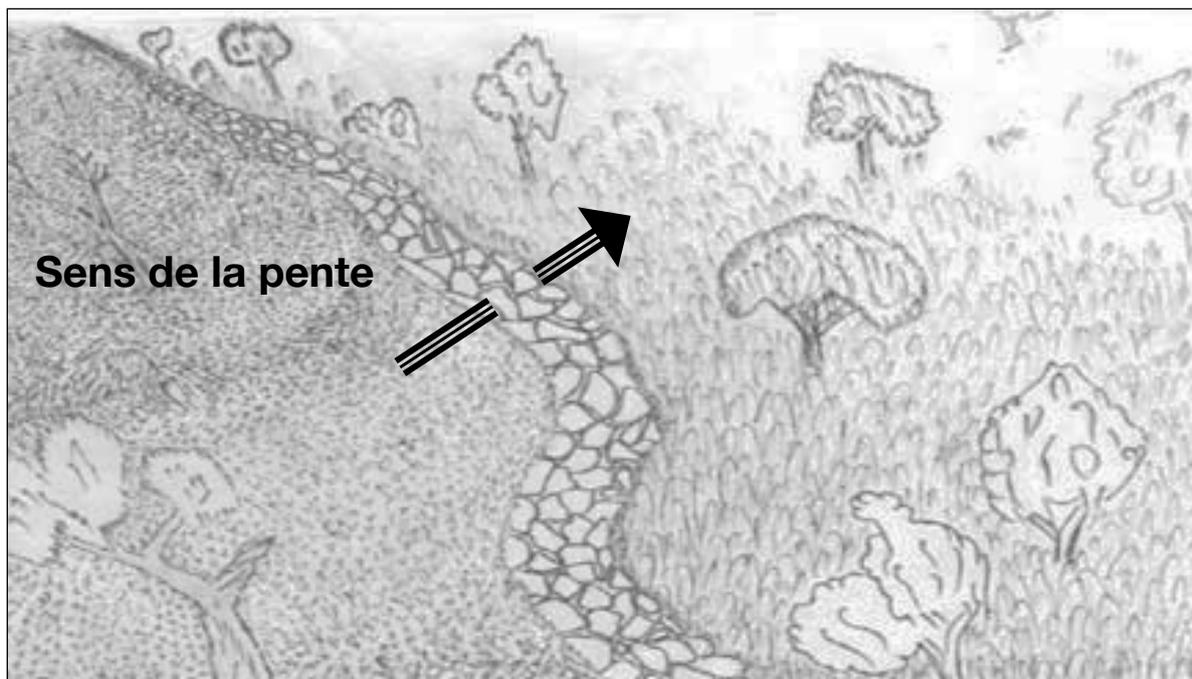
²Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, Institut du Développement Rural (IDR), B.P. 1091, Burkina Faso.

³Union Mondiale pour la Nature (UICN), 01 BP. 3133, Ouagadougou 01, Burkina Faso.

*Adresse pour correspondance: A. Kiema, Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles, CRREA/Sahel-Dori, B.P. 80, Province du Séno, Burkina Faso. Tél. : (226) 40 46 00 54, Fax: (226) 40 46 04 39.

E-mail: andre_kiema@yahoo.fr ou andre.kiema@coraf.org.

Reçu le 12.05.05 et accepté pour publication le 03.02.06.



Dessin 1: Schéma de digue filtrante.

les producteurs et les partenaires au développement sur la pertinence des aménagements en digue filtrante sur les axes de drainage et les bas-fonds en dégradation.

1. Matériel et méthodes

1.1. Définition de la digue filtrante

La digue filtrante est un dispositif en pierres libres (c'est-à-dire non maçonnées ni rejointées) qui est construite dans un cours d'eau à écoulement temporaire, dans un bas-fond ou dans un axe de drainage. Elle est utilisée pour lutter contre l'érosion des sols par les eaux de ruissellement dans des terrains productifs. Sa longueur dépend des dimensions du bas-fond ou de l'axe de drainage et varie habituellement de 20 à 400 m; sa hauteur est comprise entre 0,2 et 1,00 m et sa largeur entre 0,50 et 2,00 m. C'est un ouvrage anti-érosif utilisé également pour le traitement des ravines.

1.2. Site d'étude et dispositifs

L'étude a été menée à Sambangou, village situé dans la province du Yagha. Le climat est de type soudano-sahélien (400 à 600 mm). Les sols sont caractérisés par un aplanissement très poussé résultant d'une longue évolution géomorphologique. Ils sont en général très diversifiés et constituent en majorité de mauvais supports physiques pour la végétation en raison de leur faible perméabilité; ce qui freine l'infiltration de l'eau. D'une façon générale, la disponibilité en eau apparaît comme une des contraintes majeures pour la production végétale. La végétation est du domaine des steppes caractérisées par la prédominance de *Schoenefeldia gracilis*, *Panicum laetum*, *Loudetia togoensis* pour les herbacées. La strate ligneuse est dominée par des combrétacées, et des acacias. Le site d'étude se situe sur l'espace du terroir villageois réservé à la pâture.

L'aménagement est mis en place sur un axe de drainage représentatif de l'ensemble des situations observables pour la zone. Cette unité représente 3 à 4% de l'ensemble des unités de végétation mais se caractérise par sa plus grande productivité végétale.

La digue filtrante a été mise en place en fin de saison sèche de 1998. Le dispositif d'étude a consisté à délimiter deux parcelles homogènes d'un hectare: une dans la zone

aménagée et une autre à proximité sur la même station écologique n'ayant pas d'aménagement, pour servir de témoin. La taille des parcelles d'un hectare a été jugée suffisante comme station écologique d'observation. Cette superficie est en effet supérieure à l'aire minimale (16 à 45 m²) déterminée par différents auteurs (5, 8). Les mesures des différents paramètres ont été effectuées sur ces deux stations. Les coordonnées géographiques des parcelles ont été de 31P 216497 et UTM 143114 pour la digue filtrante et de 31P 216527 et UTM 148324 pour le témoin (Dessin 1).

1.3. Les observations

Les caractéristiques de la végétation ont été déterminées par les inventaires floristiques en fin de saison des pluies de 1999 et de 2003 qui ont permis de calculer les contributions spécifiques des espèces présentes sur les stations, de déterminer le recouvrement, de déduire les valeurs pastorales. Les prélèvements de sols et de végétation ont été effectués pour la détermination du bilan des principaux nutriments.

Toutes les observations, inventaires, production de biomasse, prélèvements de sol et de végétation se sont effectuées suivant le gradient par rapport à la digue filtrante à 0 m, 5 m, 10 m, 15 m et 20 m de celle-ci. Elles ont été répétées en quatre transects en amont et en aval.

Pour les inventaires de la végétation herbacée, la méthode des «points quadrats alignés» a été utilisée (5). La dynamique inter- et intra-annuelle de la végétation a été mesurée suivant le test de χ^2 comme décrit par Boudet G. (2). La valeur pastorale déduite de ces inventaires a été calculée à partir de la valeur relative des espèces inventoriées. Les espèces ont été classées selon une échelle de cotation de 0 à 5 selon leur intérêt zootechnique (d'espèce fourragère de valeur nulle à excellente). Pour les calculs de la valeur pastorale, la formule de Daget P. & Poissonet J. et Hirche A. (6, 10) a été employée.

La production de la biomasse a été évaluée par la méthode de la «récolte intégrale» sur des placeaux de 1 m² suivant Levang P. (12).

Le bilan des éléments nutritifs a été obtenu par les analyses des échantillons de sol et de fourrage. Les fourrages ont

Tableau 1
Effets de la digue filtrante sur la dynamique de la végétation: terroir de Sambangou (1999 à 2003)

Principales espèces et familles	Traitement en 1999					Traitement 2003					Différences entre total et témoin	
	Niveau topographique					Niveau topographique					1999	2003
	0m	10m	20m	Total	Témoin	0m	10m	20m	Total	Témoin		
<i>Aristida adscensionis</i>	0,05	0,13	0,43	0,19	1,13	3	1,9	0,5	1,5	5,9	-0,9	-4,4
<i>Borreria radiata</i>	3,24	2,85	1,71	2,65	1,3	3,11	0,2	2,45	1,8	1,2	+1,35	+0,6
<i>Brachiaria distichophylla</i>	4,1	5,87	9,83	6,98	7,11	2,57	3,98	6,45	3,2	8,1	-0,1	-4,9
<i>Cassia obtusifolia</i>	52,8	13,5	4,31	18,3	4,74	26,6	13,9	9,85	18	8,7	+13,6	+9,3
<i>Microchloa indica</i>	0,1	28,7	50,2	28,3	57,1	0	21,1	17,5	9,9	22	-29	-12
<i>Panicum laetum</i>	6,28	9,74	6,87	7,11	1,19	0,71	3,68	0,95	2,8	0,9	+5,92	+1,9
<i>Pennisetum pedicellatum</i>	0,86	0,63	0	0,3	0,54	7,24	0	0	4,4	0	-0,2	+4,4
<i>Schoenefeldia gracilis</i>	2,33	3,57	2,59	6,32	4,62	20	28,6	35	21	33	+1,7	-12
<i>Setaria pumila</i>	3,75	5,2	0,86	3,63	1,24	4,69	0,59	0	9,5	0,9	2,39	+8,6
<i>Zornia glochidiata</i>	6,58	15,9	9,47	10,7	13,6	11,4	14,3	11	9,3	9,3	-2,9	+1,7
Nombre d'espèces	35	18	12	34	25	21	14	11	32	17	+9	+15
Sol nu %	0	45	60,5	34	33,6	0,25	43	41	28,4	43	+0,39	-15
IC en %	3	6	12	7	3	4,2	1,2	5	4,5	3,7	+4	+0,8
Gramineae	30,3	63,9	78,9	61,1	79,1	56,4	61	68	65	80	-18	-15
Cyperaceae	3,04	3,37	3,02	2,72	0,3	2,01	3,75	0,3	3,3	0	+2,42	+3,3
Rubiaceae	3,24	2,85	1,71	2,65	1,3	3,11	0,2	2,45	1,8	1,2	+1,35	+0,6
Légumineuses	60	29,6	11,7	29	18,6	31,5	25,3	23,5	29	18	+10,4	+11
Autres familles	6,74	3,09	3,84	4,32	2,07	7,11	9,95	5,5	0,8	0,3	+2,25	+0,5

Le test de Khi deux a montré que les différences entre les parcelles sont significatives:

Total de 1999 différent de témoin 1999 au seuil de 5% (probabilité 0,003)

Total 2003 différent de témoin 2003 au seuil de 1% (probabilité 0,0009)

Total 1999 différent de total 2003 au seuil de 5% (probabilité 0,0012)

Témoin 1999 différent de témoin 2003 au seuil 10% (probabilité 0,009).

été prélevés dans les placeaux de récolte intégrale de la végétation immédiatement après l'évaluation de la biomasse produite. Les sols ont également aussitôt été prélevés dans ces placeaux de 1 m² sur l'horizon 0-20 cm considéré comme le siège du développement racinaire maximal de la plupart des herbacées. Les échantillons composites de sol d'un même niveau de gradient ont été stockés dans un sachet plastique. Au total 12 échantillons de sol et de végétation correspondant à plusieurs niveaux de gradient ont été conditionnés. Dans la parcelle témoin, 6 échantillons composites de sols et de fourrage ont été prélevés.

Les analyses de sol ont porté sur les éléments suivant: le pH, la matière organique, l'azote total, le phosphore total, et le carbone. Pour la végétation herbacée, les investigations ont plutôt concerné l'azote total et le phosphore total.

2. Résultats

2.1. Structure et composition de la végétation herbacée

Les listes floristiques des herbacées recensées comprennent 35 espèces en 1999 et 32 espèces en 2003 sur les parcelles aménagées contre respectivement 25 et 17 sur le témoin, soit un taux d'accroissement de 17% à 31% par rapport au témoin. Cet accroissement s'effectue suivant un gradient décroissant par rapport à la digue filtrante. En effet, le nombre d'espèces est plus élevé sur le gradient 0 m et évolue vers les conditions du témoin à 20 m de la digue filtrante.

Les espèces en présence se répartissent en graminées (plus de 20 espèces) dont les contributions spécifiques sont de 61% en 1999 et 65% en 2003 sur les parcelles aménagées et respectivement 79% et 80% pour les

témoins. Les graminées sont suivies par les légumineuses avec 3 espèces. La contribution spécifique est de 29% sur la parcelle aménagée contre 18% sur le témoin. Diverses autres espèces (plus de 6) sont favorisées par l'aménagement et s'installent en fonction du gradient. Cependant leur contribution spécifique globale est faible; 4,3% seulement en 1999 et 0,8% en 2003 sur la parcelle aménagée contre respectivement 2,07% et 0,3% sur le témoin.

Sur le plan spécifique, les observations montrent que parmi les espèces communes aux parcelles aménagées et leur témoin, certaines ont subi une dynamique progressive ou régressive. Parmi les espèces favorisées par la mise en place de la digue filtrante se trouvent surtout *Panicum laetum*, *Setaria pallide-fusca*, *Cassia obtusifolia*, *Zornia glochidiata*. Les espèces en régression sont surtout composées de *Eragrostis tremula*, *Brachiaria distichophylla*, *Schoenefeldia gracilis*, *Loudetia togoensis*, *Microchloa indica* (Tableau 1). Les tests de comparaison deux à deux des différents niveau de gradients, de la moyenne de toute la parcelle aménagée ont partout montré des χ^2 calculés supérieurs au χ^2 théorique au seuil très hautement significatif de 1%.

2.2. Valeur pastorale

Les indices de qualité du fourrage montrent que les catégories d'espèces fourragères présentent une variation avec le gradient par rapport à la digue filtrante (de 0 à 20 m). En effet, pour les espèces de très bonne qualité composées de *Panicum laetum*, *Alysicarpus ovalifolius*, *Zornia glochidiata*, l'indice est élevé en année I (18,3 à 25,5%) et faible en année V (5 à 13%). Les espèces classées bonne fourragère et qui sont constituées des *Eragrostis*, de *Brachiaria distichophylla*,

Tableau 2
Impact de la digue filtrante sur l'indice de qualité (en %) des différentes catégories d'espèces fourragères et la valeur pastorale totale

Espèces dominantes		Niveau topographique en 1999					Niveau topographique en 2003				
		0 m	10 m	20 m	Moyenne	Témoin	0 m	10 m	20 m	Moyenne	Témoin
Excellent	Aucune	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Très bonne	<i>Panicum laetum</i> , <i>Alysicarpus ovalifolius</i> , <i>Zornia glochidiata</i>	18,3	25,1	19,3	20,2	14,9	5	13	14	12	9,4
Bonne	<i>Brachiaria distichophylla</i> , <i>Eragrostis</i> spp.	4,74	6,05	5,9	6,25	5,12	9,5	3,5	5,5	6,6	6,6
Moyenne	<i>Schoenefeldia gracilis</i> , <i>Aristida</i> spp.	5,9	6,5	4,0	6,7	6,2	12	16	18	14	18
Médiocre	<i>Cassia obtusifolia</i> , <i>Microchloa indica</i>	10,6	8,5	10,9	9,3	12,4	9,4	7,1	5,4	7,5	6,4
Nulle	<i>Sida alba</i> , <i>Fimbristilis hispidula</i> , <i>Ctenium elegans</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Valeur pastorale totale		39,5	46	40	42,4	38,6	36	40	44	40	40,4

sont par contre moins importantes que ces dernières. Pour les espèces de moyenne qualité pastorale composées de *Schoenefeldia gracilis*, *Aristida* sp., leur contribution à l'indice de qualité est faible en première année du fait de la régression de la plupart d'entre elles en première année lorsqu'on considère le gradient 0 m vers 20 m mais elles deviennent plus importantes en année V (12 à 18%). D'autre part, l'effet digue améliore la contribution des indices de qualité des espèces de médiocre qualité fourragère (*Cassia obtusifolia*, *Microchloa indica*). En année V, elle évolue à la baisse de 0 à 20 m (9,4 à 5,4). L'écart de la contribution des espèces de médiocre qualité en année I (-3,1) est plus élevé qu'en année V (+ 1,1) (Tableau 2).

2.3. Biomasse produite

Il ressort de ces résultats que les productions sont plus élevées sur les parcelles aménagées que celles du témoin. En effet, elles sont estimées à 4,150 tonnes de MS/ha/an en 1999 et 2,021 tonnes de MS/ha/an en 2003 sur la parcelle aménagée contre respectivement 1,383 et 0,65 tonnes de MS/ha/an pour le témoin, soit une augmentation de la production de 3,3 fois. En outre les valeurs moyennes sont particulièrement plus élevées en amont (2,69 tonnes de MS/ha/an) que celles enregistrées en aval (1,5 tonnes de MS/ha/an). D'un constat général, il faut remarquer que l'augmentation de la biomasse s'effectue, à l'instar du recouvrement et de la composition floristique, en fonction du gradient par rapport à la digue filtrante. Les observations montrent que la biomasse est particulièrement plus élevée à 0 m vers 20 m (Figure 1). Cette évolution est surtout due à la présence de *Cassia obtusifolia* dont la contribution pour

cette biomasse est de 73,8% à 0 m vers 25,7% à 20 m de la digue filtrante. Sur le témoin, la biomasse de *Cassia obtusifolia* est plus faible (14% de la production totale).

2.4. Bilan des nutriments

2.4.1. Caractéristiques physico-chimiques du sol

Les caractéristiques physico-chimiques de la parcelle aménagée exprimées en fonction du gradient par rapport à la digue filtrante et comparées au témoin ont révélé des variations liées à l'effet de l'aménagement (Tableau 3).

En effet, les teneurs en carbone évoluent entre 5,1 et 2,9 g/kg de 0 m à 20 m de la digue tandis que les matières organiques du sol varient respectivement de 0,9% à 0,5% dans le même espace. Sur la parcelle témoin la teneur en carbone s'élève à 3,69 g/kg et celle de la matière organique 0,64%. Les taux d'azote (N) et de phosphore (P) présentent les mêmes tendances que celles observées pour le carbone et la matière organique. En ce qui concerne les variations physiques, les résultats des analyses en limon et sable montrent leur enrichissement du sol lié aux effets de la digue tandis que le taux d'argile est en baisse passant de 17,1% sur la parcelle témoin à 9,29% en moyenne sur le témoin.

2.4.3. Effets sur les immobilisations d'azote et de phosphore

Les productions totales de N et de P sont indiquées au tableau 4. Elles montrent à l'image des productions fourragères que la disponibilité pour les fourrages produits en N et P en amont (49,79 et 2,27 kg/ha respectivement pour N et P) est plus élevé qu'en aval (23,42 et 1,12 kg/ha respectivement pour N et P) de la digue filtrante. La

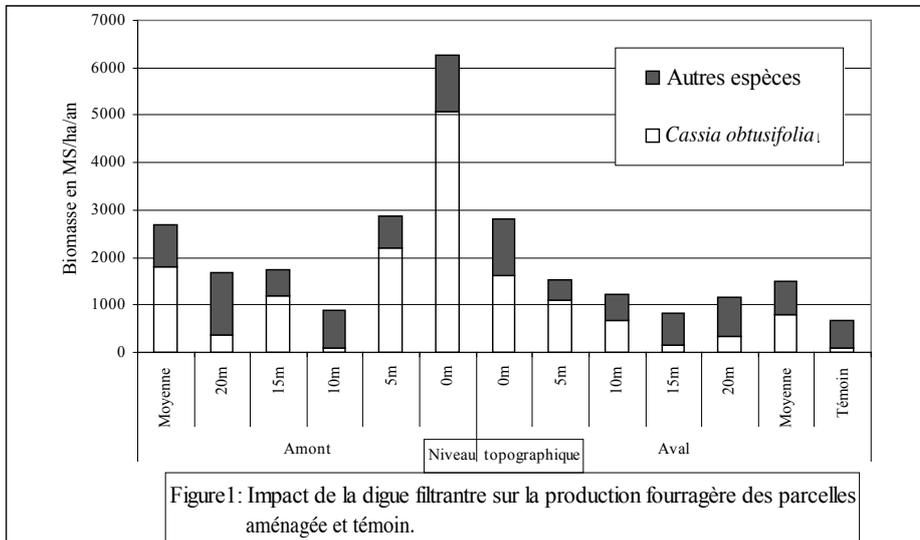


Figure 1: Impact de la digue filtrante sur la production fourragère des parcelles aménagée et témoin.

Tableau 3
Caractéristiques physiques et chimiques des sols de la parcelle aménagée et le témoin en 2003

Paramètres	Niveau topographique			Moyenne	Témoin
	0 m	10 m	20 m		
Carbone (C) g/kg	5,1	3,9	2,9	3,93	3,69
MO %	0,9	0,6	0,5	0,67	0,64
Azote total (N) g/kg	0,5	0,4	0,3	0,38	0,38
C/N	10,2	9,75	9,67	10,34	9,71
Phosphore total mg/kg	63	57	56	58,9	56,5
PHeau	6	5,2	5,8	5,68	5,88
PHcl	5,1	4,4	4,7	4,74	5,16
Argile en %	12	8,6	7,5	9,29	17,1
Limon (grossier et fin) %	20	16	16	17,3	16,6
Sable (grossier et fin) %	69	75	76	73,5	66,3

Tableau 4
Immobilisation d'azote et de phosphore par la biomasse de la parcelle aménagée et le témoin en kg/ha/an

Traitements	Azote total en kg			Phosphore total en kg		
	<i>Cassia obtusifolia</i>	Autres espèces	Total	<i>Cassia obtusifolia</i>	Autres espèces	Total
Amont	42,60	7,18	49,79	1,73	0,53	2,27
Aval	18,56	4,86	23,42	0,76	0,36	1,12
Total	30,58	5,96	36,54	1,24	0,44	1,69
Témoin	2,14	4,41	6,55	0,09	0,38	0,47

contribution de *Cassia obtusifolia* à la production totale de la parcelle est de 86,6% pour N et 73,4% pour P. En outre les productions de N et de P dues à *Cassia obtusifolia* sur la parcelle aménagée ont été améliorées respectivement de 14,3 fois et 13,8 fois comparativement au témoin. Lorsqu'on considère uniquement les productions des diverses autres espèces constituées essentiellement de graminées (à près de 65% pour la parcelle aménagée et 80% pour le témoin), il ressort de faibles différences entre la parcelle aménagée et son témoin. Après six ans d'aménagement, la contribution de *Cassia obtusifolia* à la mobilisation des nutriments du sol demeure toujours importante pour les productions animales sur les parcelles.

3. Discussion et conclusion

Le suivi de la dynamique de la végétation liée à l'impact de la digue filtrante a montré les effets sur la distribution de la végétation, la biomasse et la valeur fourragère. L'analyse faite des résultats démontre qu'entre les cinq années de suivi, l'aménagement a créé de très bonnes conditions pour le développement des espèces fourragères très intéressantes telles *Panicum laetum*, *Schoenefeldia gracilis*. Par contre, il s'est établi à la faveur de cet aménagement, *Cassia obtusifolia* jugé habituellement moins intéressante en saison des pluies. D'un constat général, la qualité nette des pâturages aménagés a été améliorée. En effet, l'espèce *Cassia obtusifolia* est consommée (gousses et rameaux) en saison sèche pendant que leur présence sur le site en saison des pluies n'entrave pas la consommation d'espèces fourragères appréciées. Akpo (1) ajoute que la sélection devait s'effectuer à trois niveaux: la zone pâturée, l'espèce et les organes végétaux. Pourtant la valeur pastorale ne prend pas en compte les organes végétaux alors qu'au Sahel les gousses sèches de *Cassia obtusifolia* sont prisées par les animaux. Des essais d'alimentation conduits par Ranjhan *et al.* (15) ont montré que le foin de *Cassia obtusifolia* était très bien accepté par les animaux. Par ailleurs l'espèce joue un rôle essentiel

dans l'amélioration du coefficient d'encombrement. Du point de vue écologique, son port racinaire puissant permet à d'autres espèces fourragères de s'installer.

En plus des impacts floristiques et des valeurs pastorales, l'augmentation de la biomasse produite a été un des points les plus observables des effets de cet aménagement. Cette production est d'abord importante durant la première année puis diminue avec l'âge de l'aménagement. Cette diminution entre les deux périodes d'observation a été de 34,5%. Durant cette même période, le témoin s'est également dégradé autant. Ceci indique que dans les plans d'aménagement, les calculs de productions dues aux impacts devraient tenir compte évidemment de la pluviométrie mais aussi de l'âge des aménagements. Dans tous les cas l'impact attendu des aménagements de digues filtrantes est important en matière de production fourragère. Les aménagements de digues filtrantes permettent donc de relever de façon très intéressante le niveau de la production fourragère (de 3 à 3,2 fois entre 1999 et 2003). Ces relèvements sont encore plus importants que ceux observés par certains auteurs (8, 9, 11, 16) sur d'autres types d'aménagement tels les cordons pierreux, les mises en défens, etc. qui se situent dans des fourchettes comprises entre 1,3 à 2,3 fois.

Les coûts de réalisation des digues basés sur les charges de transport (600 FCFA/m) et de la main-d'œuvre (1.365 FCFA/m) sont en moyenne de 1.965 FCFA/m. Lorsqu'on tient compte de la durée probable d'amortissement des digues filtrantes à 20 ans, les coûts seraient en moyenne de 98,25 FCFA/m/an. Avec les niveaux de production fourragère obtenue (2.021 à 4.150 kg de MS/ha/an) et les prix de vente du fourrage en saison sèche qui sont de 60 FCFA/kg, l'aménagement est également économiquement rentable.

Les immobilisations minérales (N et P) induites par la diguette par unité de surface ont été améliorées. Cette amélioration est proche des constats effectués par Breman *et al.* et Penning de Vries *et al.* (3, 14) sur les sols travaillés et ensemencés avec *Zornia glochidiata*, *Alysicarpus ovalifolius* et *Cassia mimosoides* ou ceux des pâturages ayant reçu

des apports d'engrais. Dans tous les cas, la question de l'aménagement des zones pastorales devrait aborder également les problèmes de fertilité à long terme. En effet, si les productions de N et de P obtenues sont exploitées au maximum, il est évident que les sols aménagés se dégraderont à moyen terme.

Par ailleurs, des études doivent être poursuivies pour enrichir les connaissances par rapport à la sélection des

espèces sur les zones aménagées et leur durabilité (maintien de la fertilité du sol, dynamique des espèces) en rapport avec les principales techniques d'exploitation en vigueur (fauche et pâture) dans les différents villages. Des essais d'alimentation d'animaux d'embouche ou de production laitière valorisant *Cassia obtusifolia* doivent être également menés pour appréhender l'intérêt des productions animales induit par les aménagements.

Références bibliographiques

1. Akpo L.E., Masse D. & Grouzis M., 2002, Durée de jachère et valeur pastorale de la végétation herbacée en zone soudanienne au Sénégal. *Revue Elev. Méd. Vét. Pays tropicaux*, **55**, 4, 275-283.
2. Boudet G., 1991, Manuel sur les pâturages tropicaux et les cultures fourragères. IEMVT. Deuxième édition, 266 p.
3. Breman H. & Ridder N.D., 1991. Manuel sur les pâturages des pays sahéliens. ACCT-CTA-KARTALA, 485 p.
4. Claude J., Grouzis M. & Milleville P., 1991, Un espace sahélien; la mare d'Oursi, Burkina Faso ORSTOM, 241 p.
5. Daget P. & Poissonet J. 1971. Une méthode d'analyse phytologique des prairies. Critères d'application *Ann. Agron.* **22**, 1, 5-41.
6. Daget P. & Poissonet J., 1972, Un procédé d'estimation de la valeur pastorale des pâturages. *Fourrages*, **46**, 31-39.
7. De Wispelaere G., 1990, Dynamique de la désertification au Sahel du Burkina Faso. Cartographie de l'évolution et recherche méthodologique sur les applications de la télédétection. Cons. Arts et Métiers. Paris, Mémoire pour le diplôme d'ingénieur. CNAM, 346 p.
8. Grouzis M., 1988, Structure, productivité et dynamique des systèmes écologiques sahéliens. (Mare d'Oursi, Burkina Faso). Thèse de doctorat d'état ès Sciences.
9. Hien F.G., 1995, La régénération de l'espace sylvo-pastoral au Sahel: une étude de l'effet des mesures de conservation des eaux et des sols au Burkina Faso. Document sur la gestion des ressources tropicales n°7, Université de Wageningen, 194 p.
10. Hirche A., 1994, Sur la notion de la valeur pastorale *In: Sylvo-pastoralisme et développement. De la gestion pastorale à l'aménagement CIHEAM/ IAM-M Réseau PARCOURS N° spécial: 85-86 p.*
11. Kiema A., Ouédraogo T., Nianogo A.J. & Sanou S., 2001, Effets des cordons pierreux et du scarifiage sur la régénération des pâturages naturels en région sahélienne du Burkina Faso. *Revue Science et Technique, Série Science Naturelle et Agronomie*, volume **25**, n°2.
12. Levang P., 1978, Biomasse herbacée de formations sahéliennes. Etude méthodologique et application du bassin versant de la mare d'Oursi. DGRST/ORSTOM, ACC. Lutte contre l'aridité dans l'Oudalan, 34 p. + annexes.
13. MARA, 1999, Les statistiques de l'élevage au Burkina Faso, année 1998; SSA-EE/DEP; MRA, Ouagadougou, Burkina Faso, 113 p.
14. Penning de Vries F.W.T. & Djiteye M.A., 1982, La productivité des pâturages sahéliens. Une étude des sols, des végétations et de l'exploitation de cette ressource naturelle (1^{ère} édition) PUDOC, Wageningen, 525 p.
15. Ranjhan S.K., Gupta B.S. & Chhabra S.S., 1971, Chemical composition and nutritive value of a summer legume, chakunda (*C. tora* Linn) hay with special reference to metabolisable energy for sheep. *Indian Journal of Animal Health*, **10**, 2, 217-221.
16. Toutain B. & Piot J., 1980, Mise en défens et possibilité de régénération des ressources fourragères sahéliennes. Etudes expérimentales dans le bassin versant de la mare d'Oursi. (Haute-Volta) IEMVT, 156 p.

A. Kiema, Burkinabè, Ingénieur en Développement Rural, option élevage, DEA en gestion intégrée des ressources naturelles, Agropastoraliste, Chercheur à l'INERA.

Chantal Yvette Kaboré-Zougrana, Burkinabè, Doctorat d'Etat ès Sciences naturelles, spécialité: nutrition animale, Maître de Conférence, Directrice de l'Institut des Sciences de la Nature et de la Vie/Université polytechnique de Bobo-Dioulasso, Responsable du laboratoire d'Etude des Ressources Naturelles et des Sciences de l'Environnement (LERNSE).

A.J. Nianogo, Burkinabè, PhD, Maître de Conférence à l'Université de Bobo-Dioulasso, Chef de Mission de l'Union mondiale pour la nature à Ouagadougou.

Dynamique de la conductance hydraulique chez l'olivier de table (*Olea europaea* L., cv *Meski*)

C. Hechmi¹, M. Braham², D. Boujnah², F. Ben Mariem², Wafa Ghariani², Z. Mahjoub² & S. Ben Elhadj³

Keywords: Sap flow- Hydraulic conductance- Water potential- Light introception- Olive tree- Tunisia

Résumé

La méthode thermique pour la détermination de flux de sève et la chambre à pression pour mesurer les potentiels hydriques foliaire et xylémique, ont été utilisées chez l'olivier de table *Olea europaea* cv *Meski* pour estimer la conductance hydraulique et la participation élémentaire des 4 branches selon l'orientation et l'exposition aux radiations solaires. Les mesures ont été effectuées du 23-10-2004 au 30-11-2004 dans un verger d'olivier de table et principalement sur deux arbres de la variété la plus commercialisée *Meski*. Cette étude a permis l'estimation de la conductance globale de la plante ainsi que la contribution de chaque génératrice. Les taux des conductances hydrauliques partielles sont respectivement de 43, 24, 20 et 13% dans les branches est, nord, sud et ouest. Elle a montré l'importance de l'interception lumineuse dans le déterminisme des flux de sève et des potentiels hydriques foliaires dans chaque branche, et par conséquent la liaison avec le mode de taille et la densité de plantation à préconiser.

Summary

Hydraulic Conductance Dynamic in Olive Table Tree *Olea europaea* cv *Meski*

The total hydraulic conductance, the participation of 4 branches of the table olive cultivar *Olea europaea* cv *Meski* were estimated by heat dissipation sap flow method of Granier and water potential measurements in leaf and xylem. The experiment was carried out in a commercial orchard of 7-year-old olive trees (*Olea europaea* L., cv *Meski*) since 23-10-2004 to 30-11-2004. Two representative trees with cylindrical trunk divided into four branches of different sizes and orientation were chosen for the experiment. Sap flow, leaf and xylem water potential and the fraction of leaf irradiated were estimated in each main branch. The present study show that the contribution of different branches in the total hydraulic conductance were 43, 24, 20 and 13% in the West, North, South and Western branches orientations. The light interception is an important factor to control sap flow and water potentials (Leaf and xylem) in branches and in total canopy; and consequently the connection with the pruning system and plant density to be recommended in news commercial olive table orchards.

1. Introduction

En Tunisie, l'oléiculture de table est en extension vertigineuse par l'adoption du système de production en intensif à raison de plus de 200 arbres/ha. La majorité des vergers récemment installés sont équipés par le système d'irrigation goutte-à-goutte et sont surtout localisés dans les régions du centre. En vue d'améliorer la rentabilité des nouvelles oliveraies de table, jusqu'à présent loin des potentialités réelles (3 t/ha), l'utilisation rationnelle des eaux d'irrigation s'impose. Pour la dynamique de l'eau, les variétés les plus couramment cultivées en association, à savoir, la variété locale du nord (*Meski*) et les deux variétés introduites (*Picholine* française, *Manzanilla* espagnole) se comportent différemment vis-à-vis des apports hydriques (3). A cet effet, la détermination de l'architecture de la conductance hydraulique de l'espèce, de la variété même, semble être nécessaire pour comprendre le fonctionnement hydraulique dans le système plante. L'approche hydraulique a été utilisée pour prévoir la consommation en eau et les échanges gazeux (17). Les premières méthodes utilisées pour étudier la conductance hydraulique ont présenté beaucoup de difficultés, il s'agit de techniques destructives, à temps non réel et très limité, telles que celles proposées par plusieurs chercheurs (18, 19, 20). De ce fait, d'autres ont étudié l'aspect architectural de la conductance hydraulique en utilisant l'approche de flux de sève brute et le potentiel hydrique foliaire chez l'abricotier (1) et l'oranger (13). La présente étude vise la détermination de la conductance hydraulique (xylème-feuille selon l'exposition des branches) par la méthode du flux de sève, et aussi l'effet de l'interception lumineuse sur ce paramètre chez la variété locale d'olivier de table cv *Meski*.

2. Matériel et méthodes

2.1. Matériel végétal et conditions de l'expérimentation

L'essai a été conduit dans un verger de 20 ha d'olivier de table localisé dans la région de Kairouan (Latitude: 35° 40' nord, Longitude: 10° 06' est). La variété expérimentée, la *Meski* est issue de boutures herbacées et plantée depuis 1997 selon un écartement de 7 x 7 m. Au cours de l'essai expérimental, du 23 octobre au 30 novembre 2004, les arbres sont irrigués à la capacité au champ par le système goutte-à-goutte à raison de 3 émetteurs par arbre, avec un débit total de 24 l/h (durée de l'irrigation: 5 heures).

Les conditions climatiques au cours de la période de l'essai, en particulier, les températures maximale et minimale, l'humidité relative et l'insolation sont présentées dans le tableau 1.

2.2. Méthodes

2.2.1. Le flux de sève

La mesure du flux de sève xylémique est effectuée selon la méthode thermique (8). Le fluxmètre est constitué par deux sondes cylindriques identiques de longueur 20 mm et de diamètre 1,8 mm. L'une est chauffée d'une manière discontinue (20 mn sans chauffage et 10 mn avec chauffage) pour éviter l'effet parasite associé au chauffage continu (6, 7). Chaque sonde contient un thermocouple Cuivre-Constantan permettant de mesurer l'écart de température entre les deux thermocouples. La tension électrique de chauffage est assurée par une batterie de 12 V. La saisie automatique des données est programmée suivant un pas périodique de 60 s avec une moyenne enregistrée en mémoire toutes les 5 mn à raison d'un cycle de chauffage/non-chauffage de 10 mn/ 20

¹Institut de l'Olivier, Pôle de Recherche-développement, 7100 Boulifa, Kef, Tunisie.

E-mail: Cheheb2003@yahoo.fr

²Institut de l'Olivier Sousse, B.P.40 Ibn Khaldoun, 4061, Sousse, Tunisie.

³Institut National Agronomique de Tunisie, 43 Avenue Charles Nicolle, 1082 Tunis, Tunisie.

Reçu le 06.01.06 et accepté pour publication le 08.02.06.

Tableau 1
Conditions climatiques pendant la période de l'essai

Date	Tmax (°C)	Tmin (°C)	Humidité (%)	Insolation (h)
24/10/2004	34,2	17,8	58	7,5
25/10/2004	33,9	20,7	50	8,6
26/10/2004	30,2	17,6	57	5,4
27/10/2004	23,9	15,6	70	9,3
28/10/2004	29	17	75	5,7
29/10/2004	27	20	84	1,7
30/10/2004	28	17,5	78	1,3
31/10/2004	28,5	17	75	4,8
01/11/2004	28	19	70	6,6

Source: Station météo Kairouan, 2004.

mn. Les données enregistrées sont récupérées tous les 15 jours à l'aide d'un Data Logger. Seule la deuxième valeur de la phase chauffage est considérée pour le calcul des flux de sève, selon la formule suivante:

$$U = J \cdot S$$

- J ($m^3 \cdot s^{-1}$) est la densité de flux estimée par le suivi d'un coefficient K qui dépend des différences de température entre les deux sondes du capteur, avec

$$K = [\Delta T (0) - \Delta T (u)] / \Delta T (u)$$

- $\Delta T (0)$ est la différence de température à flux de sève nul; $\Delta T (u)$: la différence de température à flux de sève de densité u ;
- S (cm^2) est la surface conductrice du bois, déterminée par coloration des coupes de génératrice, après l'expérimentation; dans notre cas, chez l'olivier cv *Meski* et *Picholine* seule une proportion (80%) de la section du bois a été trouvée conductrice de sève. Au cours de l'expérimentation et sur deux arbres de la variété *Meski*, 4 capteurs sont placés (les 2 sondes de chaque capteur sont installées verticalement et distantes de 8 cm) au même niveau de hauteur dans 4 branches selon l'orientation (nord, est, sud et ouest). Pour les deux arbres testés, la moyenne des circonférences du tronc est de 37 cm alors que celles des branches, nord, est, sud et ouest sont respectivement de 20; 18; 18,6 et 18,2 cm.

2.2.3. Le potentiel hydrique

Le potentiel hydrique foliaire est évalué par une chambre à pression (15). On mesure les potentiels hydriques de 3 feuilles par branche, tant pour des feuilles exposées à la lumière que pour celles ombragées. La mesure est aussi réalisée pour des feuilles couvertes par deux couches de papier aluminium 24 h à l'avance, ce qui traduit le potentiel hydrique au niveau du xylème (1, 13).

2.2.4. La fraction des feuilles exposées aux radiations solaires

Le taux des feuilles exposées aux radiations solaires a été estimé sur la base des observations effectuées sur 3 rameaux de la face extérieure de chaque branche chez les deux arbres testés. On détermine sur 100 feuilles, celles totalement ou partiellement (plus 50% de la surface foliaire) ensoleillées.

2.2.5. La conductance hydraulique

La conductance hydraulique est exprimée en fonction des flux de sève élémentaires de chaque branche et des potentiels hydriques foliaires et xylémiques correspondants. Dans le système plante, la conductance de la phase liquide est (1, 5):

$$K_{\text{Plante}} = \text{Flux total} / (\psi_f - \psi_x)$$

ψ_f : potentiel hydrique foliaire;

ψ_x : potentiel hydrique xylémique.

3. Résultats

3.1. Evolutions des flux de sève

L'analyse de la figure 1, montre que l'évolution journalière des flux de sève est très variable selon l'orientation. Chez les différentes branches, la cinétique horaire des flux suit le même type d'allure évolutive. En effet, au début de la journée (7 h 30 mn), le flux de transpiration augmente progressivement pour atteindre des maxima à midi et diminue à la fin de la journée vers des minima (18 h). Les valeurs les plus élevées sont observées chez la branche exposée à l'est, suivies par celles de la branche nord, viennent ensuite celles relatives à la face sud, alors que les densités de flux les plus faibles sont celles de la génératrice ouest. Selon les différentes orientations, les valeurs maximales de 0,590; 0,760; 0,972 et 1,325 l/h sont observées respectivement à 10 h 30 mn dans les branches ouest, sud, nord et à 12 h 30 mn dans la charpentièr exposée à l'est. La densité de flux maximal moyenne de l'arbre estimée à 3,57 l/h est observée à 10 h 30 mn.

Le flux de sève nyctéméral du 24/10/2004 est de 25 l/jour. En se rapportant au différentes génératrices de l'ouest, du nord, du sud et de l'est, les flux correspondants sont respectivement de 4; 6; 6 et 9 l/jour; au cours de la nuit, le flux de sève atteint des valeurs très faibles et constantes, au voisinage 0,01 l/h.

3.2. Le potentiel hydrique et ses variations

La figure 2, de l'évolution journalière des potentiels hydriques montre une synchronisation de leurs cinétiques horaires dans les différents compartiments de l'arbre à savoir ceux du xylème, des feuilles ombragées et des feuilles exposées à la lumière. On note à la matinée (8 h) et en fin de journée (17 h) des potentiels de même ordre de grandeur (de -12 à -13 bars), alors qu'on remarque de 10 h et jusqu'à midi (13 h) un abaissement des potentiels qui atteignent

-21 bars dans le xylème et les feuilles ombragées et -24,5 bars pour celles ensoleillées. Généralement, les potentiels hydriques des feuilles exposées à la lumière sont plus bas que ceux des feuilles à l'ombre. La figure 2 montre également un gradient de potentiel hydrique allant dans le sens d'un abaissement depuis le xylème (de -8 à -11,5 bars) jusqu'aux feuilles (de -12 à -13,5 bars). Les potentiels hydriques foliaires sont toujours plus bas que les potentiels enregistrés au niveau du xylème. Les feuilles et les rameaux issus de la génératrice orientée vers le sud ont présenté des niveaux bas des potentiels hydriques xylémiques et foliaires (8 h). Au niveau de la branche ouest, les potentiels hydriques foliaires sont les plus élevés.

3.3. Evolution de la fraction des feuilles exposées aux radiations solaires

Au cours de la journée du 24/10/2004, le suivi de la fraction des feuilles exposées aux radiations solaire (Figure 3) montre que ce paramètre pour les différentes branches, augmente

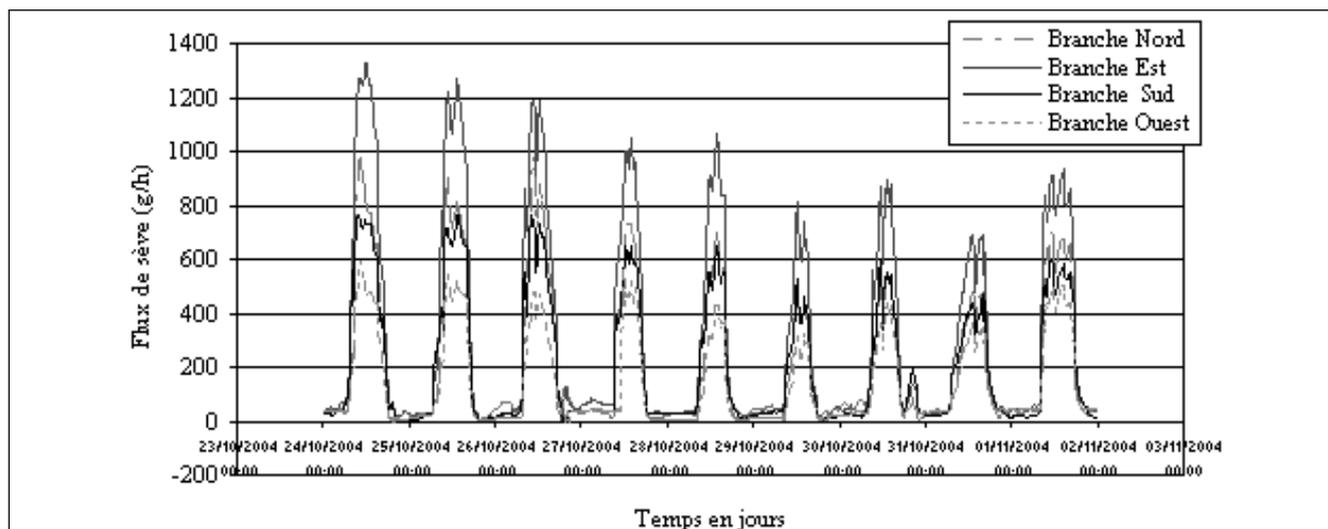


Figure 1: Evolution journalière des flux de sève dans les branches à orientations différentes.

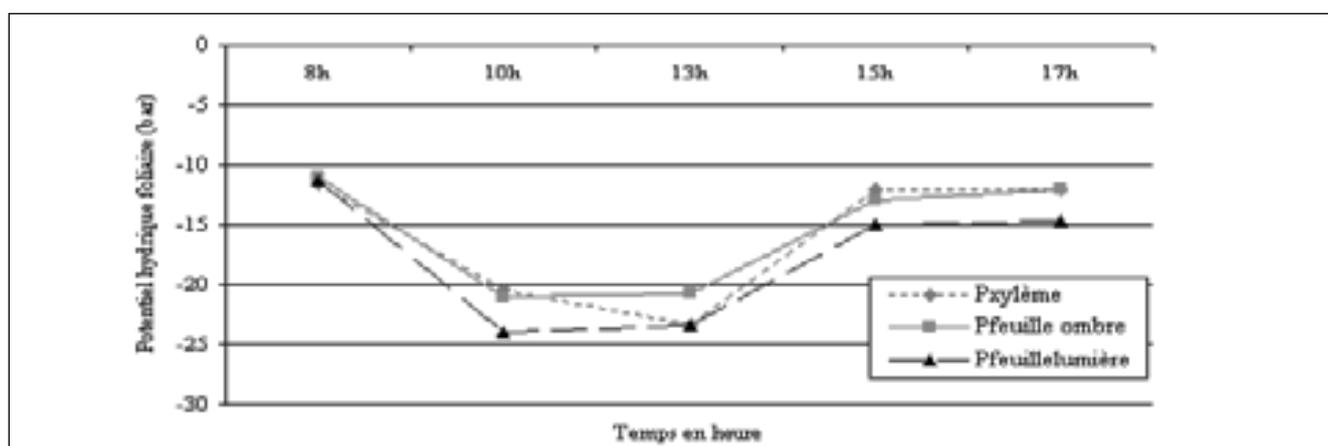


Figure 2: Evolution horaire du potentiel hydrique foliaire enregistré dans la branche sud (24/10/2004).

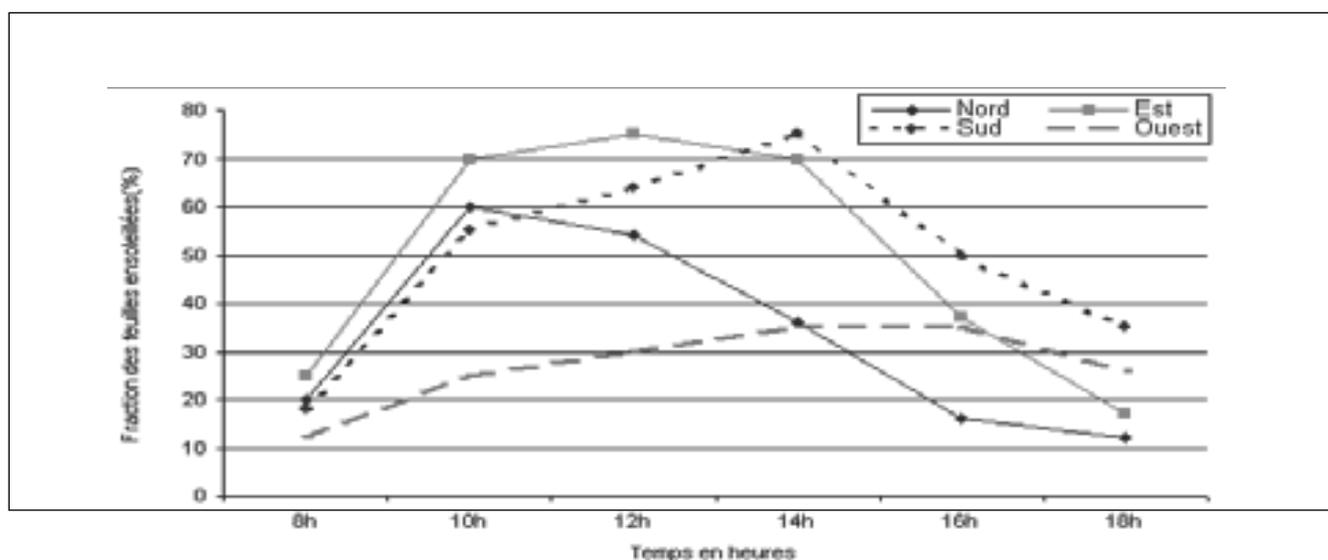


Figure 3: Evolution horaire de la fraction des feuilles ensoleillées dans les branches à orientations différentes (24/10/2004).

de la matinée (8 h) de 12 à 25% pour atteindre ensuite des valeurs maximales de 55 à 75% entre 12 h et 14 h et diminué en fin de journée (18 h) vers 12 et 35%. Les niveaux les plus élevés sont enregistrés chez les branches est et sud, les plus faibles sont celles de la branche ouest.

3.4. Evolution de la conductance hydraulique

Chez la variété *Meski*, la conductance hydraulique dans le système plante (xylème-feuille) est estimée en se rapportant aux flux de sève et aux gradients de potentiels hydriques foliaires et xylémiques correspondants. L'évolution horaire

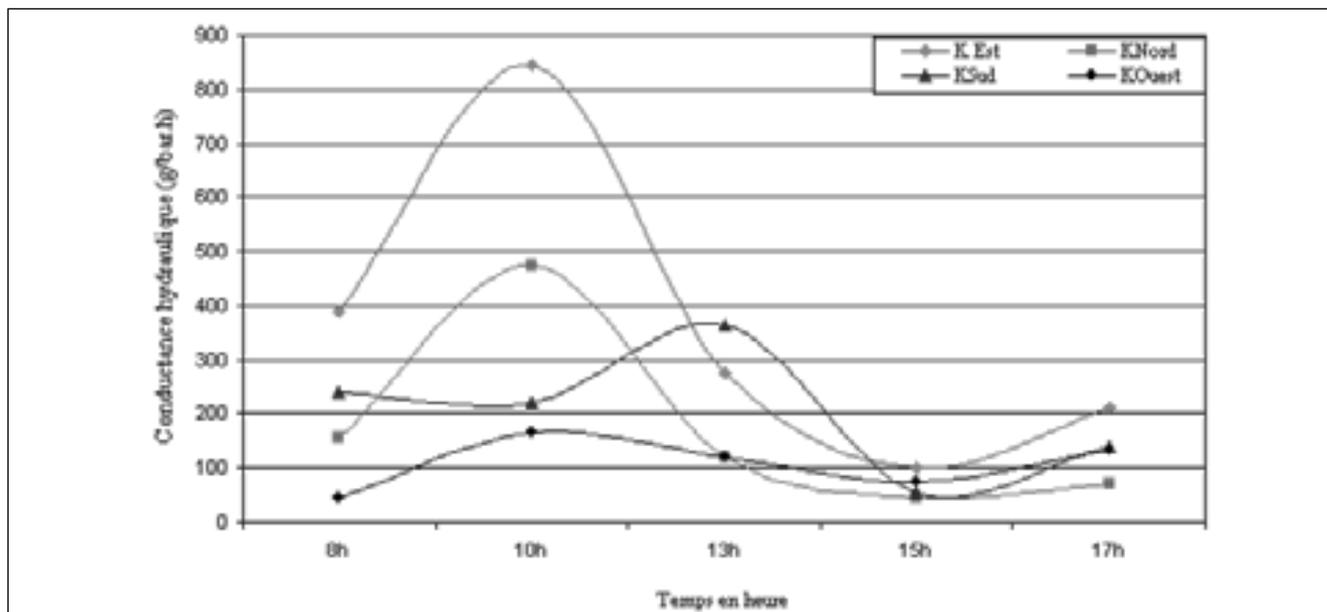


Figure 4: Evolution horaire de la conductance hydraulique des différentes branches selon l'orientation (24/10/2004).

de ce paramètre est très hétérogène selon l'exposition de la branche (Figure 4). Le niveau le plus élevé de la conductance est observé dans la génératrice est, alors que le plus faible est enregistré dans celle orientée vers l'ouest.

Les branches nord et du sud ont présenté des niveaux similaires et intermédiaires. Au cours de la journée du 24/10/2004, les conductances hydrauliques (K_{branche}) maximales de 166,5; 473; 856 et 365 $\text{g}\cdot\text{bar}\cdot\text{h}^{-1}$ ont été observées respectivement à 10 h dans les charpentières ouest, nord, est et avec un retard de 3 heures (13 h) dans celle exposée au sud. L'évolution horaire de la conductance totale de l'arbre ($K_{\text{plante}} = \psi K_{\text{branche}}$) suit le même type d'allure que celle de la courbe des conductances élémentaires des branches avec un maximum de 1700 $\text{g}\cdot\text{bar}\cdot\text{h}^{-1}$ observé à 10 h.

4. Discussion

Les processus fonctionnels critiques de la plante, en particulier l'assimilation carbonée et le flux de transpiration, sont fortement contrôlés par la dynamique de l'eau dans le système plante. Au cours de l'expérimentation du 24/10/2004 et jusqu'au 01/11/2004, l'évolution du flux de sève chez le cultivar local d'olivier de table *Meski*, irrigué à la capacité au champ se trouve fortement influencée par les conditions climatiques (Tableau 1). Les flux transpirés dans les branches, supposées de même volume foliaire, sont très hétérogènes selon l'orientation. Le taux le plus élevé (40%) est observé pour celle de l'est; ceci est expliqué par le fait qu'une grande proportion de la surface foliaire, échanges diffusifs compris, est exposée aux radiations solaires directes pour une longue durée de la journée, plus que les autres branches situées au nord et au sud (Figure 3) qui ne participent respectivement que pour 21,4 et 23,6% dans le flux total. De même, le volume foliaire de la charpentière ouest est fortement ombragé, d'une part par son exposition, et d'autre part par l'effet d'obstacle à l'interception lumineuse directe que représentent les autres branches et les oliviers limitrophes (Figure 3). C'est pourquoi, la contribution de cette génératrice dans la transpiration totale de l'arbre est très faible et ne dépasse pas les 16%. Ces résultats sont en concordance avec ceux rapportés chez l'olivier (14) et aussi ceux récemment publiés sur l'abricotier (1, 16) et le palmier dattier des oasis (16); alors que d'autres chercheurs, chez le pommier, n'ont mentionné aucune relation entre l'évolution des flux horaires d'une branche donnée du tronc et la variation de l'incidence de

l'insolation sur la fraction de la couronne foliaire qui lui est apparemment associée (2). Le mouvement de l'eau à partir du sol vers l'atmosphère à travers l'arbre et par les stomates est assuré par un gradient de potentiel hydrique dans le sens d'un abaissement depuis le sol vers les racines puis le long des vaisseaux conducteurs xylémiques jusqu'aux feuilles (11, 12).

Pour les différentes branches de l'olivier de table cv *Meski*, un gradient de potentiel hydrique est bien confirmé; c'est ainsi qu'en début et à la fin de la journée, ce gradient évolue dans le sens d'un abaissement: de -10 bars dans le xylème à -13 bars dans les feuilles; à midi, les potentiels hydriques xylémiques, foliaires sont respectivement de l'ordre de -20 et -24 bars. Ce type d'évolution explique la cinétique du flux de sève observée chez l'arbre, et confirmée par une régression linéaire hautement significative ($R^2 = 0,83$) entre le flux de sève diurne et les potentiels hydriques foliaires correspondants (Figure 5). En se référant aux différentes orientations, la branche ombragée exposée à l'ouest a présenté les potentiels hydriques les plus élevés, du fait que le niveau de transpiration correspondant était le plus faible. Au niveau de la génératrice orientée vers l'est et dont la densité de flux est la plus élevée, les potentiels hydriques se retrouvent les plus bas.

Les résultats présentés, des relations entre le flux de sève et les potentiels hydriques foliaires et xylémiques corroborent plusieurs autres résultats (1, 4, 9).

L'utilisation de l'approche de flux de sève et des potentiels hydriques foliaires et xylémiques des 4 branches chez l'olivier de table cv *Meski* a permis de déterminer la conductance hydraulique totale de l'arbre. Le taux de la contribution des différentes génératrices ouest, nord, sud et est sont respectivement de 12,5; 24; 20,3 et 43%.

Le mouvement de l'eau vers le xylème puis vers les feuilles est exprimé par les conductances hydrauliques dans le système plante. La conductance montre qu'il y a influx de l'eau la matinée (8 à 10 h) du réservoir sol vers le tronc et les rameaux pour être stockée avant d'être transpirée à midi sous l'effet de l'environnement climatique (K_{plante} est maximale entre 10 et 13 h). Chez le palmier dattier (16) en mesurant le flux de sève à deux niveaux de hauteur (1,5 et 6 m) ont montré que l'eau nécessaire pour la transpiration est prélevée de la quantité d'eau stockée dans le tronc; la nuit et au début de la matinée, l'eau du sol assure la reconstitution de cette quantité transpirée.

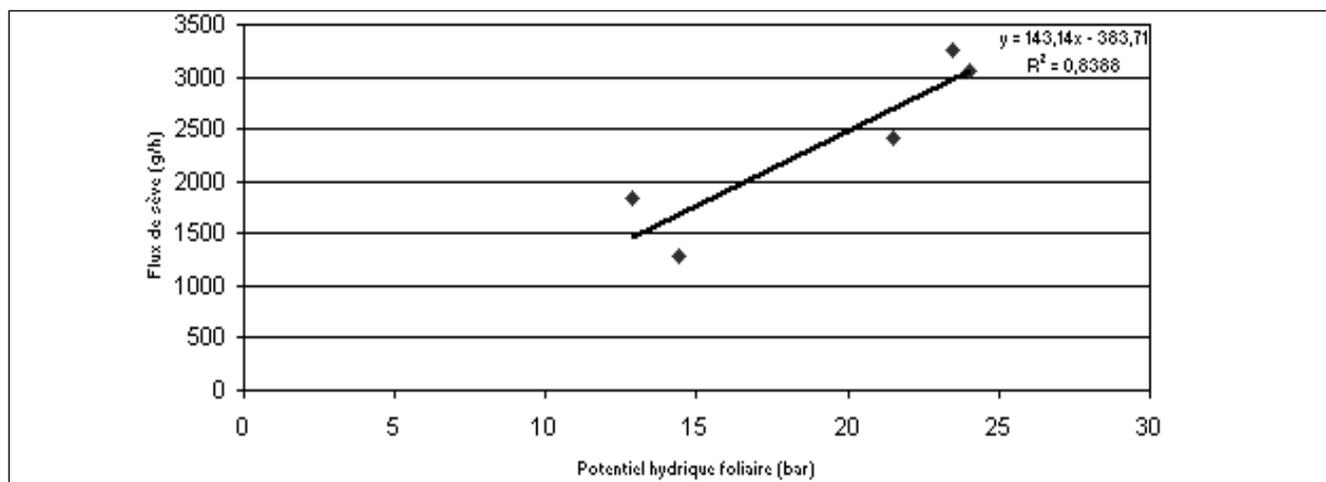


Figure 5: Régression linéaire entre le flux de sève totale et le potentiel hydrique foliaire.

5. Conclusion

L'utilisation de la méthode thermique (6, 7, 8) pour l'estimation du flux de sève chez l'olivier de table cv *Meski* conduit en intensif, a permis de déterminer la contribution de chaque branche, suivant son orientation, dans la transpiration et la conductance hydraulique globale de l'arbre. Ces deux composantes sont très sensibles à la durée et à l'intensité des radiations solaires interceptées par la surface foliaire. La participation des différentes génératrices orientées vers l'est, nord, sud et l'ouest est respectivement de 43; 24; 20 et 13%. Toutefois, cette conductance hydraulique est dynamique entre

les différents compartiments de l'arbre (branches), permettant une certaine optimisation de l'activité photosynthétique globale. Cette technique basée sur la méthode thermique de Granier présente néanmoins quelques problèmes, en particulier, la profondeur d'insertion des sondes (1,8 mm) et la longue durée d'installation des sondes dans le bois, le nombre réduit de capteurs par branche, le nombre faible d'arbres testés et les problèmes liés à la détermination de la surface conductrice du flux d'eau.

Références bibliographiques

- Alarcon J.J., Domingo R., Green S.R., Nicolas E. & Torrecillas A., 2003, Estimation of hydraulic conductance with field grown apricot using sap flow measurements. *Plant and Soil*, 251, 125-135.
- Cabibel B., 1994, Continuité des flux hydriques dans le système racine-tronc. Cas des arbres fruitiers. *Agronomie*, 14, 503-514.
- Chehab H., Braham M., Boujnah D. & Ben El Hadj S., 2002, Comportement écophysologique chez 3 variétés d'olivier de table (*Olea europaea* L. cv *Meski*, *Manzanille* et *Picholine*) en rapport avec le régime hydrique. *Ann. de l'INRAT*, 75, 151-174.
- Cohen Y., Morschet S., Dasberg S. & Bielora H., 1985b, New aspect in evaluating the response of citrus tree to soil water regime. *In: Les besoins en eau des cultures Conf. Int. Paris*, 11-14 sept. 1984, INRA, Paris.
- Diane E., Pataki R.O. & Nathan P., 1998, Responses of sap flux and stomatal conductance of *Pinus taeda* L. trees to stepwise reductions in leaf area. *Jor. Environ. Bot.* **49**, 322, 871-878.
- Do F. & Rocheteau A., 2002, Influence of natural temperature gradients on measurements of xylem sap flow with thermal dissipation probes. 1. Field observations and possible remedies. *Tree physiology*, 22, 641-648.
- Do F. & Rocheteau A., 2002, Influence of natural temperature gradients on measurements of xylem sap flow with thermal dissipation probes. 2. Advantages and calibration of a noncontinuous heating system. *Tree physiology*, 22, 649-654.
- Granier A., 1985, Une nouvelle méthode pour la mesure du flux de sève brute dans les troncs des arbres. *Ann. Sci. For.* **42**, 2, 193-200.
- Granier A. & Cochard H., 1991, Fonctionnement et dysfonctionnement hydraulique des arbres forestiers. *In: Physiologie des arbres et arbustes des zones arides et semi-arides*, groupe d'études de l'arbre, Pris, France. 13-20.
- Hacké U.G. & Sauter J.J., 1996, Drouth-induced xylem dysfunction in petioles, branches and roots of *Populus balsamifera* L., *Alnus glutinosa* L. *Gaertn. Plant physiol.* 111, 413- 417.
- Katerji N. & Cruziat P., 1984, Transfert hydrique chez les végétaux, quelques faits et problèmes. *In: Les besoins en eau des cultures / Crop water requirements*.
- Loustau D., Domee J.C. & Bosc A., 1998, Interpreting the variation in xylem sap flux density within the trunk of maritime pine (*Pinus pinaster* Ait): application of a model for calculating water flows at tree and stand levels. *Ann. Sci.For.* 55, 29-46.
- Morschet S., Cohen Y., Green G.C. & Fuchs M., 1990, The partitioning of hydraulic conductance within in mature oranges tree. *J. Exp. Bot.* 41, 833-839.
- Palmo M.J., Diaz Espejo A., Fernandez J.E., Giron I.F. & Moreno F., 1998, Using sap flow measurements to quantify water consumption in the olive tree. *In: Water and the environment: innovative issues in irrigation and drainage* (Eds. Pereira L.S., Growing J.W.), 205-212.
- Scholander P.F., Hammel H.T., Bradstreet E.T. & Hemmingen E.A., 1965, Sap pressure in vascular plants. *Sciences*, 148, 339-346.
- Sellemi M.H. & Sifaoui M.S., 2003, Estimating transpiration in an intercropping system: measuring sap flow inside the oasis. *Agricultural water management*, 59, 191-204.
- Sperry J.S., Hacke U.G., Oren R. & Comstock J.P., 2002, Water deficits and hydraulic limits to leaf water supply. *Plant, cell and environment*, 25, 251-263.
- Sperry J.S., Donnelly J.R. & Tree M.T., 1988, A method for measuring hydraulic conductivity and embolism in xylem. *Plant, cell and environment*, 11, 35-40.
- Tsuda M. & Sperry J.S., 1997, Whole plant hydraulic and vulnerability segmentation in *Acer saccharinum*. *Tree Physiol.* 17, 351-357.
- Tyree M.T., Cochard H., Cruziat P., Sinclair B. & Améglio T., 1993, Drouth induced leaf shedding in walnut: evidence for vulnerability segmentation. *Plant, cell and environment*, 16, 879-882.

C. Hechmi, Tunisien, DEA et Doctorant en agronomie, Attaché de recherche.

M. Braham, Tunisien, Doctorat d'état en agronomie, Directeur de recherche.

D. Boujnah, Tunisien, Doctorat d'état en agronomie, Maître de recherche.

F. Ben Mariem, Tunisien, Technicien en agronomie, Technicien de laboratoire.

Wafa Ghariani, Tunisienne, Technicienne en agronomie, Technicienne de laboratoire.

Z. Mahjoub, Tunisien, Technicien en agronomie, Technicien de laboratoire.

S. Ben Elhadj, Tunisien, Doctorat d'état en agronomie, Professeur.

Effet d'une complémentation azotée sur la pathologie de la trypanosomose animale africaine chez les moutons sahéliens

A.B. Kanwé¹, S. Néyan¹, A.G. Ouédraogo² & Z. Bengaly¹

Keywords: Sheep-Trypanosome- Food- Ingestion- Pathology- Burkina Faso

Résumé

Vingt-quatre moutons sahéliens âgés de deux ans et pesant en moyenne 30 kg \pm 1,7 ont été répartis en deux groupes recevant l'un, une ration de production (B) et l'autre, une ration d'entretien (A). Dans chaque groupe existent un lot témoin et un lot infecté avec *Trypanosoma congolense* à raison de 10⁴ trypanosomes par kilogramme de poids métabolique (kgP^{0.75}). Les lots infectés ont développé une forte parasitémie avec un pic important après deux semaines d'infection. A partir du 17^{ème} jour post infection les animaux infectés du lot A ont montré des températures rectales plus élevées, une chute de l'hématocrite plus importante que chez les animaux infectés du lot B. Cependant, la parasitémie s'est révélée plus importante chez les animaux recevant la ration de production B. En comparant les lots infectés avec leur témoins on a noté une différence hautement significative pour les GMQ. La réduction de l'ingestion volontaire de la matière sèche est plus marquée chez les animaux du lot B. Elle passe de 68,42 g MS/kgP^{0.75} à la première semaine post infection à 57,67 g MS/kgP^{0.75} à la sixième poste infection pour les animaux du lot B et de 57,94 g MS/kgP^{0.75} à 53,09 g MS/kgP^{0.75} chez les animaux du lot A.

Summary

Effect of a Complementation Nitrogenized on the Pathology of Animal Trypanosomiasis at the Sahelian Sheeps

Twenty-four, two years old sahelian sheeps and weighing on average 30 kg \pm 1.7 were divided in two groups, one receiving, a production diet (B) and the other, a maintenance diet (A). Each group was divided in a control batch and a batch infected with 10⁴ *Trypanosoma congolense*/kgP^{0.75} per metabolic kilogramme of weight. The infected batches developed a strong parasitaemia with a significant peak after two weeks of infection. From the 17th day post infection, the infected animals of batch A showed higher rectal temperatures, a fall of the anemia more significant than in the infected animals of the batch B. However, the parasitaemia was significantly higher in the animals receiving the ration of production B. A highly significant difference in GMQ was noted by comparing batches infected to the controls. The reduction of the voluntary ingestion of the dry matter is important in the animals of the batch B. It shifted from 68.42 g MS/kgP^{0.75} for the first week post infection to 57.67 g MS/kgP^{0.75} at the sixth week post infection for the animals of the batch B and 57.94 g MS/kgP^{0.75} to 53.09 g MS/kgP^{0.75} for the animals of batch A.

Introduction

L'élevage représente 11% du PIB du Burkina Faso; parmi les espèces élevées, les petits ruminants jouent un rôle prépondérant. En 2003, le Burkina Faso comptait environ 6.702.640 ovins et 10.035.687 caprins. Ces petits ruminants fournissent non seulement une bonne partie des protéines animales nécessaires aux populations rurales et urbaines, mais constituent aussi une source non moins importante dans le processus de consolidation de l'épargne des producteurs. Ces petits ruminants trypanosensibles sont confrontés à la trypanosomose animale qui constitue une des contraintes majeures de la production animale dans la zone subhumide. Cependant, ces effectifs augmentent sous l'effet de migration de troupeaux à la recherche de meilleures conditions d'alimentation ce qui est le cas de la zone subhumide. Chez ces animaux sensibles à la trypanosomose, nous avons recherché le rôle de l'alimentation en tant que facteur extrinsèque sur la pathologie de cette maladie chez nos races locales (ovins). En effet, bien que la trypanotolérance dépende de facteurs génétiques (13) on ne peut la dissocier de l'influence de l'environnement (5, 14). Certains facteurs extrinsèques, tels que les carences alimentaires (1, 2) peuvent entraîner une rupture immunitaire, même chez des individus trypanotolérants (6, 8). Cette étude se propose d'évaluer le rôle d'une alimentation riche en azote sur la pathologie de la trypanosomose animale chez une race sensible vivant dans une zone infestée de glossines.

Matériel et méthodes

Les animaux

Vingt-quatre moutons sahéliens mâles adultes (2 ans) ont été sélectionnés pour cette étude. Ces animaux ont été ramenés directement du Sahel, zone indemne de trypanosomose. Leur poids était de 30 kg \pm 1,7. Ils ont été répartis en deux groupes. Un premier groupe recevant une ration d'entretien (A) et l'autre une ration de production (B). Ils ont été placés dans une étable sous moustiquaire en stabulation individuelle. Les animaux ont été traités avec le Panacur (ND) contre les parasites gastro-intestinaux, et au Borgal (ND) contre les infections microbiennes. Pour préserver les animaux de toute affection au cours de l'expérience ils ont été vaccinés contre la péripneumonie.

Infection des animaux

Les animaux ont été inoculés par voie intradermique à raison de 10⁴ trypanosomes par kilogramme de poids métabolique. La souche utilisée était un clone de *Trypanosoma congolense* ILRAD c49.

Les aliments utilisés

L'aliment grossier était constitué de paille de riz. Le tourteau de coton et le son de meunerie ont servi de sources azotées et énergétiques. Deux rations alimentaires ont été formulées à partir de ces aliments. Une ration couvrant les besoins d'entretien a été servie aux animaux du groupe A et une ration de production pouvant permettre un GMQ de 100 g a été servie aux animaux du groupe B (Tableaux 1 et 2). Chaque groupe a été scindé en deux lots dont l'un a été infecté et l'autre a servi de témoins (Tableau 3).

¹ Centre International de Recherche-Développement sur l'élevage en zone Subhumide (CIRDES), 01 BP 454, Bobo-Dioulasso 01, Burkina-Faso. Tél. (226) 20 97 20 53; Email: augustin_kanwe@yahoo.fr

² Institut de Développement Rural (IDR) Université de Bobo-Dioulasso, 01 BP 1091, Bobo-Dioulasso 01, Burkina Faso. Tél (226) 20 98 06 35 Email: oga@fasonet.bf

Reçu le 05.10.05 et accepté pour publication le 17.02.06.

Tableau 1

Ration type A. Besoins de production pour un GMQ de 100 g (calculée sur la base des valeurs et besoins théoriques extraits des tables des valeurs de l'INRA : Alimentation des bovins ovins et caprins éd. 1988)

Aliments	Matière brute (g)	MS (g)	UF (g)	MAD (g)	Ca (g)	P (g)
Farine basse de riz	350	325,12	0,315	35,44	0,520	5,657
Tourteau de coton	200	187,68	0,158	74,32	0,490	2,402
Paille de riz	500	332,99	0,140	0	0,633	0,266
Total	1050	845,79	0,613	109,76	1,643	8,325.0

MS= Matières Sèches; UF= Unité fourragère; MAD= Matières Azotées Digestibles; Ca= Calcium; P= Potassium.

Tableau 2

Ration type B. Besoins d'entretiens des animaux (calculée sur la base des valeurs et besoins théoriques extraits des tables des valeurs de l'INRA : Alimentation des bovins ovins et caprins éd. 1988)

Aliments	Matière brute (g)	MS (g)	UF (g)	MAD (g)	Ca (g)	P (g)
Farine basse de riz	170	157,91	0,153	17,21	0,253	2,748
Tourteau de coton	80	75,07	0,063	29,73	0,195	1,961
Paille de riz	500	332,99	0,140	0	0,633	0,266
Total	750	565,97	0,356	46,94	1,081	3,975

MS= Matières Sèches; UF= Unité fourragère; MAD= Matières Azotées Digestibles; Ca= Calcium; P= Potassium.

Tableau 3
Allotement des animaux

Groupes	Lot témoins	Lot infecté
Ration d'entretien (A)	6	6
Ration de production (B)	6	6

Conduite de l'expérience

Afin de suivre la consommation volontaire de la matière sèche totale, les offerts et les refus de la paille ont été pesés tous les jours. Le concentré (tourteau de coton et son) consommé en totalité a été distribué en premier lieu le matin entre huit et neuf heures.

Les aliments ont été distribués individuellement dans les mangeoires de chaque animal qui disposait d'un seau d'eau en permanence.

Le sang des animaux a été prélevé tous les deux jours à la veine jugulaire pour le suivi de la parasitémie, de l'hématocrite et la récupération du plasma pour des analyses ultérieures. La température rectale a été relevée tous les jours entre sept et huit heures du matin. Tous les matins, une inspection générale de tous les animaux a été effectuée pour une évaluation des signes cliniques extérieurs de la maladie (chancres, larmolements, démarche). Le suivi pondéral a été conduit par la pesée des animaux une fois par semaine.

Résultats

Symptomatologie.

L'infection à *Trypanosoma congolense* a occasionné une fièvre intermittente chez tous les animaux. Aucun animal n'a présenté de chancre aux points d'inoculation. Quelques larmolements ont été constatés chez certains individus du groupe A. Ainsi aucun signe clinique grave n'a été observé dans le groupe B. Cette même constatation avait été faite par d'autres chercheurs (4, 7).

L'évolution pondérale

Nous avons constaté deux périodes distinctes d'évolution pondérale (Figure 1). Durant les deux premières semaines qui correspondent à la période d'adaptation des animaux aux différentes rations et aux conditions des stalles individuelles, on n'observe pas de différence dans les évolutions pondérales.

A partir du 17^{ème} jour post infection, nous avons noté une

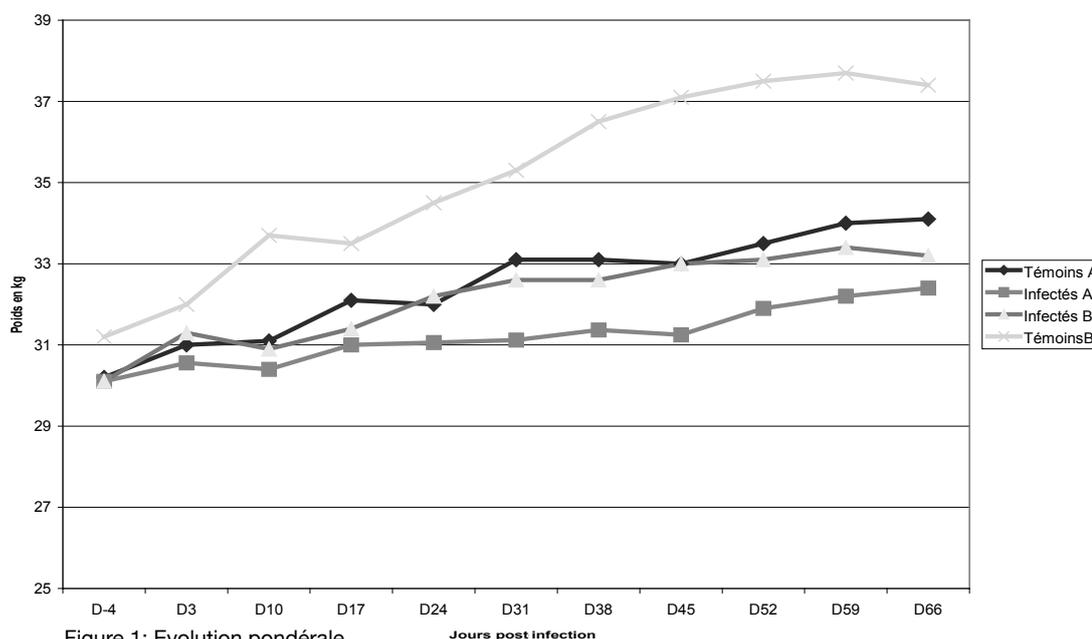


Figure 1: Evolution pondérale.

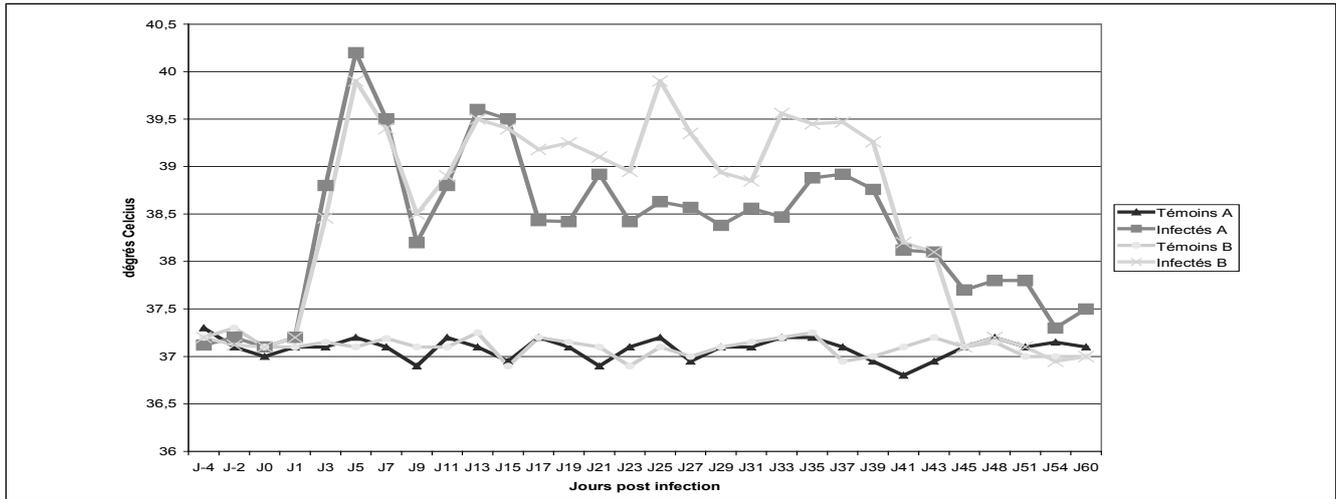


Figure 2: Evolution de la température rectale.

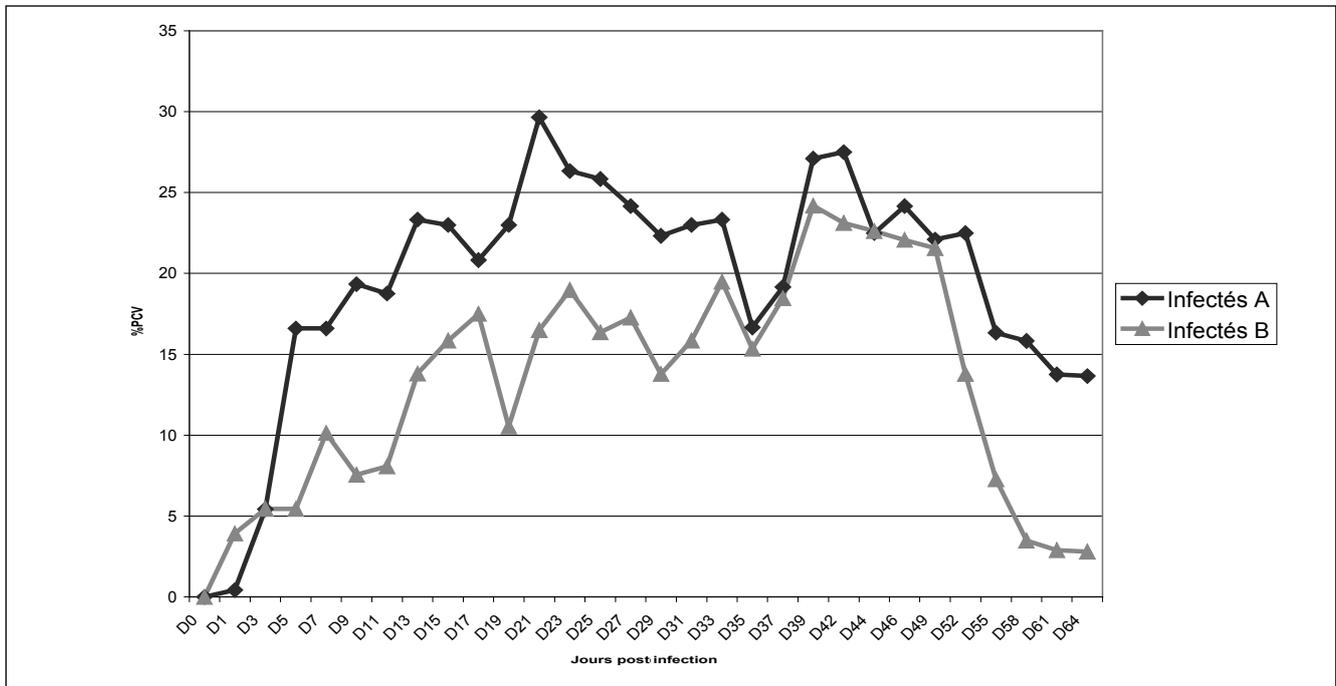


Figure 3: Chute de l'hématocrite exprimée en % de sa valeur à J0.

différence significative entre les lots infectés ($p < 0,05$ lot B > Lot A). En comparant les lots infectés avec leurs témoins cette différence est hautement significative à $p < 0,001$. Les GMQ après deux mois de suivi des animaux infectés sont de 22 g et 57 g respectivement pour le lot A et le lot B. Dans tous les cas on a remarqué une croissance pondérale inférieure pour les lots infectés. Dans cette expérience, le métabolisme des protéines et la synthèse des immunoglobulines (IgM et IgG) n'aurait pas entraîné une baisse suffisante de la synthèse des protéines musculaires pouvant provoquer une perte de poids des animaux, comme l'a constaté Fagbemi (7) chez des porcs infectés avec *T. brucei*.

La température

Les courbes de températures (Figure 2) indiquent deux phases d'évolution. La première phase couvre la période J1 à J17 et la seconde la période J18 à J41. Cette évolution confirme celle constatée par Zwart en 1991 (16) chez les chèvres infectées avec *Trypanosoma vivax*. La première phase est caractérisée par une différence non significative entre les lots infectés. A partir du 17^{ème} jour

post infection, les températures des animaux du lot B sont supérieures à celle des animaux du lot A, se traduisant par une différence significative ($P < 0,001$ lot B > lot A) dans cette fourchette de temps.

L'hématocrite

Après la période prépatente, qui est de cinq jours, nous avons observé trois périodes très distinctes dans la chute de l'hématocrite (Figure 3) conformément aux observations faites par Murray *et al.* (10).

La première période qui va de J0 à J17 post infection est caractérisée par une baisse brutale de l'hématocrite, suivie d'un plateau qui couvre la période J19 à J35 post infection. La troisième phase caractérisée par une baisse dans la chute qui débute à J35 jusqu'au traitement des animaux intervenu à J44. Dans tous les cas, on observe une différence significative entre les deux lots, la chute restant toujours plus importante chez les animaux du lot A. Les périodes ainsi définies se caractérisent par des différences significatives à $P < 0,005$; $p < 0,001$; $p < 0,05$ respectivement pour la première, deuxième et troisième période.

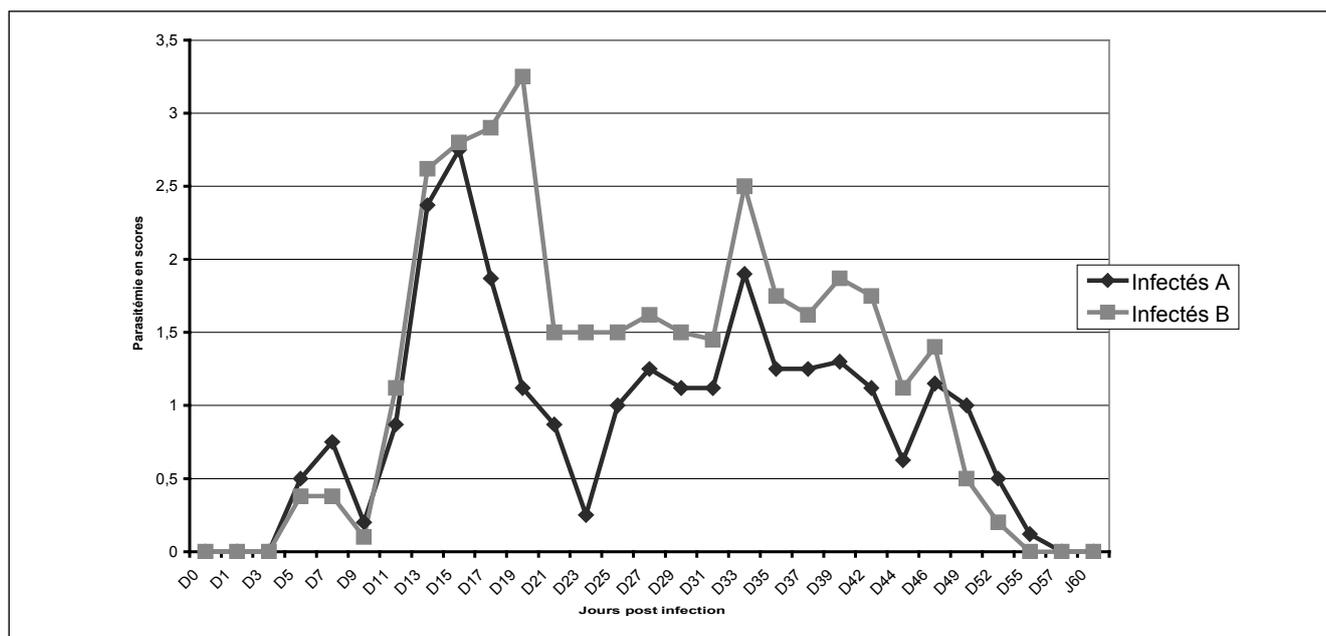


Figure 4: Parasitémies des groupes infectés.

Deux semaines après le traitement des animaux, cette baisse de l'hématocrite s'est amoindrie tant pour les animaux du lot A que du lot B. La récupération de l'hématocrite est plus rapide dans le cas des animaux du lot B pour lesquels la moyenne de l'hématocrite est revenue à sa valeur initiale d'avant l'infection des animaux. On peut donc conclure que les animaux bien nourris contrôlent et récupèrent très vite leur hématocrite.

La parasitémie

On peut scinder l'évolution de la parasitémie en deux phases (Figure 4).

De J0 à J13 post infection nous n'avons pas observé de différence significative entre les lots. De J15 à J27 post infection, l'amplitude de la courbe de la parasitémie du lot B est supérieure à celle du lot A, cependant la différence n'est pas significative. Ceci confirme les observations de Katunguka *et al.* (12) sur des moutons écossais. Ils ont montré que ceux qui recevaient une ration riche en protéine et énergie développaient de hautes parasitémies.

Pour les lots d'animaux, une période prépatente de 5 jours est observée chez trois animaux au sein du lot A et deux au sein du lot B. Les prévalences (pourcentage des animaux positifs sur le nombre des animaux examinés) sont de 47,82% et 54,88% respectivement pour le lot A et le lot B. La supériorité de la prévalence du lot B par rapport au lot A confirme les observations de Akpom *et al.* (3) qui ont montré qu'une meilleure alimentation favorise une multiplication des trypanosomes.

L'ingestion volontaire de la matière sèche

La matière sèche totale ingérée est exprimée en g MS/kg^{0,75}. Nous avons remarqué une baisse de l'ingestion volontaire de la matière sèche confirmant les essais de Kanwé (14) qui ont été réalisés sur les chèvres Djallonké.

Cette réduction de la consommation est plus importante chez les animaux du lot B. Elle passe de 68,42 g MS/kg p^{0,75} à la première semaine post infection à 57,67 g MS/kg p^{0,75} à la sixième semaine post infection pour les animaux du lot B et de 57,94 g MS/kg p^{0,75} à 53,09 g MS/kg p^{0,75} pour le lot A, soit une baisse de 10 points dans le cas du lot B contre 5 points dans le cas du lot A. Ces observations confirment celles faites par Wassing *et al.* ayant travaillé sur les chèvres naines d'Afrique de l'ouest (15).

Discussion

L'étude de l'infection à *T. congolense* chez les moutons sahéliens soumis à deux niveaux de rations alimentaires montre une influence du niveau nutritionnel sur la pathologie de la Trypanosomose Animale Africaine (T.A.A) chez cette espèce réputée trypanosensible. En effet, un niveau alimentaire couvrant simplement les besoins de production (gain moyen quotidien égal à 100 g) permet d'atténuer la chute de l'hématocrite chez ces animaux. Après le traitement, les animaux bien nourris retrouvent rapidement leur hématocrite de départ (Jo). Pendant les 45 jours de suivi, aucun animal n'a connu une valeur critique d'anémie (15%) valeur à laquelle il est souvent préconisé de traiter les animaux. Dans le cas présent la plus basse valeur de l'hématocrite observée était de 20%. L'amaigrissement généralement constaté chez les animaux infectés par les trypanosomes n'a pas été mis en évidence dans cette expérience. Un état de prise de poids s'est observé au cours de l'expérience, soit 22 g/jour pour le lot A et 57 g/jour pour le lot B. Malgré l'infection à *T. congolense*, la ration B permet de maintenir les animaux dans un état excellent avec une note d'état corporel de 3 selon la notation française. Par contre, un niveau alimentaire élevé en azote et en énergie semble ne pas exercer un rôle sur le contrôle de l'intensité de la parasitémie chez ces moutons sahéliens. Nous avons observé au contraire une parasitémie plus élevée chez les animaux recevant une ration riche en protéine. Cette situation confirme les résultats de Zwart *et al.* (16) chez des chèvres et les bovins (taurin et zébu).

Une bonne alimentation azotée augmente aussi la prévalence parasitémique. Nous l'avons constaté au niveau des animaux du lot B dont la moyenne des prévalences est de 54,88 contre 47,22 chez les animaux du lot A. Le niveau alimentaire élevé entraîne aussi une température rectale élevée.

Ainsi, les moutons sahéliens trypanosensibles maîtrisent bien leur hématocrite dans des bonnes conditions d'alimentation. Ces moutons sahéliens pourraient survivre dans des zones à glossines comme les moutons et chèvres de race Djallonké trypanotolérants (9), si un soin particulier d'alimentation leur est apporté.

Références bibliographiques

1. Agyemang G.A., Dwinger R.H., Touray B.N., Jeannin P., Fofana D. & Grieve A.S., 1990, Effects of nutrition on degree of anemia and liveweight changes in N'dama cattle with trypanosomes. *Livestock Production Science*, 26, 39-51.
2. Agyemang K., Rawlings P., Clifford D., Bojang N. & Tamba A., 1991, Productivity and health parameters of small ruminants in villages of Gambia. *Bull. Anim. Hlth. Prod. Afr.* 39, 129-135.
3. Akpom C.A., 1982, Schistosomiasis: nutritional infection. *Rev. Inf. Dis.* 4, 776-782.
4. Bengaly Z., 1991, Etude de la pathologie de la trypanosomose animale africaine chez les petits ruminants sous infection artificielle. Mémoire de fin d'études I.D.R 57 p. Ouagadougou, Burkina Faso.
5. Coulomb J., 1977, La trypanotolérance/synthèse des connaissances actuelles. I.E.M.V.T. Maisons-Alfort.
6. Euzeby J., 1986, Protologie médicale comparée, vol. 1. Collection Fondation Marcel Merieux.
7. Fagbemi B.O., Otesile E.B., Makinde M.O. & Akinboade O.A., 1990, The relationship between levels and the severity of *Trypanosoma brucei* infection in growing pigs. *Veterinary Parasitology*, 35, 29-42.
8. Mawena K., 1986, Trypanosomose des moutons et chèvres de race naine Djallonké des régions sud-guinéennes au Togo. *Rev. Elve. Méd. Vét. Pays tropicaux*, 39, 3-4, 307-315.
9. Mawuena K., 1987, Haut degré de tolérance à la trypanosomose des moutons et chèvres de race naine Djallonké des régions sub-guinéennes du Togo. *Rev. Elev. Méd. Vét. Pays tropicaux*, 40, 1, 55-58.
10. Murray M. & Dexter T.M., 1988, Anaemia in bovin african trypanosomiasis. A review. *Acta Tropica*, 45, 389-432.
11. Kanwé B.A., 1994, Effet de deux rations alimentaires sur la pathologie de la trypanosomose animale africaine chez des chèvres infectées avec *T. congolense*. Société Ouest Africaine de Parasitologie. Quatrième Congrès Ouagadougou- Burkina Faso 05-09 décembre 1994.
12. Katunguka-rawakishaya E., Parkins J.J., Fishwick G., Murray M. & Holmes P.H., 1993, The pathophysiology of *Trypanosoma congolense* infection in Scottish Blackface sheep. Influence of dietary protein. *Veterinary Parasitology*, 47, 189-204.
13. Quéwal R. & Petit J.P. 1982, Polymorphisme biologique de l'hémoglobine des populations bovines trypanosensibles, trypanotolérantes et leurs croisements dans l'ouest africain. *Rév. Elev. Méd.Vét. Pays Trop.* 35, 2, 137-146.
14. Touré S.M. & Hoste C.H., 1986, Bétail trypanotolérant et trypanotolérance; revue des connaissances. *Bull Séance. Acad. Sci. Outre-Mer*, 32,3, 369-411
15. Wassink G.J., Momoh I.S., Zwart D. & Wensing T., 1993, The relationship between decrease in feed and infection and infection with *Trypanosoma congolense* and *Trypanosoma vivax* in West African dwarf goats. *Veterinary Quarterly*, 15, 5-9.
16. Zwart D., Brouwer B.O., Van Der Hel W., Van Der Akker H.N. & Verstegen M.W.A., 1991, Effect of *Trypanosoma vivax* infection on body temperature, feed intake and metabolic rate of West African Dwarf goats. *Journal of Animal Science*, 69, 3780-3788.

B.A. Kanwé, Burkinabé, Docteur ès Sciences Agronomiques, Option Biochimie appliquée alimentation, Chargé de Recherche Nutrition Alimentation Animale, Chef du Programme Bovin à l'INERA et chef d'Unité de Recherche sur les Productions animales au CIRDES.

Z. Bengaly, Burkinabé, Docteur ès Sciences biologiques appliquées, Option Biologie et Physiologie animales, Chercheur en parasitologie et épidémiologie des hemoparasitoses animales (Doctorat de troisième cycle), Responsable du Service de recherches sur le diagnostic et l'épidémiologie des maladies parasitaires.

G.A. Ouédraogo, Burkinabé, Docteur Vétérinaire, Professeur agrégé en biochimie clinique animale, Professeur, Vice Président de l'Université de Bobo-Dioulasso.

S. Neyan, Burkinabé, Ingénieur d'élevage, Chercheur.

Eradication planétaire de la peste bovine: la dernière ligne droite

P. Bastiaensen^{1*}, N. Denormandie¹, Cécile Squarzonni¹, K. Bidjeh², B.A. Diop¹ & R. Bessin²

Keywords: Rinderpest- Livestock- Epidemiology- Surveillance- Eradication- Africa

Résumé

L'article fait le point sur les avancements notés dans l'éradication de la peste bovine en Afrique sub-saharienne, avec à l'horizon 2010, l'éradication mondiale de la peste, telle que prévu par le Global Rinderpest Eradication Programme (GREP). Le programme Pan-Africain de Contrôle des Epizooties (PACE), un programme exécuté depuis 1999 sous l'égide de l'Union Africaine (UA) avec le concours financier du Fonds Européen pour le Développement (UE), exécute actuellement la dernière phase de ce programme d'éradication. Les auteurs passent en revue l'historique, le diagnostic et les outils de contrôle de cette maladie, tant chez le bétail que chez la faune. A l'heure actuelle, il ne reste qu'une partie de l'Afrique de l'est où sévit la maladie. Cependant aucun foyer n'y a été signalé depuis 2001. La seule lignée encore rencontrée (lignée 2 africaine) se cantonne à l'écosystème somalien, qui regroupe la Somalie, l'est du Kenya et la 5^{ème} région de l'Ethiopie. Réapparue en 1994, 1998, et 2001 dans la faune sauvage, cette lignée représente donc la cible des derniers efforts d'éradication. En dehors de cette zone, la peste bovine semblerait être absente de l'Afrique de l'est. En Afrique de l'ouest et du centre où la maladie est absente depuis des décennies, les activités sont axées sur la certification internationale (par l'Organisation Mondiale de la Santé Animale, OIE) de l'absence de la maladie et de l'infection. Sur les 30 pays que couvre le PACE, 12 pays ont obtenu à ce jour le statut 'indemne de l'infection': Bénin, Burkina Faso, Burundi, Congo, Erythrée, Guinée, Guinée Bissau, Mali, RDC, Rwanda, Sénégal et Togo. Onze pays enfin, la Côte d'Ivoire, l'Ethiopie, le Ghana, le Kenya, la Mauritanie, le Niger, le Nigeria, l'Ouganda, le Soudan, la Tanzanie et le Tchad ont été déclarés 'indemnes de maladie' (en ce qui concerne le Kenya et l'Ethiopie, sur base zonale). En supposant que les procédures n'encourront pas de retards supplémentaires (p.e. pour cause de dépistage de cas), les derniers pays de la zone PACE seront déclarés indemnes de l'infection en 2009. Avec les perspectives d'éradication de la peste bovine du continent africain, plusieurs pays commencent à étudier sérieusement les opportunités d'exportation régionale et internationale de bétail et de produits d'animaux.

Summary

Planetary Eradication of Rinderpest: the Last Straight Line

The article presents an overview of progress made in the eradication of rinderpest in sub-Saharan Africa, in view of its worldwide eradication by 2010, as scheduled in the Global Rinderpest Eradication Programme (GREP) roadmap. The Pan-African programme for the Control of Epizootics (PACE), a programme carried out since 1999 under the aegis of the African Union (UA) with financial assistance of the European Development Fund (EU), currently conducts the last phase of this eradication programme. The authors review the history, the diagnosis and the control tools for this disease, in cattle as well as in wildlife. The last known foci reside in parts of east Africa but no disease has been confirmed there since 2001. The only lineage still encountered (Africa lineage-2) is confined to the so-called Somali eco-system, which encompasses Somalia, the eastern part of Kenya and the Somali region-V of Ethiopia. The disease re-emerged in 1994, 1998 and 2001 in wildlife, this lineage is therefore the target of the last efforts of eradication. Apart from this area, rinderpest appears to be absent from east Africa. In central and west Africa where the disease has not re-emerged for decades, the activities are centred on the international certification (by the Animal World Health Organization, OIE) of disease and infection freedom. Out of the 30 countries covered by the PACE programme, 12 countries to date carry the 'infection-free' status: Benin, Burkina Faso, Burundi, Congo, DRC, Eritrea, Guinea, Guinea Bissau, Mali, Rwanda, Senegal and Togo. Eleven countries, namely: Chad, Ivory Coast, Ethiopia, Ghana, Kenya, Mauritania, Niger, Nigeria, Sudan, Tanzania, and Uganda have been declared 'disease-free' (on an area-wide basis as far as Kenya and Ethiopia is concerned). Assuming that the procedure will not incur additional delays (e.g. due to the discovery of new positive cases), the last countries of the PACE region will have been declared free of infection by 2009. With the prospects for eradication of rinderpest from the African continent, several countries start to seriously investigate regional and international export opportunities for cattle and animal-products.

Introduction

La lutte contre la peste bovine sur le continent africain s'inscrit dans les objectifs mondiaux du Programme Mondial d'Eradication de la Peste bovine (Global Rinderpest Eradication Programme ou GREP), coordonné par la FAO et qui vise l'éradication de la peste bovine au niveau planétaire d'ici l'an 2010. Un des outils actuellement mis en œuvre pour réaliser ces objectifs est le programme Pan-Africain de Contrôle des Epizooties (PACE), un programme exécuté depuis 1999 sous l'égide du Bureau Inter-africain des Ressources Animales (IBAR) de l'Union Africaine (UA) avec le concours financier du Fonds Européen pour

le Développement (UE). Le mandat du PACE couvre l'ensemble de l'Afrique sub-saharienne à l'exception des pays de l'Afrique australe. Le programme est opérationnel dans 30 des 32 pays de la zone (excepté la Sierra Leone et le Liberia).

Le présent article fait le point sur l'historique de la peste bovine et les efforts d'éradication entrepris par le passé, l'état d'avancement actuel de l'éradication sur le continent africain, les contraintes et difficultés rencontrées et les perspectives de pouvoir déclarer un jour, l'ensemble du continent indemne de cette épizootie.

¹Programme Pan-Africain de Contrôle des Epizooties, Coordination Régionale pour l'Afrique de l'Ouest et du Centre, B.P. 2954, Bamako, Mali.

²Programme Pan-Africain de Contrôle des Epizooties, Coordination Régionale (UA – IBAR), B.P. 30786, Nairobi, Kenya.

Adresse pour correspondance:

P. Bastiaensen, Programme Pan-Africain de Contrôle des Epizooties, Coordination Régionale pour l'Afrique de l'Ouest et du Centre, B.P. 2954, Bamako, Mali.
Tel. + 223 224 60 53 patrick.bastiaensen@pacereg.org

Reçu le 22.08.05 et accepté pour publication le 20.02.06.



Carte 1: Logo et carte des pays membres du programme PACE (en noir). Les bulles représentent le siège continental (Nairobi) et sous-régional (Bamako) du PACE.

La peste bovine (PB)

La peste bovine est une maladie virale contagieuse affectant tous les animaux à onglons en paires, principalement les bovins et les buffles. Ses signes classiques sont le larmolement et le jetage nasal accompagnés de fièvre, de lésions érosives dans la bouche, d'une diarrhée profuse et de déshydratation. Le taux de mortalité peut atteindre 100% dans un troupeau de bovins sensibles. Il existe toutefois des souches dites 'hypo-virulentes' (*mild rinderpest*) qui ne se manifestent que par des symptômes très discrets au niveau du bétail domestique (mais souvent virulents chez les buffles notamment). Au total, l'on distingue actuellement trois lignées du virus de la peste bovine (RPV):

1. La lignée 1 du virus responsable de la peste bovine dite classique en Afrique.
2. La lignée 2 responsable de la peste bovine dite hypo-virulente en Afrique.
3. La lignée 3 responsable de la peste bovine en Asie.

Les bovins et les buffles sont très sensibles à la peste bovine et sont les espèces les plus souvent touchées. Cependant, de nombreuses autres espèces d'animaux à onglons, sauvages et domestiques, notamment les moutons et les chèvres, les girafes et les antilopes peuvent montrer de

légers signes de la maladie. L'intérêt d'associer la faune sauvage au dépistage de la peste bovine, tant clinique que sérologique, est double:

1. certaines espèces sauvages sont très sensibles au virus de la peste bovine (voire plus que le bétail domestique) et présentent donc des symptômes plus faciles à identifier que sur le bétail. Les taux élevés de mortalités que constatent les forestiers permettent de déclencher plus rapidement une alerte sanitaire;
2. en absence de vaccination chez la faune sauvage, certaines espèces sauvages sont considérées comme population sentinelle pour la détection du virus. Ne subissant pas la maladie, ils sont néanmoins porteurs d'anticorps évocateurs de (contact avec le virus de) la peste bovine. Les espèces sensibles sont principalement les buffles et les antilopes, les girafes et les suidés (phacochères et potamochères). Ces derniers sont souvent considérés comme des sentinelles particulièrement utiles.

Le diagnostic de la peste bovine classique se fait sur base clinique (l'association de la stomatite avec une entérite, complétée par au moins deux autres symptômes associés). La forme bénigne est difficilement repérable. Le diagnostic le plus fiable consiste donc à démontrer la présence du virus (isolement ou détection des anticorps anti-bovipestiques). Plusieurs tests diagnostiques sont reconnus par l'OIE.

On peut citer entre autres: l'isolement du virus sur culture cellulaire, histopathologie, immuno-diffusion en milieu gélatiné (IDG ou AGID), PCR-RT. Pour la sérologie, il s'agit du test ELISA de compétition (c-ELISA), de l'ELISA indirect (i-ELISA) et du test de séroneutralisation (SN) (5, 13).

L'outil prophylactique consiste à vacciner les bovins avec un vaccin atténué, initialement produit par des passages en série sur des chèvres (vaccin caprinisé), mais depuis 1970 produit sur culture cellulaire (RBOK-BK-VERO), basée sur la souche Old Kabete (Kenya). L'immunité induite par ce vaccin est très protectrice et de longue durée. Les veaux issus des mères vaccinées développent l'immunité passive.

Historique sommaire de la peste bovine en Afrique

Initialement confinée à l'Europe et l'Asie, la peste bovine a été introduite en Afrique une première fois en 1841 à partir de l'Égypte suite à l'importation de bétail de Roumanie. L'Afrique subsaharienne a été infectée dès 1887, lorsque la peste bovine a été introduite dans la corne d'Afrique, probablement à partir de l'Inde ou de la péninsule arabique (10). L'épizootie qui en résulta s'est répandue au nord vers la Méditerranée, à l'Afrique de l'Ouest jusqu'à l'océan Atlantique et au sud jusqu'au Cap, modifiant à tout jamais la flore et la faune de l'Afrique. L'épizootie s'est éteinte en Afrique australe vers 1900 mais a continué à frapper les pays de l'Afrique de l'Ouest, du Centre et de l'Est (6). Grâce au développement du vaccin atténué vers 1930, l'Europe ainsi qu'une grande partie de l'Asie seront relativement vite déclarées indemnes de la maladie.

Si l'éradication de la peste bovine constitue aujourd'hui un des objectifs phares du programme *Pan-Africain de Contrôle des Epizooties* (PACE), elle n'est pas la première des initiatives. L'éradication de cette épizootie constituait déjà l'objectif primaire des deux projets précurseurs en Afrique subsaharienne, le JP-15: *Joint Project 15* (de 1962 à 1976) et ensuite le PARC; le *Pan-African Rinderpest Campaign* (de 1986 à 1999). L'approche suivie par ces deux programmes était la vaccination de masse, la vaccination sélective, suivi d'un arrêt de la vaccination en appliquant une politique de *stamping out* et de vigilance épidémiologique. Vers 1969 (la fin du JP-15 en Afrique de l'ouest), la peste bovine n'était signalée que dans deux zones enzootiques seulement. Avec le relâchement des activités des services vétérinaires au début des années 1970, la recrudescence de la peste en Afrique de l'Ouest à partir de 1976 a failli menacer le cheptel bovin de tout le continent (12) tandis que la possibilité de voir s'établir un foyer enzootique permanent dans un autre continent était tout aussi préoccupante.

Si les effets du JP-15 ont été en grande partie annihilés par la recrudescence dans les années 1980 de la peste bovine sur le continent africain, depuis 1987, de grands progrès ont été réalisés. Entre 1986 et 1999, une vaste campagne de vaccination a été menée dans le cadre de la Campagne Pan-Africaine contre la Peste bovine (*Pan-African Rinderpest Campaign*) (2, 3, 11). A l'heure actuelle, la grande majorité des pays ne connaissent plus de peste bovine clinique, les campagnes de vaccinations ont été arrêtées et un grand nombre de pays s'approche de l'objectif d'être déclaré officiellement indemne de peste bovine. Ceci est particulièrement le cas pour l'Afrique de l'Ouest et du Centre. La seule région de l'Afrique (et probablement du monde) abritant encore le virus sous forme hypo-virulente (c'est-à-dire avec peu de symptômes et pas de mortalités), est celle de l'écosystème somalien dans la corne de l'Afrique (de l'Est).

La procédure de l'OIE en ce qui concerne la peste bovine

Le but actuel de la lutte contre la peste bovine est de pouvoir déclarer indemne de la maladie certains pays, puis certaines régions entières, avec l'objectif ultime de l'éradication totale. Il était donc nécessaire d'instituer un système permettant de franchir les différentes étapes conduisant à ces objectifs à court et à long terme. Conformément aux principes généraux élaborés par l'*Office International des Epizooties* (OIE), appelé à présent *Organisation Mondiale de la Santé Animale*, pour l'évaluation des situations sanitaires, un processus en trois étapes est prévu pour atteindre ou démontrer le statut de pays indemne de peste bovine (5, 9).

1. Une fois qu'un pays est indemne (grâce à la vaccination et/ou parce que la maladie n'est plus signalée) et que la réintroduction de la maladie est improbable, ce pays peut se déclarer lui-même provisoirement indemne de peste bovine. Pour ce faire, le pays doit obligatoirement interdire toute vaccination contre la peste bovine et détruire les stocks de vaccins existants sur son territoire.
2. Les étapes ultérieures font l'objet d'un contrôle international, sous les auspices de l'OIE. Un pays déclaré provisoirement indemne de peste bovine depuis au moins 3 ans et répondant aux critères de qualité (dont une surveillance active clinique rigoureuse sur échantillonnage aléatoire et raisonnée) peut être déclaré indemne de la maladie de la peste bovine. Ce statut ne peut être obtenu qu'après évaluation du dossier (fourni par le pays demandant ce statut) par le Comité *ad hoc* pour la peste bovine mis en place par l'OIE. C'est sur recommandation de la Commission Scientifique de l'OIE que le pays se verra attribuer ce statut en Session plénière de l'OIE.
3. Après un nouveau délai d'au moins 2 ans, un pays qui respecte des critères plus rigoureux en matière de surveillance de la peste bovine (principalement la séro-surveillance active sur échantillonnage aléatoire effectuée 2 ans de suite sans résultat positif confirmé) peut être déclaré indemne d'infection par la peste bovine.

Afin de parvenir à respecter cette procédure, les pays auront à démontrer leur capacité de contrôler des maladies animales sur l'ensemble de leur territoire, de mener à bien des enquêtes épidémiologiques rigoureuses et d'être préparé pour n'importe quelle urgence zoo-sanitaire qui pourrait apparaître aujourd'hui ou dans le futur.

Les outils de contrôle et d'éradication de la peste bovine

Les outils de contrôle mis en place servent un seul but: réunir les conditions nécessaires pour répondre aux exigences de l'*Office International des Epizooties*. Dans les pays affectés par la peste bovine, des campagnes de vaccination de masse ont été menées dans le cadre du PARC entre environ 1986 et 1999. Au total, plus de 465 millions de têtes ont été vaccinés au cours de cette période (10). En supposant que le marquage des animaux (perforations auriculaires à l'emporte pièce en forme de trèfle) ait été suffisamment efficace pour éviter une re-vaccination d'animaux vaccinés l'année précédente et sachant que la vaccination protège l'animal à vie, le nombre d'animaux sous couverture vaccinale en 1999 se situait aux alentours de 100 millions de têtes (sur base de 3 générations). A titre de comparaison, les effectifs de gros bétail dans cette région ont évolué de 123 millions à 165 millions de têtes pendant la même période (8). Les taux de couverture vaccinale par pays ont atteint 92% au

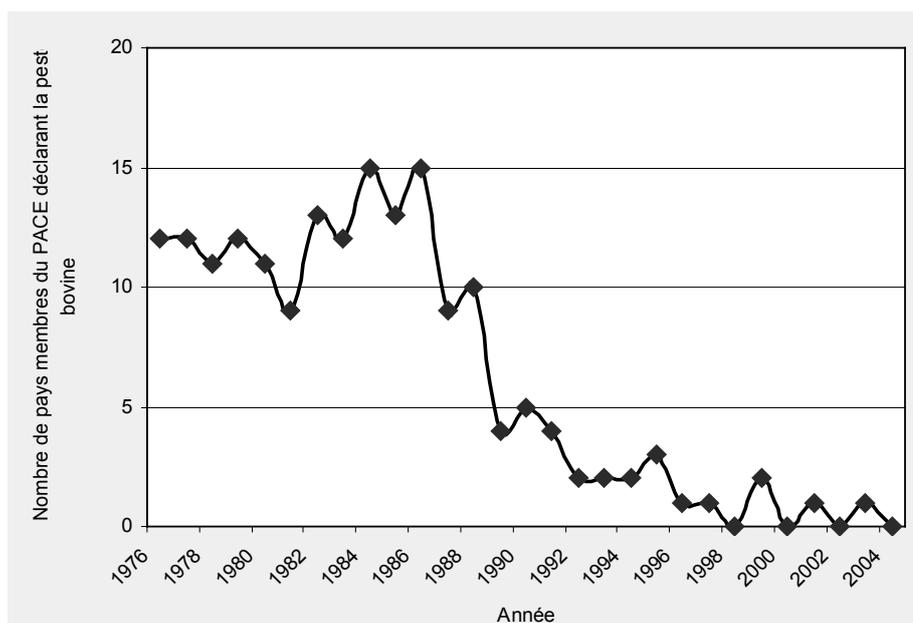
maximum (3, 10). Les seuls pays ayant continué à vacciner au-delà de 1999 (fin du PARC) sont la RCA, l’Ethiopie (dans le sud), le Kenya (dans les zones à risque), le Nigeria, le Tchad (zonal), l’Ouganda (zonal), la Somalie et le Soudan (nord et sud). Depuis 2003 la vaccination est arrêtée dans tous ces pays.

La RCA faisait partie, comme le Tchad et le sud-ouest du Soudan du ‘cordon sanitaire’ établi en 2000 comme zone tampon pour protéger l’Afrique de l’Ouest et du Centre d’une possible ré-infection par la peste bovine à partir des foyers résiduels de l’Afrique de l’Est. Dans ce cordon la vaccination s’est poursuivie jusqu’en 2003.

Une fois la vaccination (officiellement) arrêtée (et dorénavant interdite) et les stocks de vaccins détruits, les pays se sont engagés dans la procédure OIE en commençant par la surveillance clinique active d’un certain nombre de troupeaux représentatifs, ainsi que dans des lieux à risque, tels que les marchés à bétail, les frontières, les parcours de transhumance et les zones adjacentes aux parcs nationaux ou zones cynégétiques. Cette surveillance active se différencie de la surveillance dite ‘passive’ (ou continue) dans la mesure où les agents de surveillance recherchent activement des signes évocateurs de la peste bovine dans des troupeaux apparemment non affectés. La surveillance passive n’intervient que lors des visites de routine des professionnels et/ou para-professionnels de la santé animale ou lorsqu’un éleveur déclare qu’il y a dans son troupeau un problème de santé. D’une manière similaire, la faune sauvage fait elle aussi, l’objet d’une surveillance clinique.

Dès la troisième année de la surveillance clinique, s’ajoute au protocole la surveillance sérologique. Cette surveillance concerne également un échantillon représentatif (et sélectionné de manière aléatoire) de la population sensible au sein du bétail (c’est-à-dire principalement les bovins). Concrètement, le protocole consiste à prélever au sein d’un village (considéré comme unité épidémiologique) tous les animaux (avec un maximum de 56 têtes pour une sensibilité de 95%) qui n’ont jamais fait l’objet d’une vaccination et qui ne sont pas porteurs d’anticorps maternels, issus d’une mère vaccinée. Pour les bovins, cela signifie généralement que ne sont prélevés que les animaux nés après l’arrêt de la

vaccination et âgés entre 2 ans et 5 ans. La détermination de l’âge se fait généralement sur base de la formule dentaire, ou éventuellement sur base des enregistrements de naissance et malheureusement donne fréquemment lieu à des erreurs (cas de faux positifs). Une autre contrainte rencontrée sur le terrain dans l’exécution du programme de séro-surveillance, est l’interférence de la Peste des Petits Ruminants (PPR), une maladie affectant cliniquement les petits ruminants, dont le virus est étroitement lié à celui de la peste bovine sur le plan antigénique. Immunitairement, les deux virus ne sont pas distinguables (immunité croisée). Pendant longtemps, la vaccination contre la PPR se faisait avec des vaccins dits hétérologues, c’est-à-dire développés à partir de cultures cellulaires du virus de la peste bovine (bovipestiques). Ces souches atténuées protégeaient efficacement les petits ruminants contre la PPR. Avec l’arrêt de la vaccination contre la peste bovine et le démarrage des recherches actives de traces sérologiques du virus chez tous les ongulés (donc y compris les petits ruminants), l’usage de ce vaccin n’est donc plus justifié. Un vaccin PPR homologue, basé sur des souches atténuées a été développé et est maintenant utilisé dans la plupart des pays de la sous-région. Ce vaccin n’empêche toutefois pas que des ovins ou caprins soient testés positifs vis-à-vis de la peste bovine dans des tests c-ELISA de routine. Inversement, de nombreux bovins s’avèrent être infectés par la PPR. Même s’ils ne développent pas les signes cliniques de la maladie, leur système immunitaire développe des anticorps contre ce virus et peuvent être testés positifs pour la PB lors du dépistage sérologique. La PPR fait ainsi l’objet du diagnostic différentiel le plus courant de la peste bovine (en ce qui concerne la sérologie) et est responsable d’un assez grand pourcentage de résultats faux positifs en c-ELISA. Dans la pratique, les petits ruminants sont donc peu ou pas pris en compte dans la procédure OIE de dépistage sérologique de la peste bovine, surtout dans des pays où la maladie de PPR est endémique et/ou la vaccination est fréquente. En plus, l’importation et la distribution de vaccins vétérinaires échappent souvent au contrôle de l’état et des services vétérinaires; rien n’exclut donc que des vaccins PPR hétérologues soient encore en circulation. En ce qui concerne la faune sauvage (pour laquelle la vaccination contre la peste bovine n’existe pas),



Graphique 1: Evolution du nombre de pays membres du PACE déclarant la peste bovine (lignées 1 ou 2) depuis 1976. Le dernier cas (2001) et la dernière suspicion (2003) ont été déclarés par le Kenya. Source: HANDISTATUS II, OIE, 2005 (7).

chaque dépistage d'anticorps bovi-pestiques est donc très indicatif d'une présence ou d'un passage du virus dans le milieu. Or, pour les phacochères et les potamochères, ainsi que de nombreuses antilopes (gazelle dorcas notamment), la PPR est fréquemment impliquée comme cause de diagnostic erroné de la peste bovine. Les animaux ne sont pas cliniquement affectés, mais développent tout de même des anticorps.

Etat des lieux en 2006

Avec la déclaration du Pakistan en février 2003, dernier pays asiatique à s'être déclaré «provisoirement indemne» de la peste bovine (lignée 3), il y a de grandes chances pour que toute l'Asie soit indemne du virus. Des doutes persistent toutefois sur la situation dans des pays peu accessibles comme l'Afghanistan.

Les lignées 1 et 2 n'ont été rapportées qu'en Afrique. La lignée 1 semble avoir son origine en Egypte, d'où elle se serait répandue au sud Soudan et vers l'est, en Ethiopie et au Kenya. Depuis 1998 plus aucun cas de peste bovine n'a été décelé au sud-Soudan (le dernier foyer de la lignée 1 du virus responsable de la peste bovine dite classique). Ceci indique que cette lignée a probablement été éradiquée.

A l'heure actuelle il ne reste donc (probablement) que l'Afrique de l'Est où sévit la maladie. La seule lignée encore rencontrée (la lignée 2) se cantonne à l'écosystème somalien. Historiquement, ce dénommé 'Eco-système

Somalien' représente essentiellement la zone habitée par des peuples parlant le 'Somali'. Cette zone regroupe l'ancienne République de Somalie, l'est du Kenya et la 5^{ème} région de l'Ethiopie.

Réapparue dans la faune sauvage, cette lignée représente donc la cible des derniers efforts d'éradication (1, 4, 7). En 1994, le virus est apparu dans le sud-est du Kenya, affectant le plus sévèrement les buffles du Tsavo National Park, démontrant ainsi sa capacité à persister dans le milieu pendant plus de 30 ans sans être décelé (probablement à travers un cycle domestique au niveau du bétail). Plus récemment, la *mild rinderpest* a été soupçonnée chez le bétail au Kenya (2003), près de la frontière avec la Somalie. Toutefois, le virus n'a jusqu'à présent pas pu être isolé, mais des études phylogéniques ont pu identifier de l'ARN viral, étroitement lié à la souche RBOK, fréquemment utilisée comme souche vaccinale (Geneviève Libeau, CIRAD-EMVT, communication personnelle). En outre, les données sur la faune dans cette même zone ne corroborent pas avec la présence d'une infection chez le bétail.

Le contrôle de la maladie dans cette région s'avère particulièrement complexe et ceci pour plusieurs raisons:

1. La zone est caractérisée en grande partie par un climat politique instable qui trouve son origine dans la guerre civile que traverse l'ancienne Somalie depuis 1991. Des services vétérinaires étatiques dans cette zone de la

Tableau 1

Chronologie de ladite 'procédure OIE pour la peste bovine' dans les pays membres de l'Union Africaine, sur base nationale ou sur base zonale (Z)

Année: Pays	Arrêt de la vaccination anti- peste bovine	Auto-déclaration pays (provisoirement) indemne	Reconnaissance pays indemne de la maladie	Reconnaissance pays indemne de l'infection
Bénin	1999	1999	2003	2005
Burkina Faso	1997	1998	2003	2006
Burundi (H)	1994	2003		2006
Cameroun	1999	1999	(2007)	
Congo (H)	Jamais vacciné			2006
Côte d'Ivoire	1996	1997	2004	(2007)
Djibouti	1997	2003	(2007)	
Erythrée	1997	1999		2005
Ethiopie	2000	2004 (z)	2005 (z)	
Gabon	1998	2005	(2007)	
Gambie (H)	1990	1990		(2007)
Ghana	1996	1997	2003	(2007)
Guinée	1994	1996	2003	2006
Guinée Bissau (H)	1967			2006
Guinée Equator. (H)	Jamais vacciné			
Kenya	2000	2004 (z)	2006 (z)	
Mali	1997	1997	2003	2006
Mauritanie	1998	1999	2004	(2007)
Niger	1999	1999	2003	(2007)
Nigeria	1993	1998	2004	(2008)
Ouganda	2001	2002	2006	(2008)
RCA	2003	2004	(2007)	
RD Congo (H)	1989	2003 (z)		2006
Rwanda (H)	1997	1999		2006
Sénégal	1996	1997	2003	2005
Somalie	1995			
Soudan		2004	2005(z) 2006	(2008)
Tanzanie	1997	1998	2005	(2007)
Tchad	1998/2002	2002	2004(z) 2006	(2008)
Togo	1988	1996	2003	2005

Les dates entre parenthèses représentent des projections pour 2007 et au-delà (à confirmer). Les pays n'ayant pas vécu d'épisode de peste bovine depuis au moins 25 ans et n'ayant pas vacciné au cours de la même période, peuvent faire appel à une clause spéciale qui permet la reconnaissance immédiate sur base dite 'd'absence historique' (H).

Somalie sont inexistantes et le programme de contrôle et d'éradication est mené tant bien que mal par le biais d'ONG's humanitaires;

- Le fait que la maladie ne se manifeste plus de manière classique, mais plutôt insidieuse, pose le problème de la participation des populations, et plus particulièrement des éleveurs, au dépistage des derniers cas cliniques. Les éleveurs, qui ne souffrent plus des conséquences désastreuses de la peste bovine, ne voient pas l'intérêt de déclarer des cas de stomatites-entérites aux services vétérinaires.

Bien que l'Afrique de l'Est soit considérée comme zone infectée par le virus de la peste bovine, de nombreux progrès ont été enregistrés dans cette région en matière d'éradication de cette maladie. En dehors de l'écosystème somalien, la peste bovine est maintenant très probablement absente de l'Afrique de l'Est. Le Soudan, la Tanzanie et l'Ouganda ont déjà été déclarés indemnes de la maladie. L'Erythrée, le Burundi et le Rwanda ont été déclarés indemnes de l'infection. L'OIE a déclaré une partie de l'Ethiopie indemne de la maladie en 2005 et une partie du Kenya en 2006.

En Afrique de l'Ouest et du Centre où la maladie est absente depuis des décennies, les activités sont axées sur la certification internationale (par l'OIE) de l'absence de la maladie et de l'infection. Tous les pays de l'Afrique de l'ouest (à l'exception de la Sierra Leone et du Libéria, pour des raisons de conflits militaires) se sont déclarés provisoirement indemnes de la peste bovine, depuis la fin des vaccinations réalisées au temps du PARC et se sont ainsi engagés dans la procédure OIE.

En effet, sur les 20 pays de la sous-région, 9 pays ont obtenu à ce jour le statut 'indemne de l'infection': Bénin, Burkina Faso, Congo, Guinée, Guinée Bissau, Mali, RDC, Sénégal et Togo. Six pays enfin, la Côte d'Ivoire, le Ghana, la Mauritanie, le Niger, le Nigeria et le Tchad, ont été déclarés 'indemnes de maladie'

La RCA a arrêté de vacciner contre la peste bovine dans sa partie du cordon sanitaire en décembre 2003 et a déclaré l'ensemble du pays provisoirement indemne de peste bovine en février 2004. Le Cameroun s'est auto-déclaré indemne de peste bovine en 1999, le Gabon en 2005. La Guinée Equatoriale n'a pas encore entrepris de démarches officielles pour se faire déclarer indemne par l'OIE.

Conclusion

En prenant en compte l'état actuel d'avancement des pays dans la procédure OIE et en supposant que les procédures n'encourront pas de retards supplémentaires (p.e. pour cause de dépistage de cas positifs), les derniers pays de la zone PACE seront déclarés indemnes de l'infection en 2009. Le Bénin, le Burkina Faso, le Burundi, le Congo, l'Erythrée, la Guinée, la Guinée Bissau, le Mali, la RDC, le Rwanda, le Sénégal et le Togo sont déjà déclarés indemnes de l'infection. Les prochains pays susceptibles d'être déclarés indemnes de l'infection sont la Côte d'Ivoire, la Gambie, le Ghana, la Mauritanie, le Niger et la Tanzanie (en mai 2007). Cette réussite est avant tout l'aboutissement d'une approche régionale avec une harmonisation et synchronisation des stratégies mises en place. Avec les perspectives d'éradication de la peste bovine du continent africain, plusieurs pays commencent à étudier sérieusement les opportunités d'exportation régionale et internationale de bétail et de produits d'origine animale, en particulier la viande, les peaux et les produits laitiers. Le programme PACE et les actions qu'elle dirige au niveau des services vétérinaires gouvernementaux sont d'une grande importance, car c'est la première fois qu'un grand nombre de pays en Afrique sub-saharienne (à l'exception de pays comme le Botswana ou l'Afrique du sud) tentent et parviennent à s'aligner sur les normes internationales en matière de santé animale. Vu sous cet angle, les efforts entrepris pour déclarer les pays indemnes de la peste bovine sont (aussi) perçus comme un excellent moyen d'apprendre à développer et maintenir des systèmes de surveillance épidémiologique crédibles, en rapport avec les normes internationales, qui seront utiles pour des procédures similaires dans le futur, par exemple pour la péri-pneumonie contagieuse bovine (PPCB) ou la fièvre aphteuse. Par ailleurs, les coûts de ces systèmes de surveillance sont de plus en plus assumés par les gouvernements qui comprennent maintenant les bénéfices d'une détection précoce et réaction rapide par rapport aux frais récurrents de contrôle d'une maladie, devenue endémique.

Remerciements

Les auteurs remercient en premier lieu l'Union Européenne (FED) comme principal bailleur de fonds du programme PACE. Ils remercient par ailleurs les nombreux spécialistes nationaux et régionaux qui aujourd'hui dans le cadre du PACE, comme par le passé dans le cadre du PARC, contribuent ou ont contribué aux efforts d'éradication de la peste bovine. Un remerciement tout particulier à Dr. Richard Kock pour sa relecture du manuscrit en ce qui concerne les aspects de faune sauvage.

Références bibliographiques

- ANON., 1998, Rinderpest in Africa: January 1997-April 1998. PARC Epidemiology Unit, Nairobi. In: 6th Technical Committee Meeting, Kilaguni Lodge, Tsavo National Park, Kenya, April 1998. OUA-IBAR, PARC, Nairobi, pp. 56-66.
- ANON., 1999, Rapport final du Programme Pan-Africain de Lutte contre la Peste Bovine en Afrique de l'Ouest et du Centre – PARC, OUA-IBAR, PARC, Bamako. 36 p.
- ANON., 1999, Report on the final meeting of the Pan-African Rinderpest Campaign (PARC/OUA/IBAR), October 26-28, 1999; OUA-IBAR, PARC, Bamako. 35 p.
- ANON., 2002, Report on the eastern African Regional Workshop on Mild Rinderpest, 17-19 June 2002, Nairobi. AU-IBAR, PACE, Nairobi. 10 p.
- ANON., 2004, Code sanitaire des animaux terrestres. Office International des Epizooties, OIE, Paris, pp. 429-437, 539 p.
- ANON., 2005, Global Rinderpest Eradication programme: the disease. URL: <http://www.fao.org/ag/againfo/programmes/en/grep/disease.html>, GREP/EMPRES, FAO, Rome.
- ANON., 2005, <http://www.oie.int/hs2/report.asp> HANDISTATUS II, OIE, Paris.
- ANON., 2005, WAICENT: http://faostat.fao.org/faostat/collections?subs_et=agriculture, FAO, Rome.
- James A.D., 1998, Guide pour la surveillance épidémiologique de la peste bovine. Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epiz. Vol. 17, 3, 810-824.
- Kariuki D.P., 1999, PARC: Provisional final report 1986-1999. OUA-IBAR/PARC, Nairobi. 250 p.
- Masiga W., 1998, Progress towards rinderpest eradication from Africa. In: 6th Technical Committee Meeting, Kilaguni Lodge, Tsavo National Park, Kenya, April 1998. OUA-IBAR, PARC, Nairobi, pp. 38-46.
- Rweyemamu M., 1996, The Global Rinderpest Status in 1996. In: «The world without rinderpest: proceedings of the FAO Technical Consultation on the Global Rinderpest Eradication Programme», Rome, Italy, 22-24 July 1996.
- Scott G.R., Taylor W.P. & Rossiter P.B., 1986, Manuel de diagnostic de la peste bovine. (Collection FAO : production et santé animales – n° 23), FAO, Rome. 215 p.

P. Bastiaensen, Belge, Vétérinaire, GTZ, Assistant technique régional auprès du PACE Bamako.

R. Bessin, Burkinabé, Vétérinaire, IBAR, Coordonnateur (principal) du PACE Nairobi.

K. Bidjeh, Tchadien, Virologue, IBAR, Epidémiologiste principal PACE Nairobi.

Cécile Squarizoni, Française, Vétérinaire, Coopération française, Epidémiologiste régional PACE Bamako.

N. Denormandie, Français, Vétérinaire, SAYTEC, Assistant technique régional auprès du PACE Bamako.

NOTES TECHNIQUES

TECHNISCHE NOTA'S

TECHNICAL NOTES

NOTAS TECNICAS

Evaluation des caractéristiques physico-chimiques et sensorielles de la purée de tomate locale produite à petite échelle au Bénin

J. Dossou^{*1}, I. Soulé² & Marcelline Montcho³

Keywords: Local tomato- Tomato paste- Stability- Characteristics- Benin

Résumé

La présente étude évalue la qualité technologique de quelques variétés de tomate locale en rapport avec leur aptitude à la production de purée et analyse les caractéristiques physico-chimiques et sensorielles et la stabilité du produit obtenu. Les propriétés physico-morphologiques (coefficient de forme, nombre de lobes, masse volumique, poids moyen du fruit...) permettent d'identifier et de caractériser ces variétés de tomate locale dont trois ont subi le test de production de purée. Avec une concentration en matière sèche soluble de 13% et un rendement de 20,69%, la purée de tomate obtenue présente des caractéristiques physico-chimiques identiques aux valeurs de la littérature. Le barème de traitement thermique appliqué au produit (80 °C; 15 min) garantit à la purée une bonne stabilité microbiologique conforme à la norme AFNOR (NFV-08-402). L'analyse sensorielle révèle que la couleur rouge vif, la consistance et le goût demeurent les principaux attributs déterminant l'acceptation du produit par le consommateur. Cependant, en raison des conditions artisanales de la production, une augmentation de la teneur en matière sèche soluble de 13 à 28% pour l'obtention de concentré de tomate se traduit par une détérioration de couleur et une élévation subséquente de la teneur en cendres, de l'indice de réhydratation et de l'acidité de la purée.

Summary

Physico-chemical and Sensorial Evaluation of Local Tomato Past Produced at Small Scale in Benin

This study evaluated the technological quality of some local tomato varieties in relation with their ability to produce tomato paste. Physical, chemical and sensorial properties and stability of the produced paste were also analysed. The physical and morphological properties (shape coefficient, number of lobes, density and average weight) of the fruits enable to distinct and characterise four tomato varieties among which three were tested for tomato paste producing. By a dry matter content of 13% and 20.69% of yield, the paste showed physical and chemical properties which were identical with those refereed by other authors. The sterilization (by 80 °C, 15 min) ensured a suitable stability to the paste as recommended by AFNOR (NFV-08-402). Sensory analysis showed that the red colour of the paste, its consistence and flavour were the main important criteria determining the acceptability of the product. But the traditional production level caused a high increase in colour, ash, rehydratation index from 13 to 28% in order to perform concentrated tomato paste.

1. Introduction

La tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) constitue l'une des cultures maraichères les plus importantes du Bénin. La production nationale est évaluée à 145.645 t en 2000 (7) pour une superficie de 20.097 ha. En particulier dans les départements du sud du Bénin qui fournissent plus de 80% de la production nationale, la culture de tomate s'impose comme une importante activité génératrice de revenus pour les paysans (6). Au plan nutritionnel, la tomate est une source de minéraux (Ca, K, Mg, Na, Fe...) et de vitamines (A, B₆, C, E), qui contribuent à la réduction de la carence en micronutriments chez le consommateur. Malgré son importance, la production de la tomate demeure inorganisée; on note une longue période de pénurie d'octobre à mai et une courte période d'abondance de juin à septembre. La rareté de l'offre en période de soudure contraint à l'importation de tomate fraîche (du Nigeria notamment) et de concentré de tomate, alors que plus de 40% de la production nationale sont perdus en saison d'abondance, faute de moyens efficaces de conservation.

Certes, la transformation artisanale des tomates, surtout en purée, connaît un accroissement constant depuis le début des années 90, mais elle n'a pu induire une réduction sensible des pertes au niveau des producteurs pendant la

période d'abondance. De plus, l'utilisation de mélanges de tomates de différentes variétés et la non maîtrise des caractéristiques du produit sont à l'origine de l'instabilité et de la mauvaise qualité de la purée. La transformation industrielle initiée au cours des années 70 avec l'installation d'une usine de concentré de tomate à Natitingou (au nord-ouest du Bénin) ayant échoué, la transformation à petite échelle est aujourd'hui préconisée comme une issue probable (17). Il reste à produire des connaissances scientifiques pour soutenir cet objectif.

Les présents travaux de recherche évaluent l'aptitude de quelques variétés de tomate à la production de purée à petite échelle en déterminant les caractéristiques physico-chimiques et sensorielles du produit obtenu de chacune d'elle.

2. Matériels et méthodes

2.1. Matériel végétal

L'étude a porté sur quatre variétés de tomate d'appellation locale: Tounvi, Akikon, Gbogan (les trois principales variétés cultivées au sud du Bénin) et Xina, une variété améliorée expérimentée à Agonkanmey¹. Le choix de ces variétés se justifie surtout par leurs plus grandes fréquences observées

^{*1}Université d'Abomey-Calavi, Faculté des Sciences agronomiques, Département de Nutrition et Sciences Alimentaires, 01 BP 526, Cotonou, Bénin.

²Université d'Abomey-Calavi, Faculté des Sciences agronomiques, 01 BP 363, MICPE/DPME, Cotonou, Bénin.

³Programme de Technologie Agricole et Alimentaire.

Reçu le 22.09.05 et accepté pour publication le 30.01.06.

¹ Station de recherche sur les cultures maraichères à Agonkanmey, Institut National de Recherches agricoles du Bénin.

Tableau 1
Milieux de culture selon Leclerc *et al.* (9)

Flores microbiennes	Milieu de culture et barèmes de stérilisation	Conditions de culture
Germes aérobies mésophiles totaux	PCA (Plate Count Agar) 121°C pendant 15 min	Aérobie à 30°C ± 1°C pendant 72 ± 3 h.
Levures et moisissures	MEA (Malt Extra Agar) 115°C pendant 15 min	Aérobie à 25°C pendant 5 jours au maximum.
Coliformes totaux	VRBL (Violet Red Bile Lactose Agar). Simple chauffage jusqu'à ébullition	Aérobie à 37°C ± 1°C pendant 48 h.
Coliformes fécaux	VRBL (Violet Red Bile Lactose Agar). Simple chauffage jusqu'à ébullition	Aérobie à 45,5°C pendant 24 h.

sur les marchés de Dantokpa et de St Michel à Cotonou et de Ouando à Porto-Novo.

2.2. Analyses morphologiques

Pour chaque variété, l'échantillon est constitué d'un lot de fruits sains choisis de façon raisonnée et dont 50% sont des fruits gros et 50% de fruits de petite taille. Les caractéristiques morphologiques des fruits sont exprimées par le nombre de lobes compté pour chaque fruit de l'échantillon, le poids moyen du fruit (P_m), la masse volumique (ρ_f) et le coefficient de forme C_f , donné par la formule de Fagbohoun et Kiki (9):

$$C_f = \frac{\text{Hauteur moyenne du fruit}}{\text{Diamètre moyen du fruit}}$$

Le coefficient de forme permet de classer les variétés en trois catégories de forme, notamment: $C_f < 0,8$: forme aplatie; $C_f > 1$: forme allongée et $0,8 < C_f < 1$: forme ronde.

2.3. Analyses physico-chimiques

Les analyses physico-chimiques ont été réalisées sur les fruits de tomate, le moût de tomate et la purée. Ces analyses permettent d'apprécier la qualité des produits à travers les

paramètres suivants:

- la couleur, analysée au Chromamètre CR-210b, type Minolta;
- la teneur en eau déterminée par la méthode AOAC, 22013 (3);
- la matière sèche soluble évaluée avec le réfractomètre "Abbé Refractometer, Model 2 WA;"
- les sucres totaux et réducteurs, dosés par la méthode de Luft-Schoorl;
- la teneur en cendres, déterminée par la méthode AOAC, 22026 (3);
- le pH, déterminé par la méthode AOAC, 32011 (3) tandis que l'acidité titrable par la méthode AFNOR (1) en concordance avec la recommandation ISO 750;
- l'indice de réhydratation, pour apprécier l'aptitude de la purée à être réhydratée avec une quantité d'eau donnée. La méthode utilisée ici est celle préconisée par Olorunda *et al.* (15). Selon cette méthode, à 10 g de purée est ajoutée de l'eau bouillante de manière à ce que l'ensemble occupe un volume de 100 ml. Après une vigoureuse agitation pendant 90 secondes, le mélange est transvasé dans une éprouvette graduée de 100 ml et laissé décanter pendant 10 min; le volume du dépôt obtenu correspond à l'indice de réhydratation exprimé en ml.

Tableau 2
Matériels de fabrication de purée de tomate à petite échelle

Opérations	Matériels
Réception	Bassines, paniers
Lavage	- Bassines et égouttoirs en aluminium - Seaux, éponges
Découpage, épépinage	Couteaux en aluminium
Tamissage de la gelée	- Egouttoirs en aluminium - Tamis à maille fine (maille inférieure à 0,5 mm)
Mouture	- Moulin ASIKO A 11 VIKING et ses accessoires - Bâton d'alimentation de la chambre de mouture du moulin
Déshydratation	- Marmites à fond large en fonte de capacité 20 l ayant un diamètre supérieur de 44 cm, un diamètre inférieur de 36 cm, une hauteur de 16,5 cm et un poids de 3 à 4 kg - Louches
Emballage en flacon	- Flacons de verre de 25 ml - Louche, entonnoirs plastiques - Tabouret ou table - Linge propre pour essuyer au besoin l'extrémité des flacons après remplissage
Stérilisation	- Marmite géante avec couvercle - Panier
Etiquetage et stockage	- Pot de colle, ciseaux - Carton d'entreposage

2.4. Analyses microbiologiques

Les analyses microbiologiques visant à apprécier la stabilité de la purée portent sur la flore aérobie mésophile totale, les levures et moisissures, les coliformes totaux et les coliformes fécaux. Ces germes ont été déterminés par des cultures sur milieux nutritifs synthétiques selon Leclerc *et al.* (9). Les milieux de culture utilisés sont indiqués dans le tableau 1.

La flore aérobie mésophile totale permet d'estimer la charge microbienne totale de la purée; les levures et moisissures témoignent de l'apparition de phénomènes d'altération, de décoloration ou de modification de la saveur; les coliformes totaux et les coliformes fécaux traduisent le niveau hygiénique du produit.

2.5. Appréciation des caractéristiques sensorielles

Les paramètres soumis à l'évaluation sensorielle de la purée sont la couleur, le goût (acidité et autre goût), la consistance, l'arôme et l'odeur. Trois tests ont été effectués:

- un sondage d'opinion pour apprécier la préférence des consommateurs entre la purée et le concentré de tomate importé. Ce sondage a été réalisé chez des consommateurs et des vendeuses d'aliments de rue. Le sondage a été réalisé avec la collaboration du Chef Poste Alimentation et Nutrition Appliquée (CPANA) du Secteur Agricole de Sakété;

- une analyse sensorielle effectuée par un panel de vingt-trois dégustateurs entraînés pour apprécier et comparer les paramètres de six échantillons dont cinq différents types de purées élaborées et un échantillon de concentré de tomate importé; avec une échelle de cotation de 1 à 9 est utilisée (10);

- un test monadique réalisé sur les purées de tomate conditionnées en sachet, afin d'en apprécier l'acceptabilité par le consommateur. L'enquête a été menée dans le cadre d'un test monadique ayant porté sur deux cent ménages à Cotonou, Porto-Novo et Godomey avec l'aide de trois enquêteurs résidant dans lesdites localités. Le test monadique a été exécuté suivant la méthode proposée par Kötter (10). Des questionnaires préalablement établis et des échantillons de purée de tomate ont été distribués à chaque ménage qui a accepté de collaborer dans le cadre de l'étude. Lors de leur distribution, les questionnaires ont été expliqués et chaque ménage a disposé de deux semaines pour le remplissage. Ils ont été ensuite dépouillés.

2.6. Production de la purée

La purée de tomate est produite à petite échelle dans l'une des unités pilotes installées par le Programme de Technologies Agricole et Agroalimentaire de l'Institut National de Recherches Agricoles du Bénin. Les opérations unitaires de transformation de la tomate en purée ainsi que les matériels utilisés sont indiqués dans le tableau 2.

Description de la technologie

La figure 1 présente la technologie utilisée dont voici les principales étapes:

- *Le triage* manuel de la tomate réceptionnée vise à séparer les déchets des fruits de couleur rouge uniforme et fermes. Par expérience le rendement de cette opération est d'environ 50 kg/h par personne.

- *Le découpage* qui s'ensuit permet de vider la tomate du mélange gelée-pépins et d'éliminer ensuite les pépins; le découpage-épépinage est une opération particulièrement fastidieuse. Une personne traite environ 1 kg de tomate par heure. Mais les purées issues de tomates épépinées sont plus attrayantes, donc de valeur marchande plus intéressante.

- *La mouture* de la tomate découpée et épépinée se fait à l'aide du moulin motorisé de marque ASIKO A11 VIKING, d'une capacité horaire de 130 kg de moût. Dans les conditions normales, le moût est obtenu après un seul tour

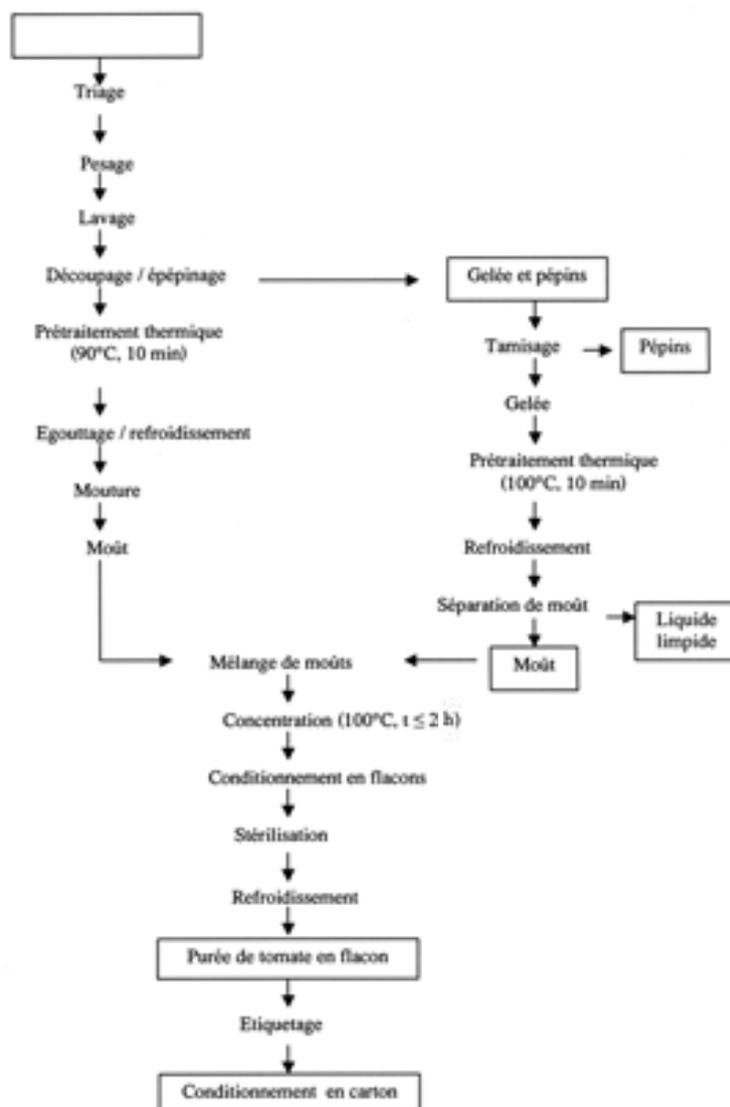


Figure 1: Diagramme technologique de fabrication de purée de tomate.

de mouture.

- *L'évapo-concentration* du moût est réalisée dans une marmite en fonte d'aluminium à fond large sur un foyer amélioré à feu de bois. La fin de cette opération est indiquée par l'apparition de fines gouttelettes d'eau à la surface de la purée lorsque la matière sèche s'approche de 12%. A la disparition de ces gouttelettes d'eau, la matière sèche de la purée est de 13% et l'opération est arrêtée; le rendement en purée est de 20,69%.

- *Le conditionnement* de la purée ainsi obtenue est réalisé à chaud dans des flacons (de mayonnaise) récupérés et préalablement stérilisés.

- *La stérilisation des flacons vides*: les flacons achetés au marché sont lavés à l'eau savonneuse et stérilisés à l'eau à 100 °C pendant 30 min.

- *La stérilisation du produit* se fait par trempage des flacons de purée dans de l'eau bouillante dans une marmite pendant environ 15 min. Les flacons de purée sont ensuite exposés à l'air libre pour permettre leur refroidissement progressif. Ce traitement garantit la stabilité du produit pendant plus d'un an.

- *Stockage et conservation*: le produit est conservé par entreposage dans un carton et à l'abri de la lumière pour éviter sa décoloration.

2.7. Analyse statistique

L'évaluation statistique des données a été effectuée par l'analyse de variance avec le test T de Student à l'aide du logiciel Minitab.

3. Résultats et discussions

3.1. Caractéristiques physico-morphologiques des variétés étudiées

Les quatre variétés de tomate étudiées sont :

- *Tounvi* reste la variété la plus courante au sud du Bénin. On en distingue deux cultivars; l'un à fruits fortement lobés (3 à 4 lobes), plus gros et légèrement ronds ($C_f > 0,8$), l'autre à fruits moins lobés (2 lobes), plus petits et aplatis ($C_f < 0,8$).

- *Akikon* se reconnaît par ses fruits de forme allongée ($C_f > 1$), de couleur rouge foncé et d'aspect lisse. Ces fruits possèdent fréquemment un collet vert et un lobe unique. C'est une variété de tomate "de luxe" qui coûte environ deux fois plus cher que *Tounvi*.

- *Gbogan* se distingue par ses fruits très côtelés, avec 6 à 8 lobes, de forme aplatie ($C_f < 0,8$) et très gros (poids moyen = 74,35 g par fruit; masse volumique = 0,98 g/cm³), de couleur rouge-orange et possédant un placenta très développé. Cette variété est moins fréquente sur les marchés en lot uniforme. De plus, à la différence de *Tounvi* et d'*Akikon*, les fruits de *Gbogan* se prêtent moins à la conservation à la température ambiante. Pour ces raisons, elle n'est pas prise en compte pour les tests de fabrication de purée de tomate.

- *Xina* est une variété à fruits lisses, de couleur rose-orange très caractéristique, d'un unique lobe avec un placenta très peu développé et des pépins fins. On note assez souvent chez ces fruits la présence de collet vert.

Le tableau 3 présente les principales caractéristiques physico-morphologiques de ces variétés de tomate.

L'analyse statistique montre que pour l'ensemble des paramètres morphologiques, il existe une différence significative entre ces variétés. Ces paramètres peuvent donc être utilisés pour distinguer les variétés. Le nombre de lobe, le poids moyen et la masse volumique très élevés chez la variété *Gbogan* sont caractéristiques de celle-ci alors que ces paramètres restent moins déterminants chez les autres variétés. Ces valeurs sont semblables à celles obtenues par Fagbohoun et Kiki (9) pour les mêmes variétés.

3.2. Caractéristiques physico-chimiques des fruits de tomate

Les caractéristiques physico-chimiques des variétés de tomate étudiées sont résumées dans le tableau 4.

La teneur en eau très élevée des fruits est un paramètre qui traduit la grande périssabilité de la tomate et limite son aptitude à l'entreposage à la température ambiante. Hormis la teneur en eau identique dans tous les cas, les autres paramètres chimiques différencient nettement les variétés. Les teneurs en matière sèche soluble inférieures ou égales à 5% pour toutes les variétés sont en dessous de la valeur théorique supérieure à 5%, retenue par Fagbohoun et Kiki (9); mais ces teneurs en matière sèche soluble obtenues pour ces variétés locales sont semblables aux résultats de Dandjinou et Okana (5). Les taux d'acide citrique sont en adéquation avec les résultats rapportés par Moresi et Liverotti (14) qui ont présenté des valeurs de 0,3 à 0,5%. Il en est de même pour la teneur en cendres de 0,4 à 0,5%. Les valeurs des pH comprises entre 4 et 4,4 pour les variétés étudiées sont identiques à celles indiquées par Amoussou (2) qui a déterminé des valeurs de pH de 4,0 à 4,4 sur douze variétés de tomate, et concordent également avec celles rapportées par Lamb (11) qui varient de 4,2 à 4,6.

3.3. Caractéristiques physico-chimiques des purées

Les principales caractéristiques physico-chimiques des purées produites sont résumées dans le tableau 5 pour les trois variétés de tomates utilisées.

Le pH relativement faible des purées (pH < 4,2) est un avantage du point de vue de la stabilité. En effet, ce niveau de pH réduit considérablement le taux et la gamme de micro-organismes pouvant se développer sur le produit. Seuls les micro-organismes acidophiles, notamment les levures, les moisissures, les acétobacters et lactobacillus peuvent s'y développer; mais pas de coliformes de type *Escherichia coli*, puisque le pH minimum requis pour le développement de tels micro-organismes est 4,3 selon Rozier *et al.* (16), alors que le pH des purées fabriquées ne dépasse guère 4,1.

L'indice de réhydratation permet d'apprécier la quantité d'eau pouvant être absorbée par la purée à la préparation. Un indice de réhydratation de 36 ml signifie que 10 g de purée peuvent être dilués dans 36 ml d'eau sans une démarcation nette de texture entre les deux composantes

Tableau 3
Caractéristiques physico-morphologiques des variétés de tomate étudiées

Variétés	Caractéristiques physico- Morphologiques			
	Coefficient de forme (Cf)	Nombre de lobes	Poids moyen (g) du fruit (Pm)	Masse volumique réelle (g/cm ³)
Tounvi	0,72 a	2-4	24,25 d	0,95 g
Akikon	1,85 b	Unique	23,4 d	0,94 g
Gbogan	0,76 a	6-8	74,35 e	0,98 g
Xina	0,95 c	Unique	24,20 d	0,88 h

Les valeurs d'une même colonne affectées de même lettre sont statistiquement identiques avec IC= 95%

Tableau 4
Caractéristiques physico-chimiques des variétés de tomate étudiées

Variétés	Caractéristiques Physico-Chimiques								
	Matière sèche soluble (%)	Teneur en eau (%)	Cendres (%)	pH	Acidité		sucres réducteurs (%)	sucres totaux (%)	Couleur Δ E
					Acide citrique (%)	Acide malique (%)			
Tounvi	5a	94,97a	0,54a	4,14a	0,454 a	0,435	2,03	2,69a	30a
Akikon	4,5a	94,625a	0,410b	4,16a	0,394 b	0,385	4,24	4,74b	28,3b
Gbogan	5a	94,485a	0,483c	4,17b	0,349 c	0,335	3,68	3,82c	29,5ab
Xina	5a	94,49a	0,272d	4,01c	0,262 d	0,251	ND	2,14d	26,9c

ND: Non déterminé

Les valeurs d'une même colonne affectées de la même lettre sont statistiquement identiques avec IC= 95%.

Tableau 5
Principales caractéristiques physico-chimiques des purées

Variétés	Paramètres physico-chimiques						
	Teneur en matière sèche soluble (%)	pH	Acidité (%)		Teneur en cendres (%)	Indice de réhydratation (ml)	Couleur ΔE
			Acide citrique (%)	Acide malique (%)			
Tounvi	13	4,05	1,206	1,26	1,318	36	30,1
Akikon	13	3,86	1,566	1,636	1,129	36	28,3
Xina	13	4,1	1,383	1,383	1,732	36	26,9

Tableau 6
Variation des caractéristiques physico-chimiques des purées en fonction de leur concentration

Concentration de la purée (%)	Paramètres de physico-chimiques			
	Indice de Réhydratation (ml)	pH	Acidité (% acide citrique)	Teneur en cendres (%)
13	36	4,04	1,26	1,397
17	58	3,81	1,33	1,451
20	73	4,37	0,507	2,84
24	80	4,10	1,15	6,6
28 (tomate épépinée)	86	4,05	1,697	10,6
28 (tomate non épépinée)	85	4,18	0,962	10,5
28 (Concentré de tomate en boîte importé)	96	4,2	0,91	3,6

du mélange. Ce paramètre demeure constant pour les purées des trois variétés de tomate étudiées (Tableau 5) mais augmente sensiblement avec la concentration de la purée (Tableau 6).

Quant à la couleur, les purées issues de la variété *Akikon* présentent une couleur rouge plus intense que celles des deux autres variétés, mais les purées préparées à partir de la variété *Xina* ont une couleur jaune rougeâtre. Cela montre que les purées de la tomate *Akikon* présentent la meilleure couleur; la différence totale de couleur de ces purées par rapport à la céramique blanche est de 30,1; contre 28,3 et 26,9 respectivement pour celles de *Tounvi* et de *Xina*.

Le pH et surtout la teneur en cendres des purées dépendent de la variété de tomate à partir de laquelle elles sont fabriquées, comme on peut le constater à travers le tableau 6. Dandjinou et Okana (5) ont également constaté que le pH et l'acidité des purées de tomate ayant une teneur en matière sèche soluble égale à 15% dépendent de la variété de tomate dont elles proviennent. Les pratiques technologiques déterminent également les caractéristiques physico-chimiques des purées. Pour une même variété donnée, les purées fabriquées à partir des fruits de tomate épépinés ont une acidité plus élevée mais une couleur nettement plus vive. Par contre, les purées à partir de moût de tomate préchauffé à 100 °C, égoutté avant déshydratation ont une acidité et une teneur en cendres plus faibles.

L'indice de réhydratation augmente avec la teneur en matière sèche soluble des purées de tomate mais au-delà d'une teneur en matière sèche soluble de 15%, on note une altération de couleur visiblement perceptible. De plus, la concentration au-delà de 15% donne des purées de tomate qui se prêtent moins à la préparation de friture (sauce de purée frite à l'huile et fortement consommée au Bénin). En particulier, les fritures préparées à partir des purées de tomate de matière sèche soluble supérieure à 20%, donnent des grumeaux par rapport à celles ayant une teneur en matière sèche de 13%. Cette différence d'aptitude à la friture serait due au fait que ces purées de tomate concentrées au-delà de 20% sont trop cuites. Elles présentent une texture plus ferme que celle des purées de faible concentration, ce qui leur confère des aptitudes culinaires différentes.

L'acidité varie sensiblement en relation avec la concentration

des purées d'une même variété de tomate (Tableau 6).

A une teneur en matière sèche soluble de 28%, les purées (ou concentrés) de tomate produites ont une teneur en cendres supérieure à celle des concentrés de tomate importés de même teneur en matière sèche; inversement leur couleur est moins intense et leur indice de réhydratation est plus faible (Tableau 6). La valeur de l'indice de réhydratation des concentrés de tomate importés ne serait-elle pas liée à la présence d'additifs alimentaires dans ces produits? Aworh *et al.* (16) ont montré que les tranches de tomate prétraitées avec un mélange d'eau salée et d'amidon ont un indice de réhydratation nettement supérieur à celui de tomate de même teneur en eau mais n'ayant pas subi de prétraitement.

En somme, les différences de caractéristiques physico-chimiques observées entre les concentrés de tomate produits localement et ceux importés, de même teneur en matière sèche soluble, pourraient être liées aux conditions de production non identiques, en particulier, à la non utilisation des mêmes variétés de tomate et à la difficulté d'une standardisation de la technologie à l'échelle artisanale. La standardisation du procédé industriel dont sont issus les concentrés de tomate importés expliquerait la constance observée au niveau de leurs paramètres physico-chimiques.

3.4. Résultats des analyses microbiologiques

Les analyses ont montré que la stabilité microbiologique des purées dépend aussi du matériel d'emballage. Les purées emballées dans des flacons de verre soumises à un traitement thermique à 100 °C pendant 30 min sont stables, même au-delà d'un an de conservation.

L'analyse des coliformes fécaux et des coliformes totaux n'a révélé la présence d'aucun germe alors que la norme en tolère 10 par gramme de purée. Ceci témoigne d'un bon niveau d'hygiène pour la production de la purée.

Quant à la flore aérobie mésophile totale et aux levures et moisissures, l'analyse a révélé respectivement moins de 30 microorganismes par gramme de purée, contre 300 par gramme de produit, tolérés par la norme. Par contre, pour certains échantillons de purées conditionnés en sachet de polyéthylène haute densité, l'inspection visuelle a montré des modifications perceptibles: le gonflement de

Tableau 7
Préférences sensorielles des consommateurs

Couleur		Acidité		Autre goût		Consistance		Arôme et odeur	
Niveau	%	Niveau	%	Niveau	%	Niveau	%	Niveau	%
Très rouge	29,41	Très acide	17,60	Très salé	5,88	Très consistant	14,71	Très prononcé	5,88
Rouge	58,82	Acide	32,35	Salé	29,41	Consistant	35,29	Prononcé	32,35
Peu rouge	5,88	Peu acide	29,42	Peu salé	17,65	Peu consistant	23,52	Peu prononcé	0
Pas rouge	0,36	Pas du tout acide	11,77	Pas du tout salé	29,41	Pas consistant	0	Pas prononcé	14,71
Indifférent	5,89	Indifférent	8,82	Sucré ou fade	2,94	Indifférent	26,47	Indifférent	47,05
				Indifférent	14,71				

sachets suivi d'une variation de couleur du rouge au brun et l'apparition de moisissures au niveau des points de soudure des sachets ont été observés. Ceci suppose que les sachets de polyéthylène, même de haute densité sont inappropriés pour la conservation de purée de tomate.

3.5. Caractéristiques sensorielles des purées de tomate

L'enquête a permis d'identifier les critères généralement utilisés pour apprécier les concentrés de tomate devant servir à diverses préparations culinaires. Les critères généralement utilisés sont la couleur (très rouge à rouge), le goût (moins acide et moins salé), la consistance, et accessoirement, l'arôme et l'odeur. Le critère le plus déterminant est la couleur; c'est ce paramètre qui oriente le choix d'une purée parmi un lot. Le tableau 7 résume les paramètres de qualité tels que perçus par le consommateur.

De l'analyse du tableau 7, il ressort que 88% des personnes interrogées préfèrent des concentrés très rouges à rouges. L'arôme et l'odeur entrent très peu en ligne de compte: près de la moitié (47%) des personnes interrogées sont indifférents à ces paramètres. Le goût est diversement apprécié par les enquêtés: 49% des personnes enquêtées préfèrent des purées de tomate très acides à acides alors que 41% préfèrent celles peu acides ou pas du tout acides; 35% préfèrent un goût très salé ou salé, tandis que 47% préfèrent un goût peu salé ou pas du tout salé. Certains ont exprimé au cours de l'enquête qu'ils recherchent un goût légèrement sucré ou fade. Mais la proportion de ceux-ci est très faible (3% des personnes interrogées).

La consistance de la purée est aussi un critère de qualité diversement apprécié. Pendant que 50% des enquêtés préfèrent des concentrés de tomate très consistants à consistants, 26 sont indifférents à ce critère et 24% portent leur choix sur des produits peu consistants.

L'analyse sensorielle effectuée par un panel de dégustateurs utilisant une échelle de cotation de 1 à 9 confirme que les critères acidité, arôme et odeur ne sont pas des paramètres significatifs dans l'acceptation de la purée de tomate; ce sont, en premier lieu, la couleur et la consistance qui déterminent la qualité sensorielle de ce produit.

Les résultats de l'épreuve monadique réalisée avec des échantillons de purée de tomate conditionnés en sachet ont montré que la perception des consommateurs est positive par rapport à ce type de présentation du produit bien que les analyses de laboratoire aient révélé que ce type d'emballage est inapproprié: moins de 10% d'un échantillon de 200 personnes soumises à l'épreuve ont

donné une appréciation plus ou moins négative du produit en lui attribuant une note inférieure ou égale à 4/9. Ceux-ci souhaitent des améliorations du goût ou désapprouvent l'emballage en supposant qu'il n'offre pas de sécurité d'entreposage; le produit serait en proie aux fourmis et aux insectes domestiques. Néanmoins plus de 90% des personnes impliquées dans l'épreuve ont donné une note supérieure ou égale à 7/9 à la purée, témoignant ainsi l'acceptation du produit. Ceci tient, entre autres, du coût réduit de l'emballage plastique et de son accessibilité. Par contre, la perception des consommateurs sur les concentrés de tomates en boîte importés reste globalement négative. Selon le sondage réalisé, 62% des personnes enquêtées consomment très rarement ou pas du tout de concentrés de tomate en boîte. Celles qui en consomment de temps en temps avouent le faire lorsqu'elles n'ont pas de choix, notamment en période de rupture de tomate fraîche.

4. Conclusion

La présente étude a été consacrée à l'évaluation des paramètres technologiques de quelques variétés de tomate locale pour la production de purée. Les caractéristiques physico-chimiques et sensorielles ainsi que la stabilité microbiologique des purées obtenues ont été déterminées. Les résultats des différentes analyses témoignent de l'aptitude des variétés de tomate étudiées à la préparation de purée; la technique testée à cet effet s'avère appropriée à une production à petite échelle de purée de 13% de concentration, avec un rendement de 20,69%. Le conditionnement du produit dans les bocaux de verre préserve mieux la stabilité microbiologique et l'aptitude à la conservation du produit par rapport au sachet plastique en polyéthylène, même à haute densité. La perception globale du consommateur sur la purée confirme sa bonne acceptabilité. Cependant l'étude doit être poursuivie en vue de réduire la pénibilité de certaines opérations de la chaîne de production, notamment le découpage et l'épépinage de tomate, et de prévenir la détérioration de la couleur des purées.

Remerciements

Nous tenons à remercier Mesdames Flora Kpadonou et Françoise Komlan, respectivement Chef Poste Alimentation et Nutrition Appliquée du secteur agricole de Sakété et Chercheur au Centre de Recherche Agricole d'Agonkanmey dont les appuis combien louables nous ont facilité le travail sur le terrain.

Références Bibliographiques

1. AFNOR., 1974, Norme française homologuée; produits dérivés de fruits et légumes. AFNOR, Tour Europe, Paris Cedex 7.
2. Amoussou L.F., 1988, Etude des possibilités de production de variétés de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) de contre saison dans la zone périurbaine de Cotonou. Thèse d'ingénieur agronome, FSA/UNB; Cotonou, Bénin. 150 p.
3. AOAC., 1984, Official methods of analysis, 14^e édition, Arlington.
4. Aworh O.C., Akhuemonkian I.A. & Olorunda A.O., 1982, Reducing wastage of tomatoes in Nigeria: quality attributes of canned tomato juice from low grade fruits. Nigerian Journal of Nutrition Sciences 3, 1, 41-45.
5. Dandjinou E.P. & Okana G.C.D., 2000, Implantation d'une unité semi-artisanale de production de purée de tomate: aptitude de variétés de tomate cultivées au Bénin à la transformation en purée. Mémoire de DEAT, option production végétale. Lycée Agricole Medji de Sékou, République du Bénin. 50 p.
6. DAPS/MDR., 1994, Filière tomate, Rapport d'étude, Ministère du Développement Rural, Cotonou, République du Bénin. 13 p.

7. DPP/MDR., 2000, Annuaire statistique, campagne agricole 1998-1999; Ministère du Développement Rural, Cotonou, République du Bénin.
8. Fagbohoun O. & Kiki D., 1999, Guide pratique: techniques artisanales de fabrication de purée de tomate, Imprimerie cartographique du CENAP INRAB/MDR. République du Bénin. 62 p.
9. Fagbohoun O. & Kiki D., 1999, Aperçu sur les principales variétés de tomate locales cultivées dans le sud du Bénin. Bulletin de la recherche agronomique du Bénin, 24, 10-21 INRAB, Cotonou, République du Bénin.
10. Köster E.P., 1990, L'organisation des épreuves hédoniques -épreuve monadique pp. 171-189, *in*: ACTIA, 1990, Evaluation sensorielle, manuel méthodologique, Collection Sciences et Techniques Agro-Alimentaires, Technique et Documentation APRIA Lavoisier Paris, 328 p.
11. Lamb F.C., 1977, Tomato products; National Cannery Association; Bulletin 27- p. 2; Washington CC.
12. Leclerc H., Buttiaux R., Guillaume J. & Wattré P., 1977, Microbiologie appliquée; doin Editeurs, Paris, France.
13. Lee R., 1968, Laboratory handbook of methods of food analysis, London.
14. Moresi M. & Liverotti C., 1982, Economics study of tomato paste production . Journal of food technology, Blackwell Scientific Publication oxford Edinburgen Boston Melbourne, 17, 2, 177-192.
15. Olorunda O.A., Aworh O.C. & Onuoha C.M., 1990, Upgrading quality of dried tomato: effects of drying methods, conditions and pre-drying treatments. Journal of the sciences of food and agriculture 0022, 5142, 447-454.
16. Rozier J., Carlier V., & Bolnot F., 1985, Bases microbiologiques de l'hygiène des aliments; Ecole Nationale Vétérinaire de Maison Alfort, Paris, France.
17. Soulé I., 2001, Etude conceptuelle d'une technologie appropriée de fabrication et de conservation de purée de tomate à petite échelle au Bénin. Thèse d'ingénieur agronome, option Nutrition et Sciences Alimentaires, FSA/UAC, République du Bénin. 125 p.

J. Dossou, Béninois, Docteur des industries alimentaires, Enseignant-chercheur à l'Université d'Abomey-Calavi, Faculté des Sciences Agronomiques, Département de Nutrition et Sciences Alimentaires, 01BP 526, Cotonou, Bénin. Tél (229) 97086266; Email: jokdossou@yahoo.fr,

I. Soulé, Béninois, Ingénieur agronome, Assistant de recherche à la Faculté des Sciences Agronomiques de l'Université d'Abomey-Calavi, 01BP 363, MICPE/DPME Cotonou, Bénin. Tel (229)95351013, Email: sichola@yahoo.fr.

Marcelline Montcho, Béninoise, Ingénieur des industries alimentaires, Chef section fruits et légumes au Programme de Technologie Agricole et Alimentaire. Tel (229) 20214160.

AVIS DE CHANGEMENT D'ADRESSE CHANGING OF ADDRESS

ADRESVERANDERING

CAMBIO DE DIRECCION

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

LES ACTIONS DE LA DGCD

DGDC'S ACTIVITIES

DE ACTIVITEITEN VAN DE DGOS

LAS ACTIVIDADES DEL DGCD

Development cooperation prize

The Development Cooperation Prize is 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.

Three abstracts regarding the accomplishment of laureates from Cameroon and Burkina Faso awarded in 2006 are presented below.

'Improving the Biological Properties of the Fenugreek galactomannan (*Trigonella foenum graecum* L.)'

William Dakam*

The study carried out by Mr W. Dakam fits into the framework of the twofold research into the valorization and validation of natural resources in relation to public health. Fenugreek seeds (*Trigonella foenum graecum* L., Fabaceae) are known for their cholesterol-reducing and lipid-reducing properties, among other things.

The aim of the study (for his DEA dissertation) is to analyse the enhanced effect of the fenugreek galactomannan by adding third constituents like sodium hydrogenocarbonate and albumin. These are shown to be able to increase the physiological effects by maximizing the cholesterol-reducing action or by increasing the ability to reduce body weight. The soluble fibres, of the type found in fenugreek seeds, and proteins can act together to improve the lipid profile and reduce the complications of diabetes.

Mr Dakam concludes his paper by demonstrating the synergetic effects, the methods of action of which will be the subject of further studies, in particular with other types of proteins and other salts.

The experiments, using force-fed rats, were carried out using various investigations both biological and biochemical such as the levels of HDL and LDL cholesterol and plasma triglycerides. The validity of the results has also been examined using variance analysis.

The paper by Mr W. Dakam is highly relevant to development work as it addresses an aspect of the fight against obesity – once a problem limited to wealthy countries but now also a public-health issue in developing countries – and as such is an initial step towards the use of natural resources at a reasonable cost, backed up by research. This fits into the framework of research into effective products to combat obesity – via a better formulation – with improved local vegetable fibres.

*Cameroonian, Licentiate in Biochemistry, Université de Douala, Cameroon, 2002.
Master (2003) and DEA (2005) in Biochemistry, Université de Yaoundé I, Cameroon.
wildakam@yahoo.fr

'The effect of the planting date on the African rice gall midge, *Orseolia Oryzivora* H. & G., and its parasites on the rice-growing plain of Boulbi, Burkina Faso.'

Mopougouni Honoré Tankoano**

With this study, Mr Tankoano endeavours to understand the conditions in which the African rice gall midge (*Orseolia oryzae*) develops and to find long-term solutions to the damage caused by this destructive pest. Rice production plays a major role in the fight against hunger and poverty in Africa in that this food-grain provides food for the population on the one hand and financial revenue for the producers on the other. Conditions in Burkina Faso are favourable for the development of the African rice gall midge, and this results in major damage to cultivation. It is therefore vital that methods are put in place for the long-term limitation of the damage caused by this destructive pest. In this context, Mr Tankoano shows that a long-term fight against the African rice gall midge could be feasible in the conditions that exist in Burkina Faso. In his study he clearly demonstrates that by carefully choosing the date of sowing and by encouraging the development of 2 parasitoids (*Platygaster diplosisae* and *Aprostocetus procerae*), which would launch a biological attack on the destructive pest, it would be possible to reach satisfactory levels of control in the fight against the African rice gall midge. What makes this work so interesting is the very fact that it has revealed these basic means for a long-term fight against the African rice gall midge. These methods do not require a high level of technicality, which makes them easily accessible to the poor populations, and they are respectful of the environment. At a time when the sustainable management of natural resources has become a central theme in development perspectives, Mr Tankoano's study is particularly well placed since he produces useable data in a strategy to fight the destructive rice gall midge without, however, resorting to methods that pollute the environment or are dangerous for the health of workers and consumers. This is an important contribution to development work within a perspective of increasing food resources and one which is highly suited to the local conditions of Burkina Faso.

**Burkinabe, Rural Development Engineer, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso, 2005.
tmhonor@yahoo.fr

'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

BIBLIOGRAPHIE

BIBLIOGRAPHY

BOEKBESPREKING

BIBLIOGRAFIA

Les plantes cultivées en région tropicales d'altitude d'Afrique

Cultures industrielles et d'exploitation. Cultures fruitières. Cultures maraîchères

Pierre Nyabyenda

2006, 238 p., 10 figures., 42 tableaux, 35 photos.

ISSN: 2-87016-078-X

Édité par les Presses Agronomiques de Gembloux en collaboration avec le CTA.

C'est au défi de réunir en un seul ouvrage toute l'expérience récente sur «Les plantes cultivées en régions tropicales d'altitude d'Afrique» que s'est attelé avec succès le Dr. Pierre Nyabyenda. Il parvient à broser un tableau succinct mais complet pour chaque plante cultivée en la situant dans son ensemble agro-écologique de prédilection et selon le système agraire correspondant. L'appartenance botanique est retracée et les techniques culturales sont décrites en détail, permettant la mise en pratique des nombreux conseils donnés par la recherche et la vulgarisation. L'importance alimentaire et économique de chaque spéculation se retrouve dans des tableaux et des graphiques récapitulatifs. Des photographies de différentes cultures serviront d'orientation au lecteur. En fin d'ouvrage, des tableaux de synthèse regroupés par thème (les maladies, les ravageurs et les intrants couramment utilisés tels que les pesticides, etc.) régaleront les spécialistes exigeants. ... Cet ouvrage permettra certainement d'apporter un ferment d'amélioration agricole dans les pays aux régions tropicales d'altitude d'Afrique les plus touchés par des conflits récents tels que le Rwanda, le Burundi, la RD Congo, l'Ouganda et l'Éthiopie. Si un «ventre affamé n'a pas d'oreille», il est tout aussi vrai qu'un «ventre rassasié» écouterait plus volontiers la voix de la raison. Cet ouvrage s'adresse à tous ceux qui sont désireux de reconstruire une agriculture meilleure dans les régions d'altitude.»

Les régions tropicales d'altitude (RTA) qui font l'objet de cet ouvrage se limitent aux zones situées au-dessus de 1.000 m d'altitude se trouvant dans les régions tropicales d'Afrique comprises entre le 10^e degré de latitude Sud et le 10^e degré de latitude Nord, à savoir surtout dans les pays d'Afrique centrale et orientale. Ce livre intéressera ceux qui sont concernés par la production agricole, en particulier ceux qui oeuvrent dans l'enseignement agricole, dans la recherche agronomique et dans la vulgarisation des technologies de recherche, ainsi que les nouveaux acteurs du développement (projets de développement, ONGs et producteurs privés).

L'auteur -- Pierre Nyabyenda a été chercheur à l'Institut des Sciences agronomiques du Rwanda (ISAR) de 1979 à 1994. De 1982 à 1992, il fut chef du Département Production végétale pour y devenir Directeur scientifique en 1992. Il a également été coordinateur de réseaux de recherche du CIAT en Afrique centrale de 1994 à 1997.

L'ouvrage peut-être obtenu auprès des Presses Agronomiques de Gembloux, Passage des Déportés, 2 à 5030 Gembloux, Belgique. Informations complémentaires sur le site web: pressesagro.be

Prix : 27 euros: Belgique (TVAC)

32 euros: Export (HTVA).

Professeur Guy Mergeai

Mai 2007

ORGANISATION

Concept of editors and objectives of TROPICULTURA

Agri-Overseas is an association created in order to establish common-interest professional relationships between people working on overseas rural development. It publishes the scientific and information publication «Tropicultura» which covers rural problems in developing countries. This publication is published every three months with the financial support of the «Directorate- General for Development Cooperation (D.G.D.C.), Federal Public Service Foreign Affairs, Foreign Trade and Development Cooperation Belgium». It benefits from the scientific patronage of the Belgian Royal Academy for Overseas Sciences (RAOS) and the «Région Bruxelles-Capitale».

Agri-Overseas is composed of both individual members and members of the following Belgian Institutions: the four Faculties of Agronomy (Gembloux, Ghent, Leuven and Louvain-la-Neuve), the two Faculties of Veterinary Medicine (Ghent and Liège), the Department Animal Health of the Institute of Tropical Medicine in Antwerp, the inter-faculty section of agronomy of the Université Libre de Bruxelles (Brussels), the Facultés Universitaires Notre Dame de la Paix (Namur), the Department of environment sciences and management from the University of Liège and the Directorate General for Development Cooperation.

Board

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

Editorial Staff

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

Publication secretariat

1A, Square du Bastion, B- 1050 Brussels – Belgium
Telephone: ++32.2.550 19 61/ 62; Fax.: ++32.2.514 72 77
Email: ghare.tropicultura@belgacom.net / mjdesmet.tropicultura@belgacom.net
Website: <http://www.bib.fsagx.ac.be/tropicultura/>

Distribution

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

SCOPE OF THE PUBLICATION

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

INSTRUCTIONS TO AUTHORS

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

TROPICULTURA

2007 Vol. 25 N° 2

Four issues a year (April, May, June)

CONTENTS

EDITORIAL

Who does not remember the past, prepares the future badly (*in French*)

F. Maes 65

ORIGINAL ARTICLES

Importance of Clonal Association of Hevea for Improvement of the Rubber Production in Industrial Plantations in Gabon (*in French*)

A. Ndoutoume-Ndong 66

Nitrogen Balance of Dried Maggot's Meal in Growing Rats (*in French*)

K.G.M. Bouafou, K.G. Kouamé & A.M. Offoumou 70

Design of an Animal-drawn Manure Spreader for Small Farms in Africa (*in French*)

O.Y. Azouma, F. Giroux & D. Varchon 75

Effects of Low Temperatures and Photoperiod on Growth and Inflorescentiel Development of June Bearing Strawberry (*in French*)

Ines Hajlaoui, C. Hannachi & Monique Bodson 82

Improved Cowpea *Vigna unguiculata* L. Walp Based Cropping Systems for Food Security and Natural Resource Management Enhancement in Semi-Arid Burkina Faso (*in French*)

J.S. Zoundi, A. Lalba, J.-P. Tiendrébéogo & D. Bambara 87

Effects of Straining Dams on the Productivity of Natural Pastures in the Sahelian Region of Burkina Faso (*in French*)

A. Kiema, Chantal Yvette Kaboré-Zoungrana & A.J. Nianogo 97

Hydraulic Conductance Dynamic in Olive Table Tree (*Olea europaea* L. cv *Meski*) (*in French*)

C. Hechmi, M. Braham, D. Boujnah, F. Ben Mariem, Wafa Ghariani, Z. Mahjoub & S. Ben Elhadj 103

Effect of a Complementation Nitrogenized on the Pathology of Animal Trypanosomiasis at the Sahelian Sheeps (*in French*)

A.B. Kanwé, S. Néyan, A.G. Ouédraogo & Z. Bengaly 108

Planetary Eradication of Rinderpest: the Last Straight Line (*in French*)

P. Bastiaensen, N. Denormandie, Cécile Squarzoni, K. Bidjeh, B.A. Diop & R. Bessin 113

TECHNICAL NOTES

Physico-chemical and Sensorial Evaluation of Local Tomato Past Produced at Small Scale in Benin (*in French*)

J. Dossou, I. Soulé & Marcelline Montgo 119

DGDC 'S ACTIVITIES 126

BIBLIOGRAPHY 128

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

