

TROPICULTURA

1983 Vol. 1 N. 2

Driemaandelijks (maart - juni - september - december)

EDITORIAL / EDITORIAAL / EDITORIAL

Pour une coopération par contrats de résultats

J. Hardouin 37

ARTICLES ORIGINAUX / OORSPRONKELIJKE ARTIKELS / ARTICULOS ORIGINALES

Identification of a strain of maize dwarf mosaic virus, related to sugarcane mosaic virus isolated from maize in Burundi

M. Verhoyen et P. Gendebien 39

Phaseolus beans, a staple food in Burundi.

P. Devos, J. Van Durme et K. Kabengele 43

La recherche opérationnelle, outil d'investigation dans les exploitations agricoles de Thies - Diourbel (Sénégal)

J. Degand et Lo Cheikh 47

Etude d'abcès intracrâniens chez le porc dans la région de Lubumbashi, Zaïre.

J. Hanton et M. Jolival 52

Premiers essais d'insémination artificielle au Burundi avec du sperme congelé importé du Kenya.

P. Pozy, A. Banuma et L. Lambotte 55

Amélioration du bilan thermique sous abri-serre.

H. Verlodt 59

PROJETS / PROJEKTEN / PROYECTOS

Le compost de broussailles en Tunisie - Comité Jean Pain 70

INTERVIEWS. 71

COURRIER / LEZERSBRIEVEN / CORREO

Une réponse parmi d'autres aux problèmes de scolarité pour les enfants d'expression française résidant outre-mer

J. Thys-Magis 72

BIBLIOGRAPHIE / BOEKBESPREKING / BIBLIOGRAFIA. 74

NOUVELLES / NIEUWS / NOVEDADES 75

English contents on back cover

Verantwoordelijke uitgever
J. HARDOUIN
Instituut voor Tropische Geneeskunde
Nationalestraat 155
2000 ANTWERPEN



Revue scientifique et d'information consacrée aux problèmes ruraux dans les pays en voie de développement et patronnée par l'Administration Générale Belge de la Coopération au Développement (A.G.C.D.).

Paraît quatre fois l'an (mars, juin, septembre, décembre).

Editeur responsable:

AGRI-OVERSEAS a.s.b.l.
avenue Louise, 183
1050 Bruxelles — Belgique

Association créée à l'initiative des professeurs Mortelmans et Hardouin et du Dr. Kageruka dans le but d'établir des relations professionnelles ou d'intérêts communs entre tous ceux qui œuvrent pour le développement rural outre-mer. Ce sont les coopérants belges dans les pays en voie de développement ou les anciens étudiants en Belgique de ces mêmes pays.

L'Assemblée Générale est constituée de tous les membres en règle de cotisation.

Comité scientifique

Un représentant de chacune des institutions belges suivantes le compose

- Administration Générale de la Coopération au Développement, à Bruxelles (A.G.C.D.).
- Département de Production et Santé Animales, Institut de Médecine Tropicale, Antwerpen (D.P.S.A./I.M.T.).
- Faculté de Médecine Vétérinaire de Cureghem, Université de Liège (U.Lg.).
- Faculté de Médecine Vétérinaire de Gand, Rijksuniversiteit van Gent (R.U.G.).
- Faculté des Sciences Agronomiques de l'Etat à Gembloux (F.S.A.Gx.).
- Faculté des Sciences Agronomiques de la Katholieke Universiteit van Leuven (K.U.L.).
- Faculté des Sciences Agronomiques de la Rijksuniversiteit van Gent (R.U.G.).
- Faculté des Sciences Agronomiques de l'Université Catholique de Louvain (U.C.L.).

Secrétariat — Rédaction

Agri-Overseas
avenue Louise, 183
1050 Bruxelles
Belgique

Abonnements

Quatre numéros par an

Ordinaire	1 200 FB
Etudiants	800 FB
Par numéro	400 FB

C C P 000-0003516-24
S G B 210-0911680-29

Wetenschappelijk en informatief tijdschrift handelend over landbouwproblemen in ontwikkelingslanden beschermd door het Belgisch Algemeen Bestuur voor Ontwikkelingssamenwerking. (A.B.O.S.).

Verschijnt vier maal per jaar (maart, juni, september, december).

Verantwoordelijke uitgever:

AGRI-OVERSEAS v.z.w.
Louizalaan, 183
1050 Brussel - België

Deze vereniging werd door de Professoren Mortelmans en Hardouin en Dr. Kageruka gesticht, met het doel gemeenschappelijke relaties te ontdekken onder al diegenen die overzee voor de landbouwontwikkeling werken. Deze zijn voornamelijk Belgische ontwikkelingshulpers in de ontwikkelingslanden of oud-studenten uit diezelfde landen die in België gestudeerd hebben.

De Algemene Vergadering wordt gevormd door al de leden die in orde zijn met hun bijdrage.

Wetenschappelijke raad

Samengesteld met een vertegenwoordiger van de volgende Belgische instellingen

- Algemeen Bestuur voor Ontwikkelingssamenwerking, Brussel (A.B.O.S.).
- Afdeling Diergeneeskunde en Zootechniek, Instituut voor Tropische Geneeskunde, Antwerpen (A.D.Z./I.T.G.).
- Fakulteit van Diergeneeskunde van Cureghem, Université de Liège (U.Lg.).
- Fakulteit van Diergeneeskunde, Rijksuniversiteit van Gent (R.U.G.).
- Fakulteit van de Landbouwkundige Wetenschappen van de Staat, Gembloux (F.S.A.Gx.).
- Fakulteit van de Landbouwkundige Wetenschappen, Katholieke Universiteit van Leuven (K.U.L.).
- Fakulteit van de Landbouwkundige Wetenschappen, Rijksuniversiteit van Gent (R.U.G.).
- Fakulteit van de Landbouwkundige Wetenschappen, Université Catholique de Louvain (U.C.L.).

Sekretariaat — Redactie

Agri-Overseas
Louizalaan, 183
1050 Brussel
België

Abonnementen

Vier nummers per jaar

Gewone	1 200 BF
Studenten	800 BF
Per nummer	400 BF

P C R 000-0003516-24
G B M 210-0911680-29

Scientific and informative journal devoted to rural problems in the developing countries and supported by the Belgian Administration for Development Cooperation (B.A.D.C.).

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

Responsible editor:

AGRI-OVERSEAS
av. Louise, 183
1050 Brussels - Belgium

This association has been created by the Professors Mortelmans and Hardouin and Doctor Kageruka, to establish professional or common concerns relations between all of those who are working overseas for rural development. They are especially Belgian experts in developing countries or former students from these countries who studied in Belgium.

The General Assembly is constituted with all the members who regularly pay their subscription.

Scientific Committee

Constituted with one representative of each of the following Belgian Institutions:

- Belgian Administration for Development Cooperation (B.A.D.C.).
- Animal Production and Health Department, Institute of Tropical Medicine, Antwerp (D.P.S.A./I.M.T.).
- Faculty of Veterinary Medicine, State University of Liège (U.Lg.).
- Faculty of Veterinary Medicine, State University of Ghent (R.U.G.).
- Faculty of Agricultural Sciences of the State, Gembloux (F.S.A.Gx.).
- Faculty of Agricultural Sciences, Catholic University of Louvain (K.U.L.).
- Faculty of Agricultural Sciences, State University of Ghent (R.U.G.).
- Faculty of Agricultural Sciences, Catholic University of Louvain (U.C.L.).

Secretariat — Editorial Staff

Agri-Overseas
avenue Louise, 183
1050 Brussels
Belgium

Subscriptions

Four issues a year

Individuals	1 200 BF
Students	800 BF
Single issue:	400 BF

Post-check number 000-0003516-24
Bank account 210-0911680-29

Revista científica y de información dedicada a los problemas rurales en los países en vía de desarrollo y patrocinada por la Administración general belga de la cooperación al desarrollo (A.G.C.D.).

Se publica cuatro veces por año (en marzo, junio, setiembre, diciembre).

Editor responsable:

AGRI-OVERSEAS
avenue Louise, 183
1050 Bruxelles - Belgique

Asociación creada por iniciativa de los profesores Mortelmans y Hardouin y del Dr. Kageruka con el fin de establecer relaciones profesionales o intereses comunes entre todos que laboran por el desarrollo rural en ultra-mar, como los cooperantes belgas en los países en vía de desarrollo o como los ex-estudiantes en estos mismos países.

La Asamblea General esta constituida de todos los miembros en regla de cotización.

Comisión científica

Integrada por un representante de cada una de las instituciones belgas siguientes

- Administracion General de la Cooperación al Desarrollo, en Bruselas (A.G.C.D.).
- Departamento de Producción y Sanidad Animales, Instituto de Medicina Tropical, Amberes (D.P.S.A./I.M.T.).
- Facultad de Medicina Veterinaria de Cureghem, Universidad de Liege (U.Lg.).
- Facultad de Medicina Veterinaria de Gante, Universidad del Estado de Gante (R.U.G.).
- Facultad de Ciencias Agronómicas del Estado en Gembloux (F.S.A.Gx.).
- Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad Católica de Lovaina (K.U.L.).
- Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad del Estado de Gante (R.U.G.).
- Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad Católica de Lovaina (U.C.L.).

Secretaria — Redacción

Agri-Overseas
avenue Louise, 183
1050 Bruxelles
Belgica

Suscripción

Cuatro ediciones por año

Ordinario	1 200 FB
Estudiantes	800 FB
Por edición	400 FB

Cuentas de cheque 000-0003516-24
Banca 210-0911680-29

EDITORIAL

Pour une Coopération par Contrat de Résultats

J. Hardouin

Il ne manque pas de publications, de nos jours, pour affirmer que les différentes formes de coopération qui ont été appliquées jusqu'à présent n'ont pas répondu aux espérances. Les uns y trouvent un relent de néo-colonialisme, d'autres y voient un encouragement à vivre de charité internationale, d'autres encore estiment que le jeu n'en vaut pas la chandelle car les retombées économiques ne suivent pas.

La question est très délicate, car les susceptibilités sont vite atteintes dans ce secteur marqué par la politique. Bien plus, l'ombre dévorante des sociétés transnationales apparaît en filigrane dans beaucoup de transactions et il est évidemment commode d'invoquer une certaine impuissance face à des constats d'absence de progrès rural véritable. Il ne faut cependant pas avoir peur d'observer, de réfléchir, d'analyser et même de proposer du changement, si l'on est prêt à prendre certains risques.

Quelques événements récents ont ainsi provoqué un temps d'arrêt dans une carrière qui, depuis plus de vingt-cinq ans, m'a conduit pour des séjours de durées variables dans ce qu'on appelle aujourd'hui les pays en développement. Il devient alors nécessaire de partager ses idées, de les communiquer à d'autres, d'espérer des réactions, de souhaiter que l'abstrait se transforme en concret et que la situation évolue.

Une première réflexion sur les causes d'échecs de beaucoup de projets fait venir en surface des objectifs trop ambitieux, des durées prévues trop courtes, et une disparition rapide des actions lancées peu de temps après le départ de l'équipe étrangère qui avait été mise en place.

Rien que cela mériterait plusieurs pages de commentaires. Je considère cependant qu'une erreur fondamentale réside dans le fait que la très grande majorité de projets de coopération n'ont pas été véritablement demandés par les pays bénéficiaires. Seuls ceux qui n'ont jamais participé à l'élaboration d'un projet seront surpris. Mais il est malheureusement trop vrai que, mûris dans des cervaux étrangers, les projets sont proposés à des autorités qui, après quelques modifications ou réorientations, marquent leur accord. On a bien alors un projet accepté, mais non pas un projet demandé. Le suivi et l'intérêt réel sont très différents dans les deux cas.

Il me paraît toutefois beaucoup plus important de constater que la plupart des projets constituent en réalité des contrats de moyens passés entre deux institutions: autant d'hommes pour une durée précisée, avec du matériel et des produits accompagnés d'aides diverses (bourses, fonctionnement,...) et dans le but de réaliser ensemble un objectif. Celui-ci peut être médical, social, éducatif, économique, institutionnel, ... Quelques années plus tard, lorsque le bilan est fait, il déçoit souvent. Et cependant, la plupart des obligations convenues ont été remplies: hommes, matériel, produits, bourses, ... tout a été rendu disponible. D'où vient alors ce désappointement? Comment pourrait-on y remédier?

L'idée nouvelle serait de remplacer le contrat de moyens par un contrat de résultats. On ne conviendrait plus de conjuguer les efforts de deux parties pour rajeunir les caféières en vue de produire 10 000 tonnes, mais une partie confierait à l'autre la mission de produire 10 000 tonnes de café. Au lieu de constituer une équipe composée de représentants des deux parties pour améliorer le potentiel de production laitière, une partie chargerait l'autre de mettre sur le marché dans un délai de quinze ans un total de 300 génisses croisées devant produire chacune 2 800 kilos de lait à leur première lactation.

Ce n'est plus assurer le fonctionnement du service de radiographie d'un hôpital qui serait demandé et promis, mais garantir la production annuelle moyenne de 50 000 radiographies qui seraient imposé.

La réalisation de ces résultats implique des contraintes, des difficultés, des moyens. Nul ne le conteste. Il appartiendrait à celui qui accepte de réaliser le contrat de bien en étudier les caractéristiques pour en établir le coût, ce qui n'exclut nullement un certain bénéfice. Mais des pénalités seront prévues si les promesses ne sont pas tenues. Ce n'est pas le lieu ici d'envisager des modalités.

Les bureaux d'études sérieux ne devraient pas craindre une telle conception puisqu'elle ne changera rien à leur pratique courante. Mais ceux qui promettent la lune en sachant que les moyens envisagés ne permettent que d'obtenir un fanal hésiteront, ce qui moralisera la marché. Les théoriciens en chambre n'encombreront plus les couloirs des Ministères ni les avions, et leurs études volumineuses sur gros papier et à triple interligne cesseront d'accumuler la poussière dans les rayons des bibliothèques où personne ne les emprunte, sauf pour les recopier.

Jacques Hardouin, professeur ordinaire et chef du service de zootechnie tropicale, Institut de Médecine Tropicale, 155 Nationalestraat, B-2000 Antwerpen, Belgique

La responsabilité reprendra ses droits, et les praticiens qui seront prêts à la prendre pourront mettre leur compétence au service de ceux qui en ont besoin.

Le recours à une coopération par contrat de résultats devrait permettre de réaliser beaucoup d'économie tout en fournissant aux pays demandant ces résultats la possibilité d'établir des programmes de développement qui aient des chances sérieuses d'être mis en place.

Une gamme de clauses particulières peut être prévue, tant par les organismes fournissant les fonds que par ceux qui demandent une réalisation. Les retombées économiques doivent normalement faire partie des conditions spécifiques. Les administrations conserveront leurs droits fondamentaux de définir la politique à appliquer. Et les causes d'échecs ne pourront plus être diluées au point de ne pouvoir identifier le(s) responsable(s) puisque c'est à un seul interlocuteur, qui aura la maîtrise totale des moyens convenus de commun accord, que l'on devra se référer. Une telle collaboration ne pourra être prise comme une forme de néo-colonialisme que si le pays où le travail se réalise renonce à son pouvoir souverain de contrôle.

Message de l'éditeur

Le numéro 2 de TROPICULTURA sort de presse avec un retard évident. Il était cependant prêt depuis très longtemps, mais le financement des coûts d'impression et d'expédition n'était pas assuré. Tout a été heureusement réglé en novembre 1983. Les lecteurs voudront bien excuser ce contretemps. Au moment de rédiger cette note, le numéro 3 est déjà chez l'imprimeur et le numéro 4 est en cours de composition. L'avenir proche s'annonce favorablement. Nous vous rappelons que vos articles seront toujours reçus avec intérêt.

J. Hardouin, janvier 1984.

Bericht van de uitgever

Het 2e nummer van TROPICULTURA is gedrukt met een aanzienlijke vertraging. Nochtans was dit nummer reeds geruime tijd drukklaar, maar helaas beschikten we niet over de nodige fondsen om druk- en verzendingskosten te dekken. Gelukkig kwam er in november 1983 een eind aan deze situatie. Graag zouden we dan ook de lezers onze verontschuldiging willen aanbieden voor deze tegenslag. Ook het 3e nummer is klaar en zal eerstdaags worden gedrukt, terwijl aan de samenstelling van het 4e nummer wordt gewerkt. In de nabije toekomst voorzien we geen verdere moeilijkheden. Tevens willen we van de gelegenheid gebruik maken om U te herinneren dat met veel interesse wordt uitgekeken naar Uw artikels.

J. Hardouin, januari 1984.

Message from the editor

Number 2 of TROPICULTURA is being published with some evident delay. Although it was ready for few months, lack of funds to cover the printing and mailing costs was the main constraint. This has fortunately been resolved in November 1983. We hope the readers will accept our apologies for the delay. At the time of writing this note, number 3 of the issue was already in press and number 4 was being composed. The future hopefully seems favourable. We may remind our readers that your papers will continue to be received with interest.

J. Hardouin, January 1984.

Mensaje del editor

El número 2 de TROPICULTURA sale de la prensa con un retraso evidente. Sin embargo estaba listo desde hace bastante tiempo, pero el financiamiento de los gastos de impresión y de expedición no estaba asegurado. Afortunadamente esto fue arreglado en noviembre 1983. Los lectores querrán disculpar este contratiempo. En el momento que se redacta esta nota, le número 3 ya está en la imprenta y se está componiendo el número 4. El futuro próximo se viene anunciando favorablemente. Les recordamos que seguimos recibiendo con interés sus artículos.

J. Hardouin, enero de 1984.

ARTICLES ORIGINAUX
ORIGINAL ARTICLESOORSPRONKELIJKE ARTIKELS
ARTICULOS ORIGINALES**Identification of a strain of maize dwarf mosaic virus, related to sugar-cane mosaic virus isolated from maize in Burundi**

M. Verhoyen and P. Gendebien

Summary

A strain of maize dwarf mosaic virus related to sugar-cane mosaic virus has been isolated from maize in Burundi.

The properties (including electron microscopy and serology) of the virus are described, and elements for a control strategy are reviewed.

Résumé

Une variante du virus du nanisme du maïs, apparentée au virus de la mosaïque de la canne à sucre, a été identifiée sur maïs au Burundi.

Les propriétés (notamment microscopie électronique et sérologie) du virus sont décrites et des éléments de lutte sont envisagés.

Introduction

Maize is one of the important food crops in Burundi. Among the virus diseases of this species, maize streak is one of the most common. During a stay in Burundi, one of us (M.V.) observed a symptom that could be attributed to infection with a potyvirus. This paper described the identification and properties of this isolate.

Materials and methods

Samples were taken in a field near Tesa from plants with reduced growth, with leaves showing streaks of chlorotic points and mottling. Leave blades in a plastic bag for further testing were taken to our laboratory in Belgium.

Test-plants were infected by mechanical inoculation with maize extracts mixed with 300 Carborundum powder.

Seedlings of different species were tested in an insect-proof glasshouse, and symptoms were recorded.

Cuttings of healthy Sugarcane (*Saccharum officinarum*) varieties (Co 281; C.P. 29-291; C.P. 31-294; C.P. 31-588) were obtained from the quarantine station of Muguga, Kenya.

The virus was maintained during the experiments on *Zea mays*, var. 'Cargill Primeur', and subsequently in calcium chloride dessicated leaves in a cold room (2).

Thermal inactivation point, dilution end point and preservation *in vitro* were determined as described in Noordam, 1973.

Apterous non viruliferous *Myzus persicae* reared on *Vicia faba* or *Brassica napus* were used for vector transmission experiments.

Leaf exsudates were observed in electron microscopy following the leaf dip method described by Verhoyen and Creemers (16).

Ultrastructural characteristics were observed after dehydration and embedding in Epon. Thin sections were obtained with a LKB ultratome and were stained with lead citrate and uranyl acetate, as described previously (5).

Antisera against Maize dwarf mosaic virus — strain A (MDMV-A) and strain B (MDMV-B) were obtained from Dr. Gordon (Ohio agricultural research and development center, Wooster) and antiserum PVAS-51 against sugarcane mosaic virus-strain H (SCMV-H) was from ATCC.

Microprecipitation tests were carried out on microscope slides and immunodiffusion tests with sodium dodecyl sulfate (SDS) 0.5% were performed as described by Purcifull and Shepherd (9).

Partial purification of the virus was obtained using the method described by Bond and Pirone (1).

Results**1. Host range**

Mechanical inoculation of maize seedlings (var. 'Cargill primeur') resulted in symptom appearance in about ten days. Infected plants were used as inoculum source for the host range experiments.

Table 1 shows the tested species and their susceptibility. The following species showed no symptoms and the retroinoculations were negative. Monocotyledones: *Avena byzantina*, *Avena sativa*, *Bekersopsis unisetata*, *Brachiaria ruziziensis*, *Coix lacryma-jobi*, *Cynodon dactylon*, *Dactylis glomerata*, var. 'Lemba', *Eleusine indica*, *Festuca ovina*, *Festuca pratensis*, var. 'Merbeen', *Hordeum vulgare*, var. 'Capri', *Lolium multiflorum*, var. 'Italicum', *Lolium multiflorum*, var. 'Westerworld', *Lolium perenne*, *Oryza barthii*, *Oryza sativa*, var. 'IRAT 11', *Oryza sativa*, var. 'IR 8', *Panicum miliaceum*, *Penisetum clandestinum*, *Penisetum purpureum*, *Penisetum saliflex*, *Phleum pratense*, *Poa communis*, *Poa pratensis*, var. 'Prato', *Saccharum spontaneum*, *Saccharum officinarum*, var. 'CP 31-558', *Saccharum officinarum*, var. 'CP 29-291', *Sorghum halepense*, *Sorghum vulgare* hybrid AKS 653, *Sorghum vulgare* hybrid AKS 663, *Sorghum vulgare*, var. 'Sudanense', *Triticum aestivum* ssp. *vulgare*; Dicotyledones: *Allium porrum*, *Ammi majus*, *Apium graveolens*; 'rapaceum', *Brassica napus*, var. 'napus', *Chenopodium quinoa*, *Cichorium endivia*, var. 'Latifolia', *Cucumis melo*, *Cucurbita maxima*, *Datura stramonium*, *Dianthus chinensis*, *Lycopersicon esculentum*, *Melinis minutiflora*, *Nicotiana tabacum*, *Phaseolus vulgaris*, *Pisum sativum*, *Solanum melongena*, *Spinacia oleracea*, var. 'Nores'.

Table 1

Susceptibility of the species tested against the virus infection
Susceptibilité des espèces végétales testées vis-à-vis du virus

Tested species	Symptoms	Symptoms after retro-inoculation on <i>Zea mays</i>
<i>Echinochloa crus-galli</i>	M	M(5/6) (7/9)
<i>Oryza sativa</i> var. 'IR 442'	O	M (6/6)
<i>Setaria italica</i>	M	M (4/6)
<i>Saccharum officinarum</i> , var. 'Co 281'	Chl.str.	M (7/8)
<i>Saccharum officinarum</i> , var. 'CP 31 294'	Chl.sp.	M(8/8) (3/9)
<i>Saccharum officinarum</i> , var. 'Wild type'	Chl.str.	M (3/8)
<i>Sorghum bicolor</i> , var. 'Atlas'	M	—
<i>Sorghum bicolor</i> , var. 'Rio Sogo'	M	—
<i>Sorghum bicolor</i> , var. 'Sart'	M	—
<i>Zea mays</i> , var. 'Cargill Primeur'	M	100%
<i>Zea mays</i> , var. 'But 234'	M	100%
<i>Zea mays</i> , var. 'Aurelia'	M	100%
<i>Zea mays</i> , var. 'Fronica'	M	100%
<i>Zea mays</i> , var. 'Royal 255'	M	100%
<i>Zea mays</i> , var. 'LG 7'	M	100%

Legend: O: no symptoms (*pas de symptômes*)

M: mosaic (*mosaïque*)

Chl. str.: chlorotic streaks (*striures chlorotiques*)

Chl. sp.: chlorotic spots (*taches chlorotiques*)

In brackets (number of infected plants/ number of inoculated plants)

Entre parenthèses (nombre de plantes infectées/nombre de plantes inoculées)

2. Symptomatology

Zea mays: when plants were mechanically inoculated at the two leaf stage, the first symptoms appeared on the new leaves after about 5-6 days. Inoculated leaves showed no symptoms. With further development of the leaves, chlorotic spots became brighter and were dispersed as streaks along the veins. On mature leaves, chlorosis appeared as streaks or mosaic. Growth of infected plants was less developed than the healthy ones.

Echinochloa crus-galli: the first symptoms appeared on the leaves newly formed after inoculation; chlorosis in patches formed on the leafblades.

Oryza sativa: no symptom appeared on this species, but retroinoculation of var. 'IR 442' showed that the virus was latent in this species.

Setaria italica, *Sorghum bicolor*: the symptoms resembled those on *Zea mays* and appeared respectively 12 and 14 days after inoculation on the newly formed leaves.

Saccharum officinarum: symptoms appeared on newly formed leaves; chlorotic streaks and bands of dark green tissue developed on the expanded leaves. No symptoms appeared on the leaves already formed before inoculation.

3. Properties of the virus isolate in maize plant sap

The virus persisted for 10 min. at 50°C but is inactivated at 55°C.

Two dilution end point assays were made; the first with plant extracts prepared 4 weeks after inoculation, the second after 8 weeks. In the two experiments plant sap was still infective at a dilution of 5.10^{-4} but not at 1.10^{-4} .

The virus was still infective after 24 hours at room temperature but not after 36 hours. At 4°C, infectivity lasted for 60 hours, but not for 72 hours. In frozen tissue kept at -18°C, the virus was still infective after 50 days. The virus was still infective after 10 months in tissue desiccated over Calcium chloride.

Apterous non viruliferous *Myzus persicae* were starved for 2 hours before an acquisition feeding period of 5 and 10 min. on diseased maize leaves, and were then transferred to healthy maize plants for 24 hours; 4 plants and 2 plants, respectively, showed symptoms within inoculated plants.

Leaf dips showed elongated particles with a mean length of 711 nm and 708 nm, respectively in two experiments.

Ultrathin sections in leaf cells showed pinwheel structures and bundles of tubes in the cytoplasm (fig. 1).

Microprecipitin tests showed positive reactions between extracts of infected maize and MDMV-A.

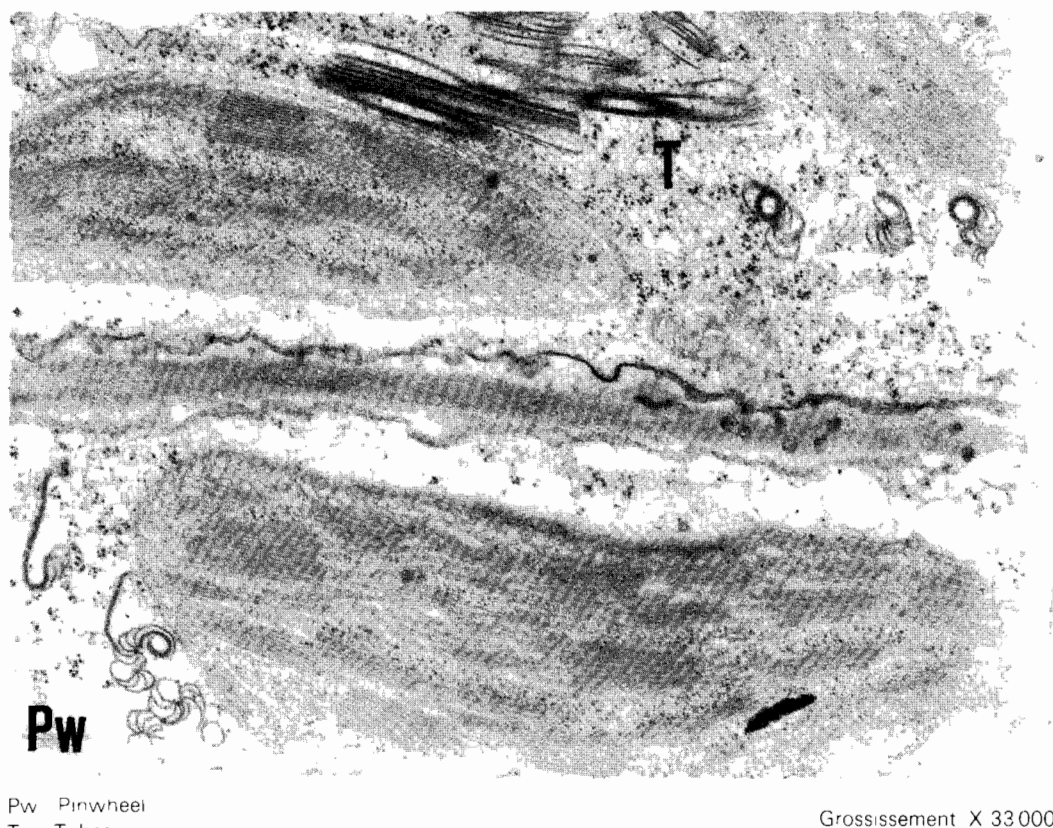


Figure 1 Ultrathin section in a mesophyll portion of maize leaf infected with the virus isolate
Coupe ultramince dans une portion de mésophylle de feuille de maïs infectée par le virus isolé

MDMV-B or SCMV-H antisera. Immunodiffusion tests showed that the virus was related to the MDMV-A and MDMV-B

The virus isolate could be easily concentrated and partially purified, following the method described by Pirone and Anzalone (8), as shown in figure 2.

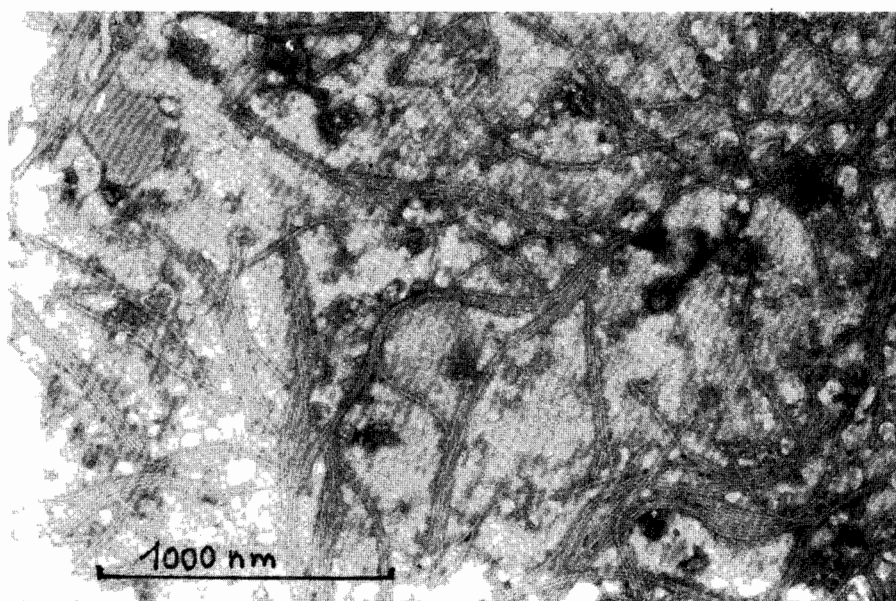


Figure 2 Partially purified virus particles
Particules de virus partiellement purifiées.

Conclusions

The virus, we isolated from maize in Burundi, was not related to the already known maize streak virus. This 700 nm long virus forming pinwheel inclusions belongs to the potyvirus group. Five potyviruses have been described on Maize: sugarcane mosaic virus (SCMV), maize dwarf mosaic virus (MDMV), maize mosaic virus (MVV), sorghum red stripe virus (SRSV) and ragi disease complex (eleusine mosaic virus). These viruses are all related to SCMV. Grancini and Mariani (4) identifying a SCMV in *Sorghum* concluded, with Snazelle *et al.* (13), 'that much confusion still remains as how these viruses are related'. Many strains exist in different countries: SCMV — A,B,C,D¹,D²,D³,E,F,G; MDMV — A,B; MMV — 1,2,3. Several criteria were used to differentiate these strains: host range in terms of plant species (7;10), in sugarcane (14) or sorghum (12) varieties and serology (3).

The maize virus of Burundi reacted with antiserum MDMV-A, MDMV-B and SCMV-H, so that we may conclude that it is a MDMV strain related to SCMV. Further experiments have to be carried out to classify the isolated strain and to clarify the confusion existing in the literature about these strains (4).

The important practical conclusion for Burundi is that maize is infected not only with maize streak virus, a geminivirus transmitted by leafhoppers, but also with an elongated non persistent aphidborne virus, related to sugarcane mosaic virus which may also be seed-borne in maize (15).

This calls for specific control measures based on SCMV host range and vector relationship including selection, as resistant lines do exist (11).

References

- (1) Bond, W.P. and Pirone, T.P., 1971. Purification and properties of sugarcane mosaic virus strains. *Phytopathol. Z.*, **71**: 65-64.
- (2) Bos, L., 1969. Experience with a collection of plant viruses in leaf material dried and stored over calcium chloride, and a discussion of literature on virus preservation. *Meded. Fak. Landbouwwetensch. Gent*, **34**: 875-887.
- (3) Gordon, D.T. and Williams, L.E., 1970. The relationship of a maize virus isolate from Ohio to Sugarcane mosaic virus strains and the B strains of Maize dwarf mosaic virus. *Phytopathology*, **60**: 1293 (abstr.).
- (4) Grancini, P. and Mariani, G., 1974. Sugarcane mosaic virus in *Sorghum*. *Mikrobiologiya*, **11**: 9-17.
- (5) Horvat, F. and Verhoyen, M., 1973. La striure chlorotique du poireau. I. Identification de l'agent causal. *Parasitica*, **29**: 16-28.
- (6) Noordam, D., 1973. Identification of plant viruses. *Methods and experiments*. Pudoc, Wageningen, pp 207.
- (7) Paliwal, Y.L., Raychaudhury, S.P. and Renfro, B.L., 1968. Some properties and behaviour of Maize mosaic virus in India. *Pythopathology*, **58**: 1682-1684.
- (8) Pirone, T.P. and Anzalone, L., 1966. Purification and electron microscopy of Sugarcane mosaic virus. *Phytopathology*, **56**: 371-372.
- (9) Purcifull, D.E., and Shepherd, R.J., 1964. Preparation of protein fragments of several rod-shaped plant viruses and their use in agar-gel diffusion tests. *Phytopathology*, **54**: 1102-1108.
- (10) Rosenkranz, E., 1977. Grasses native or adventive to the United States as new hosts of Maize dwarf mosaic and Sugarcane mosaic viruses. *Phytopathology*, **68**: 175-179.
- (11) Scott, G.E., and Rosenkranz, E., 1981. Effectiveness of resistance to Maize dwarf mosaic and Maize chlorotic dwarf viruses in Maize. *Phytopathology*, **71**: 937-941.
- (12) Sehgal, O.P., Jean, J. and Zuber., 1968. Sorghum hybrids as local lesion hosts for Maize dwarf mosaic virus. *Phytopathology*, **58**: 1708-1709.
- (13) Snazelle, T.E., Bancroft, J.B. and Ullstrup, A.J., 1971. Purification and serology of Maize dwarf mosaic and Sugarcane mosaic viruses. *Phytopathology*, **61**: 1059-1063.
- (14) Summers, E.M., 1935. Strains of the Sugarcane mosaic virus in Louisiana. *Phytopathology*, **24**: 1040-1042.
- (15) Tosić, M. and Sutić, D., 1977. Investigation of Maize mosaic virus transmission through corn seed. *Ann. Phytopathol.*, **9**: 403-405.
- (16) Verhoyen, M. and Creemers, J., 1969. Presence of the different components and of particle aggregates of Alfalfa mosaic virus in crude extracts from infected *Nicotiana tabacum*. *Phytopathol. Zeitschrift*, **65**: 291-294.

Acknowledgments

The authors thank Mr. Ir. Autrique A. (Isabu, Burundi) who served as a guide in Burundi, Mrs. Roose D. and the reviewer for correcting the English text.

M. Verhoyen, Belge, ingénieur agronome et Docteur en Sciences Agronomiques U.C.L., Professeur au laboratoire de Phytopathologie de la Faculté des Sciences Agronomiques de Louvain-la-Neuve, chargé de mission de l'A.G.C.D.

P. Gendebien, belge, ingénieur agronome diplômé de l'Université Catholique de Louvain

Phaseolus beans, a staple food in Burundi

P. Devos, J. Van Durme and K. Kabengele

Résumé

Cet article met en lumière l'importance du haricot (*Phaseolus vulgaris* L.) au Burundi. Les principales régions productrices sont indiquées. Des données agroclimatologiques sont fournies, ainsi que des estimations de la production annuelle et de l'aire de culture au niveau national, les méthodes de culture, l'utilisation et la diversité variétale. Les principaux ravageurs et maladies sont passés en revue. Une stratégie pour la recherche sur le haricot au Burundi a été établie en tenant compte des considérations précédentes. Ainsi l'accent a été mis sur la sélection variétale par l'établissement d'essais multilocaux à différentes altitudes et cela pendant plusieurs saisons. Sur base de la première série d'essais multilocaux, deux variétés de haricots nains ont été diffusées: Karama var 1/2 pour la zone d'altitude entre 800 et 1 200 m, et Diacol Calima pour les altitudes de 1 200 à 1 900 m.

Summary

This paper reviews the cultivation of beans (*Phaseolus vulgaris* L.), the most important food crop in Burundi. The principal areas of cultivation are indicated. Data are included on climate, annual production and cultivation area, cultural practices, utilization and varietal diversity. A review of the main pests and diseases is added. Taking into account all these considerations a strategy for bean research was established, giving the main emphasis on varietal selection, by establishing multilocation trials at different altitudes over several seasons. On the base of the results from the first series of multilocation trials, two dwarf bean varieties were released: Kamara var. 1/2 for the 800-1 200 m altitude range, and Diacol Calima for altitudes between 1 200 and 1 900 m.

Introduction

Burundi belongs to the group of least developed countries, is situated in Central Africa and has a total surface of 27 830 km². It is a poor country with one of the world's highest population densities, dependent almost solely on coffee as an export crop. Of its four million inhabitants 83.9% belong to farming communities (5). The country itself is mountainous, with altitudes ranging from 785 to 2 665 metres, yet about 40% of all available land is covered with annual crops.

Beans (*Phaseolus vulgaris* L.) occupy the first place, not only among the grain legumes, but also among all other food crops. As the importance of beans in the country fully justifies an intensive research program, it has been necessary to define first the conditions in which beans are grown, as well as the farmers' varietal preferences.

Climate and soils

Although beans are grown at all altitudes in Burundi they are best adapted to the 100-1 800 m altitude zone. It covers firstly the regions on both sides of the crest between the Nile and Zaire watersheds, having poor, acid soils (ferralsols and ferrisols, according to Van Wambeke, 1963) and very heavily populated (rural population density over 250 personnes/km²).

On the other hand this altitude zone contains the Eastern plateaux close to Tanzania with better soils (xero-ferralsols) and less population pressure.

In the low-attitude Ruzizi plain (800-900 m), beans are replacing the better adapted cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) because of the latter's sensitivity to insects. On altitudes above 2 000 metres, night temperatures limit bean development and field peas (*Pisum sativum* L.) become the main legume crop.

Burundi has a continental climate (Table 1) with large differences between day and night temperature. Table 1 also features absolute ground temperature minima during bean growth periods and mean annual rain fall.

It is clear that low temperatures, such as those observed in Kisozi, seriously inhibit crop growth and yield. The length of the vegetative period is linked with altitude and ranges from 75 days at SEMS-Imbo to 140 at Kisozi.

Rainfall during the growth period is usually sufficient except at the Imbo where water shortages occur frequently. The length of the dry season varies between 3 months at high altitude and 5 months at lower elevations. The two main growing seasons are not clearly separated by a dry period, so that the first season crop is usually harvested in humid conditions. Maturity of the second season crop occurs at the beginning of the dry season.

TABLE 1

**Climate of Burundi: temperatures and rain
fall for 4 ISABU research stations**

Name (and observation period)	Altitude (m)	TM (°C)	Tm (°C)	Tag (°C)	P (mm)
SEMS-Imbo (1977)	830	29.2	19.1	13.8	783.2
Mosso (1955-1970)	1 250	27.0	15.5	10.0	1 206.0
Murongwe (1963- 1970)	1 500	26.5	13.5	6.0	1 340.9
Murongwe (dry season)	1 500	28.5	12.0	3.0	1 340.9
Kisozi (1931-1970)	2 150	21.5	11.5	2.8	1 491.6

TM: mean maximum temperature during growth period;

Tm: mean minimum temperature during growth period;

Tag: absolute minimum ground temperature during growth period;

P: annu 1 precipitation;

Source: Bureau Climatologique de l'ISABU (1978).

Bean production, cultural practices and utilization.

Statistical data on bean yield and total cultivated area vary from one source to another (Table 2). All agree, however, that bean production is superior to those of all other food crops, including both maize and sorghum, the two most important cereals of Burundi.

TABLE 2

**Estimates of cultivated area, yield and annual production
of field bean in Burundi**

Source	Year	Surface cultivated (ha)	Yield (kg/ha)	Annual Production (tons)
FAO (1971)	1964-66	—	—	137 000
FAO (1979)	1969-71	215 000	616	132 000
	1978	259 000	627	162 000
Agronomie (1978)	1977-78	461 188	1 109	511 452

National bean production can be considered to fluctuate annually between 150,000 and 200,000 tons. Mean yields differ according to regions and soil quality, but a national mean of 600 kg/ha for monocropped beans can be considered realistic.

The surface cultivated reflects the sum of the areas under bean culture during the three growing seasons. The first season starts with the rains in September to November and ends in December to January, the second season begins in March and ends in June-August, the third bean crop is cultivated during the dry season from August to November.

The dry season crop in the hydromorphic valley bottoms is a typical feature in Rwanda and Burundi. Land pressure in these countries has caused the progressive clearing and cultivation of about half the 130,000 ha

of hydromorphic valleys of marshes ("marais") in Burundi (7) in the densely populated areas between 1 300 and 1 800 metres. The marshes are cut by a network of small, twisting drainage channels into irregular islets of 50-100 m². Water flow in these canals is slow, and the groundwater table does not go below 50 cm, so the crops planted in the marshes, mainly beans and maize, benefit from a continuous moisture supply. Moreover the marshes are fertile, as periodic inundations during the rainy season enrich the soil with alluvic material. The marshes are planted after about two months of dry season, firstly to allow excess water to drain away and secondly to avoid the very low temperatures that are especially frequent at the beginning of the dry season. Yields in the marshes are above average because of good nutrient and moisture supply.

Data on the area under bean cultivation during the three growing seasons are supplied by the Agronomy Department of the Burundi Ministry of Agriculture (Table 3).

Monocropped as well as intercropped beans are included in these figures.

TABLE 3

**Area covered by bean cultivation
during the three growing seasons in 1977-78**

	Hectares	%
First season	169 955	37
Second season	236 071	51
Marshes	5 516	12
Total	461 182	100

Source: Agronomie (1978).

Although these data may be somewhat exaggerated they indicate the importance of the second season and the relatively large area planted as a dry season crop. The total area cultivated annually with beans can be estimated as 300,000 to 400,000 hectares.

Beans are sown in an irregular pattern at densities between 15 and 30 plants/m², depending on soil fertility and cropping system. Weeding is done by hand once or twice until canopy closure. Fertilizers and pesticides are seldom available, but farm manure is currently used at higher altitudes to improve soil fertility. Bean staking is common only on the hills surrounding Bujumbura, but in other areas maize plants are used as live stakes whenever possible.

Bean plants are harvested whole at full maturity and carried to the homestead for drying and threshing. However if ripening occurs during a rainy period, plants are harvested earlier, when many pods are still green.

Dry beans are the main product, although unripe beans and young shoots are eaten occasionally, especially in the December-January period at higher altitudes, when very little other food is available.

In areas where firewood is scarce, sufficient beans for two days are cooked together, so that a simple warming up of the remainder is enough for the next day. Addition of fine ashes to the cooking water is considered to diminish cooking time, but the practice is not appreciated as it modifies bean taste.

Dry beans are stored in baskets inside the houses and sometimes mixed with fine ashes; farmers think the ashes act as a desiccant and inhibit bruchid development.

The excess harvest is sold on the markets to local buyers or to traders who transport the beans and resell them in the urban centers (e.g. Bujumbura) or in the densely populated high-altitude regions where bean production is marginal. Traders do not keep bean stock for fear of bruchids. Prices fluctuate between 20 and 60 Fbu per kilo (100 Fbu = U.S.\$1.00), depending on place and time of the year.

In Burundi nearly all arable land is actually cultivated and possibilities for its increase are limited. Already some slopes over 100% are cultivated with annual crops.

The most important crop associations with beans found in Burundi change from season to season:

1st season: maize — beans;

2nd season: pure stand beans, young cassava — beans at lower altitudes — beans — peas at higher altitudes;

marshes: pure beans, maize — beans, beans — peas.

Maize is not sown in the second season, and beans tend to be planted in pure stand, or with other crops.

Varieties

A great varietal diversity can be found in Burundi. Bean mixtures are normally used for planting; it is not unusual to find at least twenty different varieties in a handful of beans. Although the exact reason for using bean mixtures is not yet defined, it is clear that their use reduces the risk of crop failure due to disease epidemics or an unfavorable climatic period, because of a different reaction of each of the varieties included in the mixture. Besides mixtures a small proportion of pure varieties is planted locally. They always have attractive colours (white, yellow, gold or red) and are probably separated because of their flavour.

Most local bean varieties have an indeterminate growth habit, with vegetative terminals on the main stem and are erect or prostrate (Types II, III or IV of CIAT, 1980). Very few varieties with determinate growth habit (reproductive terminals on the main stem) are found on local farms.

Seed coat colours can be homogenous, striped or spotted with all colour gradations from white, yellow and red to brown and black. Dark colours, such as black or bluish grey, are not appreciated and are tolerated only in small proportions in mixtures.

The 1 000-seed-weight for local bean seed varies between 200 and 500 grams. Small seed size is little appreciated. Burundi farmers consider that small-seeded beans take longer to cook than large seeded ones.

Principal pests and diseases

Bean yield losses due to diseases and pests have never been evaluated in Burundi. This chapter will be limited to a review of the most important of them.

The most common diseases not linked with altitude are angular leaf spot (*Isariopsis griseola*) and floury leaf spot (*Ramularia phaseoli*). Less frequent are the mosaic diseases (Bean common mosaic virus (BCMV), bean yellow mosaic virus (BYMV), bean rugose mosaic virus (BRMV) and others), bean rust (*Uromyces appendiculatus*). Common and fuscous blight is frequently observed at lower altitudes (800-1 200 m). Web blight (*Rhizoctonia microsclerotia*), also observed at lower altitudes, is of less importance. Anthracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*) and Ascochyta leaf spot (*Ascochyta phaseolorum*) are important at higher altitudes. Halo blight and some minor fungal pathogens have not yet been detected in Burundi.

The most important pests of beans in Burundi are bean fly (*Melanagromyza phaseoli*), black aphids (*Aphis fabae*) during the dry season crop, and bruchids (*Acanthoscelides obtectus* and *Zabrotes subfasciatus*) during storage. Of less importance are *Maruca testulalis*, leafhoppers (*Empoasca kraemerii*), mites and nematodes.

Chemical plant protection of farmers' fields is not feasible due to the high cost of pesticides and the low income of the farmer. Selection or breeding of resistant or tolerant varieties would be the most economical solution to the disease problem.

Strategy for bean research in Burundi

Bean research in Burundi started in 1933 with the introduction of about ten varieties from Guatemala. However bean research was not important in the program of ISABU (Institute for Agricultural Sciences of Burundi), which mainly concentrated on industrial crops, and was limited to the keeping of a bean collection at Kisozi, and from 1976 at Mosso. Introductions were only made sporadically. Proposed varieties were *0688 Colorado* (line selected at Kisozi in 1942) and *SG 44* (black seeded line from hybridization at the INEAC Station of Mulungu, Zaïre).

In 1979, on arrival of the coordinator for bean research, a global research programme, was established. Taking into account all previous considerations the following conclusions were reached:

- 1) To be assured of a maximal impact in the shortest possible time, large changes in habits or preferences should not be imposed on local farmers. Taking the example of varietal selection, only varieties with acceptable size, colour and taste will be retained

for further testing. For the same reason, density trials on beans will be postponed.

- 2) Pesticide and fertilizer trials are only of academic importance as these products are at present hardly available for food crops. One exception could be research on bean storage, where cheap and available products can limit post-harvest losses.
- 3) Bean research in Burundi can achieve the highest impact on rural yields by selecting adapted and disease-resistant varieties. Priority is given to non-climbing beans, while selection of bean varieties with good yields in association with maize will be considered next. The latter will not necessarily be climbing beans, as they will have to yield as well without staking during the second season.

In varietal research the main selection criteria will firstly be high production in different growth conditions over a large altitude range, and secondly resistance to the most important diseases of that zone. Selected varieties must give reasonable yields, even in bad conditions. A high adaptability of varieties to altitude is needed as differences in altitude of 500 metres can sometimes be found over a distance of 3 kilometres.

Local and imported varieties are compared simultaneously in preliminary trials at different altitudes. The selected varieties are then tested in replicated trials at different altitudes over two seasons. Finally the few retained varieties are to be tested in farm trials at about 10 different locations for another two seasons.

Actual status of bean research in Burundi

For implementing the proposed program, ISABU has several Research Stations and Multiplication Centers over the country: SEMS-Imbo (830 m.), Mosso (1 250 m.), Buhoro (1 300 m.), Murongwe (1 450 m.), Luvyronza (1 850 m.), Kisozi (2 100 m.), Munanira (2 140 m.) and Nyakararo (2 200 m) (6). Moreover, other sites are available from other agricultural projects for trials in regions not covered by ISABU Stations.

In 1979-80 a first series of 13 trials, with six replications, compared 6 non-climbing bean varieties selected for their yields in an evaluation of the collection.

Although these trials showed many imperfections they have allowed the selection of two dwarf bean varieties: *Kamara var. 1/2* was chosen for the lower altitude regions where it produced twice the yield of the check *0688 Colorado*, and *Diacol Calima*, originally from Colombia, was selected for altitudes between 1 200 and 1 900 m., where it produced 60% more than *0688 Colorado*. These two varieties are being multiplied by the "Service des Semences Sélectionnées" (Pure Seed Multiplication Service) which released over 200 tons of elite seed in 1980-81, of which 54 tons were beans (8).

A second series of experiments has been initiated in 8 locations during 2 seasons with 10 varieties, 5 of which were imported from CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia) and 5 are of local origin. Each trial contains 4 replications without fertilizer and 4 with a light fertilizer dose. ISABU pathologists are evaluating varietal disease reactions at each stage.

Recent introductions from CIAT show a high level of resistance to angular leaf spot, anthracnose and bean common mosaic, but most varieties are clearly not adapted. Local bean varieties appear more resistant to *Asxoxhyta* leaf spot and bacterial blight and more tolerant to poor soils with low pH. A breeding program is envisaged to incorporate disease resistance into locally adapted bean varieties.

Conclusion

Beans (*phaseolus vulgaris l.*) constitute the most important food crop of Burundi. Taking into account the high population increase and the lack of production aids for rural farmers, selection of high-yielding varieties readily acceptable to the local population appears to be the best means of avoiding imminent food shortages.

References

1. Agronomie (1978). Annual report 1977-78. Département de l'Agronomie. Ministère de l'Agriculture, République du Burundi. Mimeo, 72 pp.
2. Bureau Climatologique de l'ISABU (1978). Données climatologiques du réseau d'écoclimatologie de l'Institut des Sciences Agronomiques du Burundi (ISABU), année 1977. Bureau climatologique de l'ISABU-Kisozi, 48 pp.
3. CIAT (1980). 1979 Annual Report of the Bean Program. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia.
4. FAO (1971). Food balance sheets, 1964-66. Food and Agriculture Organization, Rome, Italy.
5. FAO (1979). FAO Production Yearbook. Food and Agriculture Organization, Rome, Italy.
6. ISABU (1981a). Rapport des Recherches Agronomiques 1980. Institut des Sciences Agronomiques du Burundi, Bujumbura, République du Burundi.
7. ISABU (1981b). Programme des Recherches 1980-81 Institut des Sciences Agronomiques du Burundi, Bujumbura, République du Burundi.
8. S.S. (1982). Annual Report 1981. Projet de Multiplication et Diffusion des Semences Sélectionnées. Département de l'Agronomie, Ministère de l'Agriculture et de l'Elevage, République du Burundi. Mimeo, 55 pp.
9. Van Wambeke, A. (1963). Carte des sols et de la végétation du Congo, du Rwanda et du Burundi. Rwanda et Burundi. A. Sols. Publications de l'Institut National pour l'Etude Agronomique du Congo (INEAC). Brussels, Belgium.

P. Devos: (Ghent University, Belgium) — Agronomist/Plant Breeder, Grain Legume Program, Institut des Sciences Agronomiques du Burundi

J. Van Durme: (Ghent University, Belgium) — Formerly Plant Pathologist, Department of Plant Protection, Institut des Sciences Agronomiques du Burundi.

J. Kabengele. (Yangambi Faculty of Agriculture, Zaire) — Formerly Assistant Agronomist, Grain Legume Program, Institut des Sciences Agronomiques du Burundi.

La recherche opérationnelle, outil d'investigation dans les exploitations agricoles de Thies-Diourbel (Sénégal).

J. Degand et Lo Cheikh

Summary

Operational research as a tool for farming research in Thies-Diourbel (Senegal).

The paper is concerned with the choice procedure of production plans at the farm level in Senegal.

Two ways of intensification have been selected in order to improve the present farming system; the first one is characterized by an averaged use of fertilizer coming along with horse power mechanization, the second one promotes high dosis of fertilizers and oxen drawn tools.

Different models have been set up assuming a fair matching of the basic needs of rural population and an optimization of family welfare. Optimal solutions are displaying gross margin per labor unit much higher (73%) when applying oxen traction rather than horse traction.

Risk and uncertainty are fairly taken into account in the chosen plans.

La situation des exploitations agricoles dans les zones de Thies-Diourbel s'est caractérisée durant cette dernière décennie à la fois par une extension vertigineuse de la monoculture d'arachide et une nette tendance à la baisse des cultures céréalières. Plusieurs tentatives d'explications ont été avancées, mais la plus plausible nous semble être celle afférente aux structures de production.

Il apparaît dès lors, qu'un effort ardu et multiforme dans ce domaine est nécessaire en vue d'estomper cette tension sans cesse croissante et de jeter les bases d'une transformation structurelle progressive qui devra assurer l'auto-suffisance alimentaire, ensuite une augmentation du surplus pour permettre à l'agriculture de jouer pleinement le rôle qui lui est dévolu dans le développement de ces régions, tout en améliorant de manière sensible le bien-être général du paysan.

Le but de cet article tente de rendre plus efficiente la prise de décisions au sein de l'exploitation, notamment en matière d'assolement pour un équipement et une dimension donnés, ou en matière d'équipement pour une dimension donnée par le biais de la programmation linéaire. Mais cette étude s'inscrit dans un souci de cohérence avec les structures sociales spécifiques à ces régions que l'on ne peut ignorer sous peine d'aberrance des conclusions.

Du point de vue méthodologique, deux niveaux d'intensification et de traction ont été conçus, d'une part une *traction équine* avec une *fumure moyenne* (NPK: 100 kg/ha) et d'autre part une *traction bovine* avec une *fumure forte* (NPK: 150 kg/ha).

1. Spécificité de l'exploitation agricole sénégalaise et généralités

1.1. Définition

L'exploitation agricole sénégalaise est une organisation familiale autour du chef de carré qui est l'ainé pour la production de la consommation alimentaire commune et pour permettre à chacun de ses membres de produire et satisfaire ses besoins et assurer ainsi les conditions de la reproduction du groupe. Dans la pratique l'exploitation agricole sera donc facile à identifier puisqu'elle correspond au foyer.

L'analyse de l'exploitation agricole fait ressortir la structure suivante conformément aux statuts de travail :

- un chef d'exploitation ou chef de « carré »
- des sourgas (l'ensemble des forces de travail relevant du chef d'exploitation)
- des navétanes (l'ensemble des travailleurs saisonniers)
- des femmes (l'ensemble du groupe des femmes)

Le chef de « carré » est le patriarche de la famille, c'est lui qui gère la terre (droit de hache) qu'il a obtenue du maître (droit de feu) ou du « Lamane » à qui il verse quelques redevances; c'est lui qui distribue à ses membres avant chaque période hivernale une partie des terres qu'il gère et s'en réserve une partie.

Dans cet univers familial, le centre de décision principal de toute évidence se situe au niveau de l'exploitation dirigée par le chef de carré, nonobstant l'existence de sous-exploitations.

Par conséquent, le plus souvent une connaissance rudimentaire des sous-exploitations suffira, tandis que l'accent sera surtout mis sur l'observation agro-technique et agro-économique du chef d'exploitation. Il utilise dans son champ le travail de ses membres tant pour les cultures vivrières que pour la culture d'arachide; il alloue en contrepartie un lopin de terre aux autres membres du carré cultivé le plus souvent en arachide.

1.2. Les objectifs économiques

Le chef d'exploitation vise une production céréalière qui pourra satisfaire aux besoins normaux en mil et sorgho de tous les membres de son exploitation.

D'autre part le chef de carré aura comme objectif principal, entre autres, la *maximisation de son revenu, qui du reste est assuré par la commercialisation d'une partie des produits céréaliers et de ses cultures de rente*.

De cette manière, il subvient à ses besoins monétaires et cherche à augmenter la richesse de son exploitation, notamment en achetant du bétail et en améliorant les habitations.

2. Etude de l'allocation optimale des ressources par la programmation linéaire

2.1. Le choix du modèle

Cet outil d'approche permet de dégager le *plan optimum de production* qui valorise le mieux les ressources engagées par l'exploitant dans le cadre réel des exploitations agricoles. Tirer argument d'un seul calcul des prix de revient des différentes cultures possibles est incomplet, voire dangereux. Il faut intégrer l'ensemble des contraintes agronomiques et techniques, notamment des rotations pratiquées, mais aussi de la disponibilité suivant les différentes périodes de l'année en main-d'œuvre et en traction suivant le cas envisagé (équine ou bovine). Les besoins d'auto-consommation indispensables à la famille de l'exploitant ainsi qu'aux rations d'entretien et de travail des animaux de trait, etc.

2.2. Information de base

L'information technico-économique de base a été récoltée auprès des exploitations les plus représentatives dans les régions de Thies et de Diourbel et complétée par des données plus générales recueillies auprès des institutions traitant de l'agriculture sénégalaise et dans les ouvrages classiques d'agronomie.

2.3. Caractéristiques techniques de l'étude

Il est hors de propos de donner à travers cet article une description exhaustive des paramètres techniques de l'étude, mais cependant nous esquisserons certains

aspects pour faciliter la compréhension aux lecteurs peu familiarisés au système de contraintes envisagées ici. L'étude technico-économique est basée sur une exploitation représentative d'une superficie de 13 *hectares* répartie en trois types de champs: *un champ de case* ou *Toll Keur* (2 ha), un champ intermédiaire ou *Toll Diatti* (6 ha) et un champ de *brousse* ou *Tolgor* (5 ha). Au point de vue main-d'œuvre active au sein de l'exploitation, la disponibilité est de (4 U.T.). D'autre part vu l'importance agronomique et économique des rotations tant sur le plan sanitaire en évitant les accumulations de toxines que pour le maintien de la fertilité, des rotations intensives sans sole de régénération ont été retenues.

Autrement dit, trois types de rotation ont été conçus suivant le champ concerné:

- champ de case ou Toll-Keur: destiné à la culture bisannuelle du manioc et du mil souna (annuelle); soit une rotation triennale: manioc 1^{re} année, manioc 2^e année et du mil souna.
- *champ intermédiaire* ou *Toll-Diatti*: destiné aux cultures céréalières et à la culture de rente arachide. A ce niveau la rotation quadriennale suivante a été retenue: mil souna — arachide — sorgho — arachide —
- *champ de brousse* ou *Tolgor*: consacré à la culture d'arachide et de fourrage: le sanio. Nous avons envisagé dans ce type de champ une rotation bien-nale: sanio fourrager — arachide.

En outre, trois considérations méritent cependant attention. La première préoccupation du modèle est de rencontrer les disponibilités en travail et traction. Dans ce but, on tient compte des besoins et disponibilités pour chaque activité culturale et post-culturelle.

La deuxième préoccupation porte sur la couverture des besoins alimentaires globaux de l'exploitation à toutes les époques de l'année pour éviter des fluctuations qui peuvent être importantes en période de soudure.

La troisième considération de cette étude est la maximisation du revenu d'exploitation.

On entend par revenu d'exploitation, l'ensemble des recettes brutes dont on défalque les coûts directs de production et des charges de structures spécifiques à ces productions, le tout exprimé en termes monétaires. Le fait d'introduire les charges de structures spécifiques dans la fonction «objectif» permet de mieux visualiser *l'allocation des ressources fixes* dans le cadre d'exploitation.

3. Principaux résultats

3.1 Premier niveau technico-économique ou thème léger et une fumure moyenne

Le tableau 1 illustre le plan optimum de production obtenu à ce premier niveau d'intensification et de traction (traction équine + une fumure NPK: 100 kg/ha)

Mais il est important de souligner que pour accéder à cet optimum, compte tenu de la forte tension en main-d'œuvre pendant la période de battage «mil — sorgho» qui révèle un coût d'opportunité (valeur duale) de l'heure de travail (variation du revenu d'exploitation par variation à la marge d'une heure de travail) de 1 080,25 Frs CFA; une location de 310 heures de main-d'œuvre extérieure. Ce phénomène s'explique par le fait que le battage manuel «mil — sorgho» effectué par les femmes se singularise par sa forte exigence en heures de travail.

Parallèlement pour permettre l'emblavement de toute la superficie disponible, deux activités de location de traction supplémentaires ont dû être créées notamment:

- «la traction au semis (S1)» essentiellement consacrée au semis de l'arachide avec une valeur duale de 8 630,72 Frs CFA à l'heure de traction
- «la traction au semis (S2)» qui est une période fortement contraignante due au chevauchement de certains travaux, entre autres: le premier désherbage du mil — souna, la poursuite du semis d'arachide et le premier binage des semis d'arachide de première pluie, ayant une valeur duale identique à celle de la période de semis (S1) ⁽¹⁾.

TABLEAU 1

Plan de production au 1^{er} niveau d'intensification

Activités	Superficies
<i>Toll Keur</i>	
X1: manioc de 1 ^{re} année	0,667 ha
X2: manioc de 2 ^e année	0,667 ha
X3: mil souna	0,667 ha
<i>Toll Diatti</i>	
X4: mil souna	1,5 ha
X5: arachide	1,5 ha
X6: sorgho	1,5 ha
X7: arachide	1,5 ha
<i>Tolgor</i>	
X8: sanio fourrager	2,5 ha
X9: arachide	2,5 ha

3.2. Second niveau technico-économique ou thème mi-lourd et une fumure forte

A cette étape l'innovation réside dans l'adoption d'une traction bovine (une paire de bovins de trait) avec une fumure forte (NPK: 150 kg/ha), du point de vue technique culturale un labour de fin de cycle de 10 à 15 cm qui crée une surface automulchante (correcteur pédo-édaphique) et l'introduction d'une batteuse

⁽¹⁾ Le calendrier cultural a été subdivisé en différentes sous-périodes correspondant aux différentes activités agricoles telles que S1, S2...

mécanique pour le battage du «mil-sorgho», qui devient un coût direct spécifique aux spéculations céréalières mil et sorgho. De même, à l'optimum le plan de production obtenu reste identique à celui illustré dans le tableau 1. Mais, notons toutefois que la saturation de la chaîne de traction déjà constatée avec la traction équine se confirme à ce nouveau stade en période de semis (S2) avec une valeur duale de 15 074,4 Frs CFA à l'heure de traction; il a donc fallu une location d'une chaîne de traction bovine pour 3 journées effectives afin d'utiliser toute la terre disponible.

3.3. Comparaison des résultats économiques des deux niveaux de technicité et d'intensification

Les résultats qui se dégagent du tableau 2 permettent de tirer quelques conclusions:

- une progression importante de la marge brute annuelle par actif quand on passe de la traction équine avec une fumure moyenne (162 991,6 Frs CFA) à la traction bovine et une fumure forte (283 236,6 Frs CFA), soit une amélioration de 73,7 % de la marge brute globale
- aussi on note un accroissement des heures de traction à l'hectare en traction bovine, autrement dit le recours à la traction bovine permet l'intensification par la possibilité de faire un labour de fin de cycle qui améliore la structure du sol.

En outre, l'étude des indices du tableau 3 indique que l'usage de la traction bovine avec une fumure forte améliore de manière très sensible la productivité du travail, autrement dit elle permet une meilleure allocation des heures de travail.

TABLEAU 2

Tableau comparatif des deux niveaux d'intensification et de technicité (en valeurs absolues)

	Traction équine + houe sine et fumure moyenne ⁽¹⁾	Traction bovine + ariana et une fumure forte ⁽²⁾
Heures de traction totales	683	813
Heures de traction par ha cultivé	53	63
Heures de travail totales (main-d'œuvre)	2 829	3 486
Heures de travail par actif	566	698
Heures de travail par ha cultivé	218	269
Marge brute par heure de travail (F. CFA)	288	406,2
Marge brute globale annuelle par actif (F CFA)	162 991,6	283 236,6

⁽¹⁾ Houe sine: classe de houe utilisée en traction équine.

⁽²⁾ Ariana: outil utilisé en traction bovine.

TABLEAU 3

**Tableau comparatif des deux niveaux
d'intensification et de technicité
(en indices; base 100 en traction équine
+ fumure moyenne)**

	Traction équine + fumure moyenne	Traction bovine + fumure forte
Marge brute globale annuelle	100	173,77
Heures de travail par actif	100	123,22
Heures de travail par ha cultivé	100	123,39
Marge brute par heure de travail	100	141

4. Application de la méthode de Boussard (1) pour l'approche du risque et de l'incertitude au sein de l'exploitation

Le but est l'intégration de la notion de risque et d'incertitude due à la mauvaise pluviosité dans la prise de décision au sein de l'exploitation adoptant la traction bovine avec une fumure forte.

Les tableaux 2 et 3 ont déjà renseigné le lecteur sur les ordres de grandeur du gain appréciable enregistré pour le passage du premier niveau de traction et d'intensification au second niveau.

Selon Boussard, il est nécessaire d'une part de pouvoir évaluer les effets de la variabilité d'un ou de plusieurs coefficients de la matrice en terme de variabilité de la fonction économique, et d'autre part d'effectuer un arbitrage entre le gain espéré et le risque couru.

La particularité de ce modèle réside dans la possibilité de fixer un revenu incompressible suffisant pour assurer la subsistance du chef d'exploitation et de sa famille, ainsi que des dépenses inévitables (paiement des impôts, le remboursement de certains inputs reçus à crédit, certains produits de consommation courante, etc.). Aussi l'introduction de contraintes de sécurité supplémentaire sur ce modèle permet normalement d'avoir un assolement diversifié, qui est un moyen usuel de réduire les risques.

Mais dans cette étude l'ensemble des activités a été retenu, donc nous ne devrions pas nous attendre à une amélioration dans ce sens; l'intérêt du modèle réside surtout dans la possibilité d'évaluer la perte globale sur l'ensemble des activités compatible avec le revenu minimum fixé.

En fait, le revenu minimum fixé à 300 000 frs CFA, a été largement couvert, en dépit d'une chute de la marge brute totale de 46 % en année mauvaise par rapport au revenu normal.

Ainsi, à la lumière de ces résultats, on est en droit d'affirmer que l'utilisation de la traction bovine et une fumure forte est une protection contre les aléas climatiques et un correctif des conditions pédo-édaphiques

défavorables grâce au labour de fin de cycle qui améliore la structure du sol et contribue à une meilleure économie d'eau.

Résumé — Conclusions

Cet article a été principalement axé sur le choix du plan de production et d'équipement d'une exploitation par le biais de la programmation linéaire.

Du point de vue méthodologique, deux niveaux d'intensification et de traction ont été conçus, d'une part une traction équine avec une fumure moyenne et d'autre part une traction bovine avec une fumure forte.

Les différents modèles ont été établis sur des bases réalistes, les objectifs sont entre autres, la satisfaction des besoins d'autoconsommation des membres de la famille du chef d'exploitation, des animaux utilisés pour la traction et la maximisation du revenu monétaire provenant de la commercialisation des cultures de rente (d'arachide), des surplus dégagés sur les spéculations céréalières.

Sur le plan technique; le premier niveau d'intensification a permis de déceler l'opportunité d'introduire une batteuse dans l'exploitation pour permettre l'extension des cultures céréalières, eu égard à la forte tension en main-d'œuvre pendant la période de battage «mil-sorgho» qui nécessite une location de 310 heures de main-d'œuvre extérieure.

Sur le plan économique; les résultats s'avèrent intéressants. Etablis à partir de normes de rendements, de coefficients techniques et de prix aux producteurs réels, les programmes dégagent respectivement à leur optimum une marge brute annuelle par actif de 162 991,6 frs CFA en traction équine avec une fumure moyenne et de 283 236,6 frs CFA en traction bovine avec une fumure forte; ce qui correspond à un taux moyen d'augmentation de 73,7 %. Ce progrès notoire est imputable en partie par l'utilisation de la traction bovine qui permet un travail profond du sol, notamment le labour de fin de cycle améliorateur créant une surface automulchante avec une meilleure économie d'eau.

En outre, l'introduction de la notion de risque et d'incertitude liée à une mauvaise pluviométrie n'entraîne pas de modifications du plan de production correspondant au second niveau d'intensification; l'ensemble des contraintes de sécurité est satisfait et le revenu minimum nécessaire est atteint. Autrement dit, ce plan de production protège suffisamment le chef de carré, malgré une perte probable de 46 % en année mauvaise par rapport au revenu normal.

Cependant, les appréciations devront être modérées dans la mesure où nos résultats découlent de modèles déterministes qui n'intègrent pas certains événements aléatoires non négligeables et leur impact sur la stratégie choisie. Mais, par contre on est en droit d'affirmer qu'on se situe dans les fourchettes acceptables pour les différents résultats obtenus.

Bibliographie

1. Boussard, J.-M., (1970) Programmation mathématique et théorie de la production agricole, Cujas, Paris.
2. Boussard, J.-M., (1967) Representation of Farmers' Behaviour under uncertainty with a Focus-Loss constraint, Journal of Farm Economics, vol. 49, No 4.
3. Bublot, G., (1974) Economie de la production agricole, Vander, Louvain, 444 p.
4. Degand, J., (1981) Cours de Recherche opérationnelle en agriculture, Louvain-la-Neuve.
5. Desbazeille, G., (1976) Exercices et problèmes de Recherche Opérationnelle, Bordas, Paris.
6. De Bodt, G., (1978) La Maîtrise des Coûts et des Marges dans l'Entreprise, Dunod, Paris, 4^e édition.
7. Fall, M., (1977) Avant-projet de Modélisation des exploitations de Thies-Diourbel, Institut Sénégalais de recherche agronomique, Bambey.
8. Germain, R., (1978) Cours d'Ecophysiologie des cultures tropicales et sub-tropicales, Louvain-la-Neuve.
9. Hadley, G., (1962) Linear Programming, Adisson, Wasley P. C.Y USA.
10. Kaufmann, A., (1959) Méthodes et Modèles de la recherche opérationnelle, Dunod, Paris.
11. Kleene, P., (1974) Structures socio-économiques réelles de production en milieu Wolof du Sine-Saloum (Sénégal).
12. Langham, M.R., (1968) A dynamic linear programming model for development planning in Economic development of Tropical agriculture, W. McPherson University of Florida Press.
13. Labonne et Legagneux, (1978) Fonctionnement d'un modèle de l'agriculture pluviale dans 5 pays sahéliens: le rôle comparé de la valeur d'usage et de la valeur marchande des produits agricoles, INRA, Montpellier.
14. Peemans, J.-P.-H., (Séminaire de l'ONUDI, 13-18 nov. 1978) Les problèmes généraux de la petite industrialisation rurale dans le cadre de la crise agricole actuelle en Afrique au Sud du Sahara.
15. Soned Afrique, (1980) Modélisation des prix agricoles au Sénégal, Dakar.
16. Van De Panne, C., (1976) Linear Programming and North Holland, related techniques, Publ. Cy.
17. Le modèle «4S», (1976) Programme linéaire pour les exploitations agricoles du Sine-Saloum au Sénégal.

Lo Cheikh, Sénégalais, agro-économiste, s'est spécialisé dans l'application des modèles de gestion à l'exploitation traditionnelle africaine.

J. Degand, Professeur ordinaire à l'U.C.L., Belge, chargé des cours d'Economie rurale, liés aux problèmes de développement, coordonnateur de la Faculté des Sciences Agronomiques à Bujumbura, consultant A.G.C.D.

CORRIGENDA

Prière de rectifier comme suit en page 17 du numéro 1, 1983, dernière ligne:

Guy Aelterman, belge, ingénieur agronome R.U.G., coopérant A.G.C.D. comme assistant à l'ENSA au Cameroun, Science du Sol.

Please correct as follows on page 26, number 1, 1983, last line:

Y. Dejaegher, belge, ingénieur agronome R.U.G., coopérant A.G.C.D. comme General Survey Manager, Bureau des Statistiques Agricoles au Rwanda.

Etude d'abcès intracrâniens chez le porc dans la région de Lubumbashi, Zaïre

G. Hanton* et M. Jolival

Résumé

Dans un élevage des environs de Lubumbashi, quinze porcs atteints de déviation de la tête ont fait l'objet d'une étude. Sept animaux ont succombé et ont été autopsiés. L'affection est due à un abcès intracrânien situé au niveau de l'hiatus auditif interne. Cet abcès est polybactérien; des staphylocoques hémolytiques et du Proteus mirabilis ont été isolés avec la fréquence la plus élevée. La voie d'entrée des germes n'a pas pu être déterminée.

Summary

In a farm in the neighbourhood of Lubumbashi, fifteen pigs were suffering from a head twisting and were studied. Seven animals died and a post-mortem was carried out. The disease has been provoked by an intracranial abscess found in the internal acoustic meatus. This abscess was polybacterial: Staphylococcus sp and P. mirabilis were mostly isolated. The way the contamination occurred could not be determined.

Introduction

Dans diverses espèces animales, des positions anormales de la tête peuvent apparaître; elles ont été décrites notamment par Raphel (9) chez le cheval, par Heauner et Pierce (6) chez le chien, par Sharma et Coll. (12) dans l'espèce bovine, par Rosenberg et Lowenstine (10) chez le singe, par Andrews et Ingram (1) chez le mouton, par Thoonen et Hoorens (14), ainsi que par Sawaya et coll. (11) chez le porc. Les affections décrites par les auteurs sont causées par un abcès intracrânien ou par une inflammation de l'oreille interne.

Des cas de torsion de la tête et d'ataxie se présentaient assez régulièrement chez les porcs de la ferme du groupe Mukuba, dans les environs de Lubumbashi, et la maladie causait la mort de presque la moitié des animaux atteints. C'est pourquoi une étude systématique de cette maladie fut entreprise pendant huit mois au cours desquels quinze cas furent observés.

Matériel

Située à environ quinze kilomètres de Lubumbashi, la ferme du groupe Mukuba se compose d'un clapier, d'un poulailler et surtout d'une porcherie élevage-engraissement de mille porcs au total avec cent truies reproductrices. Les animaux sont des porcs land-race parfois croisés avec des piétrains ou des porcs indigènes.

La porcherie est du type ouvert avec une toiture couvrant la moitié de l'édifice. Le sol est formé d'une dalle de béton, légèrement inclinée vers la rigole d'évacuation des déjections.

Les truies sont placées en loges individuelles pendant la période de lactation; au sevrage, les porcs destinés

à l'engraissement sont répartis en groupes de vingt à trente. Les porcs et leurs loges sont nettoyés quotidiennement au jet d'eau. L'alimentation des animaux se compose essentiellement d'«alipor», aliment fourni par la minoterie locale et réputé complet. La composition est assez variable. Des analyses succinctes ont révélé un faible taux de protides (7 à 8% de P.B.T.). Cet aliment est distribué ad libitum aux porcs à l'engrais et aux truies en lactation. Du maïs vert produit dans la ferme, ainsi que du tourteau de coton sont donnés en supplément de façon irrégulière en fonction des possibilités. Les porcs s'abreuvent grâce à un système d'abreuvoir automatique fixé au mur de chaque loge.

Le sevrage des porcelets a lieu aux environs de huit semaines.

La castration, la caudotomie et la section des canines se pratiquent chez le porcelet de trois jours, sous bonne antiseptie. Seule, la dernière opération provoque de rares cas d'abcès situés au niveau du maxillaire inférieur (environ cinq cas observés pendant la période de cette étude).

Au contraire, les abcès podaux sont plus fréquents. Ils touchent surtout les porcs de plus de 50 kg et ils conduisent à l'abattage dans près de la moitié des cas.

Des abcès sous-cutanés d'origine traumatique sont également observés dans cette exploitation. Dans la quasi totalité des cas, l'ouverture spontanée de ces abcès ou leur ponction chirurgicale conduit à la guérison.

Méthode

Lorsqu'un cas de torsion de la tête est décelé, les symptômes cliniques sont observés régulièrement jusqu'à la guérison ou la mort. Dans cette dernière

éventualité, une autopsie complète est faite avec ouverture et examen détaillé de la boîte crânienne. Le conduit auditif externe est également incisé et examiné. Lorsqu'un abcès est détecté, il est ponctionné stérilement et le pus est analysé bactériologiquement par examen microscopique (coloration de Gram et de Ziehl), par culture sur milieux sélectifs et par réalisation de galeries biochimiques pour différencier les entérobactériacées.

Résultats

a) Symptômes

La maladie commence par une torsion de la tête plus ou moins accentuée, l'animal tourne une oreille vers le sol et présente parfois une légère ataxie.

Chez six porcs dépassant quarante kilos, l'affection ne s'aggrava pas ou rétrocéda, la croissance fut comparable à celle des porcs cliniquement sains.

Chez des animaux plus jeunes, l'atteinte est, en général, plus prononcée et l'évolution défavorable. Sur neuf cas, sept se sont aggravés et ont conduit à la mort après les signes cliniques suivants: la torsion de la tête s'accroît progressivement, l'animal titube, parfois présente des mouvements circulaires ou s'appuie sur le mur avec le flanc. Il tombe de plus en plus fréquemment du côté de l'oreille qu'il porte vers le bas. L'appétit et l'état général restent bons, le psychisme semble conservé, la température est normale.

Au stade final, l'animal reste en décubitus du côté où il tombait. Si on le place sur le flanc opposé, il se retourne brutalement. A ce moment, le porc est incapable de se nourrir et de boire seul, mais il prend aliments et boisson si on lui place la bouche dans la mangeoire ou l'abreuvoir.

b) Lésions

L'autopsie de sept cas mortels a révélé les lésions suivantes. Dans un cas, l'animal présentait une pneumonie avec lésions de pleurite chronique et adhérences.

Dans un autre cas, le poumon était aux deux tiers hépatisé. Dans un troisième cas, le poumon était parsemé de gros abcès contenant un pus épais.

Les lésions les plus nettes ont été observées à l'ouverture du crâne. Dans tous les cas, un abcès siégeait à la partie inférieure de la paroi latérale de la boîte crânienne au niveau de l'hiatus auditif interne et du côté opposé à celui de la chute qui se produisait du vivant de l'animal. La taille des abcès varie de quelques millimètres à un centimètre de diamètre. Le contenu en est pâteux et de consistance blanc verdâtre. L'encéphale présente parfois une légère congestion.

c) Déterminisme bactériologique

Le tableau n° 1 résume les résultats des examens bactériologiques. On constate que les abcès intracrâniens sont en général polybactériens avec *Proteus mirabilis* et du staphylocoque hémolytique comme germes les plus fréquents. Quand le *Proteus mirabilis* n'a pas été trouvé, une autre entérobactériacée a été isolée. Des *Proteus mirabilis* ont également été isolés des abcès pulmonaires du porc qui présentait ces lésions en plus de l'abcès intracrânien.

TABLEAU 1

Résultats de l'analyse bactériologique
de 6 cas d'abcès intracrânien chez le porc

Germes en cause						
Cas	A	B	C	D	E	F
1	+	+	+			
2			+			
3	+		+			+
4			+			
5	+			+		
6	+				+	
7			+			

A. Staphylocoque hémolytique.

B. Streptocoque.

C. *Proteus mirabilis*.

D. Cloaca.

E. *Escherichia coli*.

F. *Corynebacterium pyogenes*.

Discussion et Conclusion

La rareté des pyobacilles et des streptocoques, comme la fréquence de *Proteus* dans les abcès intracrâniens semble assez original. Thoonen et Hoorens (14) ont observé des cas d'otite interne chez le porc avec *Corynebacterium pyogenes* comme germe le plus fréquent.

C. pyogenes est d'ailleurs considéré par plusieurs auteurs comme la cause principale d'abcès chez les porcs (5), (7), (8), (13). Andrews et Ingram (1) ont également isolé ce même germe de l'abcès cérébral d'une brebis.

D'après Dewaele (3), des abcès cérébraux provoquant chez le porc une déviation de la tête sont souvent dus à des streptocoques. Les streptocoques sont, en outre, une cause de méningite chez le porcelet (2), (15), (16). Raphel (9) a étudié dans l'espèce équine deux cas d'abcès intracrâniens dus à des streptocoques. Sawaya et coll (11) décrivent chez le porc des cas de mouvements circulaires et des troubles nerveux causés par des abcès intracrâniens et des méningoencéphalites purulentes. Des streptocoques, des staphylocoques et des corynebactéries ont été isolés de ces lésions, seuls ou en association.

Au contraire, aucun auteur ne décrit la présence de *Proteus* dans un abcès de l'encéphale. Cependant,

étant donné l'ubiquité de ce germe, sa présence dans une telle lésion n'est pas étonnante.

La voie de pénétration du germe jusqu'à l'encéphale est controversée. Certains auteurs estiment qu'un abcès cérébral est une complication d'une infection de l'oreille externe, des cavités nasales ou du pharynx (4), (10), (12). Par contre, Thoonen et Hoorens (14) n'observent pas de lésions des régions voisines chez des porcs atteints d'inflammation de la bulle tympanique et supposent que les germes pyogènes y sont amenés par voie sanguine. Les porcs observés à la ferme du groupe Mukuba ne présentaient à la tête aucune lésion, ancienne ou récente pouvant laisser supposer une pénétration d'un germe dans l'encéphale par continuité de tissus. La voie hématogène semble donc probable.

Il n'a cependant pas été possible de déterminer la localisation d'un éventuel abcès primaire.

Un des porcs présentait des abcès pulmonaires où a été isolé du *Proteus mirabilis* également présent dans l'abcès intracrânien du même animal, ce qui pourrait faire penser soit à une métastatisation de ce germe à partir de la localisation pulmonaire vers l'encéphale soit à une embolisation de pus à partir d'un autre abcès (non détecté) conjointement vers les 2 localisations. Au contraire, les autres porcs ne souffraient d'aucun

abcès au moment des observations et n'en avaient jamais souffert d'après les renseignements anamnestiques.

On pourrait soupçonner les abcès podaux rencontrés dans cette ferme d'être le point de départ de l'embolie purulente, mais rien ne peut étayer cette hypothèse.

Il est également intéressant de remarquer que des cas semblables de déviation de la tête n'ont pas été remarqués dans les exploitations porcines des environs où les conditions d'élevage sont similaires et l'hygiène parfois inférieure. Ceci laisse supposer qu'il existe des circonstances favorisant qui n'ont pas pu être déterminées.

La pathogénie de ces abcès intracrâniens reste donc obscure. Mais il faut remarquer que de tels troubles nerveux ne consistent pas un réel problème pour la ferme du groupe Mukuba, vu la fréquence relativement faible de l'affection.

Remerciements

Nous remercions le professeur Dewaele pour ses conseils. Notre gratitude va aussi au citoyen Sefuka Lukembwe qui a consciencieusement effectué les analyses bactériologiques.

Bibliographie

1. Andrews, A.H., Ingram, P.L., 1982. A brain abscess in a ewe. *Vet. Med. S.A.C.*, **77** (1), 101 — 103.
2. Blood, D.C., Henderson, J.A., 1976. *Médecine vétérinaire*, Vigot Frères, Paris.
3. Dewaele, A., 1971. Ecologie et élevage du porc, *Economie et médecine animales*, **12** (3), 166 — 174.
4. Glasser, K., Hupka, E., Wetzel, R., 1961. *Die Krankheiten des Schweines*, Verlag, M., und Schaper, Hannover.
5. Hara, F., Ueno, H., Okada, Y., Iwata, A., 1976. Bacteriological and serological examinations of pigs with pyogenic infections (en japonais, résumé anglais), *J. Japan med. Ass.*, **29**, 73.
6. Heauner, J.E., Pierce, M., 1976. Brain abscess in dog, *Vet. Med. S.A.C.*, **71** (6), 785 — 793.
7. Jones, J.E.T., 1980. Observations on the bacterial flora of abscesses in pigs, *Br. Vet. J.*, **136** (4), 343 — 348.
8. Mc Cracken, A., Mc Caghey, W.J., 1973. A survey of abscesses in bacon, weight pigs, *Br. Vet. J.*, **129** (4) 359 — 361.
9. Raphael, C.F., 1982. Brain abscesses in three horses, *J.A.V.M.A.*, **180** (8), 874 — 877.
10. Rosenberg, D.P., Lowenstine, L.S., 1981. Brain abscess in a Rhesus monkey, *J.A.V.M.A.*, **179** (11), 1299 — 1303.
11. Sawaya, H., Nomura, Y., Tsuchiya, T., Saito, Y., Ohtani, H., Nozawa, Y., 1974. Pathological findings of swine showing circling movement (en japonais, résumé anglais). *Bull. Azabu Vet. Coll.*, **28**, 76.
12. Sharma, H.N., Nigam, J.M., Ramkumar, 1975. Successful surgical treatment of the brain abscess in cow; *Indian Vet. J.*, **52** (5), 398 — 401.
13. Soethout, A.E.E., Van den Berg, J., Naruka, V., Nouws, J.F.M., Okma, B.D., Peelen, J.P.J., 1981. Afwijkingen bij slachtdieren. III multiple abscessen bij varkens, *Tijdschr. Diergeneesk.*, **106** (16), 806 — 809.
14. Thoonen, J., Hoorens, J., 1962. Ontsteking van buila tympanica en bijliggende delen van het gehoororgaan bij het varken, *Vlaams diergeneesk. Tijdschr.*, **31** (9,10), 237 — 243.
15. Windsor, R.S., 1977. Meningitis in pig caused by streptococcus suis type I, *Vet. rec.*, **101**, 378 — 379.
16. Windsor, R.S., 1978. Streptococcal infections in young pigs, *Vet. Annu.*, **18**, 134 — 143.

G. Hanton, Belge, Docteur en Médecine Vétérinaire — de la Faculté de Médecine Vétérinaire de Cureghem — U. Lg. Belgique.

M. Jolival, Français, ingénieur agronome, gérant d'une exploitation agricole près de Lubumbashi.

Premiers essais d'insémination artificielle au Burundi avec du sperme congelé importé du Kenya

P. Pozy (*), A. Banuma (**), L. Lambotte (***)

Résumé

L'insémination artificielle fut introduite en 1974 au Burundi dans deux Stations Zootechniques de l'Institut des Sciences Agronomiques (ISABU). Le sperme congelé en paillette moyenne provient du Kenya. Les femelles inséminées sont de race Ankole et de croisement Ankole × Sahiwal et Ankole × Sahiwal × Jersey; elles sont exploitées en régime d'élevage semi-extensif dans les régions de basse et de haute altitude du Burundi. Quatre cent trente-deux inséminations sont rapportées dont 293 premières, 108 secondes et 31 troisièmes inséminations. En moyenne, il a fallu pratiquer 2.8 inséminations par veau-né en région de basse altitude et 3.2 inséminations par veau-né en région de haute altitude. La détection des femelles en chaleurs par un taureau a amélioré le taux de réussite.

Summary

The artificial insemination was introduced in animal husbandry research Stations of the Institut des Sciences Agronomiques of Burundi (ISABU) in 1974. Deep-frozen semen in medium strew was imported from Kenya. The inseminated females were of the Ankole breed, Ankole × Sahiwal and Ankole × Sahiwal × Jersey crosses; they were managed on semi-extensive system in the lower and higher altitude regions of Burundi. Four hundred and thirty two inseminations are reported: 293 first inseminations, 108 second and 31 third inseminations. On average 2.8 inseminations were needed for every calf born in the lower altitude regions and 3.2 for the high altitude regions. Heat detection by a bull instead of a herdsman improved the rate of success.

Introduction

L'insémination artificielle est une technique susceptible de favoriser le développement de l'élevage bovin tropical. Elle est particulièrement utile pour la réalisation de croisements industriels ou d'absorption d'une race locale par une race exotique; elle présente, en effet, l'avantage de limiter ou de supprimer l'importation et l'entretien dans des conditions climatiques ou sanitaires défavorables de reproducteurs exotiques adultes. La réussite de l'insémination artificielle dépend de plusieurs facteurs parmi lesquels la détection des femelles en chaleur et l'organisation de l'insémination elle-même présentent de grandes difficultés dans les pays tropicaux; les vaches des races tropicales manifestent rarement des symptômes nets des chaleurs par suite principalement des conditions d'alimentation non équilibrée ou insuffisante et d'états pathologiques latents. La transmission de l'information de la présence d'une femelle réceptive dans un troupeau donné constitue un obstacle presque insurmontable pour la diffusion économique de l'insémination artificielle en milieu rural tropical.

Les travaux de sélection de la race zébu SAHIWAL, entrepris en 1954 dans deux Stations Zootechniques de l'Institut des Sciences Agronomiques du Burundi (ISABU) nécessitent l'importation régulière de reproducteurs sélectionnés à l'étranger. L'importation de sperme congelé est un moyen simple et peu coûteux d'introduction de souches SAHIWAL de grande valeur

génétique. Il fut décidé en 1974 d'introduire l'insémination artificielle dans les deux Stations Zootechniques de l'Institut et d'importer du sperme congelé de la Central Artificial Insemination Station de Kabete (Kenya). Cet article présente les observations sur les premières inséminations artificielles pratiquées au Burundi entre 1974 et 1978.

Matériel et méthode

Du sperme congelé en paillette moyenne fut acheté au Kenya et transporté au Burundi par voie aérienne dans un récipient cryogénique présentant un long délai de recharge en azote liquide (environ 20 semaines), puis fut transporté par route vers les lieux d'utilisation dans les Stations de Rukoko et de Luvyironza.

La Station Zootechnique de Rukoko est située à 3°15' de latitude Sud et 29°15' de longitude Est, dans la plaine de la Ruzizi; l'altitude moyenne est de 830 mètres. Le climat est du type tropical semi-aride; 675 mm de pluie avec une saison sèche de 5-6 mois; la température moyenne annuelle est de 23°C. Les animaux sont conduits en régime semi-extensif: parcours naturels à base de *Brachiaria ruziziensis* en saison des pluies, foin sur pied et complément d'ensilage (10 kg par tête et par jour) en saison sèche. Le matériel animal inséminé se compose de vaches et génisses croisées Ankole × Sahiwal et de vaches Ankole non sélectionnées. Ces animaux pâturent en troupeau sous

(*) Institut des Sciences Agronomiques du Burundi (ISABU) BP 795 Bujumbura, Burundi

(**) Ministère de l'Agriculture et de l'Elevage, Projet Mugamba.

(***) Ministère de l'Agriculture et de l'Elevage, Projet Bututsi, DS 138 Bujumbura

la surveillance d'un bouvier (manœuvre non spécialisée). La détection des chaleurs est effectuée par le bouvier; les symptômes connus sont le chevauchement, l'écoulement vulvaire et le comportement différent au pâturage. Les vaches détectées sont immédiatement ramenées dans un couloir de contention et inséminées.

La Station Zootechnique de Luvyironza est située à une altitude moyenne de 1 850 m, dans la région naturelle du Bututsi; elle se trouve à 3°47' de latitude Sud et 30°00 de longitude Est. Le climat est, selon Köppen, du type Cwbi avec tendance à un régime de pluies bimodal; la pluviosité moyenne annuelle est de 1 380 mm. La température moyenne annuelle est de 17°C. La saison sèche dure 3-4 mois. Les animaux

Sahiwal et 15 inséminations et 3 veaux chez les croisées Jersey. Au second service, il y eut 6 inséminations et 5 veaux chez les Ankole, 17 inséminations et 3 veaux chez les croisées Sahiwal et 7 inséminations et 2 veaux chez les croisées Jersey. Treize inséminations furent pratiquées aux troisièmes chaleurs consécutives, soient 3 chez les Ankole, 8 chez les croisées Sahiwal et 2 chez les croisées Jersey; elles donnèrent lieu à la naissance de 1 veau chez les Ankole, 4 veaux chez les croisées Sahiwal et 2 veaux chez les croisées Jersey. En moyenne, il a fallu pratiquer 2.8 inséminations par veau né. Les femelles non gestantes après une première insémination ne furent pas systématiquement inséminées une seconde fois. La distribution des inséminations par race, ordre d'insémination et origine du sperme est donnée au tableau 1.

TABLEAU 1

Distribution des inséminations effectuées à la Station de Rukoko. (ISABU, 2)

Origine du sperme		Ankole			Ankole × Sahiwal			Ankole × Sahiwal × Jersey		
		1 ² IA	2 ^e IA	3 ^e IA	1 ^e IA	2 ^e IA	3 ^e IA	1 ^e IA	2 ^e IA	3 ^e IA
Sahiwal	K563	8 (3)	4 (3)	1 (0)	33 (6)	11 (2)	6 (3)	1 (0)	—	—
Jersey	Buffoon	6 (3)	—	—	14 (7)	5 (1)	2 (1)	14 (3)	7 (4)	2 (2)
Charolais	Batailleur	2 (2)	—	—	1 (0)	—	—	—	—	—
Boran	753	5 (1)	2 (2)	2 (1)	1 (1)	1 (0)	—	—	—	—

sont conduits en ranching dirigé sur parcours naturels à base de *Eragrostis boehmii* et complémentés, en saison sèche, par de l'ensilage (10 kg/tête/jour) et chez les croisés Sahiwal ou Jersey, du concentré (1 kg/tête/jour) de tourteau de coton. Le matériel animal inséminé se compose de vaches et génisses Ankole sélectionnées et de vaches croisées Ankole × Sahiwal et Ankole × Sahiwal × Jersey. Les vaches pâturent en troupeau de 25-30 têtes sans taureau sous la conduite d'un bouvier, chargé de détecter les vaches en chaleurs; celles-ci sont séparées lors de la rentrée nocturne du troupeau à l'étable et inséminées; plusieurs heures peuvent s'écouler entre la reconnaissance des chaleurs par le bouvier et l'insémination.

L'insémination est pratiquée selon la technique recto-vaginale; le sperme est déposé à l'entrée de l'utérus à l'aide d'une seringue d'insémination. Sauf reconnaissance certaine de non chaleurs par l'inséminateur, toutes les femelles présentées par les bouviers furent inséminées.

Résultats et discussion

Cent vingt-huit inséminations furent effectuées à la Station de Rukoko: trente sur des femelles de race Ankole, septante-quatre sur des femelles croisées Ankole × Sahiwal et vingt-quatre sur des femelles du croisement triple (Ankole × Sahiwal) × Jersey. Il y eut 85 premières inséminations et 26 veaux-nés, soient respectivement 21 inséminations et 9 veaux chez les Ankole, 49 inséminations et 14 veaux chez les croisées

Il ressort que 2.0 inséminations par veau né furent nécessaires pour assurer la fécondation de 71.4 p.100 des vaches Ankole présentées, 3.5 pour 42.8 p.100 des femelles croisées Sahiwal et 2.7 pour 60 p.100 des croisées Jersey. Les résultats médiocres observés pour les femelles croisées Sahiwal peuvent s'expliquer par la qualité variable du sperme Sahiwal utilisé; le taux de réussite varie, en effet, pour le géniteur K563, de 46 p.100 chez les femelles Ankole à 22 p.100 chez les croisées Ankole × Sahiwal. Or, 50 inséminations sur 74 chez les croisées Sahiwal furent effectuées avec des doses de sperme du géniteur K563. Pendant la même période (18 mois), une partie du troupeau des femelles fut couverte, en saillie naturelle, par un taureau pur-sang Sahiwal; ce taureau accompagnait les femelles sur parcours naturels et n'était séparé que pour la nuit. Trente et une naissances ont été enregistrées sur les soixante-sept saillies déclarées par le bouvier; celui-ci était toujours présent avec le troupeau lorsque le taureau était parmi les femelles.

Trois cent quatre inséminations furent effectuées à la Station de Luvyironza, dont 208 premières inséminations, 78 secondes et 18 troisièmes inséminations. Toutes les vaches non fécondées ne furent pas systématiquement inséminées une seconde ou troisième fois. Il fut observé chez les femelles Ankole que 62 premières inséminations donnèrent naissance à 13 veaux, 27 secondes inséminations à 7 veaux et 8 troisièmes inséminations à 1 veau; chez les femelles croisées Sahiwal il y eut 108 premières inséminations pour 38 veaux-nés, 50 secondes inséminations pour 18 veaux-

nés et 9 troisièmes inséminations pour 1 veau-né; enfin, chez les croisées Jersey, les 38 premières inséminations donnèrent naissance à 16 veaux, une seconde insémination fut négative et une troisième insémination donna naissance à 1 veau. En moyenne, il a fallu pratiquer 3.2 inséminations par veau né. La distribution des inséminations par race, ordre d'insémination et origine du sperme est donnée au tableau 2.

traditions pastorales du Burundi. L'amélioration du taux de réussite exige, en premier lieu, une meilleure détection des vaches en chaleurs; la présence d'un taureau boutte-en-train dans le troupeau semble utile pour accroître la précision du bouvier. P. Lhoste et J. Pierson (3) ont observé, au Centre de Recherches Zootechniques de Wakwa (Cameroun), que 3.6 doses de sperme sont nécessaires pour assurer, chez des

TABLEAU 2

Distribution des inséminations effectuées à la Station de Luvyironza. (ISABU, 2)

Origine du sperme		Ankole			Ankole × Sahiwal			Ankole × Sahiwal × Jersey		
		1 ^e IA	2 ^e IA	3 ^e IA	1 ^e IA	2 ^e IA	3 ^e IA	1 ^e IA	2 ^e IA	3 ^e IA
Sahiwal	K525	7 (1)	2 (1)	1 (0)	27 (12)	12 (5)	4 (0)	1 (1)	—	—
	Maseno	6 (2)	—	—	22 (9)	9 (5)	—	1 (0)	—	—
	K563	4 (1)	3 (2)	—	21 (8)	15 (5)	4 (1)	2 (1)	—	—
Ayrshire	Umo	8 (0)	2 (1)	3 (0)	4 (1)	2 (1)	—	—	1 (0)	—
	Vippi	8 (1)	4 (1)	2 (0)	5 (0)	2 (0)	—	—	—	—
Guernsey	Duchess R	5 (2)	6 (0)	—	3 (1)	2 (0)	—	—	—	—
	Robert II	6 (3)	2 (1)	2 (1)	7 (1)	1 (0)	1 (0)	—	—	1 (1)
Jersey	Ranson	3 (0)	2 (0)	—	7 (1)	3 (0)	—	32 (14)	—	—
Boran	1031	7 (1)	3 (2)	—	5 (1)	1 (1)	—	2 (0)	—	—
Charolais	Batailleur	7 (2)	3 (0)	—	5 (2)	3 (1)	—	—	—	—

Il a fallu 4.4 inséminations par veau né pour assurer la fécondation de 36.0 p.100 de vaches Ankole présentées, 2.8 inséminations pour 51.8 p.100 des vaches croisées Ankole × Sahiwal et 2.3 inséminations pour 44.7 p.100 des vaches croisées Jersey. Les faibles résultats obtenus sur le bétail Ankole sont dus à la difficulté de reconnaître les chaleurs (signes extérieurs futiles) et à une moindre fertilité suite à une alimentation moins équilibrée des animaux (parcours naturels de valeur bromatologique faible et pas de distribution de concentrés en supplément au rationnement de saison sèche). Les croisées Jersey non fécondées présentaient des kystes ovariens découverts lors de la première insémination; elles ne furent pas inséminées une seconde fois.

Une deuxième campagne d'insémination fut effectuée à la Station de la Luvyironza. La détection des vaches en chaleurs était réalisée par un taureau placé dans le troupeau lors des rassemblements matinal et nocturne dans les kraals de la ferme. Dès qu'une vache était remarquée par le taureau, elle était retirée du troupeau et inséminée. Il a fallu 2.6 inséminations pour provoquer une gestation.

Dans les conditions d'élevage pratiquées dans les deux Stations Zootechniques et sur des femelles vaccinées contre la brucellose avec la souche B19 à l'âge de 8-10 mois, le taux de réussite de l'insémination est assez faible. Ceci peut s'expliquer en partie par le manque de pratique des inséminateurs et par l'absence de reconnaissance des vaches en chaleurs dans les

vaches de race zébu, la naissance d'un veau vivant. Ces résultats sont analogues aux observations rapportées. Lorsque les conditions d'alimentation sont mieux équilibrées, le taux de réussite est amélioré: environ 2.5 inséminations sont nécessaires pour assurer la naissance d'un veau vivant. Ceci est conforme aux observations effectuées au Kenya (1) où 2.1 - 2.2 inséminations sont pratiquées pour obtenir une gestation; les conditions d'élevage, dans la région de grande application de l'insémination artificielle au Kenya, ne sont pas extensives: un meilleur rationnement du bétail est généralement pratiqué.

Conclusions

L'expérimentation de l'insémination artificielle avec importation du sperme congelé a été réalisée au Burundi entre 1974 et 1978, dans deux régions écologiques du pays. La détection des chaleurs apparaît être une condition fondamentale de la réussite de l'insémination. Il apparaît également qu'en élevage extensif et particulièrement dans le milieu de l'élevage traditionnel, l'amélioration du rationnement du bétail et l'élimination des vaches présentant des symptômes pathologiques de la reproduction (brucellose particulièrement) sont deux conditions indispensables pour assurer une bonne réussite de l'insémination. En conclusion, l'application de l'insémination artificielle dans les élevages contrôlés (fermes d'Etat) est une méthode peu coûteuse d'amélioration du potentiel génétique du troupeau de base.

Bibliographie

1. Central Artificial Insemination Station (CAIS), Kenya. Rapport annuels 1972 et 1975 (ronéotypé).
2. ISABU. Rapports annuels 1973 à 1978 (ronéotypé).
3. Lhoste P. — Pierson J. (1975). Essai d'insémination artificielle au Cameroun à l'aide de semence congelée importée. I. Insémination artificielle de femelles zébus en chaleurs naturellement. Rev. Elev. Méd. vét. Pays Trop. **28** (4) 513-522.

P. Pozy, Belge, Ingénieur Agronome de l'Université de Louvain, coopérant technique belge au Burundi.

A. Banuma, Docteur en Médecine Vétérinaire de Cureghem, ancien Directeur de la Station Zootechnique de la Luvyirenza.

L. Lambotte, Belge, Ingénieur Agronome de Gembloux, chef du Projet de coopération technique caté, Bututsi.

Amélioration du bilan thermique sous abri-serre.

H. Verlodt

Résumé

De l'utilisation des films plastiques résulte une augmentation très souvent trop importante des températures maximales sous serre, tandis que l'amélioration des températures minimales est le plus souvent trop faible. Une approche théorique des déperditions énergétiques sous serre plastique montre l'importance des déperditions par rayonnement. L'utilisation de nouveaux films thermiques et d'écrans thermiques dans le but de réduire ces déperditions nocturnes est discutée. Le chauffage par générateur d'air chaud semble trop coûteux et trop peu efficace. Le chauffage alternatif, soit par énergie solaire, soit par géothermie est discuté. La réduction des températures maximales est également discutée.

Summary

Improvement of the thermal balance under PE greenhouse

Use of a longlife polyethylene film for crop protection under greenhouse results in an important, and very often too important improvement of the maximum air temperature, and in a very small improvement of the minimum air temperature during the night. A theoretical approach of energy losses under PE greenhouse in Tunisia allows the constatation of the importance of infra-red radiation during the night. Use of new and improved polyethylene films and thermal screens reducing energy losses by infra-red radiation, are discussed. Heating of the greenhouse by an air blower peak heating system seems to be expensive under our conditions. Alternative heating with back radiant mulch film tubes using solar captors and geothermic resources are discussed. Reduction of maximum temperature under PE greenhouse is also discussed.

1. Introduction

La protection d'une culture consiste dans l'interposition d'un écran de forme et de matériau variable, entre le milieu naturel et le milieu dans lequel pousse la plante. L'utilisation de cet écran résulte dans une augmentation considérable et souvent excessive des températures diurnes de l'air ambiant et du substrat de culture, ainsi que dans une augmentation faible et insuffisante des températures nocturnes. Ces augmentations de température obtenues dépendront essentiellement de la nature de la paroi. Le climat spontané imparfait résultant de l'utilisation de ces couvertures a suscité chez l'homme des interventions afin de parfaire le climat et d'instaurer un climat artificiel, se rapprochant plus des exigences de la plante et ayant pour but essentiel d'abaisser la température diurne (ombrage, aération, ventilation, humidification de l'air, pad and ven cooling, etc...), d'élever la température nocturne (chauffage) et d'abaisser ou d'élever l'humidité relative.

Enfin l'utilisation de certaines techniques culturales peut favoriser également une meilleure maîtrise de climat.

2. Le bilan thermique sous serre polyéthylène

Les échanges d'énergie qui interviennent entre la serre PE et son environnement se font sous différentes formes en outre: chaleur latente, chaleur sensible et rayonnement.

En désignant par les symboles suivants:

- R_n : résultante des échanges par rayonnement au-dessus de la serre,
- P : échanges en chaleur sensible entre la serre et l'extérieur au niveau des parois,
- F : échanges de chaleur sensible et de chaleur latente au niveau des fuites,
- Le : évapotranspiration diurne ou condensation nocturne sous la serre (chaleur latente de vaporisation),
- S : chaleur sensible échangée entre le sol et la surface de la serre,
- Q_{ch} : le terme de chauffage, soit solaire le jour ou artificiel la nuit

et sans se préoccuper du sens des échanges on peut écrire:

$$Q_{ch} + R_n + P + Le + S + F = 0 \quad (8)$$

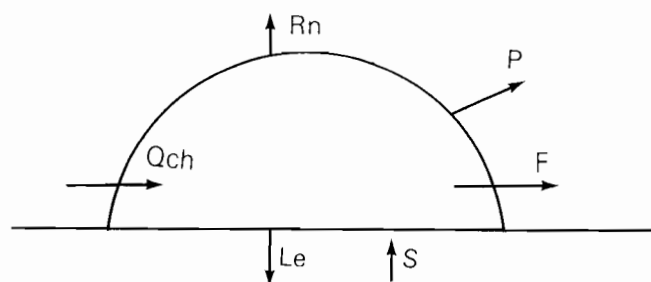


Figure 1

La nuit le terme Le peut être considéré comme négligeable, tandis que le terme S est faible également et avoisine une valeur de 10 kcal/h.m^2 (8).

Donc le chauffage nocturne pour une serre

$$Q_{ch} = R_n + P + F$$

- avec: R_n : le refroidissement nocturne par rayonnement
- : le refroidissement par conduction-convection au niveau des parois
- : le refroidissement et l'émission de vapeur au niveau des fuites.

Afin de pouvoir calculer les déperditions et donc aussi le terme de chauffage il faut connaître les données suivantes:

- les dimensions de la serre (hauteur, largeur et longueur) permettant de calculer la surface intérieure (S_i), le volume intérieur (V_i) et la surface de la couverture (S_p). Les serres à 4 cintres par arceau du type Filclair et Fournier présentent pour une surface intérieure de 512 m^2 un volume intérieur de 1286 m^3 et une surface de la paroi de 730 m^2 , alors que les serres à 2 cintres par arceau du type Richel présentent un V_i de 1367 m^3 et une S_p de 714 m^2 ;
- les données météorologiques de la région, surtout:
 - température maxi et mini moyenne à l'extérieur permettant de calculer la température moyenne de nuit (t_n)
 - hygrométrie moyenne nocturne
 - la vitesse moyenne du vent: la vitesse du vent à 2 m de hauteur est égale à 0,77 fois la vitesse à 10 m de hauteur mesurée par les services de la météorologie, tandis qu'à une hauteur de 3,5 m on peut utiliser le coefficient 0,85 (5)
- la durée ou mieux la fraction d'insolation: en effet le nombre d'heures claires de nuit est en relation avec le nombre d'heures claires durant la journée et on admet en général le même pourcentage de nébulosité la nuit et le jour
- les données météorologiques sous serre: essentiellement la température et l'humidité de l'air à maintenir sous serre.

Il faut alors admettre que si la température moyenne nocturne à l'extérieur dépasse la température de consigne sous serre, les besoins en chauffage sont nuls. Nous considérons une température de consigne de 12°C comme minimale pour la tomate et une tempéra-

ture de 15°C comme minimale pour le piment et le melon.

La température moyenne de nuit est à déterminer par la formule de Hallaire: $(10) \quad t_n = m + k.A$, dans laquelle m représente la température minimale moyenne mensuelle, A l'amplitude entre les minimas et les maximas moyens mensuels tandis que le facteur k est estimé en fonction de la durée de la journée. Les valeurs de k ont été calculées par mois pour la Tunisie à partir des données météorologiques (17).

Les déperditions par rayonnement peuvent s'estimer par la formule suivante: $3,8 \times (T_a - T_p) \text{ Kcal/h.m}^2$, dans laquelle T_a et T_p représentent respectivement la température apparente d'émission de l'atmosphère et de la paroi de la serre (1).

Par ciel clair $T_a - T_p = 22^\circ\text{C}$, alors que par ciel couvert $T_a - T_p = 7^\circ\text{C}$. Donc les déperditions par rayonnement sont de l'ordre de 84 Kcal/h.m^2 par ciel clair et de l'ordre de 27 Kcal/h.m^2 par ciel couvert (8). Nous voyons donc que les serres à 4 cintres par arceau avec une S_p légèrement plus importante par rapport à la surface du sol sont normalement plus sensibles aux déperditions par rayonnement, exprimées par rapport à la surface cultivée, puisque

$$R_N = \frac{S_p}{S_i} [84 \times i + 27 (1 - i)]$$

$$\text{avec } i = \frac{n}{N} = \frac{\text{nombre d'heures d'insolation}}{\text{durée de la journée}}$$

Le coefficient i a été calculé pour les différentes régions de la Tunisie (17).

D'autre part, on voit également que les régions du Centre et du Sud avec une pluviométrie et une nébulosité plus faible sont beaucoup plus soumises aux déperditions par rayonnement. Le tableau 1 montre les déperditions théoriques par rayonnement pour une serre à 4 arceaux de 512 m^2 dans différentes régions.

TABLEAU 1

**Déperditions théoriques par rayonnement
par unité de serre (en Kcal/h)**

Région	Tunis Bizerte Siliana	Sousse Kairouan	Gabes Gafsa
Mois			
Novembre	44 600	46 800	48 850
Décembre	42 600	44 600	46 800
Janvier	40 500	42 600	44 600
Février	42 600	40 500	42 600
Mars	44 600	42 600	44 600
Avril	46 800	48 850	51 000

Les déperditions au niveau des fuites dépendent du type de serre (relation V_i/S_i), de la vitesse du vent, de l'étanchéité de la serre et de l'état de la couverture, ainsi que des caractéristiques de l'air à l'intérieur et à l'extérieur de la serre.

Le taux de renouvellement de l'air (a) augmente avec la vitesse du vent (8, 9) :

vitesse du vent en m/sec	0	5	10	15	20
taux de renouvellement par heure	0,7	3,2	5,8	8,3	10,8

Pour les calculs on peut utiliser la formule suivante:

$a = 0,6 + (0,22 U + 0,008) U$ (5) avec U la vitesse du vent en m/sec.

La connaissance du taux de renouvellement et du volume de la serre ainsi que la différence en enthalpie entre l'air intérieur et extérieur permet de calculer les déperditions par les fuites (F)

$$F = a.Vi/Si \text{ de } 1,295 \text{ (8)}$$

A titre d'exemple la différence en enthalpie durant une nuit assez ventée entre un air extérieur à 7°C et à 60% HR et un air chauffé à 12°C et 90% HR est de 3,8 Kcal/kg d'air. Cette différence peut être obtenue grâce au diagramme de Mollier. Si on admet un taux d'infiltration moyen de 8 nous obtenons alors 97,5 Kcal/h.m² et 107,5 Kcal/h.m² pour respectivement une serre à 4 cintres et 2 cintres par arceau.

Dans le tableau n° 2 nous représentons les déperditions d'une serre à 4 cintres pour plusieurs régions en tenant compte des données climatologiques moyennes de ces régions et en respectant une température de consigne de 12°C (cas de la tomate).

Déperditions moyennes par les fuites pour une serre de 512m² (en Kcal/h).

Mois	Région				
	Bizerte	Tunis	Sousse	Gabès	Siliana
Novembre	—	—	—	—	13 900
Décembre	3 800	10 100	13 900	20 200	30 300
Janvier	15 300	13 900	16 500	12 600	38 000
Février	16 500	13 900	24 000	12 700	48 000
Mars	6 300	13 900	13 900	11 000	35 500
Avril	2 500	—	—	—	26 600

Les déperditions par les fuites augmentent donc dans les régions continentales (températures basses et humidité faible donc enthalpie extérieure faible) par rapport aux zones côtières et également dans les régions côtières plus au Sud par rapport à celles plus au Nord (air plus sec en descendant vers le Sud).

Les déperditions par conduction-convection au niveau des parois dépendent surtout de la vitesse du vent, de la différence en température et du type de serre. Elles s'estiment par la formule $P = Sp/Si.K.dt$ dans laquelle K représente les déperditions horaires par m² de paroi pour 1°C de différence entre les deux côtés des parois. En fonction de la vitesse du vent le facteur K tend rapidement vers la valeur de 5 Kcal/h.m²°C (7).

Vitesse du vent en m/sec	0	1	2	3	4	5	10	20
K(Kcal/h.m ² °C)	2,5	3,1	3,5	3,8	4,0	4,1	4,5	4,7

Pour les besoins des calculs précis Chiappale J.P. et al (5) ont admis l'équation de la forme suivante:

$$K = \frac{5U + 7,9}{U + 3,2}$$

avec U la vitesse du vent m/sec.

Dans le tableau n° 3 nous représentons les déperditions moyennes par conduction-convection par région et ceci pour une température de consigne de 12°C dans une serre à 4 cintres par arceau

**TABLEAU 3:
Déperditions moyennes par conduction-convection pour une serre de 512 m² (en Kcal/h)**

Mois	Région				
	Bizerte	Tunis	Sousse	Gabès	Siliana
Novembre	—	—	—	—	—
Décembre	700	3 150	700	5 000	11 100
Janvier	5 700	5 000	4 000	5 700	13 600
Février	5 300	44 300	6 800	5 000	14 600
Mars	—	3 200	1 400	—	9 200
Avril	—	—	—	—	6 000

Les déperditions par conduction-convection sont donc très sujettes à l'exposition de la serre aux vents, ainsi qu'à l'orientation de la serre face aux vents dominants (un pignon face aux vents dominants réduit considérablement les pertes par conduction-convection vu la surface réduite soumise au vent).

Dans le tableau n° 4 nous représentons les besoins totaux en chauffage pour une serre à 4 cintres par arceau cultivée en tomate.

**TABLEAU 4:
Déperditions totales d'une serre de 512 m² cultivée en tomate (température de consigne de 12°C) exprimées en Kcal./h**

Mois	Région				
	Bizerte	Tunis	Sousse	Gabès	Siliana
Novembre	44 600	44 600	46 800	48 850	62 750
Décembre	56 000	47 150	59 250	72 200	88 500
Janvier	59 600	61 000	63 150	63 000	96 600
Février	62 000	64 600	71 500	60 400	105 600
Mars	61 800	50 900	58 500	58 500	89 600
Avril	46 800	49 300	48 850	51 000	83 000

Il ressort donc de cette approche théorique que les besoins totaux en chauffage sont pratiquement égaux pour les différentes régions côtières et si les besoins théoriques sont légèrement plus élevés à Sousse et à Gabès, ceci est surtout dû au rayonnement nocturne plus important et à la présence d'une hygrométrie plus faible, ce qui réduit l'enthalpie. Par contre, dans les régions continentales, les besoins sont beaucoup plus élevés et ceci pour une augmentation considérable des

dépense par les fuites (air plus froid et plus sec) et par conduction-convection (dt plus élevé). Notons toutefois que les dépenses par rayonnement ont lieu dans chaque période de l'année et qu'on ne commencera seulement à chauffer que si la température moyenne de nuit descend en dessous de 12°C pour la tomate. Nous voyons que dans ces conditions la période de chauffage pour la tomate se situe de décembre à mars pour les régions côtières, sauf pour Gabes où l'on peut se contenter de chauffer jusqu'à fin février. Par contre à Siliana la période de chauffage s'étend de la fin novembre jusqu'à la fin avril.

3. Amélioration du bilan thermique par les matériaux de couverture

Le bilan thermique peut être modifié par le choix du matériau de couverture de la serre. En Tunisie on utilise presque exclusivement le PE., matériel facile à produire et exigeant une ossature légère seulement. Dans la même gamme des films souples on connaît également le PVC (chlorure de polyvinyle), l'EVA (polyéthylène vinylacétate), le PEir (polyéthylène qualité infra-rouge s'opposant davantage au rayonnement) et le PE double paroi.

C'est ainsi que les films en PE basse densité (bd) laissent passer plus la lumière visible rouge et bleue que le PVC, l'EVA et le PEir et moins que le verre; il en est de même dans l'IR proche où le PVC et en moindre lieu l'EVA et le PEir sont moins transparents que le PEbd, le verre étant le moins transparent. La nuit le rayonnement du sol devient très important et nous constatons que la vitre a le meilleur comportement; le PVC a un comportement très favorable également tandis que les films EVA et PEir, ainsi que la double paroi ont un comportement intermédiaire entre le PVC et le PEbd. L'énergie non retenue est de l'ordre de 60% pour le PEbd, de 20% pour le PVC, de 27% pour le PEir, de 30 à 35% pour l'EVA et ceci suivant sa teneur en vinylacétate et de 40% pour le PE double paroi. De ces propriétés physiques très différentes résulteront donc des différences au niveau du climat spontané se créant sous le film. Le choix du film paraît donc d'une très grande importance, surtout dans un climat où une grande partie des dépenses se fait par rayonnement.

Deux années d'expériences à l'I.N.A.T. (16) montrent qu'en matière de températures maximales diurnes on obtient en plein hiver un gain de 1,7°C et 1,5°C en moyenne sous respectivement une serre EVA et PEir par rapport à la serre PEbd.

Au fur et à mesure que le climat s'améliore les écarts de température se réduisent et à partir de la mi-mars la température maximale sous serre EVA devient plus faible que sous serre PEbd, alors que pour le film PEir la même chose se produit à partir de mi-avril. Ceci peut s'expliquer par le fait qu'en fonction de l'amélioration

du climat et de l'ensoleillement les dépenses par rayonnement diurne deviennent de moins en moins importantes par rapport à l'énergie reçue par le soleil en lumière visible et IR court. Les films EVA et PEir sont en effet plus opaques le jour vis-à-vis du spectre solaire, ce qui réduit considérablement la quantité d'énergie reçue, tandis que les dépenses par rayonnement diurne du sol deviennent de plus en plus négligeables. Les différences en températures minimales sont de l'ordre de 0,7°C en moyenne en plein hiver et restent au même niveau durant pratiquement tout le printemps pour le PEir, tandis que pour l'EVA on constate une légère diminution du gain en température minimale et ceci en fonction de l'amélioration du climat pour se situer vers la fin avril à 0,4°C environ. Ceci est tout à fait compréhensible puisque la température nocturne dépend aussi bien de la transparence du film vis-à-vis du rayonnement nocturne que de la température diurne obtenue, surtout au niveau du sol.

En ce qui concerne la température maximale du sol nous constatons la même évolution que pour la température maximale de l'air. En plein hiver la température maximale moyenne du sol est supérieure de 0,7 à 1,0°C sous serre PEir et EVA par rapport à la serre PEbd, mais à partir de début mars la température maximale moyenne du sol sous serre EVA devient inférieure à celle obtenue sous serre PEbd, tandis que vers le début avril nous constatons le même phénomène sous serre PEir. Vers la fin avril la température maximale du sol devient en moyenne inférieure de 1,0 et 0,3°C respectivement dans les serres EVA et PEir.

En plein hiver les températures minimales du sol sont supérieures de 0,7 et 0,8°C en moyenne dans les serres PEir et EVA respectivement. Ces différences s'amenuisent au fur et à mesure et vers la fin avril les moyennes minimales du sol sont supérieures de 0,1°C sous film EVA et de 0,5°C sous film PEir.

Sous film PEbd neuf on mesure environ 70% du rayonnement global extérieur, alors que les films EVA et PEir réduisent davantage la luminosité intérieure. Nous constatons que les serres couvertes avec un film EVA ou PEir permettent d'obtenir des températures de l'air et du sol favorables au développement des cultures, mais qu'il y a une diminution de la luminosité, surtout sous serre PEir.

Les résultats culturels sur une culture de tomate ont permis de constater une meilleure croissance en longueur de la plante, ainsi qu'une floraison et une nouaison plus précoces sous serre EVA et en moindre lieu sous serre PEir. Les résultats présentés dans le tableau 5 permettent de constater que la récolte précoce et semi-précoce était plus élevée sous serre EVA, tandis que les différences entre la serre PEir et la serre PEbd sont assez faibles. Le rendement total était le plus élevé sous serre EVA, tandis que les différences en rendement total entre les serres PEir et PEbd sont très faibles. Le calibre des fruits était le meilleur sous serre EVA, suivi de la serre PEir et de la serre PEbd.

TABLEAU 5:

Production de la tomate sous l'influence de différents films.

Film de couverture	Rendement précoce au 1/4 (kg/m ²)	Rendement semi-précoce au 15/5 (kg/m ²)	Rendement total	Poids moyen en g
EVA	2,890	8,870	11,750	75,2
PEir	2,080	6,850	9,980	69,4
PEbd	2,000	6,590	9,630	61,6
PEbd + écran permanent EVA	1,890	6,990	10,280	72,1

La serre couverte par le film EVA permet donc d'obtenir une température de l'air et du sol plus favorable à la plante et malgré une diminution de la luminosité ceci se traduit par une meilleure croissance, une meilleure précocité, un meilleur rendement et un meilleur calibre. Sous serre PEir l'avantage en rendement et en précocité n'est pas du tout sensible et il y a seulement un léger gain en calibre. Les films en EVA et en PEir coûtent respectivement 30 et 8 % plus cher que le film PEbd. Un essai avec une serre couverte avec le PE double paroi nous a montré que l'augmentation de la température minimale était de 0,7 à 1,0°C et la diminution de la température maximale de 1 à 2°C en hiver et de 3 à 4°C vers avril-mai, alors qu'il y a également une diminution considérable de la luminosité (55 % de transparence sous double paroi contre 70 % sous PEbd simple paroi). Il en est résulté une diminution de la récolte précoce (5,570 kg/m² contre 5,700 kg/m² pour le témoin) sans pour autant modifier le rendement total (12,08 kg/m² contre 12,34 kg/m² pour le témoin), mais avec une légère amélioration du calibre sous serre double paroi par suite de formation de bouquets moins ramifiés (11).

Une autre manière d'améliorer le bilan thermique consiste en l'utilisation d'écrans thermiques portés par les fils de fer servant au tuteurage des cultures. Plusieurs types d'écrans peuvent être utilisés notamment des films transparents de 100 microns en PEbd, PEir, EVA ou PVC et ceci en utilisation continue. Ces écrans provoquent alors une diminution des températures diurnes avec environ 1 à 2°C et une légère augmentation des températures nocturnes (0,5°C à 1°C suivant le matériel), ainsi qu'une diminution assez considérable de la luminosité (10 à 15 %) et une augmentation de l'humidité relative d'environ 10 %, ce qui rend les cultures dans ces conditions plus sensibles au mildiou et à la pourriture grise. Une utilisation exclusive nocturne semble à notre avis à conseiller, même pour les écrans thermiques transparents.

Les écrans en PE noir permettent un gain nocturne plus important, mais ils nécessitent une ponctualité certaine de l'agriculteur en ce qui concerne le dépliement et le repliement d'un tel écran. La température minimale obtenue sous serre PEbd avec un écran thermique en PE noir est plus élevée que sous serre EVA ou sous

serre PEir et les gains en température minimale par rapport à la serre témoin (PEbd) peuvent aller jusqu'à 2°C en moyenne.

Le gain en température minimale du sol se situe aux environs de 1°C. (16)

Plusieurs autres films sont utilisables comme écran thermique. (18). En outre:

- les films aluminisés (Peritherm) constitués d'un film PE noir couvert avec un polyester aluminisé. Son effet comme écran thermique est très bien mais son prix est 6 fois plus cher que celui du PE noir,
- les films non tissés perméables (Floralex, Fibertex, Tyvek noir) sont utilisables si bien en ombrage qu'en écran thermique la nuit. Ils ont un très bon comportement envers le rayonnement et réduisent également l'humidité (par rapport aux écrans classiques) grâce à leur perméabilité.
- les films tissés du type acrylique sont également à action double (ombrage et écran thermique), réduisent l'humidité et ont une meilleure résistance technique que les films non tissés perméables.
- les films non tissés aluminisés (Tyvek noir aluminisé).
- les films alvéolés noir ou transparent (Isobulle): ces films sont surtout utilisés pour leurs qualités isolantes surtout pour isoler les pignons et les parois verticales des serres, mais leur utilisation comme écran thermique classique est envisageable.

Le film Peritherm, ainsi que les films en PE noir, peuvent s'utiliser comme écran thermique permanent du côté Nord des serres orientées Est-Ouest sur une largeur de 3,5 m tout en laissant à la base 1 m de libre pour l'aération. La réduction de la luminosité est très faible et ne dépasse pas 5 % tandis qu'un gain de 0,5 à 1°C est possible au niveau de la température minimale. En combinaison avec un écran thermique transparent en EVA un gain de 1 à 1,5°C est possible.

Pour les serres florales la vitre est plus indiquée et plus adaptée que pour les cultures légumières. Dans un but d'économiser de l'énergie on a commencé à utiliser le vitrage double ou le vitrage isolant.

La plupart de ces doubles vitrages (Texotherm, Sedo, Vitrotherm, Hortipane et Gerrix Toptherm) ont une transparence de 82 à 84 % et un coefficient de transmission de chaleur de 3,2 à 3,5 W/h/K, alors que l'Hortipane plus n'a qu'une transparence de 75 % mais permet une plus grande économie vu son coefficient k de 2,5 W/m²/K (12). Vu le poids de la vitre et surtout du vitrage double ou isolant et vu ainsi le prix de ces deux dernières solutions, on essaie de remplacer le verre par plusieurs autres matériaux, plus légers, permettant ainsi l'utilisation d'une ossature plus légère et offrant d'autre part des possibilités d'économie d'énergie.

Parmi ces matériaux on peut citer (18):

- le doublage du verre au moyen d'un film plastique transparent ou d'un film alvéole transparent: la

luminosité diminue d'environ 15 % mais l'économie en énergie atteint 30-35 % suivant la qualité du film utilisé;

- les plaques en polyester stratifié armé de fibre de verre: on les utilise soit en plaques planes, soit en plaques à ondulations petites, ceci afin de diminuer les surfaces d'échange d'énergie. Elles coutent environ le même prix que la vitre pour une longévité de maximum 10 ans.
- les plaques en PVC (maxolux) ont des propriétés physiques inférieures à celui de la vitre et sont plus légères; on préfère les plaques ondulées vu la dilatation thermique assez forte avec les plaques planes.
- les plaques en polyméthacrylate de méthyle (Plexi): elles ont des propriétés physiques identiques à la vitre, mais sont assez fragiles en plaques ondulées. L'utilisation en panneau double de 16 mm donne une transmission lumineuse de 89 % de celle de la vitre avec un facteur k très favorable (3,4 contre 6,6 W/m²/K pour la vitre simple); elle est plus légère que la vitre (5 kg/m² contre 7,8 kg/m²) et présente un très bon comportement à l'UV, mais reste tout de même 5 à 6 fois plus chère que la vitre ordinaire et même légèrement plus chère que le vitrage double.
- les plaques en polypropylène (Correx) ont une transmission lumineuse de 81 % de celle de la vitre, mais vieillissent assez rapidement sous l'influence du soleil;
- les plaques en polycarbonate (Correxine, Qualex) sont très légères (1,2 kg/m² en panneau double de 16 mm avec une transmission de 85 % de la luminosité par rapport à la vitre et un facteur K de 3,3. Son prix est 3 fois plus élevé que celui de la vitre, mais les investissements supplémentaires peuvent s'amortir en 3 ans par les gains en énergie obtenus, alors que pour le polyméthacrylate l'amortissement des investissements supplémentaires nécessiterait 12 ans.
- les plaques à canaux polyacryliques permettent d'économiser 40 à 45 % d'énergie par rapport aux vitres, mais on accuse une diminution de la luminosité de 15 %, d'où résulte une baisse des rendements de 8 % en moyenne. On l'utilise actuellement en combinaison avec la vitre en couvrant respectivement 2/3 et 1/3 de la surface, permettant de réduire les frais de chauffage de 30-35 % et en perdant seulement 5 % au niveau de la luminosité, d'où résulte une réduction insignifiante des rendements.
- les vitres spéciales avec un coating de SnO₂ en épaisseur faible (1/1 000 à 1/2 000 mm): ces vitres spéciales ont une transparence plus faible pour l'énergie solaire incidente que la vitre classique. Malgré une réduction d'environ 12 % de la luminosité il résulterait néanmoins une économie d'énergie de 25 % pour l'Hortiplus et de 20 — 22 % pour l'Agriplus.

4. Amélioration du bilan thermique des serres plastiques par le chauffage

Le maintien d'une température minimale donnée peut se faire moyennant un chauffage. Néanmoins pour le chauffage d'une serre plastique à ossature légère, il est très difficile de le concevoir par eau chaude classique, avec des tuyaux portés par l'ossature. Le système de chauffage par tuyaux à eau chaude ne nous paraît utilisable qu'avec des tuyaux installés à même le sol. Pour maintenir une température de 12°C il faudrait installer ainsi 30 rangées de tuyaux de 50 mm de diamètre ou environ 18 rangées de tuyaux de 80 mm, tout en utilisant une eau dont la température se situe entre 60 et 80°C. Ce système, très coûteux, offre cependant l'avantage de pouvoir utiliser les tuyaux comme rail de transport pour les récoltes. En plus, il faut implicitement des tuyaux mobiles, ceci afin de faciliter les travaux de préparation de la serre. Ce système permettra en outre un chauffage plus facile du sol et un chauffage plus homogène de l'air. Il est également possible de brancher plusieurs serres sur une chaudière centrale, ce qui réduit les frais d'achat par serre. Le transfert de la chaleur se fait presque essentiellement par conduction-convection.

Les transferts énergétiques de chauffage peuvent en effet se faire par conduction, par convection et par rayonnement. Chaque corps possédant une température supérieure ou 0°K émet un rayonnement, mais jusqu'à une température de 80 à 100°C l'émission par rayonnement ne dépasse pas les 20 % de l'énergie émise, alors que vers 250 à 300°C l'émission énergétique se fait pour environ 65 % sous forme de rayonnement. Cette notion de transfert énergétique par rayonnement est très importante depuis que les travaux de Cormary (6) en France ont démontré que dans le cas de chauffage par conduction-convection on chauffe essentiellement l'air et puis la culture, ce qui se traduit par une température des feuilles sensiblement la même que celle de l'air, alors qu'avec un générateur d'air chaud la température du feuillage se situe environ 1,5°C plus bas que la température de l'air. En cas de chauffage par paillage radiant, la température du feuillage dépasse de 1,2°C la température de l'air. Nous constatons aussi des différences aussi importantes et dans le même sens pour la température du sol avec ces 3 moyens de chauffage. Le rayonnement, même à température relativement basse, est très important pour un corps noir.

Le chauffage *par air pulsé* par générateur d'air chaud se fait au moyen d'un air chauffé à 35-50°C et pulsé à une vitesse ne dépassant pas 5 m/sec. Le plus souvent et dans un but d'homogénéiser la température dans la serre on utilise une gaine de distribution, mais il est alors très important, soit d'espacer plus les trous en début de la gaine, soit de faire des trous plus grands à la fin de la gaine, ceci afin de compenser la baisse de température par une augmentation du débit. Ce système est relativement bon marché à l'achat (700 à 1 000 D pour une série de 512 m²) et facile à installer,

mais il est très difficile de chauffer le sol et la base de la plante vu que l'air chaud monte et s'accumule sous le faitage. Le transfert de chaleur se fait exclusivement par conduction-convection. La consommation en gas-oil est très importante et peut atteindre 80 litres par jour et par serre durant le mois le plus froid et atteint environ 22 l/m² par saison soit 2,2 l/kg de tomate (320 milligrammes/kg) pour un rendement de 10 kg/m² ou 1,8 l/kg ou 270 milligrammes/kg pour un rendement de 12 kg/m² ou 1,5 l/kg (213 milligrammes/kg) pour un rendement de 15 kg/m², ceci sans parler de l'amortissement de la chaudière (25 ml/kg) et de la consommation en électricité (25 ml/kg). Notons toutefois que le pourcentage de déchet sera beaucoup plus faible et que la plupart des fruits pourront faire l'objet d'une commercialisation.

Un autre système de chauffage est le *paillage radiant*. Ce système consiste dans l'utilisation d'une gaine noire méplate de 20 à 35 cm de largeur et posée sur le sol entre les cultures. Dans ces gaines on laisse circuler de l'eau tiède à faible débit (1,5 l/sec par serre de 512 m²) et dont la température ne dépasse pas les 35°C. La gaine, étant noire, émet une bonne partie de son énergie par rayonnement ce qui contribue à améliorer la température des plantes et donc de leur activité par rapport aux systèmes classiques. Le paillage radiant couvrant 50% du sol, chauffe le sol par conduction et vu la couverture ce transfert est assez important (23%) par rapport à un chauffage classique (6,4%) et un générateur d'air chaud (0%). Une grande partie de l'énergie est utilisée pour le chauffage direct du feuillage par rayonnement (33%). Dans un chauffage classique seulement 13% n'est utilisé pour le chauffage direct du feuillage et pour le générateur 0%. Le chauffage de l'air intervient dans les 3 types de chauffage pour respectivement 26%, 53% et 100% (6).

Les gaines «Sunstock» sont en PVC noir et avaient une épaisseur de 250 microns, mais pour améliorer leur résistance afin de pouvoir garantir une longévité de 3 à 4 ans on les fabrique actuellement en épaisseurs de 400 microns. Pour les gaines de 35 cm de largeur le prix est d'environ 1 D/m départ usine. En tenant compte du fait qu'il faut au moins une couverture de 50% de la surface il faut donc compter sur un investissement de l'ordre de 1,400 D/m² pour les gaines, soit environ 700 D/serre, auquel il faut encore ajouter une pompe de circulation de l'eau (70 D/serre) et les raccords avec la source d'eau tiède.

Le paillage radiant est très facile à combiner avec une pompe à chaleur eau-eau, à condition qu'on dispose d'une source d'eau pas trop froide (15 à 20°C), ce qui permet de produire d'une part de l'eau à 25-30°C et d'autre part de l'eau à 5-10°C. La pompe à chaleur se compose d'un évaporateur, d'un condenseur de fréon et d'un compresseur, mais est très chère à l'achat, cependant son rendement est deux fois plus élevé que celui d'une chaudière classique.

Le paillage radiant peut s'utiliser également sur les rejets thermiques (eaux de refroidissements) des usi-

nes, des centrales thermo-électriques (Sousse) ou des centrales électro-nucléaires. Dans le cas de la centrale thermique de Sousse où on utilise l'eau de mer pour refroidir les turbines on évacue environ 3 m³/sec avec un ΔT de 6°C, ce qui fournit en plein hiver une eau à 20-21°C permettant le chauffage par paillage radiant de presque 150 ha de serres en relevant la température aérienne d'environ 1,5-2°C et la température du feuillage d'environ 3,5°C.

Le paillage radiant peut se brancher également sur les sources géothermiques basse énergie (20-35°C). Dans la région de Gabes et de Kebili plusieurs forages débitent une eau de cette qualité.

Vu le prix élevé des gaines de paillage radiant nous avons essayé de fabriquer en Tunisie des gaines de paillage radiant en PE noir. Ces gaines ont été installées dans la région de Chenchou (El Hamma) et à la Manouba et semblent pouvoir donner entière satisfaction pour une utilisation durant une saison. En gaines de 150 microns de 27 cm de largeur et avec une couverture de 55% du sol leur prix revient est d'environ 160 ml/m² alors que pour les gaines Sunstock il faut compter un coût de 350 ml/m² en amortissant en 4 ans et 470 ml/m² en amortissant en 3 ans.

Pour le chauffage des serres on peut également utiliser l'énergie solaire. Plusieurs types de capteurs sont possibles, notamment le capteur parabolique. Ce capteur produit de l'eau à 75-80°C mais nécessite une poursuite continue du soleil, nécessitant une mobilité sur deux axes. Il est très cher à l'achat et assez compliqué à faire fonctionner.

Le capteur plan orienté perpendiculairement à la direction du soleil le 21 décembre à midi coûte moins cher (100 à 140 D/m²) et produit de l'eau à 55-60°C. Pour satisfaire les besoins d'une serre il faut néanmoins prévoir 1/4 à 1/5 de la surface de la serre en capteurs, ce qui revient à environ 100 à 125 m² de capteur, soit un investissement de 10 000 D/serre au minimum.

L'eau chauffée par ces deux types de capteurs peut être utilisée dans des aérothermes, des tubes à eau chaude, classiques ou en PVC, des gaines de paillage radiant, etc... L'investissement est de toute façon élevé.

Les serres solaires à double paroi soit en polyméthacrylate de méthyle pour les serres tunnels, soit en plaques de polycarbonates pour les serres chapelles sont encore au stade expérimental. On utilise en général l'eau contenant 1 à 2% de chlorure de cuivre, qu'on chauffe dans la paroi double pour la mettre ensuite en stockage pour la nuit. La nuit l'eau chaude circule dans la double paroi et ainsi tient la serre chaude, sachant que la température du feuillage est en équilibre avec la température de la paroi. Le jour on obtient une diminution de la température sous serre, tout en diminuant également la luminosité. Le réservoir de stockage doit être de 50 à 150 litres par m² de surface cultivée suivant la température à maintenir (2, 3).

De nouveaux procédés utilisant un vitrage double paroi avec une vitre normale et une vitre KOA très absorbant

dans l'infra-rouge proche. Comme fluide on utilise de l'eau normale et le réservoir de stockage a été réduit à 5 litres par m² de surface en utilisant comme source secondaire l'eau de nappe phréatique, source d'eau infinie et à température constante (4).

Certains systèmes de chauffage solaire sous serre utilisent l'air chaud qui est amené par ventilateur vers des conduites souterraines pour y chauffer des pierres ou pour y liquéfier certaines substances comme le chlorure de calcium ou la paraffine. La nuit les objets chauffés cèdent leur chaleur au sol, qui va contribuer au chauffage de l'air ambiant.

Le système de chauffage solaire le moins cher consiste à utiliser la gaine de paillage radiant comme capteur le jour et comme distributeur la nuit. Cette gaine étant noire capte facilement l'énergie le jour et la transmet la nuit sous forme de rayonnement. Le système est constitué d'une piscine d'eau, installée soit à l'intérieur soit à l'extérieur de la serre, d'où est pompée l'eau au moyen d'une pompe de 250W pour la faire circuler dans les gaines sous faible débit (1 à 1,5 l/sec par serre de 500m²) et ceci moyennant un peigne de distribution taraudé afin d'obtenir un débit homogène dans chaque gaine. A la fin de la serre l'eau chauffée par l'énergie solaire est amenée de nouveau vers la piscine à moyen d'un peigne de collecte large, évitant des surpressions dans les gaines. Pour une serre de 500m² il faut disposer d'environ 25m³ d'eau, ce qui prend environ 1/15 de la surface de la serre si on l'installe à l'intérieur.

Les résultats cultureux obtenus montrent un gain moyen de la température minimale de l'air d'environ 2°C en utilisant 60% de couverture du sol; ce gain peut atteindre 3°C durant les nuits à rayonnement intense. Une réduction considérable (3°C) de la température maximale est obtenue les jours chauds. La température minimale du sol est augmentée de 1°C. Tout ceci se traduit par une meilleure croissance de la tomate en longueur, un diamètre de la tige moins grand, une floraison et une nouaison plus précoces. La récolte est intervenue plus précocement également et au 1^{er} avril le rendement était de 930 g/m² pour le témoin, tandis que vers le 1^{er} mai on avait récolté respectivement 4,970 g/m² et 2 480 g/m². Au 15 juin la culture a été arrêtée et le rendement total était de 8 500 g/m² pour le témoin contre 11 010 g/m² pour la serre chauffée. Nous avons constaté également une augmentation du poids moyen global (15).

Un autre essai avec 40% de couverture seulement comparé à un essai utilisant une couverture de 40% combinée avec un écran thermique transparent en EVA (utilisé uniquement la nuit) a permis de constater une augmentation de la température minimale en moyenne de 0,9°C sans écran et de 2,0°C avec l'écran thermique. Les températures maximales dépendaient de la journée. La température minimale du sol sous serre avec écran thermique a augmenté en moyenne de 2°C au début de la culture, mais les différences diminuent au fur et à mesure que le climat s'améliore pour se

situer à un gain de 0,8°C vers la mi-avril. Dans la serre chauffée sans écran thermique les gains en température minimale du sol étaient respectivement 0,8°C au début et 0,3°C à la fin de la période d'observation. Les températures maximales du sol deviennent rapidement plus faibles dans les serres chauffées, surtout à 5 cm de profondeur.

La croissance d'une culture de piment cv Anaheim a extériorisé une hauteur plus élevée, un nombre de ramifications plus important et une surface foliaire plus grande sous les serres chauffées, les différences étant moins importantes sous la serre sans écran. La production précoce et semi-précoce était la plus élevée sous serre chauffée avec écran présentant respectivement 560/m² et 2 550 g/m² contre 490 g/m² et 2 140 g/m² pour la serre sans écran et 320 g/m² et 1 830 g/m² pour le témoin non chauffé. Le rendement total se situait entre 3 400 et 3 500 g/m² pour les 3 serres. Le poids moyen global était légèrement plus élevé sous serre témoin, 26,5 contre 23,5 et 22,5 g pour les serres chauffées.

Nous avons pu constater également que ce système de chauffage est fort intéressant sur une culture faiblement développée, mais présente certaines limites sous serre hivernale avec des cultures plantées précocement en automne et donc bien développées en plein hiver. Nous essayons actuellement pour ce cas de combiner le capteur intérieur avec une surface de captage extérieure, dont la surface doit être de l'ordre de 15-20% de la surface de la serre. Ce capteur extérieur peut être constitué d'une gaine en PE transparent méplate, qui semble contribuer d'une meilleure façon au chauffage de l'eau que la gaine en PE noir. La meilleure gaine de captage serait une gaine combinée avec une surface inférieure noire et une surface supérieure transparente. Les essais avec les gaines de captage extérieur sont en cours à l'I.N.A.T. et à la SAN de Monastir et il est encore trop tôt pour conclure. D'autre part nous essayons également de remplacer la piscine par une tranchée centrale de 1 m de profondeur et 0,5 m de largeur dans le sens de la longueur de la serre, revêtue de PE et couverte par un dallage léger. Ce système présente l'avantage d'éviter les pertes en surface de culture tandis que les pertes d'énergie latérales, qui de toute façon sont faibles vu le faible coefficient K du sol, se transmettent au profit des plantes cultivées de part et d'autre de la tranchée centrale.

Un autre moyen de chauffage des serres est la géothermie, se présentant sous trois formes différentes, notamment:

- basse énergie (20-35°C): parmi ces ressources on peut classer les puits de surface dans certaines régions et des forages à faible profondeur, comme par ex. à Ghannouch
- moyenne énergie (40-60°C): comprenant les forages à profondeur moyenne comme par exemple à Chenchou (55°C) et certaines sources thermales comme par exemple Ain Atrous à Korbous (57°C)

- haute énergie (65-80°C) : comprenant les forages à grande profondeur (+ 1 000 m) comme le nouveau forage dans la région de Tozeur où l'eau sort à environ 73°C.

L'utilisation de ces ressources géothermiques peut se faire par l'utilisation du paillage radiant pour les ressources basse énergie. Une tentative dans ce genre est prévue pour la campagne prochaine à Ghannouch. Pour les ressources moyenne énergie, il faut plutôt penser à une combinaison de tuyaux à eau chaude (PVC ou PEhd) pour l'aller avec éventuellement un retour sous forme de paillage radiant si la température est descendue à un niveau acceptable. Une tentative dans ce genre est programmée pour la campagne 1982-1983 dans le périmètre de Chenchou. Pour les ressources haute énergie il faut prévoir un chauffage par tuyaux à eau chaude au moins dans deux serres successives, tout en adaptant la surface d'échange dans la deuxième serre à la température d'entrée (nombre de tuyaux supérieur, tuyaux de dimensions inférieures). Après sortie de la 2^e serre, un chauffage mixte tuyaux-paillage radiant est possible dans une 3^e et on peut prévoir éventuellement un paillage radiant dans une 4^e serre.

Parmi les systèmes basse énergie on peut signaler également la possibilité d'utiliser chez un agriculteur, disposant de deux puits, l'eau d'un puits pour rafraîchir une serre au printemps, en automne et éventuellement en été, et de stocker l'eau chauffée dans la masse du 2^e puits (chaud). Pendant la période froide on utilisera le circuit inverse et on chauffera la serre par refroidissement de l'eau du puits chaud en versant l'eau refroidie dans le 1^{er} puits (froid). Des résultats préliminaires dans ce sens sont encourageants (14).

5. Amélioration du bilan thermique par les techniques culturales

L'exploitation de l'opacité d'un film d'eau vis-à-vis du rayonnement IR long permet de diminuer les déperditions nocturnes sous serre PE. Un léger bassinage l'après-midi sur les sentiers dans la serre permet d'augmenter l'humidité de l'air par la vaporisation de l'eau. Au coucher du soleil cette humidité supplémentaire favorisera la formation d'une buée plus promptement et c'est cette buée qui va s'opposer aux transferts énergétiques par rayonnement de la paroi. Comme la buée peut gêner la croissance en favorisant l'apparition de maladies cryptogamiques, certains producteurs de PE ont mis au point des films antibuée, auxquels on ajoute un mouillant (Sunclear), évitant la formation de gouttelettes et favorisant la formation d'une mince pellicule d'eau, glissant le long des parois.

L'élevage des plantes en pots de grande dimension permettant de planter une serre avec des plants plus développés, à activité respiratoire plus forte, permet également de produire plus facilement une buée nocturne sous serre et rend donc la culture moins sensible

aux inversions par rayonnement. Le meilleur moyen pour y arriver serait le chauffage de la pépinière à l'aide d'un chauffage électrique du sol ou d'un chauffage à air pulsé en élevant les plantes en mottes de 14 cm ou en pots perforés de la même dimension, permettant ainsi de maintenir au maximum 40 plantes par m² et de planter sans dépotage (et sans perturber les plantes) au stade 1^o bouquet noué et 2^o bouquet épanoui, sachant qu'à ce moment les 3^o, 4^o et 5^o bouquets sont déjà induits. Ceci permettra donc d'obtenir 5 bouquets convenables non bifurqués, avec des fleurs de bonne qualité, mieux disposées à nouer convenablement ou répondant plus favorablement à un traitement hormonal ou à la vibration.

6. Amélioration du bilan thermique par réduction de la température

Le réduction de la température sous serre en période chaude peut se faire de plusieurs façons, notamment par accroissement des déperditions calorifiques (aération, ventilation), par refroidissement de l'air et par réduction des apports calorifiques.

Sous serre plastique l'accroissement des déperditions calorifiques se fait essentiellement par aération. Cette aération se réalise par l'ouverture complète des portes ou des pignons et latéralement par écartement des laizes plastiques. Si cette méthode d'aération est suffisante en hiver, il est tout de même difficile pour l'agriculteur d'adapter l'aération aux variations du climat durant la journée, tandis qu'au printemps et en automne cette méthode est tout à fait insuffisante. Plusieurs solutions sont possibles pour améliorer l'aération en période chaude :

- la mécanisation de l'ouverture latérale par fixation du bout des laizes sur un câble mû par un treuil. Ceci rend plus facile l'adaptation instantanée de l'aération aux changements brusques du climat.
- la présence d'ouvrants latéraux reliés à un câble et mû par treuil. Cette aération latérale semble de toute façon, et ceci malgré sa mécanisation, insuffisante durant les jours chauds du printemps et de l'automne et c'est pour cette raison que plusieurs autres solutions ont été envisagées :
 - le positionnement des ouvrants dans le faîtage de la serre, facilitant ainsi l'évacuation de l'air chaud accumulé en haut de la serre;
 - l'écartement latéral des laizes paires combiné avec l'écartement dans le faîtage des laizes impaires par l'installation de 3 treuils, contribuera à dynamiser davantage l'aération statique;
 - l'utilisation d'un PE annuel de 120 microns, ce qui permet de couvrir en automne au moment où le climat se refroidit et d'aérer au printemps en trouant de plus en plus le PE en fonction de l'amélioration du climat. Ceci n'est possible que dans la mesure où le prix du PE normal est sensiblement inférieur à celui du PE longue durée.

- la couverture de la serre dans le sens de la longueur par 2 films, écartés dans le faitage de 30 cm. Durant la période froide on glisse en dessous de ces 2 films un film de PE normal de 1 m de largeur, qu'on enlève dès l'amélioration du temps. L'aération se fait en soulevant à certains endroits le PE du sol et en le maintenant par un bâton. L'air frais entre au niveau du sol, aère la base des plantes et chasse l'air chaud à travers la fente centrale dans le faitage. Des serres de ce genre fonctionnent déjà dans la région d'Angers (France) et de Hertford (Angleterre).

Dans le cas où on veut fixer définitivement le film dans le sol, on peut prévoir une bande soudée de 1 m de largeur environ, permettant de recouvrir les trous d'aération pratiqués dans le premier film.

A Corquefou en France on expérimente actuellement une serre où les 2 films se touchent dans le faitage, mais leur écartement est possible par treuil.

- la dernière nouveauté dans ce domaine consiste en une serre à toit découvrable jusqu'à la hauteur de 2 m. Cette serre du type Fournier est très chère et revient à environ 6D/m², soit plus de 2 fois le prix des serres actuelles.
- l'utilisation d'une laize de 2 m de large en PE annuel amovible entre deux laizes de 6,5 m de large en PE longue durée permet également d'entrevoir des améliorations dans l'aération des serres.

Sous serre vitrée ou couverte en plaques remplaçant la vitre, l'aération se fait normalement par des volets d'aération soit par voie mécanique, soit par voie automatique. Dans ce dernier cas la commande se fait par thermostat, mais il y a une protection automatique contre les vents trop violents.

L'accélération des déperditions calorifiques peut se faire par ventilation (extraction de l'air chaud). Pour pouvoir maintenir sous serre la température ambiante extérieure il faut prévoir 50 à 60 renouvellements de l'air par heure, ce qui limite la longueur de l'axe à ventiler à environ 60 mètres. Pour une serre de 500 m² il faut prévoir un débit horaire de 72 000 m³, ce qui demande au moins deux gros ventilateurs de 1 m de diamètre, tournant à environ 500 tours par minute. La commande de ces ventilateurs se fait par thermostat. Les résultats obtenus à Avignon (13) montrent tout de même la faible efficacité de ce système et on ne conseille pas d'installer un système de ventilation permettant plus de 10 renouvellements par heure.

Le refroidissement des serres peut se faire par le «pad and ven cooling» consistant à faire passer à travers un matelas poreux maintenu homogènement humide et dont l'efficacité se rapproche de celui du thermomètre

mouillé, un air sec et chaud afin d'augmenter son humidité et de baisser sa température, en se chargeant à travers le panneau humide d'une certaine quantité de vapeur d'eau. Plus on veut refroidir l'air, et plus épais doit être le matelas, afin de permettre à l'air de se charger davantage en vapeur d'eau. En serre étanche on utilisera la dépression (environ 3 mm de colonne d'eau) en utilisant des ventilateurs extracteurs; dans ces conditions l'air pénètre par les fuites (= le matelas humide) pour remplacer l'air extrait. En serre étanche on optera pour le système par surpression: l'air extérieur sera chassé par le ventilateur à travers un matelas humide, pénétrera dans la serre et sortira de nouveau par les fuites. Ce dernier système s'appliquera par exemple pour les serres gonflables, sans ossature portante. Pour obtenir un fonctionnement adéquat il faut prévoir environ 60 renouvellements par heure du volume total de la serre, ce qui limite la distance entre le ventilateur et le matelas d'environ 60 m dans un système fonctionnant par dépression. Avec un système pareil on peut obtenir une baisse de la température d'environ 12 °C par rapport à l'air extérieur, à condition que l'air extérieur soit très chaud et très sec (35-40 °C et 20-30 % HR). Le fonctionnement des ventilateurs et des humidificateurs est réglé par thermostat.

Un système plus simple pour le refroidissement est l'utilisation de l'eau courante sur le toit d'une serre vitrée. L'eau se vaporise et la chaleur de vaporisation va être soutirée à la serre par le biais du contact avec la vitre. Ce système peut donner une diminution de la température de l'air d'environ 3-4 °C.

La réduction de l'énergie incidente peut également contribuer à la diminution de la température sous serre. Parmi les moyens d'ombrage utilisables on peut citer les enduits (lait de chaux ou blanc d'Espagne) apportés soit à l'intérieur, soit à l'extérieur de la paroi, ainsi que les écrans d'ombrage (jute, PE coloré, claies d'ombrage rudimentaires ou sophistiquées — bois ou plastique — toiles en nylon ou en matières plastiques) mus soit manuellement, soit mécaniquement, soit automatiquement par thermostat. Plusieurs écrans thermiques sont utilisables comme toile d'ombrage.

Pour les serres vitrées on utilisait dans le temps le verre martelé, dissipant mieux les rayons que le vitrage ordinaire. Les dernières années on s'oriente surtout vers l'utilisation de vitrages spéciaux, qui sont de deux types différents:

- vitrage à transmission variable consistant dans un polymère synthétique pris en sandwich entre deux feuilles de verre. Ce polymère a la caractéristique de virer de la transparence vers l'opalescence suivant la température et ceci selon un processus réversible. La température de virage se situe entre 35 ° et 90 °C suivant le matériel utilisé et suivant les additifs.
- vitrage à transmission non variable parmi lequel on peut classer le vitrage diffusant (ou vitrage strié), le vitrage réfléchissant (Hortiplus) et le vitrage absorbant coloré dans la masse.

7. Conclusion

Nous constatons donc qu'un nombre très important de possibilités existent pour mieux maîtriser le climat sous serre, mais que le choix est parfois difficile, nécessitant plusieurs années d'observations du comportement des cultures.

En matière d'amélioration du bilan thermique nocturne, problème très important pour les cultures de primeurs destinées à l'exportation, il s'agit surtout d'un problème énergétique, afin de produire plus et mieux, avec un coût de production acceptable. Notons également que la génétique peut apporter une aide appréciable et que

par exemple des variétés parthénocarpiques, exploitant le gène *pat 2*, ne nécessiteront plus 12°C comme température minimale, mais 8-9°C seulement, et soulageront ainsi considérablement le prix de revient de la production. Il va de soi que la création de variétés de tomates nouant à des températures plus basses, ouvre les mêmes perspectives, ainsi que l'obtention de variétés à maturation ralentie à partir de certains mutants de maturation (les gènes *rin* et *nor*).

Le chemin pour aboutir à cet objectif est long et difficile, mais moyennant un renforcement, une meilleure structuration et coordination de la recherche et de l'expérimentation en Tunisie, nous pensons que les cultures sous abris offrent de bonnes perspectives.

Bibliographie

1. Chiappale J.P., Mozeno A. et Damagnez J. (1974) Influence du climat extérieur sur le microclimat des serres au niveau de la surface d'échange — *Acta Horticulturae* 42 — p.
2. Chiappale J.P., Damagnez J. et Denis P. (1977) — Modification of a greenhouse environment through the use of a collecting fluid — *International Symposium on controlled environment agriculture* — p. 122-138.
3. Chiappale J.P. (1978) Une année de mesures sur le nouveau procédé de « serre solaire » résultats physiques et agronomiques — *Acta Horticulturae* 76 — p. 219-228.
4. Chiappale J.P. (1981) La serre solaire INRA-CEA: résultats physiques — *Acta Horticulturae* 115 — Vol. 2 — p. 387-400.
5. Chiappale J.P., Kittas C. et De Villèle O. (1981) Estimation régionale des besoins de chauffage des serres — *Acta Horticulturae* 115 — Vol. 2, — p. 493-502.
6. Cormary Y. (1981) How to calculate greenhouse heat losses according to the plant comfort and the type of greenhouse heat exchanger — *Acta Horticulturae* 115 — Vol. 2 — p. 637-647.
7. Gac A. (1967) — Construction des serres. Etude de leurs caractéristiques physiques — B.T.I. Minist. Agric. n° 217
8. Gac A., (1974) — Echanges thermiques dans les serres et abris. C.R. Réunion Comité des plastiques en agriculture.
9. Gudehus H.C. (1978) Determination of air exchange figures with regard to closed greenhouses — *Acta Horticulturae* 76 — p. 301-304.
10. Hallaire M. (1950) : Les températures moyennes nocturnes, diurnes et nycthémérales exprimées en fonction du minimum et du maximum journaliers de température — *CR Acad. Sc* 1950 — 231 — p. 1533-1535.
11. Mougou A. et Verlodt H. (1978) — Influence de différents types d'abris sur le bioclimat — *Med. fac. Landbouw Rijksuniv. Gent*, 43, 1471-1480.
12. Tantau H.J., (1975) Der Einfluss von Einfach- und Doppelbedachungen auf das Klima und den Wärmehaushalt von Gewächshäusern — *Gartenbautechnische Informationen Heft 4* — Institut für Technik in Gartenbau und Landwirtschaft TU Hannover — Taspo Verlag Braunschweig.
13. Van Bavel C.H.M., Sadler E.J., Damagnez J. (1981) — Cooling greenhouses crops in a mediterranean summer climate — *Acta Horticulturae* 115 — Vol. 2 — p. 527-536.
14. Verlodt H. et Mougou A. (1981) — Premiers résultats de l'utilisation géothermique de la gaine de paillage radiant sur une culture de melon.
15. Verlodt H., Nasraoui B. et Mougou A. (1981) — Agronomical results of solar energy recovery and heating by the Sunstock system on an early tomato crop under plastic polyethylene greenhouse — *Acta Horticulturae* 115 — Vol. 2 — p. 565-574.
16. Verlodt H., Driss Z. et Knani H., en préparation Influence sur le climat diurne et nocturne et sur le comportement agronomique de différentes couvertures de serre et d'un écran thermique.
17. Verlodt H. (1981) · Manuel de travaux dirigés en Cultures Maraîchères de la 3^e année Agronomie — Chapitre VI — 8 pages.
18. Von Zabeltitz Chr. (1982) — Energieeinsparung und alternative Energiequellen im Gartenbau — *Ulmer Verslag Stuttgart* p. 15-29.

PROJETS
PROJECTS

PROJEKTEN
PROYECTOS

Le compost de broussailles en Tunisie

Le Comité peut enfin — au terme de ses 5 premières années d'activités — matérialiser son projet d'application des Méthodes Jean Pain en Tunisie.

Au terme de démarches administratives qui ont débuté en 1981, le feu vert vient d'être donné. Trois anciens stagiaires du Comité sont associés au projet, et c'est l'un d'eux, Gerrit Van Dale, qui le présente ci-après, en tant que chef du projet :

« Le Comité Jean Pain lance, en mars 1983, son projet de développement dans le Nord de la Tunisie. C'est en 1980 que l'idée de ce projet a pris corps, après quelques contacts d'Hendaoui Sadok, un Tunisien ayant participé au stage d'automne 79, avec des habitants de Cap Serrat, un cap dans la Méditerranée, à une trentaine de kilomètres à l'est de Bizerte.

Si Cap Serrat est considéré par l'étranger comme un endroit paradisiaque, il n'en est pas de même pour la population indigène, constituée surtout de Berbères sédentarisés. L'agriculture, qui constitue leur principale occupation, ne parvient pas à leur assurer le minimum vital.

Ceci résulte, pour une part, de la situation géographique (région de dunes, aux sols pauvres avec beaucoup de vent) et pour une autre part, de l'activité humaine : par le déboisement de dunes surpâturées et à cause de la production de charbon de bois (légalement interdite mais fort lucrative), les bois qui faisaient office d'écrans contre le vent et le sable disparaissent.

Cette situation est intenable : l'influence de la mer se fait de plus en plus sentir, les rendements continuent à baisser et les habitants sont contraints — pour compléter leurs revenus — d'intensifier la production de charbon de bois ce qui entraîne de nouveaux déboisements.

Pour apporter une solution à ce problème, il faut donc agir sur deux plans : reboiser et garantir des revenus. Pour l'application de la méthode Jean Pain, nous allons essayer d'agir comme suit, avec la participation de la population locale : en retrait de la bande étroite de littoral et de dunes dans laquelle les petits villages concernés sont situés, s'étire une bande boisée de quelques kilomètres de large.

Bien qu'elle porte les traces de la mer toute proche, cette zone boisée se trouve pourtant en bon état et bien entretenue par les Services des Eaux et Forêts.

Plus à l'intérieur des terres le sol est plus fertile, avec des bois, des cultures et des pâturages extensifs. Depuis quelques années, une équipe de volontaires allemands y est à l'œuvre : intensification de l'élevage bovin, notamment par l'amendement des pâtures. Pour ce faire, ils débroussaillent et ensèment avec des graminées de meilleure qualité. En collaborant avec ce projet et avec les Services des Eaux et Forêts, nous comptons disposer de quantités de broussailles et de bois d'élague indispensables pour la production de compost de broussailles. Cette matière ligneuse, réduite en charpie par une équipe de travailleurs temporaires de l'endroit, disposant de 5 petits broyeurs, sera conduite vers l'aire de compostage. Tout le broyat y subira une imprégnation de 48 h avant d'être mis en tas. Après une fermentation d'une durée probable de 6 à 8 mois, le compost sera utilisé à diverses fins : d'abord en couverture sur de petites parcelles du douar (village) concerné ; l'accroissement escompté de la production devrait permettre d'écouler une partie de la récolte au marché local. Une partie du compost sera réservée pour la plantation de haies et d'arbres fruitiers autour des parcelles de cultures maraîchères.

Autre utilisation importante du compost : lors du reboisement des dunes, effectué par le Service des Eaux et Forêts avec des résultats assez décevants à cause des conditions climatiques et de la médiocrité du sol, l'apport de compost de broussailles devrait se révéler utile.

A côté de l'aire de compostage sera installé un jardin expérimental. Une partie du compost y sera utilisée pour la culture de légumes, de fruits et de céréales, dans un but éducatif et de démonstration.

En marge de l'objectif primordial du projet qui est de produire et d'utiliser le compost de broussailles à des fins agricoles, et de former les autochtones à cette méthode, des activités annexes sont encore prévues.

C'est ainsi que nous envisageons d'installer une petite pépinière et une petite unité de production de biogaz.

Une éolienne sera construite pour le pompage de l'eau nécessaire au trempage des broussailles.

Grâce aux stagiaires, aux étudiants en agronomie et aux intéressés qui pourront s'initier à nos techniques sur place, ce projet pourrait servir de tremplin pour d'autres actions en d'autres endroits de la planète.»

Si ce projet a pu prendre corps, c'est grâce au cofinancement que notre Comité a obtenu du Ministère belge de la Coopération au Développement.

Nous nous faisons un devoir de le souligner et remercions l'A.G.C.D. pour son aide et ses précieux conseils.

G. Van Dale

INTERVIEW de Alain Vandendeyck — 24 ans — célibataire

Q. *Quelle est votre formation ?*

A.V. Je suis né à Bruxelles/Belgique.

J'ai fait des études d'Agronomie Tropicale à l'I.A.T.H. de Ath.

J'ai été diplômé en 1980. J'ai complété cette formation par des études de technicien vétérinaire à l'Institut de Médecine Tropicale Prince Léopold de Antwerpen.

Q. *Vous aviez probablement l'intention depuis un certain temps de travailler dans les pays en voie de développement. Comment vous êtes-vous organisé pour trouver un emploi, et pour quel employeur êtes-vous parti ?*

A.V. J'ai suivi la filière normale, à savoir: écrire aux ambassades, au Ministère de la Coopération, aux firmes privées et bureaux d'études aux O.N.G. Toutes les réponses furent négatives. C'est finalement par relations que j'ai été introduit dans un bureau d'études: La Socfinco.

Q. *Dans quel pays vous a-t-on envoyé ? Combien de temps êtes-vous resté ? Avec quels organismes locaux étiez-vous en rapport ?*

A.V. 1) Congo-Brazzaville (région de la Cuvette) · 6 mois;

2) République centrafricaine (50 km de Bangui) · 4 mois.

Pour les deux pays, nous dépendions du Ministère de l'Agriculture.

Q. *Pouvez-vous résumer vos activités pendant votre séjour outre-mer ?*

A.V. 1) Congo · Travail de prospection pédologique et topographique en vue de la mise en route d'une plantation de cocotiers (cocos) de 6 000 ha;

2) Centrafricaine · remise en ordre d'une plantation de palmiers à huile laissés à l'abandon depuis 2 ans.

Q. *A votre avis, votre présence là-bas a-t-elle été utile ? Pourquoi ?*

A.V. Dans les deux pays, un travail de formation a été nécessaire ce qui est toujours positif. Par contre, il est dommage de constater que souvent, les Africains font plus confiance aux « Blancs » venus de l'étranger qu'à leurs propres frères ayant une formation identique.

Q. *Vous avez certainement identifié quelques problèmes concernant le développement rural dans le pays où vous avez été envoyé ? Pouvez-vous brièvement les évoquer ?*

A.V. — Inertie totale de l'Administration empêchant les projets de démarrer, aussi bien au niveau local qu'international (exemple (B.A.D).

— Incapacité, voire incompétence de certains dirigeants nommés à des postes clefs.

— Corruption quasi généralisée dans les hautes sphères.

— Certaine apathie de la population: on observe quelquefois une mentalité « d'assistés ».

Q. *Voulez-vous faire quelques commentaires sur des sujets qui n'ont pas été évoqués au cours de ce bref entretien ?*

A.V. Certains pays africains préfèrent consacrer une partie non négligeable de leur budget à des travaux de prestige souvent inutiles, alors que l'agriculture, les routes, les ponts sont souvent dans un état de délabrement lamentable

De heer Alain Vandendeyck, Belg, ongehuwd, industriële ingenieur in Tropische Landbouwkunde uit de I.A.T.H. te Ath, heeft zich gespecialiseerd in de veeteelt voor Tropische Landen in het Instituut voor Tropische Geneeskunde te Antwerpen. Hij heeft zich, twee keer, als vrijwilliger van de samenwerking, in Congo-Brazzaville in de aanplanting van kokosbomen en Centraal-Afrika in de aanplanting van palmbomen ten dienste gesteld.

Ondanks de inertie van de Administratie, de onbekwaamheid van zekere belangrijke leiders, het bederf quasi algemeen in de hoge sferen, de traagheid van de bevolking, heeft hij zijn activiteiten tot een goed einde kunnen brengen.

Une réponse, parmi d'autres, aux problèmes de scolarité pour les enfants d'expression française résidant outre-mer.

Jacqueline Thys-Magis

Nous nous proposons d'exposer notre expérience acquise au Nord-Cameroun ces deux dernières années scolaires (1981-1982/1982-1983).

Il s'agit de scolariser des enfants à travers un enseignement par correspondance pour ceux d'entre eux rencontrant des problèmes de santé ou d'éloignement. Le Ministère de l'Education Nationale de la République Française patronne le Centre National d'Enseignement par Correspondance ou C.N.E.C.

Mais, plus précisément, comment s'organise ce système? Votre enfant, une fois inscrit au C.N.E.C., travaille seul et/ou avec l'aide d'un ou de répétiteurs son programme scolaire officiel et rédigé par le Centre. Les devoirs imposés, il les envoie régulièrement et selon un calendrier strict (une fois par semaine au niveau primaire et deux fois par mois au niveau secondaire) au Centre français de référence qui les lui retourne avec corrections, appréciations, remarques, conseils divers des professeurs concernés.

Le C.N.E.C. se répartit en trois centres:

- * à Toulouse: pour le niveau primaire, soit pour le cours préparatoire (C.P.), les deux cours élémentaires (C.E.₁ — C.E.₂) et les deux cours moyens (C.M.₁ — C.M.₂).
Adresse. B.P. 3203, 31051 Toulouse Cedex — France
- * à Rouen: pour le niveau secondaire, premier cycle, soit de la 6^e à la 3^e.
Adresse. 3022X — 76041 Rouen Cedex — France.
- * à Vanves: pour le niveau secondaire, deuxième cycle, soit 2^e, 1^{re} et terminale.
Adresse. 60, Boulevard du Lycée — 92171 Vanves — France.

Précisons qu'il s'agit d'études préparant à un bac. littéraire ou économique ou scientifique, à l'exclusion de toute option technique.

Pour revenir à notre expérience, quatre enfants ont suivi ce mode d'enseignement par correspondance au cours de l'année scolaire 81-82. Ils ont étudié seuls et avec l'aide d'une répétitrice (à raison de 16 h./semaine). Cette personne a été recrutée parmi les connaissances des parents et est agréée pour l'enseignement technique supérieur.

Les cours du C.N.E.C. étant bien conçus pour l'étude personnelle, n'importe quelle personne, ayant terminé le bac., peut faire répéter des enfants, principalement ceux du niveau primaire.

Les résultats ayant été concluants, l'initiative privée a fait tache d'huile. En effet, pour l'année 82-83, une vingtaine de familles ont constitué un comité de parents qui a créé un centre de regroupement du C.N.E.C., actuellement en fonction et assurant la scolarité du primaire à la fin du secondaire, soit pour une cinquantaine d'enfants. Les répétiteurs ont été recrutés sur place parmi les bonnes volontés (ingénieurs — licenciés en biologie, en langues germaniques, en philologie classique — pharmacien — agronome — instituteur — infirmières — secrétaire...).

Cependant, attirons l'attention sur le fait que pour organiser ce centre de regroupement du C.N.E.C. il faut, au préalable, s'assurer l'accord politique et administratif des autorités locales et nationales, tout en se référant également au poste diplomatique de la République Française le plus proche.

Pour terminer, nous nous permettons d'ajouter quelques conseils pratiques étant donné notre expérience.

1. Ce système d'enseignement exige un gros effort d'adaptation de l'enfant qui doit apprendre à travailler seul et régulièrement. Le répétiteur éventuel donne les explications complémentaires aux cours. Quant aux parents, ils doivent superviser de près leur enfant s'ils veulent obtenir un résultat fructueux. Ceci exige d'ailleurs de leur part un investissement en temps consacré à l'enfant plus important que dans l'enseignement traditionnel et ce, même avec l'organisation d'un centre de regroupement.
2. Relativement à l'inscription au C.N.E.C.:
 - commencer les démarches dès juin afin d'obtenir l'accord du Centre dans des délais acceptables. Ainsi, vous serez en possession de la liste du matériel scolaire de façon à pouvoir le commander à temps ou l'acheter vous-mêmes pendant vos congés.
 - remplir correctement votre dossier. Ne rien y laisser au hasard sous peine de refus (se munir des certificats ou attestations antérieurs de scolarité). Attention, une absence de réponse du C.N.E.C. à toute demande d'inscription signifie un vice de forme dans la constitution du dossier. Il s'agit donc d'être vigilant et de le relancer à temps. Signalons un délai de réponse du C.N.E.C. de 4 à 6 semaines pour les centres de Toulouse et Rouen, davantage pour Vanves.

3. Matériel scolaire: le posséder dès la rentrée se situant vers le 20 septembre (manuels, livres de lecture de référence, matériel de base pour le dessin...)
4. En ce qui concerne l'envoi et le retour des devoirs: il est préférable d'avoir recours à la valise diplomatique du Consulat français le plus proche. Dans ce cas, prévoir l'achat de timbres français en conséquence (actuellement plus ou moins 4FF/envoi).

En conclusion, soulignons la souplesse et l'exigence de cet enseignement qui permet une adaptation de scolarité à n'importe quelle situation. Il s'agit, en outre, d'un enseignement aligné strictement sur le programme du Ministère de l'Education Nationale Française et réajusté annuellement. Il permet ultérieurement une réinsertion, sans trop de problèmes, de l'enfant dans le système scolaire traditionnel européen.

En complément à cette note très instructive, la Rédaction ajoute les renseignements suivants, utiles pour certains Belges travaillant outre-mer.

Des cours par correspondance sont également organisés officiellement en Belgique mais ils sont conçus pour l'intérieur du pays. Il est donc nécessaire de disposer de l'adresse en Belgique d'une personne qui fera suivre le courrier.

La fréquence d'envoi des travaux, notes et devoirs est déterminée en fonction de l'élève lui-même. Les organisateurs des cours insistent sur le fait qu'il faut compter de deux à trois heures d'étude par cours. Un programme complet conduit à 35-40 heures d'étude par semaine.

Les cours sont gratuits; cependant il y a lieu d'acquérir certains manuels et du matériel classique dont la liste est fournie à l'inscription. Les deux circuits, francophone et néerlandophone, conduisent aux mêmes diplômes ou certificats.

Tous renseignements peuvent être obtenus

— Pour les cours en français: Ministère de l'Education Nationale et de la Culture française

Cité Administrative de l'Etat
Cours par Correspondance de l'Etat
Quartier des Arcades
1010 Bruxelles

— Pour les cours en néerlandais: Ministerie van Nationale Opvoeding en Nederlandse Cultuur

Dienst Schriftelijk Onderwijs
Koningsstraat, 138
1000 Bruxelles

Les examens se passent en 1, 2 ou 3 épreuves orales ou écrites devant le Jury d'Etat en Belgique (Jury d'Etat de l'Enseignement Secondaire inférieur et le jury d'Etat de l'Enseignement Moyen supérieur). Les dates d'inscription et des sessions d'examens sont publiées au *Moniteur Belge* et peuvent être obtenus aux adresses sous-indiquées.

Pour la préparation aux épreuves de jurys d'Etat, le choix des matières peut être fait pour les sections:

- Scientifique a;
- Scientifique b;
- Latin-mathématiques;
- Latin-grec;
- Latin-sciences;
- Sciences économiques;
- Sciences humaines.

In het volgend nummer zal gedetailleerd informatie in het Nederlands worden verstrekt.

N.D.L.R.

Jacqueline Magis-Thys, Belge, infirmière graduée hospitalière et licenciée en Sciences Hospitalières et Médico-sociales.

BIBLIOGRAPHIE
BIBLIOGRAPHYBOEKBESPREKING
BIBLIOGRAFIA**La vulgarisation de la Pisciculture en République Centrafricaine**

Rapport technique sur la vulgarisation de la pisciculture en République Centrafricaine préparé pour le Gouvernement de la République Centrafricaine par l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture, d'après les travaux de V.M. Deceuninck.

— Programme de la Coopération technique de la F.A.O.

Références: projet C.A.F./80/002

30 pages — 1 carte — 7 tableaux.

M. Deceuninck M.V. est ingénieur agronome de nationalité belge, diplômé de l'Université Catholique de Louvain, il est actuellement mis à la disposition du Gouvernement de la République Centrafricaine comme expert en pisciculture à la F.A.O. et conseiller technique principal. Adresse actuelle: c/o PNUD — B.P. 872, Bangui, République Centrafricaine.

La pisciculture en République Centrafricaine a débuté en 1952 en même temps que dans plusieurs autres pays en Afrique Centrale.

Après avoir connu des hauts et des bas la pisciculture fut relancée par un projet régional PNUD/FAO en 1968, puis par trois projets PNUD/FAO nationaux. Ces projets ont développé successivement la recherche puis l'application des résultats de cette recherche par le développement de la vulgarisation, ainsi que la remise en état de stations piscicoles. Pour assurer la continuité de la pisciculture, le troisième projet fut chargé en 1980 de permettre l'auto-financement des trois stations piscicoles principales, d'intégrer toutes les activités de la pisciculture et d'organiser le service de la pisciculture. Il s'agit donc d'un projet global.

En 1982 la vulgarisation encadre 6 483 pisciculteurs avec 7 845 étangs. Le poisson produit actuellement est essentiellement le *Tilapia nilotica*. A l'avenir le *Clarias lazera* sera introduit progressivement dès que l'écloserie aura atteint son régime de croisière.

Les stations piscicoles principales expérimentent pour le moment l'élevage associé porcs-poissons et canards-poissons en vue de le vulgariser.

Pour améliorer davantage l'impact de la vulgarisation de la pisciculture en République Centrafricaine et pour mieux juguler les difficultés rencontrées par les pisciculteurs, le personnel suit des séances de formation et de recyclage. Le départ des experts internationaux à la fin de 1984 laissera la vulgarisation de la pisciculture entre les mains des homologues nationaux bien formés.

Traité pratique de l'irrigation sous pression

par MM. Jan Feyen, Jacques Leliaert et Moussa Badji

Conception et dimensionnement des systèmes permanents, portatifs et semi-portatifs.
Edité en collaboration par A.G.C.D./A.B.O.S. et la K.U.L.

Traité de 231 pages destinés surtout à l'usage des ingénieurs travaillant sur le terrain.
Sont décrits les divers types d'installations d'irrigation, leur fonctionnement, leur placement, leur utilisation et les rendements.

Etude théorique et pratique très fouillée de haut niveau. Le traité n'est pas disponible dans le commerce mais peut être obtenu soit à la:

— Faculteit der Landbouwwetenschappen, K.U.L., Kardinaal Mercierlaan 92, 3030 Leuven (Heverlee) — Belgique, soit à
— A.G.C.D./A.B.O.S., place du Champs de Mars 5, Bte 57, — 1050 Bruxelles — Belgique.

Dirk Van Aken, Dr. Vet. Med., Instituut voor Tropische Geneeskunde, Afdeling Diergeneeskunde — Nationalestraat 155, 2000 Antwerpen — 1982.

Institut Pan-Africain pour le Développement

Le Rapport d'Activités de l'I.P.D. pour 1981-82 est sorti de presse récemment. Il mentionne les principales réalisations en 1981-82 de cette association internationale non gouvernementale fondée en 1964 qui collabore avec 38 pays africains.

L'Institut Pan-Africain de Développement a assuré diverses activités spécialisées en développement rural comme de la formation de longue et courte durée, des séminaires pour la formation de cadres ou de suivi de stagiaires et des recherches sur le développement rural et certain en zones laboratoires. Un service d'appui et de consultation a été fourni à diverses institutions, en même temps que quelques publications voyaient le jour.

Le financement de l'I.P.D. est assuré grâce à des dons de NORAD, C.E.A. (Section des femmes), la Belgique, le Secrétariat du Commonwealth, l'A.C.D.I. et l'US-AID. Des contributions directes et indirectes ont également été fournies par les gouvernements du Bénin, du Cameroun, de Haute-Volta, du Niger, du Nigeria et de Zambie notamment.

Les différents centres de l'Institut Pan-Africain pour le Développement I.P.D./Pan-Africain Institute for Development PAID ont chacun une vocation régionale:

- West Africa: PAID/WA, P.O. Box 133, BUEA, Cameroun
- Afrique Centrale: I.P.D./AC, B.P. 4078, DOVALA, Cameroun
- Afrique de l'Ouest-Sahel: I.P.D./AOS, B.P. 1756, OUAGADOUGOU, Haute-Volta
- East and Southern Africa: PAID/ESA, P.O. Box 80448, KABWE, Zambie

Le secrétariat Général I.P.D./PAID peut être atteint à l'adresse suivante: B.P. 4056, Douala, Cameroun.

NOUVELLES NEWS

NIEUWS NOVEDADES

Stages internationaux de formation

Compost de broussailles

Contenu: enseignement pratique et théorique des méthodes Jean Pain: débroussaillage, broyage, imprégnation, mise en tas, placement des échangeurs et de la cuve de méthanisation, plantations.

Fréquence: 2 stages par an.

Durée: chaque stage dure 2 semaines.

Epoque: deuxième quinzaine de juillet et deuxième quinzaine de septembre.

Lieu: les travaux pratiques ont lieu au chantier expérimental de Londerzeel. Certains cours théoriques se donnent au Campus universitaire de la V.U.B. (à Bruxelles-Jette).

Intendance: Logement:

facultatif: ceux qui désirent loger sur place pendant le stage s'inscrivent comme «résidents»; ils logent alors au Campus universitaire, en chambres individuelles avec douche, literie sur place.

N.B. Il y a un camping à Londerzeel pour les non-résidents qui aiment camper.

Repas:

Les résidents prennent les 3 repas au Campus.

Les non-résidents peuvent prendre les repas de midi au Campus.

Transport: un bus assure le transfert du Campus au chantier et retour.

Langue: Le stage se donne en français, avec traduction simultanée possible en allemand, anglais et néerlandais.

Maîtrise: Le stage est conduit par Etienne Bonvallet, le neveu de Jean Pain, qui a été associé en permanence à ses travaux de recherches.

Certificat: un certificat de fréquentation est décerné en fin de stage.

International Conference on Milk Production in Developing Countries.

2nd-6th April, 1984 — Centre for Tropical Veterinary Medicine, University of Edinburgh, Scotland.

The conference is intended to provide a forum for a review of the problems and solutions relating to tropical milk production.

The provisional programme is composed of 7 sessions:

1. Milk and milk products — Nutritional and social importance
2. International and economic aspects
3. Strategies and systems
4. Breeds and breeding
5. Nutrition of milk producing animals — Appropriate techniques for the production of food for dairy cows
6. Climate and housing
7. Dairy management and herd health.

Registration forms and information can be obtained from:

Dr. A.J. Smith, The Centre for Tropical Veterinary Medicine, Easter Bush, Roslin, Midlothian — Scotland.

International Symposium on Animals as waste Converters

Wageningen (Netherlands)

30 November-2December 1983

A Symposium is being held on the occasion of the 5th anniversary of the Zodiac Animal Husbandry building of the Agricultural University at Wageningen.

It will deal with the possible uses of waste and waste products in animal production.

There will be four sessions, each of half a day:

1. Litter and manure
2. Wastes of plant origin
3. Wastes of animal processing (including dairying, slaughterhouses and poultry stations)
4. Microbial products from wastes (protein production from wastes with fungi, bacteria, algae, etc.)

Secretariat

Professor E.H. Ketelaars, Department of Animal Production, Agricultural University, P.O. Box 338, 6700 AH Wageningen, Netherlands.

Training opportunities at Icarda

The International Centre for Agricultural Research in the Dry Areas I.C.A.R.D.A. has been designed as the world international centre for barley, lentils and faba-beans. Its main research station is at Tel Hadya, near Aleppo, Syria.

I.C.A.R.D.A. offers several types of degree-related and non-degree related research training programmes.

Long (January to July) and short (2-3 weeks) group courses are organized. Individual trainees usually registered with a university for a M.Sc. degree, are also accepted.

For further information write to:

Training and Communications Program, I.C.A.R.D.A., P.O. Box 5466, ALEPPO — SYRIA

Divertissement culturel Sahélo-Soudanien

L'atmosphère était opacifiée par les molécules de poussière des derniers passages de l'Harmattan, dont la bise faisait frissonner les feuillages en spirale des Neem de la concession.

Une scène au rideau rouge traditionnel emporté de temps en temps par le vent et qui laissait entrevoir un intérieur d'appartement aux murs blanc cassé avec une bibliothèque à gauche et au fond, près d'une fenêtre, un tableau de clown triste.

Tel était le décor de la soirée culturelle organisée au sein du Cercle Kalliao de Maroua (Nord-Cameroun) et qui eut lieu le samedi 26 février 1983.

Le divertissement débuta par un montage poétique où ces dames se surpassèrent, faisant alterner humour, douceur et poème provoquant, signé Raymond Devos, Jacques Prévert sans oublier Beaucarne et Varlet, le tout baigné dans une musique d'ambiance.

Ensuite prestation du quartette de musique de chambre, composé de Wim Aelvoet, flûte soprano, Théo Lippeveld, flûte basse, tous deux médecins C.T.B., Bruno Dineur, ingénieur agronome Gembloux, C.T.B., flûte ténor et leur ami Thomas Heun (D), violon, jouant alto.

Pendant une vingtaine de minutes des notes de composition Baroque ou Renaissance s'élevèrent vers les cîmes. Ainsi nous fûmes régales d'une chanson de Michael Pretorius, de suites, de branles, de bourrées et de polonaises, le tout emporté allègrement.

Enfin, après un court entracte, nous pénétrâmes dans le monde original de Jacques Prévert avec « La famille tuyau de poêle ».

Cette pièce humoristique en un acte fut parfaitement interprétée par un groupe de sept acteurs, sous la direction de Anne-Marie Heun, metteur en scène. Signalons particulièrement Thierry Geoffrey (F) dans le rôle principal, Jean-Louis Ledecq, médecin C.T.B., dans le rôle du lieutenant-colonel et enfin Timothy Shilling (USA) dans un rôle de composition particulièrement réussi.

Expérience pleinement positive, ces prestations de groupes d'amateurs de talent se doivent de se renouveler, car elles sont stimulantes et l'expression d'une entente internationale dans le cadre accueillant du Cameroun.

E.T

Instructions aux auteurs

Instructions générales

Manuscript et deux copies sont à adresser à Agri-Overseas, avenue Louise, 183, B-1050 Bruxelles, Belgique. Indiquer clairement l'adresse de l'auteur. Le Comité de Rédaction soumettra le texte à 2 experts, spécialistes du sujet traité. Il sera éventuellement retourné à l'auteur pour être corrigé ou non. Un exemplaire restera dans les archives de Agri-Overseas.

Auteurs recevront gratuitement dix exemplaires contenant leur article.

Tout des photographies, clichés ou tableaux hors excédant une page sera à charge des auteurs.

Instructions pratiques

Le manuscrit comprendra au maximum 20 pages. Les textes seront écrits en double interligne et avec une marge à gauche de **5 cm**, sur papier blanc de format A4 (21 × 29,7 cm).

Titre

Le titre sera écrit en caractères minuscules.

Les auteurs, en dessous du titre. Les noms en minuscule, précédés des initiales des prénoms avec un tiret pour renvoi en bas de page où figurera l'identification des institutions.

Le titre sera dans la langue de l'article et en anglais (maximum 200 mots).

Introduction

Le titre et méthodes ou observations.

Matériaux

Résultats

Les remerciements s'il y a lieu.

Les références bibliographiques seront données en ordre alphabétique des noms d'auteurs et numérotées de 1 à x. Référez dans le texte à ces numéros, entre parenthèses.

Les références comprendront:

— Pour les revues: le nom des auteurs suivis des initiales des prénoms, l'année de publication, le titre complet de l'article dans la langue d'origine, le nom de la revue, le numéro du volume souligné, la première et la dernière page.

Exemple

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

Robinson, D. 1974. Multiple forms of glycosidases in normal and pathological states. *Enzymes* **18**: 114-135.

— Pour les ouvrages: les noms des auteurs suivis des initiales des prénoms, l'année de publication, le titre complet de l'ouvrage, le nom de l'éditeur, le lieu d'édition, la première et la dernière page du chapitre cité.

Exemple

Johnson, M.M. & Zeiger, 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. Volk and S. Spingolipids, sphingolipidoses and allied disorders. Plenum, New-York.

— Les tableaux et figures seront soigneusement préparés, dessinés de façon professionnelle, pourvus d'un titre explicite et numérotés en chiffres arabes. Les photographies seront fournies non-montées et bien contrastées, sur du papier brillant. Les légendes des dactylographiées sur une feuille séparée.

Remarques

— Éviter les notes en bas de page.

— Éviter l'emploi des tirets.

— Éviter l'emploi de majuscules inutiles.

— Le Comité de Rédaction se réserve le droit de rejeter tout article non conforme aux prescriptions ci-dessus.

Instructies aan de auteurs

Algemene voorwaarden

Manuscripten worden in drievoud (één origineel en twee kopieën) gezonden aan Agri-Overseas, Louizalaan 183, B-1050 Brussel, België. Sluit een aanbestedingsbrief in met opgave van het correspondentie-adres.

Elk artikel zal worden voorgelegd aan twee deskundigen en kan aan de auteurs worden teruggestuurd voor omwerking. Een exemplaar blijft eigendom van Agri-Overseas.

De eerste auteur van elk artikel ontvangt 10 gratis exemplaren van het nummer dat zijn artikel bevat.

Figuren en tabellen die samen één gedrukte bladzijde overschrijden, worden aangerekend aan de auteurs.

Praktische richtlijnen

Manuscripten mogen niet meer bedragen dan 20 getypte bladzijden op wit DIN A4 (21 × 29,7 cm) met dubbele regelafstand en **5 cm** linkse marge.

Indeling

Titel: bondig doch informatief, in kleine letters.

Auteurs: onder de titel en voorafgegaan door hun initialen. Institutionele adressen worden gegeven onderaan de eerste bladzijde.

Samenvatting: in de taal van het artikel (maximaal 200 woorden) en in het Engels.

Inleiding.

Materialen en methoden (of waarnemingen).

Resultaten.

Discussie.

Dankbetuiging: indien nodig.

Literatuurlijst: gerangschikt in alfabetische volgorde van auteursnamen en genummerd van 1 tot x. In de tekst wordt naar deze nummers (tussen haakjes) verwezen.

De referenties vermijden:

— Voor tijdschriften: Auteursnamen met initialen, jaar van publicatie, volledige titel van het artikel in de oorspronkelijke taal, naam van het tijdschrift, nummer van de jaargang (onderlijnd), eerste en laatste bladzijde van het artikel.

Voorbeeld

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

Robinson, D. 1974. Multiple forms of glycosidases in normal and pathological states. *Enzymes* **18**: 114-135.

— Voor boeken: Auteursnamen met initialen, jaar van publicatie, volledige titel van het boek, naam van de uitgever, plaats van publicatie, eerste en laatste bladzijde van het geciteerde hoofdstuk.

Voorbeeld

Johnson, M.M. & Zeiger, 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. Volk and S. Spingolipids, sphingolipidoses and allied disorders. Plenum, New-York.

— Tabellen en figuren dienen zorgvuldig ontworpen, de laatste vakvondig getekend, hebben ieder een opschrift en zijn genummerd met Arabische cijfers. Zelfs kontrastrijke niet-gemonteerde foto's op glanzend papier. Onderschriften dienen verzameld op een afzonderlijke bladzijde.

Aanbevelingen

— Vermijdt het gebruik van voetnoten.

— Vermijdt het gebruik van koppeltekens in de tekst.

— Vermijdt het gebruik van onnodige hoofdletters.

Slecht opgemaakte manuscripten kunnen worden afgewezen of zullen de publicatie ervan vertragen.

Instructions to authors

General Conditions

Manuscripts (one original and two copies) are to be submitted to Agri-Overseas, Avenue Louise 183, B-1050 Brussels, Belgium. They must be accompanied by a covering letter from the author stating the address for further correspondence.

Each paper will be examined by two referees and may be returned to the authors for modification. One copy will remain the property of Agri-Overseas. The first author of each paper will receive 10 free copies of the issue containing his paper.

Figures and tables exceeding one printed page will be charged to the authors.

Practical requirements

Manuscripts should not exceed 20 typewritten pages on white paper DIN A4 (21 × 29,7 cm), with double spacing and a **5 cm** left margin.

Organization

Title: concise but informative, in lower-case letter-type.

Authors: beneath the title and preceded by their initials. Institutional addresses are given at the bottom of the first page.

Summary: in the language of the paper (maximum 200 words) and in English.

Introduction.

Material and methods (or observations).

Results.

Discussion.

Acknowledgements: if necessary.

References: presented in alphabetical order of authors' names and numbered from 1 to x. Refer in the text to these numbers (in parentheses).

References will mention:

— For periodicals: authors' names with their initials, year of publication, full title of the articles in the original language, title of the journal, volume number (underlined), first and last page of the article.

Example

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

Robinson, D. 1974. Multiple forms of glycosidases in normal and pathological states. *Enzymes* **18**: 114-135.

— For books: authors' names with their initials, year of publication, full title of the book, name of publisher, place of publication, first and last page of the chapter cited.

Example

Johnson, M.M. & Zeiger, 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. Volk and S. Spingolipids, sphingolipidoses and allied disorders. Plenum, New-York.

— Tables and figures should be carefully designed, the latter being professionally drawn, provided with a title and numbered consecutively in Arabic numerals. Photographs must be good quality, unmounted glossy prints. Legends should be typewritten on a separate page.

Remarks

— Avoid the use of footnotes.

— Avoid using dashes in the text.

— Avoid using capital letters when not necessary.

— Badly prepared manuscripts may either be rejected or suffer delay in publication.

Instrucciones a los autores

Condiciones generales

Enviar el original de los manuscritos y 2 copias a Agri-Overseas, avenue Louise 183, B-1050 Bruxelles, Bélgica. Indicar claramente la dirección del autor.

El artículo será sometido por la Comisión de Redacción a 2 lectores, especializados en el tema tratado y será eventualmente devuelto al autor, para ser corregido o adaptado. De todos modos se guardará un ejemplar en los archivos de Agri-Overseas.

Los autores recibirán gratuitamente 10 ejemplares del número de la revista en el que aparezca su artículo.

El coste de las fotocopias, los clichés o las tablas fuera del texto que excedan una página, correrá a cargo de los autores.

Instrucciones prácticas

El manuscrito comprenderá como máximo 20 páginas escritas a máquina con doble interlinea y con un margen a la izquierda de **5 cm**, en papel blanco de formato DIN A4 (21 × 29,7 cm).

Disposición

Título: corto y en minúsculas.

Autores: debajo del título.

Los apellidos en minúsculas por las iniciales del nombre, con asterisco para remitir a la nota en pie de página donde figurará la identificación de las instituciones.

Resumen: en el idioma del artículo y en inglés (máx. 200 palabras).

Introducción.

Material y métodos o observaciones.

Resultados.

Discusión.

Agradecimientos: si procede.

Referencias bibliográficas: se darán en orden alfabético de los nombres de los autores y estarán numeradas de 1 a x. Referir en el texto a estos números (entre paréntesis).

Las referencias comprenderán:

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

Ejemplo

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

Robinson, D. 1974. Multiple forms of glycosidases in normal and pathological states. *Enzymes* **18**: 114-135.

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

Ejemplo

Johnson, M.M. & Zeiger, 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. Volk and S. Spingolipids, sphingolipidoses and allied disorders. Plenum, New-York.

— Tablas y figuras estarán presentadas cuidadosamente y dibujadas de modo profesional, con un título explícito y con numeración arábiga. Las fotografías se entregarán no-montadas y bien contrastadas, sobre papel brillante. Las leyendas se escribirán a máquina en una página separada.

Observaciones

— Evitar las notas al pie de la página.

— Evitar el empleo de guiones.

— Evitar las mayúsculas inútiles.

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

TROPICULTURA

1983 VOL. 1 N. 2

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

CONTENTS

EDITORIAL

For a Cooperation through Deed of Results

J. Hardouin (*in French*) 37

ORIGINAL ARTICLES

Identification of a strain of maize dwarf mosaic virus, related to sugarcane mosaic virus isolated from maize in Burundi.

M. Verhoyen and P. Gendebien (*in English*) 39

Phaseolus beans, a staple food in Burundi.

P. Devos, J. Van Durme and K. Kabengele (*in English*) 43

Operational research as a tool for farming research in Thies-Diourbel (Senegal)

J. Degand and Lo Cheikh (*in French*) 47

Study of intracranial abscesses by the pig in the area of Lubumbashi, Zaïre.

J. Hanton and M. Jolivald (*in French*) 52

First artificial insemination trials with deep frozen semen imported from Kenya in Burundi.

P. Pozy, A. Banuma and L. Lambotte (*in French*) 53

Improvement of the thermal balance under polyethylen greenhouse.

H. Verlodt (*in French*) 59

PROJECTS

Scrub compost in Tunisia - Comité Jean Pain (*in French*) 70

INTERVIEWS. 71

LETTERS

A possibility to solve education problems of expatriate French-speaking children.

J. Thys Magis (*in French*). 72

BIBLIOGRAPHY. 74

NEWS 75

Editor:
J. HARDOUIN
Institute of Tropical Medicine
Nationalestraat 155
2000 ANTWERPEN - Belgium