

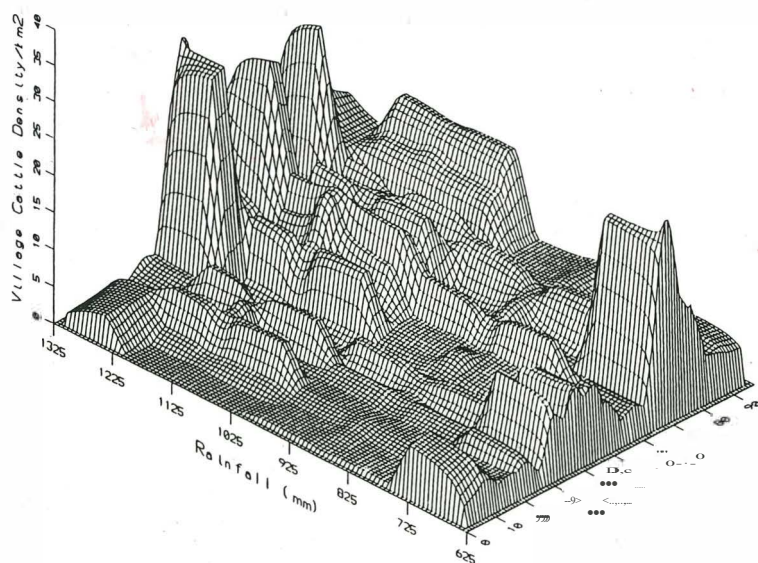
# A. systematic approach to tsetse and trypanosomiasis control

## Approche systematique de la lutte contre la mouche tse-tse et la trypanosomiase

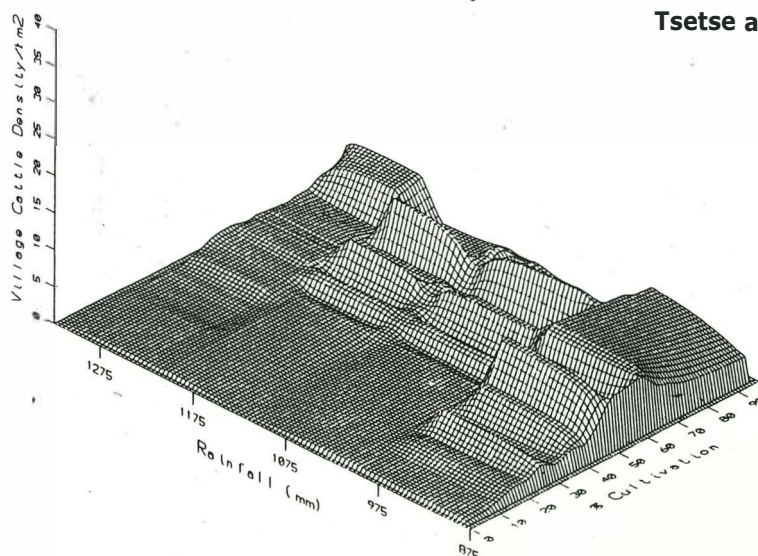
FAQ  
ANIMAL  
PRODUCTION  
AND HEALTH  
PAPER

ETUDE FAQ  
PRODUCTION  
ET SANTE  
ANIMALES

121



Tsetse absent



Tsetse present

Food and Agriculture Organization of the United Nations

Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture



# A systematic approach to tsetse and trypanosomiasis control

# Approche systématique de la lutte contre la mouche tsé-tsé et la trypanosomiase

Proceedings of the FAO Panels of Experts  
Rome, 1-3 December 1993

Comptes rendus des groupes d'experts de la FAO  
Rome, 1-3 décembre 1993

FAO  
ANIMAL  
PRODUCTION  
AND HEALTH  
PAPER

ÉTUDE FAO  
PRODUCTION  
ET SANTÉ  
ANIMALES

121

Food  
and  
Agriculture  
Organization  
of  
the  
United  
Nations

Organisation  
des  
Nations  
Unies  
pour  
l'alimentation  
et  
l'agriculture



Rome, 1994

The designations employed and the presentation of material in this publication do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the Food and Agriculture Organization of the United Nations concerning the legal status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries.

Les appellations employées dans cette publication et la présentation des données qui y figurent n'impliquent de la part de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture aucune prise de position quant au statut juridique des pays, territoires, villes ou zones, ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites.

M-27  
ISBN 92-5-003554-3

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying or otherwise, without the prior permission of the copyright owner. Applications for such permission, with a statement of the purpose and extent of the reproduction, should be addressed to the Director, Publications Division, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Viale delle Terme di Caracalla, 00100 Rome, Italy.

Tous droits réservés. Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite, mise en mémoire dans un système de recherche documentaire ni transmise sous quelque forme ou par quelque procédé que ce soit: électronique, mécanique, par photocopie ou autre, sans autorisation préalable du détenteur des droits d'auteur. Toute demande d'autorisation devra être adressée au Directeur de la Division des publications, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Viale delle Terme di Caracalla, 00100 Rome, Italie, et comporter des indications précises relatives à l'objet et à l'étendue de la reproduction.

© FAO 1994

## FOREWORD

The Panels of Experts to the FAO Programme for the Control of African Animal Trypanosomiasis and Related Development met in Rome from 1 to 3 December, 1993, to advise the Organisation on Technical, Ecological and Development aspects. The working papers produced by individual experts formed the basis for deliberation. They are reproduced here, in full, in the hope that they will be equally useful to those engaged in this specialised field and with its implication on agricultural development and natural resource utilisation in Africa. The views expressed are those of the authors, to whom any queries should be directed, and are not necessarily those of FAO.

One of the main outcomes of the meeting was the strong concern expressed on the need for a concerted and coordinated effort that would actively involve governments, organisations, agencies and donors in the sustainable manner required to improve upon past performance and ensure tangible and lasting results. The feasibility for such action being based on the recognition that practical techniques exist for control of both the disease and the tsetse vector. The FAO Programme Secretariat will respond to this recommendation through a review of policy and the identification and establishing of sub-programme structures needed for the formation of a coordinated and global approach at the various levels.

The Organisation is extremely grateful to all those who participated in the meeting and contributed to its success.

## AVANT-PROPOS

Une réunion du Groupe d'experts du Programme FAO pour le contrôle des trypanosomiasés animales africaines et la mise en valeur des zones concernées s'est tenue à Rome du 1 au 3 décembre 1993 en vue d'examiner les aspects techniques, écologiques et de développement en relation avec le programme. Les débats qui ont eu lieu se sont basés sur les documents de travail préparés par les experts qui y ont pris part à la réunion. Ces documents sont intégralement reproduits dans ce rapport. Il est permis d'espérer qu'il seront utiles pour les personnes engagées dans ce domaine spécialisé et ses implications sur le développement de l'agriculture et l'utilisation des ressources naturelles en Afrique. Les opinions exprimées sont celles des auteurs, à qui il convient de s'adresser directement pour demander éventuellement des clarifications, et ne reflètent pas nécessairement le point de vue officiel de la FAO.

Un des points essentiels dégagés au cours de cette réunion était la mise en exergue de la nécessité d'une action coordonnée et durable qui devrait activement impliquer les Gouvernements, les organisations et agences internationales et les donateurs, en vue de conforter les acquis des réalisations antérieures et de garantir des résultats tangibles et durables. Une telle action est envisageable, compte tenu de l'existence des outils techniques nécessaires pour réaliser à la fois le contrôle de la maladie et de son vecteur, la mouche tsé tsé. Le secrétariat du Programme FAO a décidé de donner suite à cette recommandation en procédant à un examen de sa politique actuelle. Il envisage d'identifier et de compléter les structures de sous-programmes susceptibles de contribuer à une approche coordonnée et globale, aux différents niveaux d'intervention.

L'Organisation tient à exprimer ses remerciements à toutes les personnes qui ont participé à la réunion et contribué à son succès.

## TABLE OF CONTENTS

## TABLE DE MATIERES

	Page
FOREWORD	iii
AVANT-PROPOS	iv
Opening address	1
Discours d'ouverture	4
The Development and Use of Geographic Information Systems to assist Trypanosomiasis Control	7
Développement et utilisation de systèmes d'information géographique aux fins de la lutte contre la trypanosomiase	24
Modeling Tsetse and Trypanosomiasis in Africa	42
La modelisation de la tsé-tsé et de la trypanosomiase en Afrique (Résumé)	56
Contribution de la télédétection spatiale à la cartographie de l'occupation du sol et des biotopes potentiels à glossines. Cas des plateaux de l'Adamaoua Camerounais.	58
Contribution of Satellite Remote Sensing to the mapping of Land Use and of Potential Glossina Biotops. Case Study of the Adamawa Plateaux in Cameroon.	74
The influence of Tsetse Distributions on Settlement and Land utilisation in Zimbabwe	90
Arguments for and against Considering Trypanosomiasis as Different from other Animal Diseases.	96
Faut-il ou non considerer la trypanosomiase comme différente des autres maladies animales?	100

The effect of Tsetse Control on Natural Resources	104
L'incidence de la lutte contre la tsé-tsé sur les ressources naturelles	120
Operational Procedures for the Control of Tsetse Flies and African Animal Trypanosomiasis; A Review of Current Activities and Prospects including Research and Training Requirements for the Future	137
Procédures opérationnelles pour la lutte contre la mouche tsé-tsé et la trypanosomiase animale africaine; Revue des activités actuelles et des besoins futurs, y inclus la recherche et la formation. (Résumé)	148
A Review of Recent Approaches to Sustainable Control and an analysis of the Potential of Modern Techniques for Large Scale Use	149
Examen des méthodes appliquées jusqu'à présent et utilisation potentielle des techniques modernes sur grande échelle	167
Training	183
Formation	187
List of participants	191

## OPENING ADDRESS

by

**Dr. Y. Cheneau,  
Chief, Animal Health Service,  
Animal Production and Health Division**

Distinguished Experts, Colleagues,

On behalf of the Director-General and on behalf of Dr. De Haen, Assistant Director General, Agriculture Department, I would like to welcome the Experts to FAO. We appreciate very much your interest and availability to serve on the Panel of Experts on Ecological, Technical and Development Aspects of the Programme for the Control of African Animal Trypanosomiasis and Related Development. As you are aware, you are here in your technical capacity rather than as national or regional representatives. I do hope that the valuable time you are devoting to this Meeting will be useful in charting the future course of the Programme.

There is an increasing need for Africa to contain tsetse infestation and control trypanosomiasis in order to satisfy its' demand for food. On an average, Africa has a relatively small human population for its land area. However, this population is distributed very unevenly, both between and within countries, resulting in areas of very high and very low population density. Migration from rural areas is increasing the size of urban populations by up to 7 percent a year, making it a challenge to secure adequate food supplies and public services. These population increases in parts of sub-Saharan Africa will drive major demographic, social and economic changes and will transform agriculture. Urbanization will force the commercialization of agriculture and increase the overall demand for foods including those of animal origin.

Increases in the supply of livestock products do not keep pace with this rapidly growing demand. FAO statistics show that from 1970 to 1990 the annual growth in the production of meat from cattle, sheep and goats averaged only 1.6 percent whilst the production of pork and poultry amounted to 3.3 and 5.0 respectively. An overall annual growth of 4 percent would be required to satisfy the current meat demand. These discrepancies are believed to reflect differences in the ability of livestock production systems to respond to changing market conditions. Poultry, eggs, pork, and, to a lesser extent, dairy production tend to be relatively responsive to changing market forces despite the dependency on technology and inputs. Extensive ruminant production, on the contrary, only gradually moves toward more intensive methods. FAO estimates indicate that by the year 2010 out of a total sub-Saharan meat production of 8.9 million tons about one third will consist of pork and poultry meat. This proportion was 18 % in 1969/71 and 28 % in 1988/90. The share of ruminant meat production is declining rapidly.



Ruminant production has always been mainly confined to drier areas. The present trend is that major portions of grazing lands in arid and semi-arid zones are degrading and that more and more land areas are brought into the cultivation cycle. This poses a threat to traditional pastoral systems because of the scarcity of feed and water whilst the transformation to mixed crop and livestock production is severely limited by aridity.

However, in highlands and better rainfed lowland areas integrated mixed farming is essential as is a substantial ruminant livestock production component. There is as yet an inadequate appreciation and understanding of the dynamics of crop-livestock farming systems, which involve a great variation in cropping patterns, market opportunities, livestock alternatives, labour, technology and inputs. This applies particularly to the subhumid zone where crop-livestock farming is in early stages of evolution and will be of major importance in the future.

Here, humidity and temperature dependent vector borne and other parasitic diseases in livestock sharply reduce productivity. Disease-associated annual losses of \$4 billion in sub-Saharan Africa are equivalent to about one-fourth of the value of total livestock production in sub-Saharan Africa. Direct losses from tsetse transmitted bovine trypanosomiasis alone are believed to range from 0.6 to 1.2 billion USD per annum. The balanced integration of the crop and the livestock sectors will not be practically realized in the absence of strategic interventions to contain trypanosomiasis and other parasitic diseases.

Effective animal disease control is impeded by a number of factors. The inability of many countries to maintain effective surveillance and control measures and the general lack of effective means of delivering veterinary services throughout sub-Saharan Africa are believed to constitute the main constraints. Associated with the ongoing trend towards privatisation of veterinary services and the introduction of cost recovery schemes for animal health inputs there is a growing awareness that livestock keepers and farmers themselves should play a major role in containing livestock disease.

This accords well with recent developments in tsetse control which may now involve rural communities. New techniques which are simple and environmentally friendly such as traps, targets and insecticide treated livestock are increasingly being used to suppress fly populations and restore acceptable, low levels of disease transmission. However, the effectiveness of these varies with local circumstances and preliminary indications suggest that technically and economically optimal disease control may only be obtained in and around agriculturally productive land.

Therefore, priorities and strategies for animal health and production should focus on optimal use of natural resources and the intensification of agriculture with emphasis on the development of mixed crop-livestock farming systems that will increase productivity while improving the social and economic conditions of people. The greatest immediate opportunities for increased ruminant production are recognized as being located in those portions of the subhumid zone where demographic pressure provides opportunities for a demand driven transformation of production systems and where, concurrently, physical changes in the landscape are conducive to sustainable parasitic diseases control.

In this regard I would like to call upon you, the experts, to discuss the ecological, technical and development aspects involved and advise FAO how to strengthen its efforts and so better assist member countries in the design, preparation, implementation and monitoring of programmes for the Control of African Animal Trypanosomiasis and Related Development which duly address the current issues of sustainable agriculture and rural development in sub-Saharan Africa.

I notice that the Expert Panel has a formidable array of issues to cover in the three days. I am certain that with the wide spectrum of expertise at its disposal, the Panel will take a fresh look at the Programme and come up with practical recommendations for balancing the approach to the problem and for improving interventions towards better resource utilisation in tsetse affected areas. I wish you every success in this task.

## DISCOURS D'OUVERTURE

par

**Dr. Y. Cheneau**  
**Chef du Service de la Santé Animale**  
**Division de la Production et de la Santé Animales**

Messieurs les experts, mes chers collègues,

Au nom du Directeur Général et du Dr. De Haen, sous-Directeur Général, chargé du Département de l'Agriculture, il m'est agréable de souhaiter la bienvenue à nos experts dont la plupart sont venus de loin pour répondre à l'invitation de la FAO. Je voudrais les remercier à l'avance de l'intérêt qu'ils manifestent à nos activités et pour leur contribution à cette réunion du comité d'experts sur les progrès réalisés dans les domaines écologiques, techniques et de développement du programme de contrôle des trypanosomoses animales africaines et la mise en valeur des zones concernées. Comme il est de coutume à la FAO, vous avez été sollicités en raison de votre compétence technique et non sur la base de considérations de représentativité nationale ou régionale. Mon souhait est que le temps précieux que vous consacrerez à cette réunion servira à tracer les grandes lignes d'orientation future de notre Programme Trypanosomose.

Il est indéniable qu'un besoin pressant se fait sentir en Afrique de contenir l'infestation par la mouche tsé-tsé et de contrôler les trypanosomoses, afin de contribuer à satisfaire les besoins alimentaires des populations africaines. Comparativement à d'autres continents, l'Afrique a une population humaine relativement faible par rapport à son étendue géographique. Cependant, cette population est très inégalement répartie, à la fois d'un pays à l'autre et à l'intérieur d'un même pays. Il existe, en effet, des zones où la population est très dense et d'autres où on trouve des populations éparées. L'exode rural entraîne une augmentation de la population urbaine d'environ 7% par an, constituant un obstacle à la distribution adéquate des produits alimentaires et des services publics. Cette croissance démographique à laquelle on assiste dans certaines parties de l'Afrique sub-saharienne occasionnera, à n'en pas douter, des changements socio-économiques majeurs qui ne manqueront pas de transformer l'agriculture. L'urbanisation aura pour effet, notamment, de stimuler la commercialisation des produits de l'agriculture et d'accroître la demande globale des aliments, dont ceux d'origine animale.

L'augmentation de l'offre des produits de l'élevage est loin de suivre cette croissance rapide de la demande. Les statistiques de la FAO montrent que de 1970 à 1990, la croissance annuelle de la production de viandes bovine, ovine et caprine se situait en moyenne autour de 1,6%, tandis que les viandes porcine et aviaire atteignaient respectivement 3,3 et 5%. Or, une croissance annuelle globale de 4% est jugée nécessaire si on veut couvrir la demande actuelle en viande. Le décalage entre ces chiffres reflète, sans doute, des différences dans la capacité de ces systèmes de production de s'adapter au changement des conditions du marché. La volaille, les oeufs, le porc et, à un moindre degré, les produits laitiers tendent

à s'adapter relativement mieux aux changements du marché en dépit leur dépendance vis-à-vis de la technologie et des intrants. Au contraire, le passage des productions bovines, ovines et caprines d'un mode d'élevage extensif à un mode intensif ne peut être opéré que progressivement et lentement. Les estimations de la FAO indiquent que, vers l'an 2010, sur une production totale de viande, en Afrique sub-saharienne, de 8,9 millions de tonnes, le tiers environ sera constitué de viande porcine et aviaire. Cette proportion était de 18% en 1969/71 et de 28% en 1988/90. On voit que la part de la production de viande de ruminants diminue donc rapidement.

L'élevage des ruminants a depuis toujours été principalement conduit dans les régions arides et semi-arides. Les principales zones de pâturage dans ces régions ont tendance à se dégrader, alors que les terres cultivées occupent de plus en plus d'espace. Ceci constitue une menace pour les systèmes pastoraux traditionnels, en raison de la rareté des ressources alimentaires et hydriques, cependant que la mutation vers des productions mixtes culture-élevage se heurte aux contraintes climatiques et notamment à l'aridité des terres.

Néanmoins, dans les régions de hauts plateaux, ainsi que dans les plaines bénéficiant d'une pluviométrie suffisante, l'agriculture mixte est essentielle pour une contribution substantielle de l'élevage des ruminants à la production. Cependant, la dynamique des fermes mixtes où l'on pratique élevage et culture demeure imparfaitement comprise et maîtrisée. La gestion de ce type de fermes suppose une capacité de rotation des cultures, d'adaptation de l'élevage et du travail, une meilleure compréhension des opportunités du marché ainsi que de la disponibilité des technologies et des fonds pour l'investissement. Ceci s'applique particulièrement aux zones sub-humides où l'agriculture mixte se trouve à son premier stade de développement et où elle sera appelée à jouer un rôle majeur dans l'avenir.

Dans ces zones, la température et l'humidité offrent les conditions favorables à la persistance des maladies à transmission vectorielle et aux autres maladies parasitaires du bétail, réduisant sensiblement la productivité. Les pertes annuelles associées aux maladies, atteignant 4 milliards de dollars EU en Afrique sub-saharienne, représentent l'équivalent d'environ un quart de la valeur totale des productions de l'élevage. Les pertes directes engendrées par la seule trypanosomose bovine, transmise par la mouche tsé-tsé, seraient de 0,6 à 1,2 milliard de dollars EU par an. On peut, dès lors affirmer qu'une intégration harmonieuse des secteurs de l'agriculture et de l'élevage ne sera pas réalisable en pratique en l'absence d'interventions stratégiques visant à enrayer la trypanosomose et d'autres maladies parasitaires.

Le contrôle effectif des maladies animales est entravé par un certain nombre de facteurs. Les contraintes majeures sont matérialisées par l'incapacité dans laquelle se trouvent de nombreux pays de l'Afrique sub-saharienne à assurer des mesures de surveillance et de contrôle et des interventions vétérinaires adéquates. Eu égard à la tendance actuelle vers la privatisation des services vétérinaires et à l'introduction de la notion de recouvrement des coûts investis dans la santé animale, les éleveurs sont de plus en plus conscients qu'ils doivent assumer un rôle déterminant dans la lutte contre les maladies animales.

Ceci est en parfait accord avec les progrès récents réalisés dans le domaine du contrôle de la mouche tsé-tsé, qui devraient, maintenant, impliquer les communautés rurales. De nouvelles techniques, simples et non nuisibles à l'environnement, telle que l'utilisation

des pièges et des leurres ou l'épandage d'insecticides sur les animaux, sont de plus en plus utilisées pour faire baisser la population de la mouche tsé-tsé et, partant, ramener le niveau de transmission de la maladie à un seuil acceptable. Cependant leur efficacité varie en fonction de données locales et des indications préliminaires suggèrent qu'un contrôle de la maladie, techniquement et économiquement optimal ne serait concevable que dans et autour des terres où l'agriculture est productive.

Pour ces raisons, les priorités et les stratégies de production et de santé animale devraient être orientées vers l'utilisation optimale des ressources naturelles et l'intensification de l'agriculture, en mettant l'accent sur le développement des exploitations mixtes agriculture-élevage qui devraient permettre d'augmenter la productivité tout en améliorant les conditions socio-économiques de la population. On admet que les opportunités immédiates les plus prometteuses pour l'amélioration des productions issues des ruminants sont offertes par ces zones de la zone sub-humide où la pression démographique pousse à une transformation des systèmes de production, entraînée par la demande, et où les changements physiques du paysage naturel permettent de concevoir un système de contrôle efficace et durable des maladies parasitaires.

Voilà pourquoi j'aimerais vous rappeler, messieurs les experts, combien il est important de débattre de tous les aspects écologiques, techniques et de développement en relation avec le sujet et de formuler des recommandations à la FAO qui lui permettraient de renforcer son action en vue de mieux servir ses pays membres dans la conception, la préparation, l'application et le suivi des programmes de contrôle de la trypanosomose animale africaine et la mise en valeur des zones concernées. En somme, le problème d'une agriculture viable, compatible avec le développement rural en Afrique sub-saharienne ne manquera pas d'être soulevé et débattu.

Je relève, au vu du programme de cette réunion que le comité d'experts doit, en 3 jours seulement, traiter d'un grand nombre de questions, disséquer un grand nombre de problèmes et leur proposer des solutions. Je ne doute pas, en raison de l'ampleur des domaines d'expertise couverts par ses membres, que ce comité n'aura aucun mal à porter un regard critique et nouveau sur notre Programme Trypanosomose et à formuler des recommandations pratiques pour une approche rationnelle des problèmes. Ceci débouchera, je l'espère, sur une identification précise des actions à entreprendre en vue d'une utilisation optimale des ressources dans les zones affectées par la mouche tsé-tsé.

Je vous souhaite beaucoup de succès dans vos travaux.

## THE DEVELOPMENT AND USE OF GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS TO ASSIST TRYPANOSOMIASIS CONTROL

B.D. Perry, R.L. Kruska and R.S. Reid

### INTRODUCTION

Africa is experiencing a deepening crisis with regard to feeding its burgeoning human population. There is a current deficit of food across the continent and with population growth rates increasing at approximately 3.2 per cent annually, the highest continental rate in the world, this deficit is likely to increase unless effective remedial actions can be taken (Winrock International, 1992). Increasing food production involves increasing the geographical area over which food is produced in the continent, and improving the efficiency of food production per unit area of land in areas currently cultivated. The areas of food production requiring enhancement are broad, and encompass both crops and livestock. It is increasingly recognised that livestock production not only contributes to the provision of traditional animal protein products of meat and milk, but also to the optimal production of crop staples such as maize through their use in ploughing, providing organic fertiliser and transporting crop products to market.

Trypanosomiasis constrains both the intensification of livestock production in areas where it is currently practised (by constraining the use of more productive but disease-susceptible animals) and the expansion of livestock production into areas where their very survival is limited by the presence of the disease. Several control measures for trypanosomiasis exist, and have existed for several years, but at a continental scale they are apparently becoming less effective in relieving the trypanosomiasis constraint. Why is this?

Firstly, sub-optimal trypanosomiasis control depends on the innate limitations of some of the technologies themselves, and secondly on the inadequate delivery and adoption of these technologies. The available control technologies can be broadly classified into three: chemotherapy of trypanosome infections; control of the tsetse fly; and the use of animals with genetic resistance to the effects of trypanosome infections. All three of these methods have some technical constraints at present, and are the subject of research to try and overcome them. Chemotherapy is constrained by reliance on a severely restricted number of compounds, and there is increasing resistance to these products in different parts of the continent. Tsetse control through the widespread use of insecticides, is no longer environmentally acceptable, and although insecticide impregnated targets can be very effective under controlled conditions, they are not universally effective for different fly species in all environments. Genetic resistance of breeds such as the N'dama is possibly the most technically viable of the available control options, but it is poorly exploited due to inadequate dissemination and adoption of trypanotolerant animals. Available chemotherapeutics and tsetse control measures are also severely constrained by inadequate resource allocation to achieve and sustain their effective application in the field.

Thus resource allocation, at both national and international levels, is inadequate to improve technologies of trypanosomiasis control, and to effectively deliver those currently

at our disposal. In many countries of Africa, the will to control trypanosomiasis is present, but the total financial resources available do not permit this area to receive an allocation consistent with its position in the priority listings. While this is also true at the international level, allocations in this arena are also influenced by concerns about the possible changes in land-use that may result from improved trypanosomiasis control, and their potential influence on land degradation and loss of biodiversity. Regrettably, this argument has received considerable international attention, usually without being put in the context of the other factors influencing changes in land-use, in particular population growth, and of the varying environments, both physical and economic, in which trypanosomiasis control is likely to occur in Africa. As a result, disproportionate attention has been paid to speculating on the adverse effect of improved tsetse control on cattle populations in the most susceptible environments, namely the marginal and semi-arid areas of the continent (Ormerod, 1976; 1986; 1990). This remains speculation, even in these drier areas, and even if valid, cannot be simply extrapolated to other climates and agroecological zones of the continent.

ILRAD is one of the research institutions working to improve the portfolio of trypanosomiasis control measures at the disposal of governments and farmers in Africa. As such, it is addressing issues relating to their future application in a structured, strategic manner, in order that they can be effectively used to improve agricultural production and human wellbeing in the continent. As part of this approach, ILRAD and its collaborators are attempting to define the effect of trypanosomiasis control on land-use and biodiversity in the continent, in order to enhance the quality of current and future decisions on the implementation of sustainable livestock development programmes through trypanosomiasis control.

Strategic continental-level studies are, by their nature, complex, requiring evaluation of many different independent variables which exert varying influence, both geographically and over time. For this reason, in the late 1980s ILRAD embarked on the development of computerised data management and analysis systems to accommodate these demands. The geographic information system (GIS) that has resulted provides a unique and powerful tool with which to address these broad research issues. To date, the GIS has been used principally to predict the distribution and dynamics of tick-borne infections of livestock in the continent (Lessard *et al.*, 1990; Perry *et al.*, 1990; Perry *et al.*, 1991; Norval *et al.*, 1991; Norval *et al.*, submitted), and numerous digital georeferenced databases have been developed to accomplish this.

At an early stage ILRAD recognised that the database requirements for such research extend beyond the capacity of ILRAD itself, to domains of the other International Agricultural Research Centres (IARCs) of the Consultative Group on International Agricultural Research (CGIAR), of the Food and Agriculture Organisation (FAO) of the United Nations, and of the United Nations Environment Programme (UNEP). To this end, ILRAD has contributed to recent attempts to define the digital data requirements for GIS activities in the CGIAR, and identify institutes outside the CGIAR specialised in particular subject areas (such as climate, soils and terrain, socioeconomics) which might contribute to this coordinated database development process.

## STRATEGIC RESEARCH ISSUES

The possible effects of trypanosomiasis control have been recognised and discussed for over a century, but they have yet to be quantified in epidemiological, ecological and economic terms in the differing areas affected by the disease. Where effects have been assessed in some detail, this has generally been carried out *ex post* in small areas and regions following tsetse fly control programmes. The lack of quantitative multidisciplinary data constrains *ex ante* evaluations of trypanosomiasis control at a continental level, and thus the appropriate allocation of resources to trypanosomiasis control, and the effective development of trypanosomiasis control and land-use policies for the continent.

Among the many reasons why quantitative data are not yet available are the complexity of the multidisciplinary analyses required, and the difficulty in extrapolating data from the few sites at which such work has been done to national, regional and continental scales. However, the advent of computerised data storage, analysis and display systems in the form of GIS now make extrapolation possible and cost-effective.

Under the auspices of a project funded by the Rockefeller Foundation, ILRAD has initiated a research programme to quantify the future of trypanosomiasis control, with the following objectives:

1. To determine how trypanosomiasis control, economic, environmental, demographic and socio-cultural factors influence land-use decisions in Africa. This information will be used to put disease control in context with other pressures on land-use change, and to build a broad-scale model of the processes involved.
2. To quantify the impact of land-use change associated with trypanosomiasis control on ecological and socio-economic properties at different levels of resolution (local, national and continental).

## RESEARCH APPROACH

GIS analysis is one of three approaches being used to attain these objectives. Continental level GIS activities are integrated with a high resolution case study in eastern Africa in which the processes behind land-use change and the impacts of that change are identified and quantified in an *ex post* setting. Case-studies will also be carried out in western and southern Africa. In addition, GIS analyses and data derived from the case-studies will eventually be integrated into computer models that drive decision support systems to assess the impacts of trypanosomiasis control.

GIS data layer development and the analysis of the interactions between layers are being conducted at four scales: continental, regional, national and local. The analysis is nested intentionally so that results at one level can be put into context at the next higher level. In this way, a better understanding is anticipated of which variables and processes remain the same and which do not when assessing impacts at different scales of resolution.



## CONCEPTUAL MODEL

GIS activities are purposely interdisciplinary in nature, although data development has proceeded first along epidemiological, climatological and ecological lines. In order to clarify the linkages among ecological, epidemiological, social and economic impacts, a conceptual model was constructed (Fig. 1, from Reid *et al.* 1993).

The conceptual model is built around the interaction of trypanosomiasis and land-use, nested between the environmental and socioeconomic influences. The physical environment consists of a set of initial conditions and external driving variables that constitute the potential natural capital (e.g., climate, biodiversity, soil fertility, vegetation structure) and determine the range of land-use systems that are viable at a given site. Similarly, a set of external socioeconomic driving variables determine the characteristic structure of property rights, available production technology and human population in a particular area. Operating within this socioeconomic environment, people make decisions about migration, labour allocation, livestock production and agricultural practices that in turn determine the actual land-use system. The actual land-use system modifies the potential natural capital which in turn can limit the types of land-use that are possible.

The importance of different variables in this conceptual model will change as the focus of study moves from the local to the national and the continental scales. As the scale expands, local level phenomena will become aggregate and some previously large-scale, external variables will become internal to the model.

The conceptual model will be used to link the intended scales of study (local, national, regional, continental) with the three methodologies of study (GIS, field case studies and modelling). It will also be used as a conceptual link to current and proposed research on the adoption, delivery and sustainability of disease control technologies.

## GIS DATABASE ACQUISITION AND DEVELOPMENT

Quality digital georeferenced databases covering study variables at an appropriate level of resolution are essential to this study, and ILRAD has developed a wide network of collaborating institutions for GIS database development and acquisition. Database development requires collection of secondary data at as fine a resolution as possible followed by their digitisation into new GIS layers or their linking to existing spatial databases. Whenever possible, existing data layers developed elsewhere are acquired and only those that are unavailable are developed at ILRAD. The data layers developed at ILRAD have attracted many new collaborations and hopefully give incentive to other institutions to share their databases. Table 1 illustrates some recent acquisitions of databases used in this analysis, and their sources.

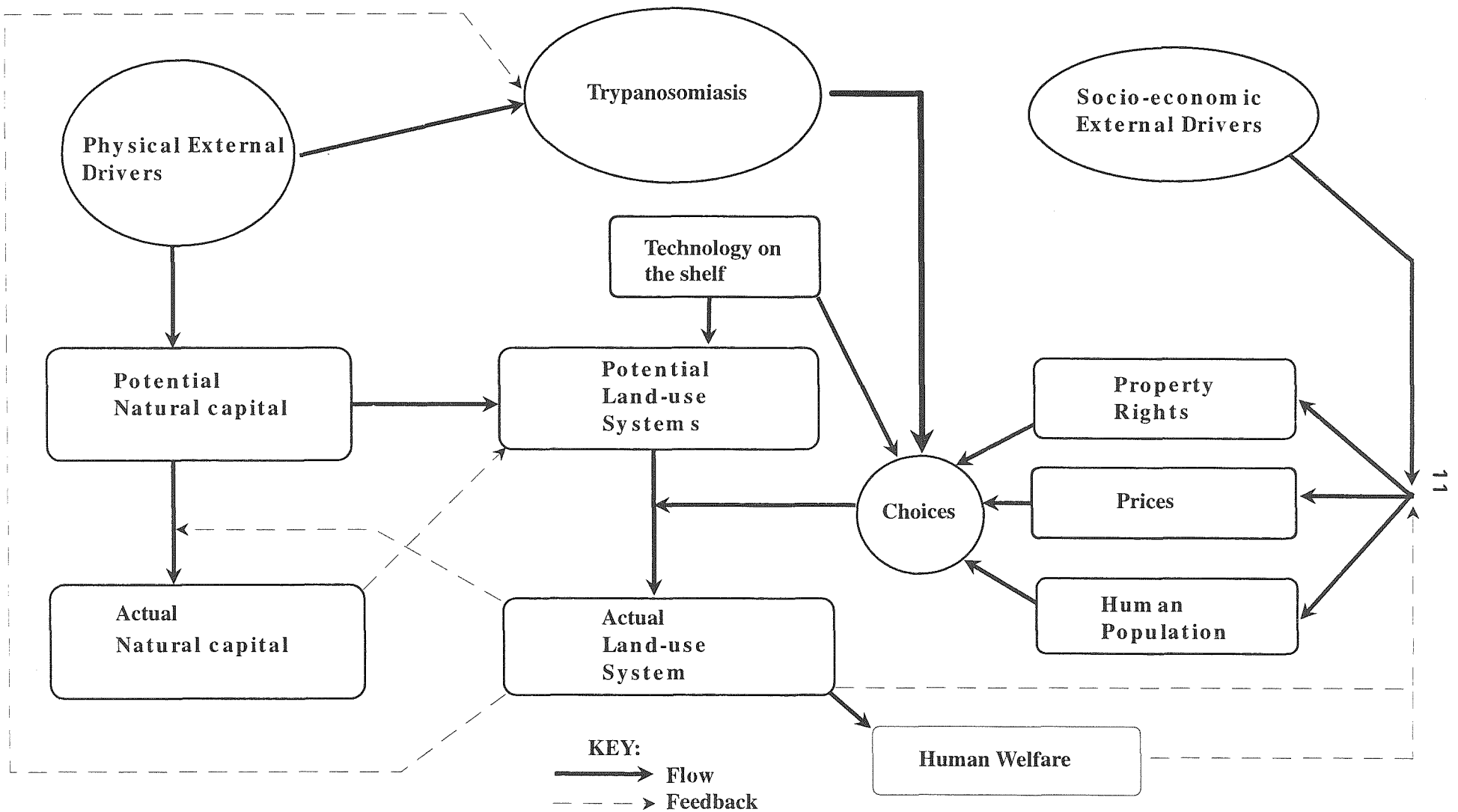


Figure 1. A conceptual model of the environmental, social and economic impacts of trypanosomiasis control (from Reid *et al.*, 1993).

Table 1

Data Layer	Collaborator
<i>Continental</i>	
Cattle Density	ILRAD
Human Population Density	UNEP/GRID
Vegetation	UNEP/GRID
Vegetation/Landuse	UNEP/GRID
Digital Chart of the World--Africa	UNEP/GRID
Protected Areas	WCMC
Wetlands	WCMC
Endangered Species List	WCMC
Soils	FAO
Administrative Boundaries	FAO
<i>National</i>	
Cattle Population GIS Layer--Ethiopia	ILRAD
Human Population--Kenya, 1979-89	ILRAD
Soils--Kenya	UNEP/GRID
Crop-use Intensity--Mali	FEWS
Crop-use Intensity--Burkina Faso	FEWS
Crop-use Intensity--Zambia	FEWS
Crop-use Intensity--Zimbabwe	FEWS
Administrative boundaries--Ethiopia	IFPRI, FEWS, USGS
Elevation--Ethiopia	IFPRI
Land Suitability--Kenya	FAO
Cattle Population Data List--Ethiopia	FAO

*Local*

Digital Elevation Model--Ghibe	ILRAD
Transportation Network--Ghibe	ILRAD
River/Stream Network--Ghibe	ILRAD
Landuse, 1972 Aerial Photo Interpretation, Ghibe	ILRAD
Landuse, 1993 TM Landsat Interpretation, Ghibe	ILRAD
Satellite Landuse Change Analysis--Ghibe Valley, Ethiopia	USGS

These new databases document the distribution and magnitude of environmental and demographic variables at three scales: local, national and continental. Datasets that were acquired by developing or continuing collaborative relationships involved several organizations. First, collaboration has continued with UNEP/GRID with the acquisition of continent-wide data layers of human population density and three different data layers covering the distribution of vegetation. A new collaboration was established with FEWS (Famine Early Warning System) and data on land-use intensity, developed from satellite imagery, was acquired for four countries. Another new collaboration was developed with WCMC (World Conservation Monitoring Centre), the data depository of World Wide Fund for Nature (WWF) and the International Union for Conservation of Nature (IUCN)). WCMC provided ILRAD with continental digital data of the distribution and status of protected areas, the distribution and type of wetlands and lists of endangered species for selected African countries. These data will be used to determine the association of tsetse with conservation areas, and what areas might be under threat of development if tsetse are successfully controlled.

IFPRI (International Food Policy Research Institute) provided ILRAD with a digital elevation model of Ethiopia, which will be used to put the eastern African case-study site in that country into a national context.

FAO has provided land suitability data layers for Kenya; environmental, tsetse and land-use data layers for Togo; non-digital cattle population data for Ethiopia; administrative boundaries for Africa; and soils for Africa.

USGS (US Geological Survey) is attempting to use low resolution satellite imagery to conduct an historical analysis of land-use change at the Ethiopian case-study site in exchange for a reclassified version of a new satellite image we have recently acquired. At ILRAD, three major GIS databases layers are being developed for this study: a cattle population data layer for Africa, a human population data layer for Kenya, and high resolution elevation, roads, towns and rivers data layers for Ghibe Valley, Ethiopia. When completed, these data layers will be used in analyses of the environmental, social and economic impacts of disease control.

## GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS HARDWARE AND SOFTWARE

Four geographic information systems are being used for database development and analysis: ARC/INFO version 6.1.1<sup>1</sup> and GRASS 4.0<sup>2</sup> running on SUN Sparc workstations, and pcARC/INFO version 3.4D Plus<sup>1</sup> and IDRISI version 4.0<sup>3</sup> running on 486 IBM-compatible computers. Both versions of ARC/INFO form the basis of database development because the data formats used have become a worldwide standard for database exchange. ARC/INFO's vector-based format can be converted easily to a variety of other formats, including IDRISI and GRASS. Almost all of the databases in this study have been analysed using the raster-based system GRID (a module of ARC/INFO) and IDRISI. Many of the detailed databases, such as the crop-use intensity layers, are of such high resolution that they must be kept in a raster format. In addition, when incorporating a wide variety of databases from diverse sources, many data compatibility problems arise such as differences in map projections, scale, resolution and spatial integrity. All of these problems can be resolved easily by using the GRID software. Some of GRID's powerful capabilities include:

- analysis of databases of various resolutions
- conversion of vector data to raster within map algebra equations
- modification of vector or raster map projections
- combination of raster data layers that have various geographic extents by 'windowing' in on overlapped areas
- full map algebra capabilities
- importation of virtually any raster-type data
- maintenance of the attribute tables commonly incorporated into vector databases by attaching them to the raster data

IDRISI, which runs on virtually any PC system, provides a low-cost medium for various collaborators to access, process and analyze existing databases. IDRISI and GRASS also provide satellite image processing modules that are not part of ARC/INFO software. Both packages will be used in the analysis of land-use change detection in the Ethiopia case-study.

## DATA ANALYSIS

It has been said that more effective control of tsetse-transmitted trypanosomiasis may open vast areas of Africa to livestock production, both increasing food production potential and endangering reservoirs of biodiversity on the continent. Removal of the constraint of trypanosomiasis is predicted to allow the expansion of agriculture through increased use of animal traction. If these statement reflects reality, there should be a strong inverse relationship between the distribution of tsetse and the distribution of cultivated land or agricultural land-use in Africa. The first objective of the GIS analysis in this project was to determine whether such a relationship exists between the distributions of tsetse and

---

<sup>1</sup>Environmental Systems Research Institute, Redlands, California, USA

<sup>2</sup>US Army Construction Engineering Research Laboratory, Champaign, IL, USA

<sup>3</sup>Clark University, Worcester, MA, USA

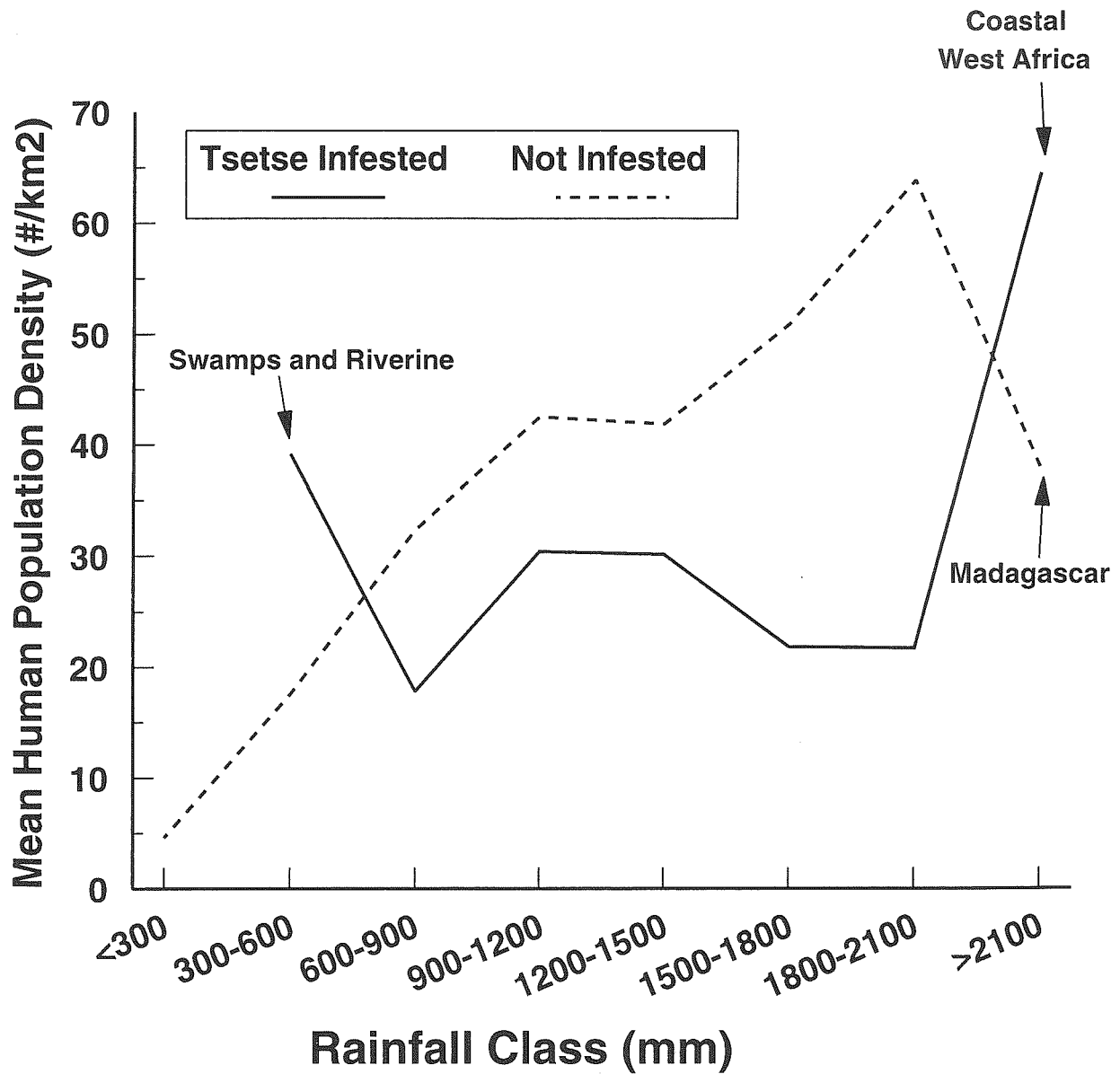


Figure 2. A continental comparison of human population density in tsetse-infested and tsetse-uninfested areas of the continent, stratified by rainfall zone.

agricultural land-use for Africa. If such a relationship exists, the second objective was to determine the strength of the link between tsetse and agricultural production relative to other factors that might influence land-use (i.e., human population, rainfall, elevation).

However, no continental, geo-referenced database exists that adequately shows the distribution of land-use; so two alternative approaches were used. First, tsetse distribution was related to human population density at a continental level, using the latter variable as a surrogate for the land-use data. Second, agricultural land-use data was obtained for three countries from the Famine Early Warning System (FEWS) and these data were related to tsetse distribution. These geo-referenced data on land-use intensity were developed from country-wide coverages of Landsat satellite imagery (MSS) for Burkina Faso, Mali and Zambia. To link these two approaches, the hypothesis that human population density is a surrogate for land-use intensity was tested for the three countries. The analysis was conducted by overlaying the data layers of interest (tsetse distribution, human population, rainfall and elevation) and then conducting multivariate statistical analyses (discriminant analysis and categorical modelling) to quantify the relationships.

## RESULTS

The results of preliminary analyses of these data have recently been reported (Reid *et al.*, in press), and these are summarised here. For the continental analysis, the presence of tsetse was a marginally better discriminator (73% correct) of human population density than rainfall (67% correct) or elevation (65% correct) (Fig. 2). Even when the effect of rainfall was removed from the analysis, results revealed that for the most part, fewer people live in tsetse-infested than tsetse-free zones. This does not demonstrate a cause and effect relationship, but it suggests that tsetse may be an important constraint to human use.

As anticipated, there was a strong positive relationship between land-use intensity and human population density for Burkina Faso, Zambia and Mali. The possibility of a threshold of human population density below which little or no human land-use occurred was considered. This threshold could then be used so that human population density could predict human land-use. This lower threshold of human population density below which there was little to no cultivation varied between 7-25 people/km<sup>2</sup> for three countries studied.

For the country analysis, it was expected that land-use would be low in the presence of tsetse. This is clearly the case for Zambia where the tsetse zones coincide with bands of low agricultural land-use (Figs. 3 and 4). These same belts contain most of the conservation areas in Zambia (including Kafue and Luangwa National Parks). By contrast, in Mali, tsetse presence was associated with both high and low land-use intensity, depending on the rainfall zone (Fig. 5). It is likely that areas with high land-use intensity that also have tsetse in Mali are areas where groundwater is particularly high along the Niger River. Unexpectedly, in Burkina Faso, tsetse presence was associated consistently with more intensive land-use. In this case, agricultural land-use may be strongly associated with soil type and fertility, irrespective of the presence or absence of tsetse. Areas where tsetse and high intensity agricultural land-use overlap may be zones where soils are particularly fertile (such as south west Burkina Faso). By contrast, areas with no tsetse and low intensity agricultural land-use may be zones of low rainfall and low soil fertility.

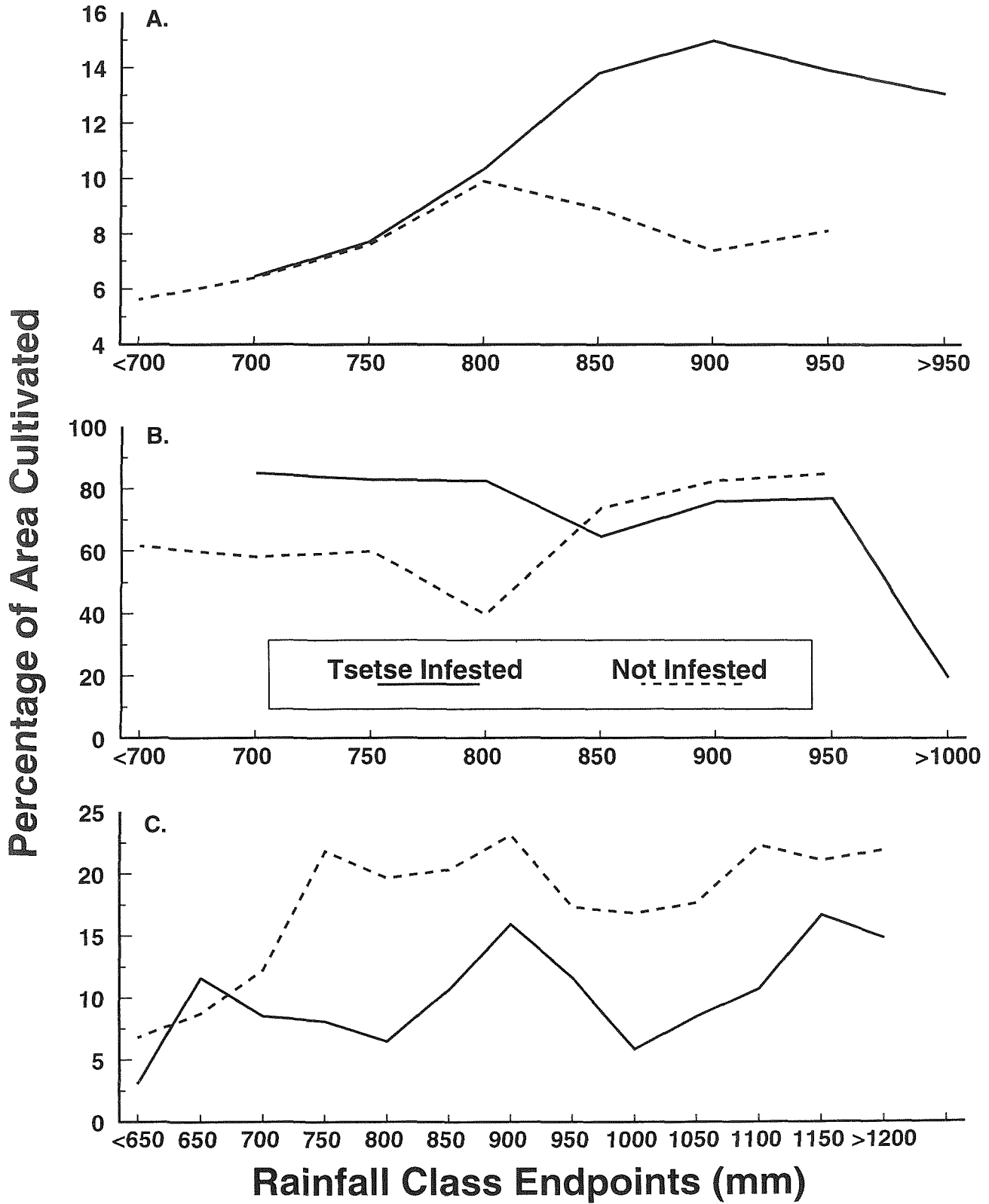


Figure 3. Mean land-use intensity (percent cultivated) in areas with and without tsetse, stratified by rainfall zone in Burkina Faso (a), Mali (b) and Zambia (c).



# ZAMBIA: OVERLAY OF CROP-USE INTENSITY, TSETSE DISTRIBUTION, AND WILDLIFE AREAS

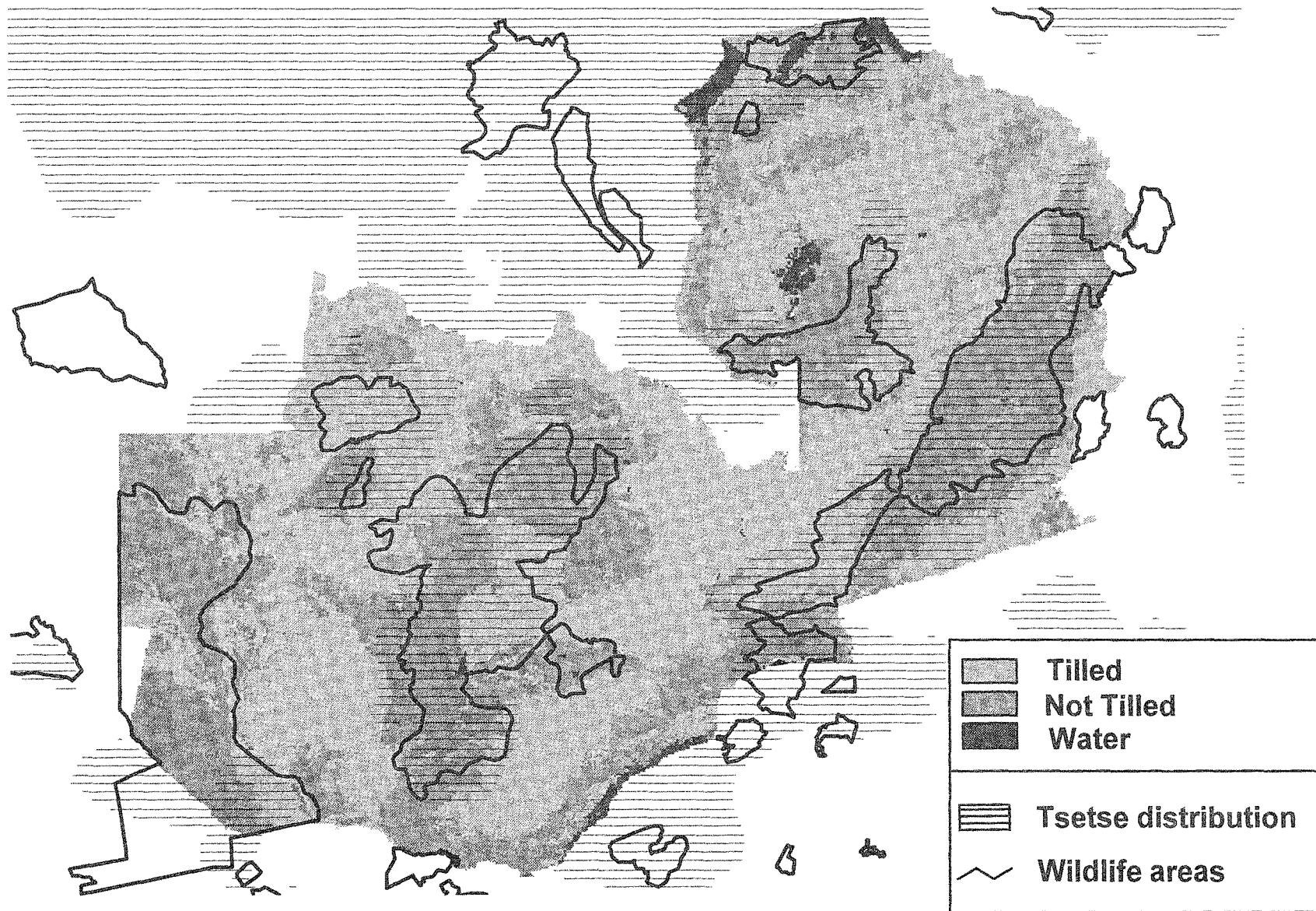


Figure 4. Overlay of the maps showing agricultural land-use intensity, tsetse distribution and conservation areas for Zambia.

# MALI: OVERLAY OF CROP-USE INTENSITY, TSETSE DISTRIBUTION AND RAINFALL ISOHYETS

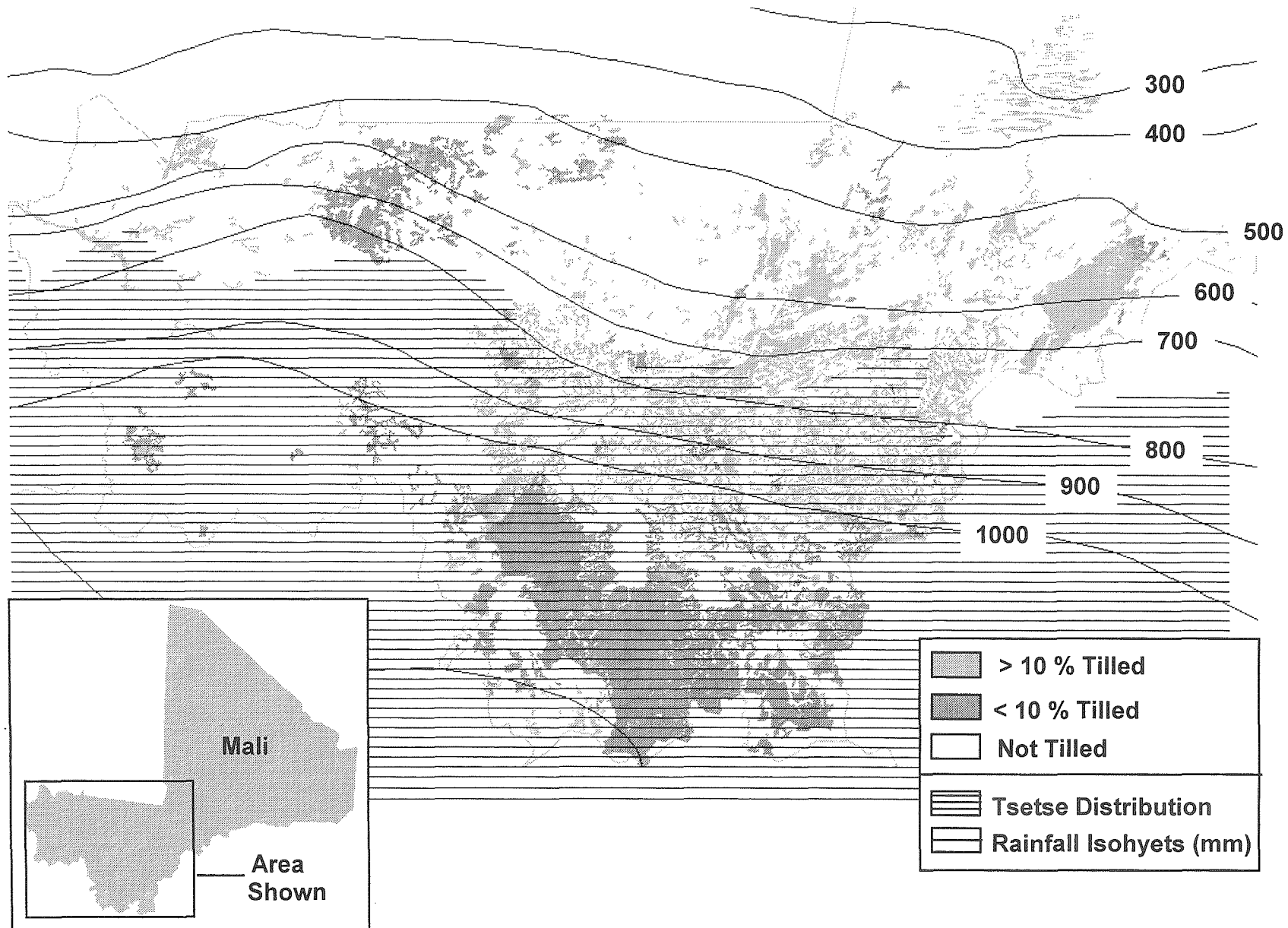


Figure 5. Overlay of the maps showing agricultural land-use intensity, tsetse distribution, and rainfall isohyets for Mali.

# BURKINA FASO: OVERLAY OF CROP-USE INTENSITY, TSETSE DISTRIBUTION, AND RAINFALL ISOHYETS

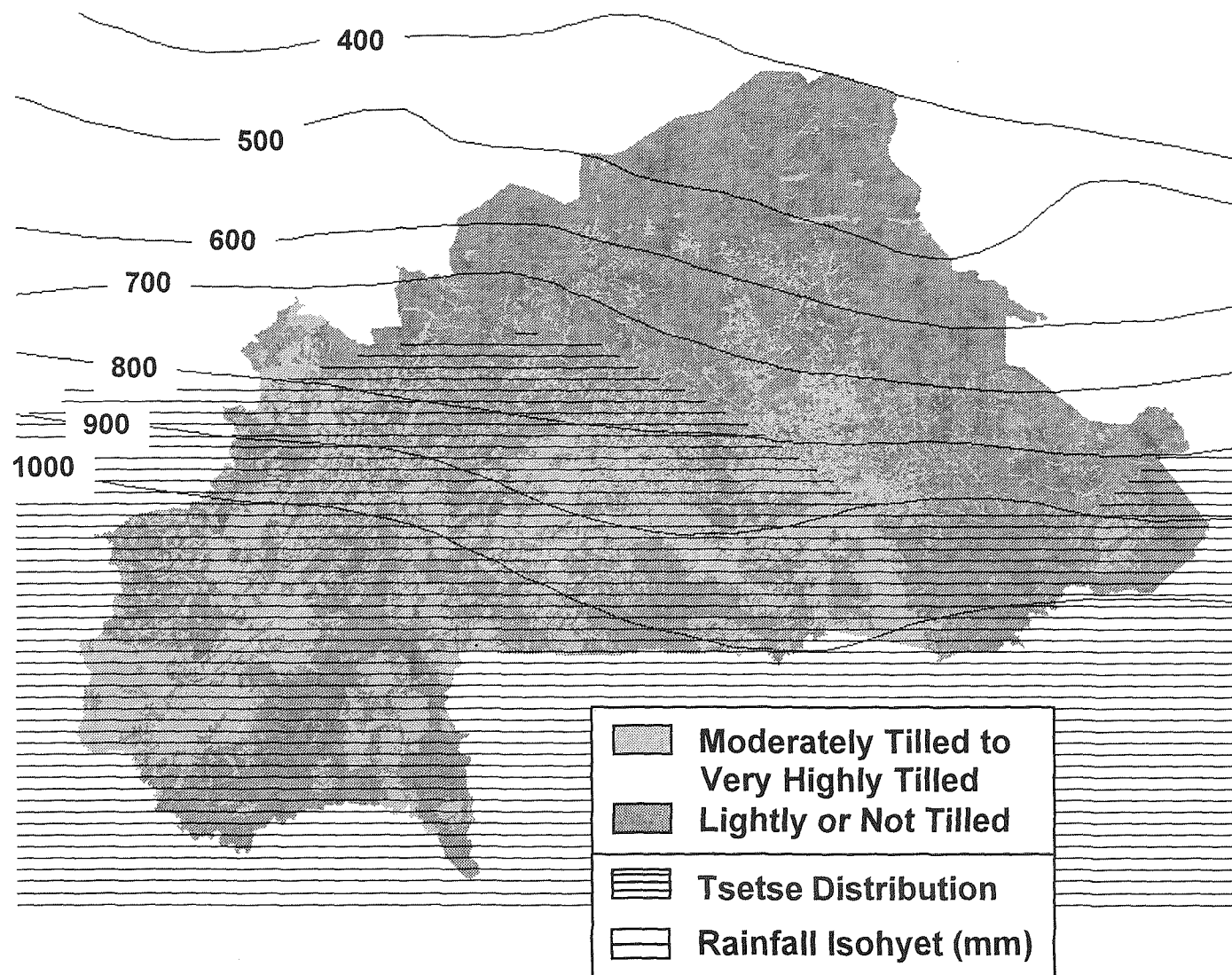


Figure 6. Overlay of the maps showing agricultural land-use intensity, tsetse distribution, and rainfall isohyets for Burkina Faso.

Another possible explanation for the results in Burkina Faso is that the tsetse distribution data sets are no longer correct and thus high land-use intensity no longer overlaps with tsetse. To test this hypothesis, up to date high resolution tsetse distribution data are required. However, with the rapid improvement in the quality of predictive models of tsetse distribution (Rogers and Randolph, 1993), *ex ante* assessments of vector distributions are likely to play an increasing role in such analyses.

Statistical analysis showed that tsetse distribution is an important discriminator of the distribution of agricultural land-use (Table 2). In Burkina Faso and Zambia, tsetse was more important in discriminating the distribution of land-use than either human population density or rainfall. As seen in Fig. 3, however, the direction of this relationship was positive in Burkina Faso and negative in Zambia. In the results of the categorical log-linear model, both rainfall and human population were more alternately important than tsetse in explaining variation in the land-use distribution variable.

## CONCLUSIONS

The results presented here are of a preliminary nature, but clearly demonstrate the capacity of geographic information systems to make significant contributions to continental-level analyses of factors affecting tsetse distribution, human population density and land-use intensity. It is considered that such analyses will play an increasing role in the future in the process of resource allocation to improved food production in the continent through more effective disease control.

## ACKNOWLEDGEMENTS

We would like to thank Dr Jack Doyle for his constructive comments on earlier drafts of the manuscript.

**Table 2. Discriminant analysis and categorical log-linear models results showing the importance of tsetse, human population and rainfall as in explaining the distribution of agricultural land-use.**

Model elements		Discriminant Analysis	Categorical Log-Linear Models		
Dependent Variable	Independent Variables	% Correctly Predicted	Significant Effects	Chi-square	P-value
<i>BURKINA FASO</i> (n=32906 cells)					
Land-use Presence/ Absence (+/-)	1. Tsetse +/-	66%	1. Human pop	1171.3	< .0001
	2. Human pop	62%	2. Tsetse +/-	287.7	< .0001
	3. Rainfall	60%	3. Rainfall	251.9	< .0001
	4. <i>All variables</i>	68%			
<i>MALI</i> (n=72538 cells)					
Land-use Presence/ Absence (+/-)	1. Rainfall	80%	1. Rainfall	12604.2	< .0001
	2. Tsetse +/-	68%	2. Tsetse +/-	2430.7	< .0001
	3. Human pop	58%	3. Human pop	2053.4	< .0001
	4. <i>All variables</i>	81%			
<i>ZAMBIA</i> (n=45888 cells)					
Land-use Presence/ Absence (+/-)	1. Tsetse +/-	61%	1. Human pop	1479.2	< .0001
	2. Human pop	59%	2. Tsetse +/-	949.9	< .0001
	3. Rainfall	56%	3. Rainfall	802.2	< .0001
	4. <i>All variables</i>	63%			

Note: Land-use presence/absence is land-use intensity (figures above) classed into 2 cultivation classes (<10%=cultivation absent, >10%=cultivation present).

## REFERENCES

- Lessard, P., L'Eplattenier, R., Norval, R.A.I., Kundert, K., Dolan, T.T., Croze, H., Walker, J.B., Irvin, A.D. and Perry, B.D. (1990). Geographic information systems for studying the epidemiology of cattle diseases caused by *Theileria parva*. *Veterinary Record*, 126 255-262.
- Norval, R.A.I., Perry, B.D., Kruska, R.L. and Kundert, K. (1991). The use of climate data interpolation in estimating the distribution of *Amblyomma variegatum* in Africa. *Preventive Veterinary Medicine*, 11, 365-366.
- Norval, R.A.I., Perry, B.D., Meltzer, M.I., Kruska, R.L. and Booth, T.H. (submitted). Factors affecting the distributions of the ticks *Amblyomma hebraeum* and *A. variegatum* in Zimbabwe: implications of reduced acaricide use. *Experimental and Applied Acarology*.
- Perry, B.D., Lessard, P., Norval, R.A.I., Kundert, K. and Kruska, R.L. (1990). Climate, vegetation and the distribution of *Rhipicephalus appendiculatus* in Africa. *Parasitology Today*, 6, 100-104.
- Perry, B.D., Kruska, R.L., Lessard, P., Norval, R.A.I. and Kundert, K. (1991). Estimating the distribution and abundance of *Rhipicephalus appendiculatus* in Africa. *Preventive Veterinary Medicine*, 11, 261-268.
- Reid, R.S., J.J. Curry, B.M. Swallow, A.W. Mukhebi, B.D. Perry, and J.E. Ellis. 1993. Ecological, social and economic impacts of trypanotolerance: Collaborative research in Central and West Africa. Proceedings of the workshop entitled "Towards increased utilisation and adoption of trypanotolerance-current status of research and future directions. ILRAD, Nairobi, Kenya, 26-29 April, 1993.
- Reid, R.S., Perry, B.D., Kruska, R.L., and Ellis, J.E. (in press). Preliminary analysis of the environmental impacts of trypanosomiasis control in Africa. ILRAD Annual Scientific Report.

## DEVELOPPEMENT ET UTILISATION DE SYSTÈMES D'INFORMATION GEOGRAPHIQUE AUX FINS DE LA LUTTE CONTRE LA TRYPANOSOMIASE

B.D. Perry, R.L. Kruska et R.S. Reid

### INTRODUCTION

L'Afrique souffre d'une crise de plus en plus grave en ce qui concerne l'alimentation de sa population en expansion rapide. Actuellement, le déficit alimentaire touche tout le continent et, avec des taux de croissance démographique augmentant de 3,2 pour cent environ (taux continental le plus élevé du monde), ce déficit risque d'augmenter, à moins que des mesures correctives efficaces ne soient prises (Winrock International, 1992). L'accroissement de la production alimentaire suppose l'extension des superficies consacrées à la production vivrière dans le continent et une efficacité plus poussée de celle-ci par surface unitaire des terres dans les zones actuellement cultivées. Les domaines de la production vivrière qui ont besoin d'être améliorés sont vastes et englobent aussi bien les cultures que l'élevage. On est de plus en plus convaincu que la production animale ne contribue pas seulement à fournir des produits traditionnels riches en protéines animales tels que la viande et le lait, mais permet aussi la production optimale de cultures de base telles que le maïs, car les animaux facilitent le labour, fournissent des engrais organiques et transportent les produits végétaux au marché.

La trypanosomiase empêche l'intensification de la production animale dans les zones où elle est actuellement pratiquée (en entravant l'utilisation d'animaux plus productifs mais réceptifs à la maladie) et freine l'expansion de l'élevage là où la survie même des animaux est limitée par la présence de la maladie. Plusieurs méthodes de lutte contre la trypanosomiase existent et ont existé depuis plusieurs années, mais à l'échelle du continent, elles réussissent de moins en moins bien à atténuer l'handicap que constitue cette épizootie. Pourquoi?

Si la lutte contre la trypanosomiase ne donne pas les meilleurs résultats possibles, c'est premièrement à cause des limites inhérentes de certaines des technologies elles-mêmes et deuxièmement, en raison des insuffisances de la diffusion et de l'adoption de ces technologies. Les techniques de lutte disponibles peuvent être grosso modo divisées en trois catégories: la chimiothérapie des infections à trypanosome; la lutte contre la mouche tsé-tsé; et l'utilisation d'animaux ayant une résistance génétique aux effets des infections à trypanosome. Ces trois méthodes ont toutes actuellement certaines contraintes techniques et font l'objet de recherches pour tenter de les surmonter. La chimiothérapie est limitée par le recours à un nombre très limité de composés et ces produits se heurtent à une résistance croissante dans diverses parties du continent. La lutte contre la tsé-tsé grâce à l'utilisation généralisée d'insecticides n'est plus acceptable du point de vue de l'environnement et bien que des cibles imprégnées d'insecticides n'est plus acceptable du point de vue de l'environnement et bien que des cibles imprégnées d'insecticides puissent être très efficaces dans des conditions déterminées, elles ne sont pas partout pour différentes espèces de mouches dans tous les milieux. La résistance génétique de races bovine telles que la N'Dama, pourrait fournir la solution techniquement la plus viable mais la diffusion et l'adoption d'animaux trypanotolérants sont encore insuffisantes. Les traitements chimio-

thérapeutiques et les mesures de lutte contre la mouche tsé-tsé sont par ailleurs gravement entravés par le manque des ressources nécessaires à leur application efficace sur le terrain.

Ainsi, l'allocation des ressources, aux niveaux aussi bien national qu'international, ne suffit pas à améliorer les techniques de lutte contre la trypanosomiase et à diffuser efficacement celles actuellement à notre disposition. Dans de nombreux pays africains, la volonté de combattre la trypanosomiase existe mais les ressources financières disponibles ne permettent pas d'allouer des crédits à ce domaine correspondant à sa position dans la liste des priorités. Il en va de même au niveau international mais l'allocation de ressources à ce secteur est également déterminée par la préoccupation suscitée par les modifications éventuelles apportées à l'utilisation des terres qui pourraient résulter de la lutte améliorée contre la trypanosomiase et de l'influence que cela pourrait avoir sur la dégradation des sols et la perte de biodiversité. Malheureusement, une attention considérable a été accordée à cet argument au niveau international, d'ordinaire sans le placer dans le contexte d'autres facteurs influant sur la modification de l'utilisation des terres, en particulier la croissance de la population, et des divers environnements, tant physiques qu'économiques, où la lutte contre la trypanosomiase se pratique sans doute en Afrique. En conséquence, on a tendance à trop privilégier les spéculations quant aux effets nocifs de la lutte améliorée contre la tsé-tsé sur les bovins dans les environnements les plus réceptifs, à savoir les zones marginales et semi-arides du continent (Ormerod, 1976; 1986; 1990). Cela reste du domaine de la spéculation, même dans les zones plus sèches et quand bien même ces préoccupations seraient valables, elles ne peuvent pas simplement être extrapolées à d'autres climats et zones agro-écologiques du continent.

Le LIRMA est un des instituts de recherche travaillant à l'amélioration de l'ensemble des mesures de lutte contre la trypanosomiase dont disposent les gouvernements et les agriculteurs en Afrique. C'est ainsi qu'ils s'occupent des questions relatives à leur application future d'une façon structurée et stratégique, afin qu'elles puissent être efficacement utilisées pour améliorer la production agricole et le bien-être de l'homme dans le continent. Dans le cadre de cette approche, le LIRMA et ses collaborateurs tentent de déterminer l'effet de la lutte contre la trypanosomiase sur l'utilisation des terres et la biodiversité dans le continent, afin d'améliorer la qualité des décisions présentes et futures concernant la réalisation de programmes de développement durable de l'élevage grâce à la lutte contre la trypanosomiase.

De par leur nature, les études stratégiques à l'échelle de tout le continent sont complexes et exigent l'évaluation de nombreuses variables indépendantes qui exercent une influence variable, aussi bien du point de vue géographique qu'avec le temps. Pour cette raison, à la fin des années 80, le LIRMA s'est lancé dans le développement de systèmes de gestion et d'analyse de données informatisées pour répondre à ces exigences. Le Système d'information géographique (SIG) qui en a résulté fournit un moyen puissant et unique de faire face à ces grands problèmes.

A ce jour, le SIG a servi principalement à prédire la distribution et la dynamique des infections transmises par les tiques du bétail dans le continent (Lessard *et al.*, 1990; Perry *et al.*, 1990; Perry *et al.*, 1991; Norval *et al.*, 1991; Norval *et al.*, soumis) et de nombreuses bases de données numériques géoréférencées ont été élaborées à cette fin.



Le LIRMA a reconnu assez tôt que les exigences de la base de données pour une telle recherche dépassaient sa capacité, s'étendant à des domaines d'autres centres internationaux de recherche agronomique (CIRA) du Groupe consultatif pour la recherche agricole internationale (GCRAI), de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) et du Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE). C'est ainsi que le LIRMA a contribué aux tentatives récentes de définir les besoins de données numériques pour les activités du SIG au sein du GCRAI et d'identifier les instituts ne relevant pas du GCRAI spécialisés dans des secteurs particuliers (tels que le climat, les sols et le terrain, la socio-économie), qui pourraient concourir à la réalisation coordonnée de la base de données.

## PROBLEMES DE RECHERCHE STRATEGIQUE

Les effets éventuels de la lutte contre la trypanosomiase sont notoires et ont été examinés pendant plus d'un siècle, mais il faut encore les quantifier du point de vue épidémiologique, écologique et économique dans les différentes régions touchées par la maladie. Lorsque les effets ont été évalués de façon plus précise, cela se fait d'ordinaire *a posteriori*, dans des zones et régions limitées à la suite de programmes de lutte contre la mouche tsé-tsé. L'absence de données quantitatives multidisciplinaires entrave les évaluations préalables de la lutte contre la trypanosomiase à l'échelle du continent et donc l'allocation appropriée de ressources à cette fin, ainsi que l'élaboration efficace de politiques de lutte et d'utilisation des terres pour toute l'Afrique.

Parmi les nombreux motifs qui expliquent l'absence de données quantitatives, on peut citer la complexité des analyses multidisciplinaires nécessaires et la difficulté d'extrapoler des données à partir du nombre restreint d'endroits où ces travaux ont été effectués à l'échelle nationale, régionale et continentale. Toutefois, la venue du stockage des données automatisées, les systèmes d'analyse et de visualisation sous forme de SIG rendent maintenant possible et rentable l'extrapolation.

Sous les auspices d'un projet financé par la Fondation Rockefeller, le LIRMA a entrepris un programme de recherche pour quantifier l'avenir de la lutte contre la trypanosomiase avec les objectifs ci-après:

1. Déterminer de quelle façon la lutte contre la trypanosomiase, les facteurs économiques, écologiques, démographiques et socio-culturels influe sur les décisions relatives à l'utilisation des terres en Afrique. Ces renseignements serviront à placer la lutte contre l'épizootie dans le contexte d'autres pressions exercées sur la modification de l'utilisation des terres et à élaborer un modèle à grande échelle des processus en jeu.
2. Quantifier l'incidence de la modification de l'utilisation des terres liée à la lutte contre la trypanosomiase sur les propriétés écologiques et socio-économiques à différents degrés de résolution (local, national et continental).

## APPROCHE DE LA RECHERCHE

L'analyse du SIG constitue l'une des trois approches utilisées pour atteindre ces objectifs. Les activités du SIG au niveau continental sont intégrées dans une étude de cas à résolution élevée effectuée en Afrique de l'Est, où les processus déterminant la modification de l'utilisation des terres et les incidences de cette modification sont identifiés et quantifiés dans un contexte rétrospectif. Des études de cas seront également effectuées en Afrique de l'Ouest et en Afrique australe. En outre, les analyses du SIG et les données tirées des études de cas seront finalement intégrées dans des modèles informatiques commandant des systèmes de soutien des décisions, afin d'évaluer l'incidence de la lutte contre la trypanosomiase.

L'élaboration de strates de données SIG et l'analyse des interactions entre les couches se font à quatre niveaux: continental, régional, national et local. L'analyse est emboîtée à dessein de sorte que les résultats à un niveau peuvent être placés dans le contexte du prochain niveau plus élevé. De cette manière, on pourra mieux comprendre quels sont les variables et processus qui demeurent les mêmes ou non, lors de l'évaluation des effets à divers niveaux de résolution.

## MODELE CONCEPTUEL

Les activités du SIG sont interdisciplinaires par nature, bien que l'élaboration des données se soit faite tout d'abord en fonction de l'épidémiologie, de la climatologie et de l'écologie. Afin de préciser les liens entre les effets écologiques, épidémiologiques, socio-économiques, un modèle conceptuel a été construit (Fig. 1, tirée de Reid *et al.*, 1993).

Le modèle conceptuel est construit autour de l'interaction de la trypanosomiase et de l'utilisation des terres, imbriqué entre les facteurs écologiques et socio-économiques. L'environnement physique consiste en un ensemble de conditions initiales et de variables agissantes externes qui constituent le capital naturel potentiel (par exemple climat, biodiversité, fertilité du sol, structure de la végétation) et déterminent l'éventail des systèmes d'utilisation des terres viables en un emplacement donné. De même, une série de variables socio-économiques externes déterminantes conditionnent la structure caractéristique des droits de propriété, les techniques de production disponibles et la population humaine dans une zone particulière. Agissant dans cet environnement socio-économique, les populations prennent des décisions quant aux migrations, à l'affectation de la main-d'oeuvre, à la production animale et aux pratiques agricoles qui, à leur tour, déterminent le système effectif d'utilisation des terres. Ce système modifie le capital naturel potentiel qui, à son tour, peut limiter les types possibles d'utilisation des terres.

L'importance des diverses variables dans ce modèle conceptuel changera au fur et à mesure que l'étude passera de l'échelle locale à l'échelle nationale et continentale. Lorsque l'échelle augmente, les phénomènes au niveau local seront regroupés et certaines variables extérieures, autrefois à grande échelle, deviendront internes au modèle.

Le modèle conceptuel servira à lier les échelles voulues de l'étude (local, national, régional, continental, avec les trois méthodologies de l'étude (SIG, études de cas sur le terrain et modélisation). Il sera par ailleurs utilisé comme lien conceptuel avec la recherche

actuelle et proposée sur l'adoption, la diffusion et la durabilité des technologies de lutte contre les maladies.

## **SAISIE ET DEVELOPPEMENT DE LA BASE DE DONNEES SIG**

Les bases de données numériques géoréférencées de qualité couvrant les variables de l'étude à un degré approprié de résolution sont indispensables à cette étude et le LIRMA a conçu un vaste réseau d'institutions qui collaborent au développement et à la saisie des données du SIG. L'élaboration de la base de données exige la collecte de données secondaires à une résolution aussi fine que possible, suivie par leur numérisation dans les nouvelles strates du SIG ou leurs liens avec les bases de données spatiales existantes. Chaque fois que possible, les strates de données existantes élaborées ailleurs sont saisies et seules celles qui ne sont pas disponibles sont élaborées au LIRMA. Les strates de données élaborées au LIRMA ont attiré de nombreuses collaborations nouvelles et il faut espérer qu'ils encourageront d'autres institutions à partager leurs bases de données. Le Tableau 1 illustre certaines acquisitions récentes de bases de données utilisées dans cette analyse, ainsi que leurs sources.

Ces nouvelles bases de données illustrent la distribution et l'ampleur des variables écologiques et démographiques à trois échelles: locale, nationale et continentale. Les ensembles de données qui ont été saisies en développant ou en poursuivant les rapports de collaboration ont fait intervenir plusieurs organisations. Tout d'abord, la collaboration s'est poursuivie avec le PNUE/GRID, avec l'acquisition de strates de données à l'échelle du continent concernant la densité de la population humaine et de trois strates différents de données portant sur la distribution de la végétation. Une nouvelle collaboration a été établie avec FEWS (Système d'alerte rapide sur la famine) et des données concernant l'intensité d'exploitation des terres, élaborées à partir d'images-satellite, ont été obtenues pour quatre pays. Une nouvelle autre collaboration a été établie avec le Centre mondial de surveillance de la conservation (WCMC), dépositaire des données du Fonds mondial pour la nature (WWF) et de l'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN). Le WCFC a fourni au LIRMA des données numériques continentales sur la distribution et l'état des aires protégées, la distribution et le type des terres humides et des listes d'espèces menacées d'extinction pour certains pays africains. Ces données serviront à déterminer le rapport entre la tsé-tsé et les zones de conservation, et pour connaître quelles zones risquent d'être menacées de développement si la lutte contre la tsé-tsé donne de bons résultats.

L'IFPRI (Institut international de recherche sur les politiques alimentaires) a fourni un modèle d'élévation numérique, qui servira à placer l'emplacement de l'étude de cas sur l'Afrique de l'Est dans ce pays dans un contexte national.

La FAO a fourni des strates de données sur la vocation agricole des terres pour le Kenya; des strates de données sur la tsé-tsé et l'utilisation des terres pour le Togo; des données non numériques sur les effectifs bovins pour l'Ethiopie; les frontières administratives pour l'Afrique; et les sols, toujours pour l'Afrique.

Tableau 1

<b>Strate de données collaborateur</b>
--

*Echelle continentale*

Densité du bétail bovin	LIRMA
Densité de la population humaine	PNUE/GRID
Végétation	PNUE/GRID
Végétation/utilisation des terres	PNUE/GRID
Carte numérique du monde-Afrique	PNUE/GRID
Aires protégées	WCMC
Terres humides	WCMC
Liste des espèces menacées d'extinction	WCMC
Sols	FAO
Limites administratives	FAO

*Echelle nationale*

Strate SIG des effectifs bovins--Ethiopie	LIRMA
Population humaine--Kenya, 1979-89	LIRMA
Sols--Kenya	PNUE/GRID
Intensité de culture--Mali	FEWS
Intensité de culture--Burkina Faso	FEWS
Intensité de culture--Zambie	FEWS
Intensité de culture--Zimbabwe	FEWS
Frontières administratives--Ethiopie	IFPRI, FEWS, USGS
Reliefs--Ethiopie	IFPRI
Vocation agricole de terres--Kenya	FAO
Liste de données sur les effectifs bovins--Ethiopie	FAO

*Echelle locale*

Modèle numérique du relief--Ghibe	LIRMA
Réseau de transport--Ghibe	LIRMA
Réseau fluvial--Ghibe	LIRMA
Utilisation des terres, interprétation de photos aériennes, 1992, Ghibe	LIRMA
Utilisation des terres, interprétation des images Landsat TM, Ghibe	LIRMA
Analyse par satellite du changement de l'utilisation des terres--Vallée de Ghibe, Ethiopie	USGS

L'USGS (US Geological Survey) tente d'utiliser des images satellites à faible résolution pour effectuer une analyse dans le temps de la modification de l'utilisation des terres dans un site d'étude de cas pour l'Ethiopie, en échange d'une version reclassée d'une nouvelle image satellite que nous avons récemment obtenue.

Au LIRMA, trois grands strates de bases de données SIG sont élaborées pour cette étude: un strate de données sur les effectifs bovins pour l'Afrique, un autre pour la population humaine du Kenya et d'autres encore à résolution élevée pour le relief, les routes, les villes et les cours d'eau dans la Vallée de Ghibe, en Ethiopie. Lorsqu'ils seront achevés, ces strates de données serviront à analyser l'incidence sur l'environnement et la situation socio-économique de la lutte contre la maladie.

#### SYSTEMES D'INFORMATION GEOGRAPHIQUE: MATERIEL ET LOGICIEL

Quatre systèmes d'information géographique sont utilisés pour l'élaboration et l'analyse de la base de données: ARC/INFO version 6.1.1.<sup>1</sup> et GRASS 4.0<sup>2</sup> qui fonctionnent sur postes Sparc SUN et le pcARC/INFO, version 3.4D Plus<sup>1</sup> et la version IDRISI 4.0<sup>3</sup> fonctionnant sur ordinateurs compatibles avec le matériel IBM. Les deux versions d'ARC/INFO constituent le fondement du développement de la base de données, car la présentation des données utilisées sert désormais de modèle à l'échelle mondiale pour l'échange de bases de données. La structure vectorielle ARC/INFO peut être facilement convertie en toute une série d'autres structures, y compris IDRISI et GRASS. Pratiquement toutes les bases de données de cette étude ont été analysées à l'aide du système à trame

<sup>1</sup> Environmental Systems Research Institute, Redlands, Californie (Etats-Unis).

<sup>2</sup> US Army Construction Engineering Research Laboratory, Champaign, Illinois (Etats-Unis).

<sup>3</sup> Université Clark, Worcester, Massachusetts (Etats-Unis).

GRID (un module d'ARC/INFO) et d'IDRISI. De nombreuses bases de données détaillées, telles que les couches sur l'intensité de culture, ont une résolution si élevée qu'elles doivent être conservées sous forme de trame. En outre, en incorporant un grand nombre de bases de données provenant de diverses sources, de nombreux problèmes de compatibilité des données surgissent, tels que les différences dans les projections des cartes, l'échelle, la résolution et l'intégrité spatiale. Tous ces problèmes peuvent être facilement résolus grâce au logiciel GRID. Parmi les puissantes prestations de GRID, on peut citer:

- l'analyse des bases de données de diverses résolutions
- la conversion des données vectorielles en trame, dans des équations algébriques pour carte
- la modification des projections des cartes, qu'il s'agisse de vecteur ou de trame
- la combinaison des couches de données à trame qui ont diverses extensions géographiques en découpant l'écran en fenêtres, dans les zones qui se chevauchent
- les pleines possibilités algébriques des cartes
- l'importation de pratiquement toutes les données de type trame
- la mise à jour des tableaux caractéristiques communément incorporés dans les bases de données vectorielles en les joignant aux données à trame

L'IDRISI, qui fonctionne sur pratiquement tout système PC, fournit à divers collaborateurs un moyen bon marché d'accéder aux bases de données existantes, de les traiter et de les analyser. IDRISI et GRASS fournissent également des modules de traitement des images satellites qui ne font pas partie du logiciel ARC/INFO. Les deux progiciels serviront à l'analyse de la détection des modifications de l'utilisation des terres dans l'étude de cas éthiopienne.

## ANALYSE DES DONNEES

Comme on l'a déjà dit, la lutte plus efficace contre la trypanosomiase transmise par la tsé-tsé peut ouvrir de vastes régions à l'élevage, accroissant ainsi le potentiel de production vivrière et mettant en danger les réservoirs de biodiversité dans le continent. Si l'on élimine le problème de la trypanosomiase, on assistera probablement à une expansion de l'agriculture grâce à l'utilisation accrue de la traction animale. Si cette affirmation reflète la réalité, il devrait y avoir un fort rapport inverse entre la distribution de la tsé-tsé et la distribution des terres cultivées ou l'utilisation des terres agricoles en Afrique. L'analyse du SIG dans le cadre de ce projet a pour premier objectif de déterminer si ce rapport entre la distribution de la tsé-tsé et celle de l'utilisation des terres agricoles existe. Le cas échéant, il s'agira en second lieu de déterminer la force du lien entre tsé-tsé et production agricole par rapport à d'autres facteurs qui pourraient influencer sur l'utilisation des terres (à savoir population humaine, pluies, altitude).

Toutefois, il n'existe pas de bases de données continentales géo-référencées montrant bien la distribution de l'utilisation des terres de sorte qu'on a eu recours à deux approches alternatives. Premièrement, la distribution de la tsé-tsé a été liée à la densité de la population humaine à l'échelle du continent, en utilisant cette variable comme substitut des données sur l'utilisation des terres. En second lieu, les données sur l'utilisation des terres agricoles ont été obtenues pour trois pays, grâce au Système d'alerte rapide sur la famine (FEWS) et ces données ont été liées à la distribution de la tsé-tsé. Ces données géo-référencées sur

l'intensité de l'utilisation des terres ont été élaborées à partir de couvertures à l'échelle d'un pays d'images satellites Landsat (MSS) pour le Burkina Faso, le Mali et la Zambie. Afin de lier ces deux approches, l'hypothèse que la densité de la population humaine est un substitut de l'intensité d'utilisation des terres a été vérifiée pour ces trois pays. L'analyse a été effectuée en superposant les couches de données pertinentes (distribution de la tsé-tsé, population humaine, pluies et élévation) et en effectuant ensuite des analyses statistiques à plusieurs variables (analyse discriminante et modélisation catégorielle), pour quantifier ces rapports.

## RESULTATS

Les résultats des analyses préliminaires de ces données ont été récemment communiquées (Reid *et al.*, sous presse) et ceux-ci sont résumés ci-après. Pour l'analyse continentale, la présence de la tsé-tsé était un discriminant légèrement meilleur (73 pour cent corrects) de la densité de la population humaine que les pluies (67 pour cent corrects) ou l'altitude (65 pour cent corrects) (Figure 2). Même si l'on éliminait de l'analyse l'effet des pluies, les résultats révélaient que, le plus souvent, les zones infestées par la tsé-tsé étaient moins peuplées que les autres. Cela ne démontre pas un rapport de cause à effet, mais fait penser que la tsé-tsé peut être un obstacle important à la présence de l'homme.

Comme on le supposait, il y avait un fort rapport positif entre l'intensité d'utilisation des terres et la densité de population pour le Burkina Faso, la Zambie et le Mali. La possibilité d'un seuil de densité de la population humaine en dessous duquel l'utilisation des terres par l'homme était faible ou nulle a été prise en considération. Ce seuil a pu ensuite être utilisé pour prédire, sur la base de la densité de la population, l'utilisation des terres par l'homme. La limite inférieure de densité de population au-dessous de laquelle il n'y avait peu ou pas de cultures variait entre 7-25 personne/km<sup>2</sup> pour les trois pays étudiés.

Quant à l'analyse par pays, on s'attendait à ce que l'utilisation des terres soit faible en présence de la tsé-tsé. C'est manifestement le cas de la Zambie, où les zones infestées de tsé-tsé coïncident avec des bandes de faible utilisation des terres agricoles (Figures 3 et 4). Ces mêmes bandes contiennent la majeure partie des aires de conservation en Zambie (y compris les parcs nationaux de Kafue et Luangwa). Au Mali par contre, la présence de la mouche tsé-tsé était associée aussi bien avec une forte qu'une faible intensité d'utilisation des terres, dépendant de la zone des pluies (Figure 5). Il est probable que les zones ayant une forte densité d'utilisation des terres mais où est aussi présente la tsé-tsé au Mali sont celles où les eaux souterraines sont particulièrement élevées le long du fleuve Niger. Alors que l'on ne s'y attendait pas, au Burkina Faso, la présence de la tsé-tsé était systématiquement associée à une utilisation plus intensive des terres. Dans ce cas, cela peut s'expliquer par le type et la fertilité des sols, indépendamment de la présence ou de l'absence de la tsé-tsé. Les zones où la tsé-tsé et l'utilisation intensive des terres agricoles se chevauchent sont peut-être celles où les sols sont particulièrement fertiles (comme dans le sud-ouest du Burkina Faso). Par contre, celles où la tsé-tsé est absente et l'intensité de culture est faible peuvent être des zones où la pluviosité est faible et les sols peu fertiles.

On peut aussi expliquer les résultats du Burkina Faso par le fait que les ensembles de données sur la distribution de la tsé-tsé ne sont plus corrects et qu'ainsi la forte intensité d'utilisation des sols ne se recoupe plus avec la tsé-tsé. Pour vérifier cette hypothèse, des

données à jour et à résolution élevée sur la distribution de la tsé-tsé sont nécessaires. Toutefois, avec l'amélioration rapide de la qualité des modèles de prévision de la distribution de la tsé-tsé (Rogers et Randolph, 1993), les évaluations préalables des distributions de vecteurs pourraient jouer un rôle croissant dans ces analyses.

Il ressort de l'analyse statistique que la distribution de la tsé-tsé est un discriminant important de la distribution de l'utilisation des terres agricoles (Tableau 2). Au Burkina Faso et en Zambie, la tsé-tsé est plus importante pour déterminer la répartition de l'utilisation des sols que la densité de la population humaine ou les pluies. Comme le montre la Figure 3 toutefois, ce rapport était positif au Burkina Faso et négatif en Zambie. Dans les résultats du modèle log-linéaire catégoriel, les pluies et la population humaine étaient tour à tour plus importantes que la tsé-tsé pour expliquer la fluctuation de la variable de distribution de l'utilisation des sols.

## CONCLUSIONS

Nous avons présenté ici des résultats préliminaires qui démontrent clairement la capacité des systèmes d'information géographique de contribuer sensiblement aux analyses des facteurs à l'échelle continentale qui influent sur la distribution de la tsé-tsé, la densité de la population humaine et l'intensité d'utilisation des sols. On estime que ces analyses joueront un rôle croissant à l'avenir dans le processus d'allocation des ressources pour améliorer la production vivrière du continent, grâce à la lutte plus efficace contre les maladies.

## REMERCIEMENTS

Nous voudrions adresser nos remerciements à M. Jack Doyle pour ses observations constructives à propos des premières versions du manuscrit.



**Tableau 2. Résultats de l'analyse discriminante et des modèles log-linéaires catégoriels montrant l'importance de la tsé-tsé, de la population humaine et des pluies pour expliquer la distribution de l'utilisation des terres agricoles**

Eléments de modèle		Analyse discriminante	Modèles log-linéaires catégoriels		
Variable dépendante	Variables indépendantes	Prévision correcte (pour cent)	Effets importants	X <sup>2</sup>	Valeur P
<i>BURKINA FASO</i> n = 32906 cellules)					
Présence/absence d'utilisation des sols (+/-)	1. Tsé-tsé +/-	66%	1. Population humaine	1 171,3	<,0001
	2. Population humaine	62%	2. Tsé-tsé +/-	287,7	<,0001
	3. Pluies	60%	3. Pluies	251,9	<,0001
	4. Toutes variables	68%			
<i>MALI</i> (n = 72538 cellules)					
Présence/absence d'utilisation des sols (+/-)	1. Pluies	80%	1. Pluies	12 604,2	<,0001
	2. Tsé-tsé +/-	68%	2. Tsé-tsé +/-	2 430,7	<,0001
	3. Population humaine	58%	3. Population humaine	2 053,4	<,0001
	4. Toutes variables	81%			
<i>ZAMBIE</i> (n = 45888 cellules)					
Présence/absence d'utilisation des sols (+/-)	1. Tsé-tsé +/-	61%	1. Population humaine	1 479,2	<,0001
	2. Population humaine	59%	2. Tsé-tsé +/-	949,9	<,0001
	3. Pluies	56%	3. Pluies	802,2	<,0001
	4. Toutes variables	63%			

Note: La présence/absence d'utilisation des terres correspond à l'intensité (chiffres ci-dessus) répartie en deux classes de culture (< 10 pour cent = culture absente, > 10 pour cent = culture présente).

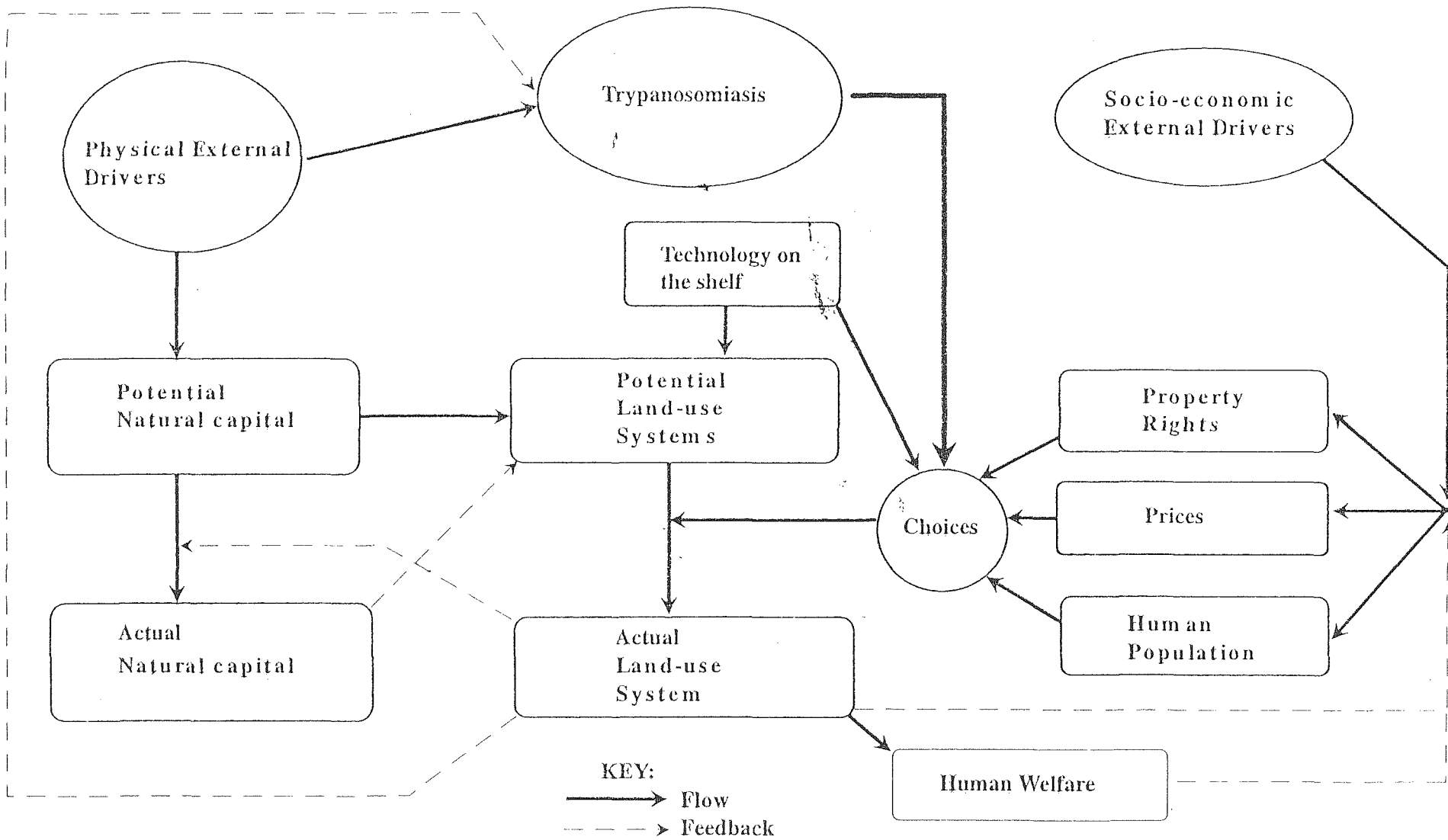


Figure 1. A conceptual model of the environmental, social and economic impacts of trypanosomiasis control (from Reid *et al.*, 1993).

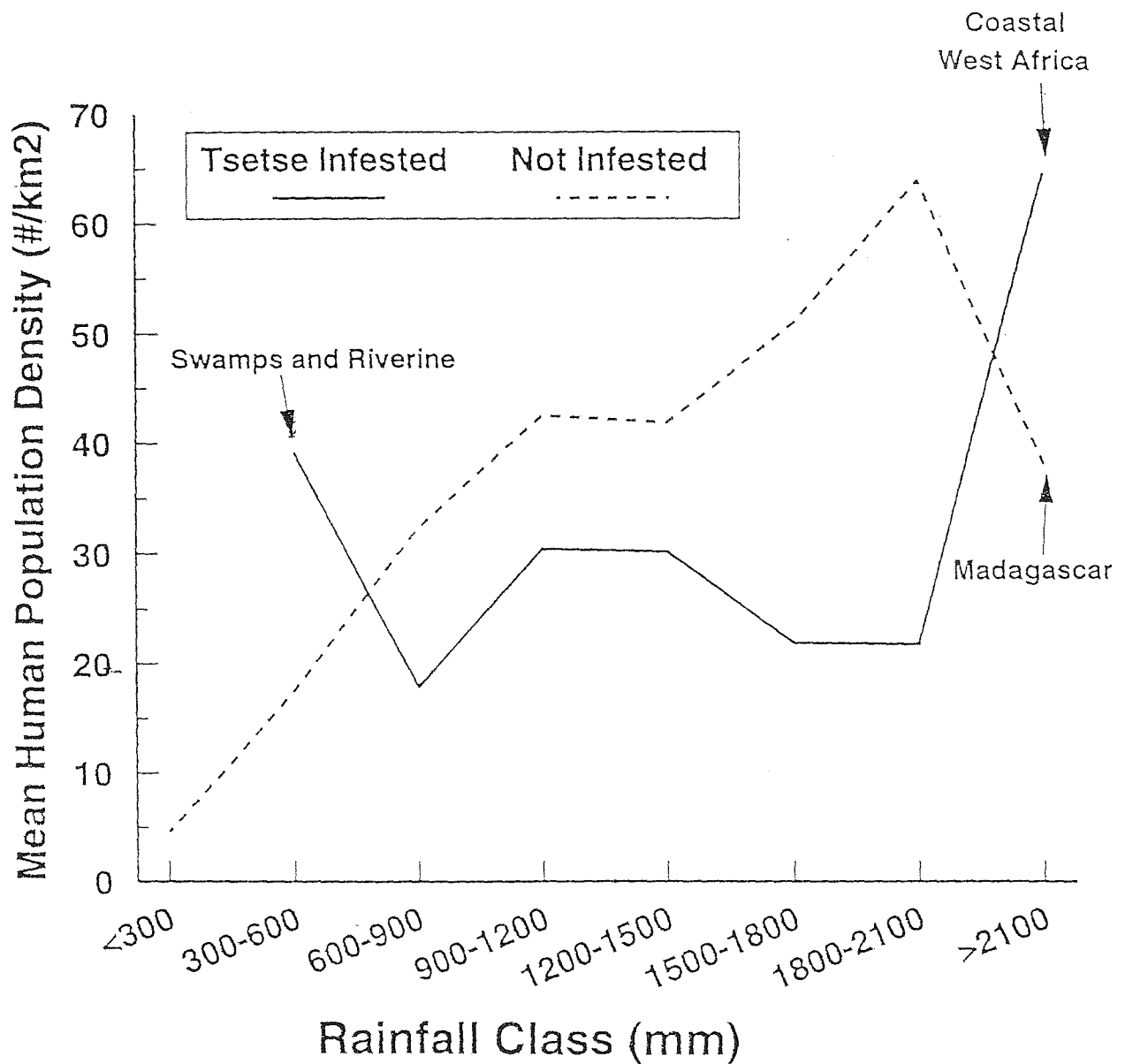


Figure 2. A continental comparison of human population density in tsetse-infested and tsetse-uninfested areas of the continent, stratified by rainfall zone.

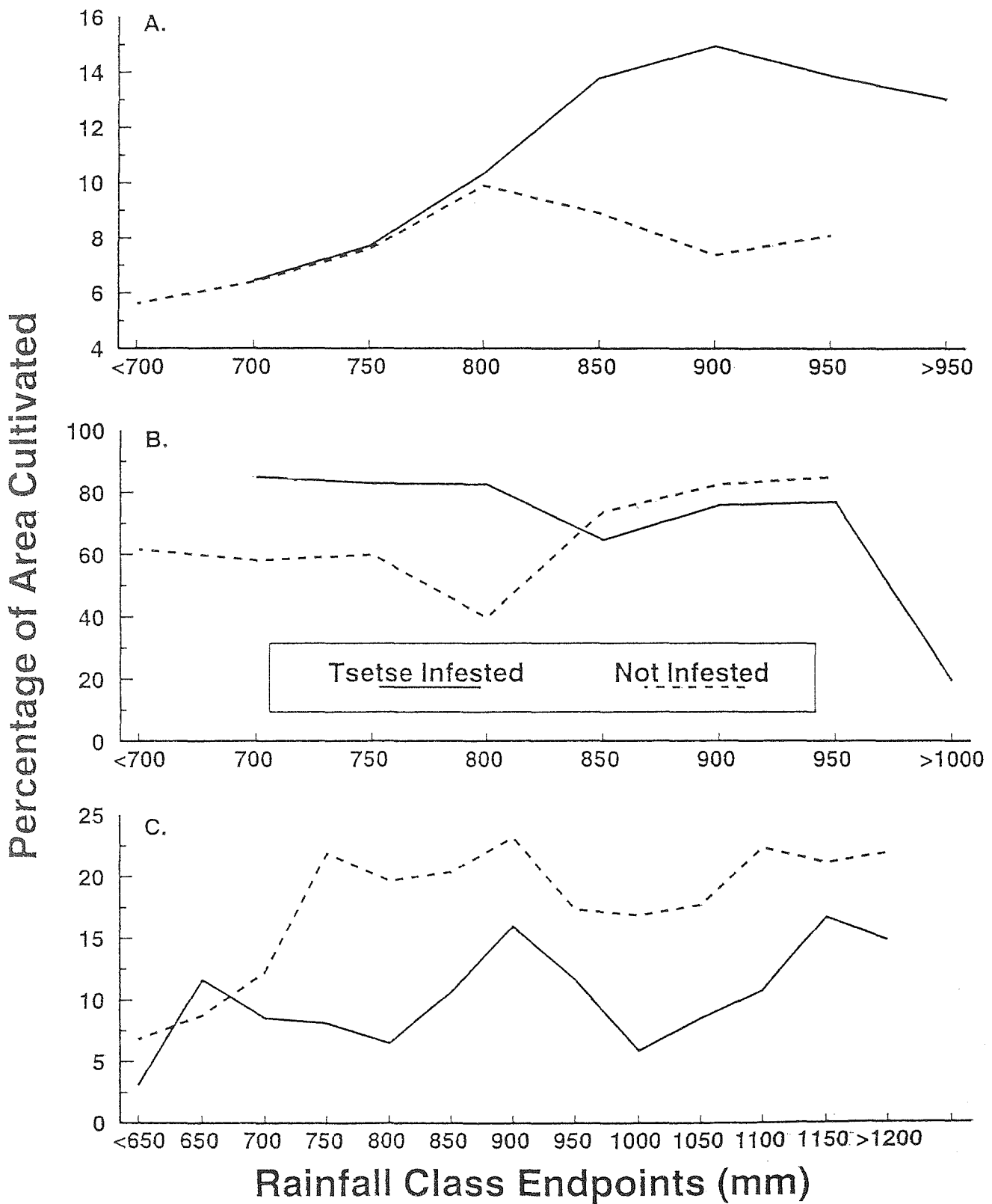


Figure 3. Mean land-use intensity (percent cultivated) in areas with and without tsetse, stratified by rainfall zone in Burkina Faso (a), Mali (b) and Zambia (c).

# ZAMBIA: OVERLAY OF CROP-USE INTENSITY, TSETSE DISTRIBUTION, AND WILDLIFE AREAS

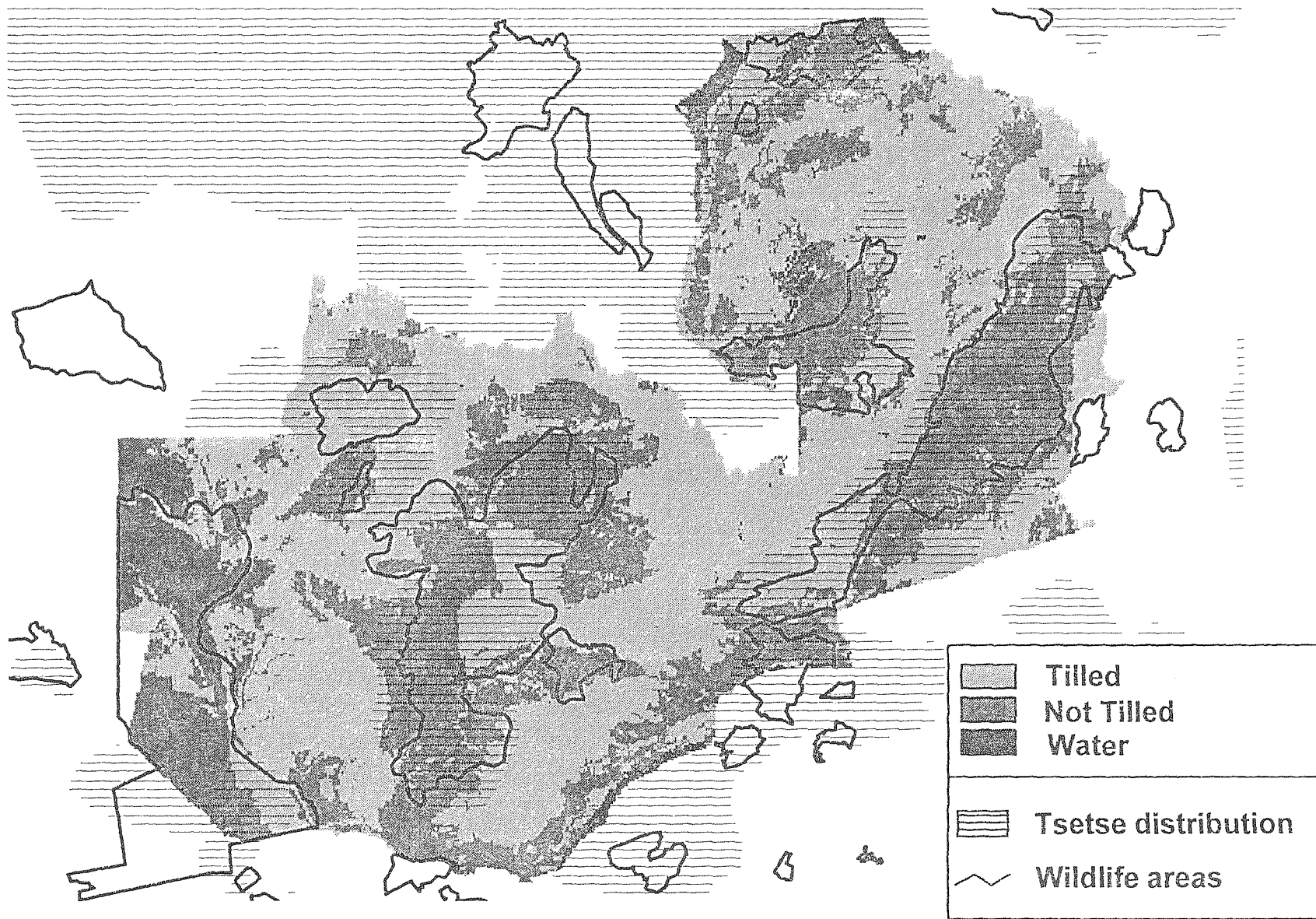


Figure 4. Overlay of the maps showing agricultural land-use intensity, tsetse distribution and conservation areas for Zambia.

# MALI: OVERLAY OF CROP-USE INTENSITY, TSETSE DISTRIBUTION AND RAINFALL ISOHYETS

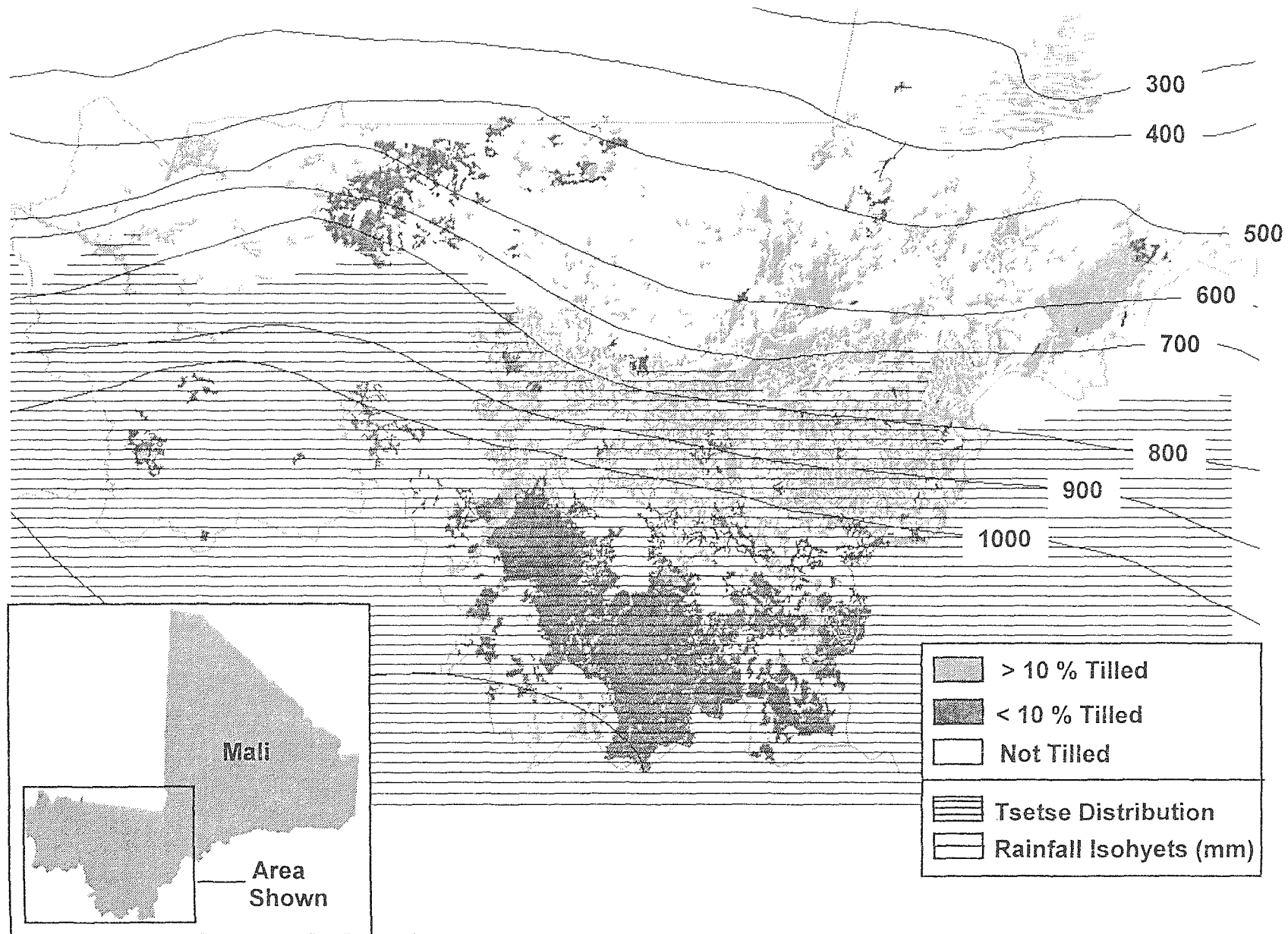


Figure 5. Overlay of the maps showing agricultural land-use intensity, tsetse distribution, and rainfall isohyets for Mali.

# BURKINA FASO: OVERLAY OF CROP-USE INTENSITY, TSETSE DISTRIBUTION, AND RAINFALL ISOHYETS

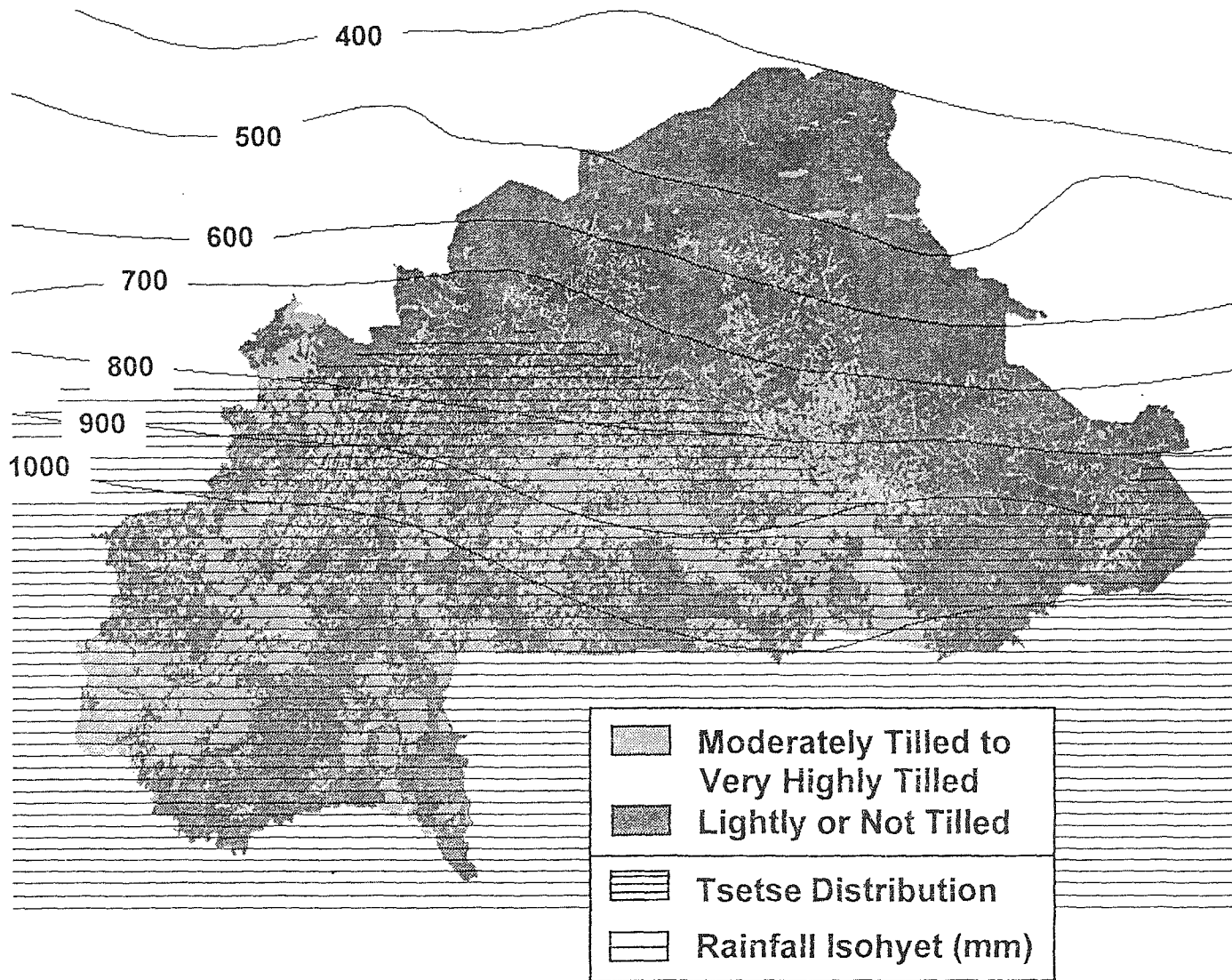


Figure 6. Overlay of the maps showing agricultural land-use intensity, tsetse distribution, and rainfall isohyets for Burkina Faso.

## REFERENCES

- Lessard, P., L'Eplattenier, R., Norval, R.A.I., Kundert, K., Dolan, T.T., Croze, H., Walker, J.B., Irvin, A.D. and Perry, B.D. (1990). Geographic information systems for studying the epidemiology of cattle diseases caused by *Theileria parva*. *Veterinary Record*, 126 255-262.
- Norval, R.A.I., Perry, B.D., Kruska, R.L. and Kundert, K. (1991). The use of climate data interpolation in estimating the distribution of *Amblyomma variegatum* in Africa. *Preventive Veterinary Medicine*, 11, 365-366.
- Norval, R.A.I., Perry, B.D., Meltzer, M.I., Kruska, R.L. and Booth, T.H. (submitted). Factors affecting the distributions of the ticks *Amblyomma hebraeum* and *A. variegatum* in Zimbabwe: implications of reduced acaricide use. *Experimental and Applied Acarology*.
- Perry, B.D., Lessard, P., Norval, R.A.I., Kundert, K. and Kruska, R.L. (1990). Climate, vegetation and the distribution of *Rhipicephalus appendiculatus* in Africa. *Parasitology Today*, 6, 100-104.
- Perry, B.D., Kruska, R.L., Lessard, P., Norval, R.A.I. and Kundert, K. (1991). Estimating the distribution and abundance of *Rhipicephalus appendiculatus* in Africa. *Preventive Veterinary Medicine*, 11, 261-268.
- Reid, R.S., J.J. Curry, B.M. Swallow, A.W. Mukhebi, B.D. Perry, and J.E. Ellis. 1993. Ecological, social and economic impacts of trypanotolerance: Collaborative research in Central and West Africa. Proceedings of the workshop entitled "Towards increased utilisation and adoption of trypanotolerance-current status of research and future directions. ILRAD, Nairobi, Kenya, 26-29 April, 1993.
- Reid, R.S., Perry, B.D., Kruska, R.L., and Ellis, J.E. (in press). Preliminary analysis of the environmental impacts of trypanosomiasis control in Africa. ILRAD Annual Scientific Report.



## MODELLING TSETSE AND TRYPANOSOMIASIS IN AFRICA

David J. Rogers

### INTRODUCTION

There are two quite different problems and two quite different solutions in developing models for tsetse and trypanosomiasis in Africa.

The different problems are those of distribution on the one hand and abundance (or prevalence) on the other. For some activities, such as planning a control campaign where the same solution is to be applied throughout the affected area, only accurate information on distribution is required. For others, such as determining the amount of control or intervention required on a regional basis, abundance or prevalence information is also required. We will see that it is generally easier to model distribution than it is to model abundance.

The different solutions involve either a statistical or a biological approach. The statistical approach is familiar to epidemiologists concerned with modelling diseases whose aetiology is poorly understood. Factors are monitored which are assumed to be risk indicators (e.g. the proximity to a nuclear power station may be a risk indicator of child-hood leukaemia) and statistical analysis later looks for correlations between the disease and the risk indicators. Such an approach was eventually responsible for establishing the causal links between smoking and cancer, although the jump from 'x is correlated with y' to 'x causes y' needs a great deal of experimental evidence, which is often lacking.

The biological approach is adopted when the determinants of disease risk, and their interactions, are clearly understood. This approach is always preferable to the statistical approach because a clear understanding of disease transmission, within a model framework, is able to predict changes in disease distribution and abundance much more accurately than the statistical approach. Furthermore whilst the statistical approach may give satisfactory predictions of the future when the future is the same as the past, it becomes progressively less satisfactory when the future is different from the past. Given the increasingly rapid rate of environmental change the statistical approach's predictions are likely to be less and less satisfactory.

Unfortunately we seldom have enough information, except from very few sites, on which to base a biological model and so we are forced to adopt a statistical approach. In doing so we may choose from a range of statistical methodologies that differ in their accuracy and the amount of light they throw on the biological problems. In general we find that the most accurate statistical methods are often the least illuminating biologically whilst the biologically illuminating methodologies do not give quite so good a fit to the field data. It is up to the end-user of the information to decide whether he or she wants effective support for a control operation (in which case the most accurate prediction is required) or further insight into the

dynamics of disease transmission (in which case biologically useful predictions are required). We must always guard against the problem that there probably exists a statistical method which will predict with 100% accuracy a map we know to be at least partly inaccurate. Statistical accuracy should not therefore be used as the sole criterion for choosing one analytical method over another. The role of the biologist here remains crucial.

## DISTRIBUTION AND ABUNDANCE

All biological systems consist of a series of input processes and output processes. We can regard the input processes (e.g. birth, immigration or infection) as contributing to an increase (in number per unit area, or in disease prevalence) and output processes (death, emigration, recovery) as contributing to a decrease. It is unlikely in the extreme that the sum total of all the input processes, by chance, will equal the sum total of all the output processes. Therefore there will always be a net tendency for change (for decrease or increase). If the net change is always negative the population, or disease prevalence, will fall to extinction. We can therefore define the limits of a vector, or the disease it transmits, as the points at which, on an annual basis the net change is, on average, zero. This is an extremely powerful approach, firmly based on a biological interpretation of events, which we have used in the past to define the panAfrican distribution of tsetse flies from biological field data collected at only two field sites, in Nigeria and Zambia (Rogers 1979). If the net change is positive, however, the vector population, or the disease, will increase. Clearly this increase is not without limits and so some other factor or factors must come into play to change a net tendency to increase at low densities to one of no net change at high densities. These factors are therefore introducing regulation or negative feed-back into the system and this feed-back stabilises the components of the biological system around its characteristic equilibrium level. Negative feed-back processes in ecology are sometimes called 'density dependent' and they are as much a part of disease transmission models (Dietz 1988) as they are of vector population models (Rogers 1990). As explained elsewhere, the characteristics of the negative feed-back processes determine both the equilibrium level itself and the stability of that equilibrium in rather subtle ways (Rogers 1983). It is clearly vitally important to include these regulatory factors in biological models of both vectors and diseases, but it is also essential to try to incorporate them into the statistical analyses of vector and disease abundance. If, for example, a predatory insect is regulating the abundance of tsetse over part of its range, the statistical approach requires some estimate of predator presence and/or abundance as one of its input predictor variables. Failing this it needs another variable as a surrogate for the predator variable. Since we so rarely know precisely what is regulating vector abundance in the wild, and since we even more rarely measure the causative agents, we can only guess at an appropriate surrogate variable within our data-base. This means that predictions of vector abundance, or disease prevalence, are going to be much more difficult than predictions of presence or absence of either. This is especially the case when the regulatory factors themselves change throughout the distributional range of the vectors and diseases.

In order to illustrate these points we give four examples, two statistical and two biological: of the distribution of *Glossina morsitans* in Kenya and Tanzania, of the abundance

of *G. palpalis* in Nigeria, of the prevalence of trypanosomiasis among cattle in Togo and of the incidence and prevalence of trypanosomiasis in cattle in The Gambia.

#### THE DISTRIBUTION OF *GLOSSINA MORSITANS* IN KENYA AND TANZANIA

This example uses a statistical approach to model the distribution of *G. morsitans* in part of its range. We use the standard statistical technique of linear discriminant analysis (available in many multi-variate software packages, e.g. SPSS) and a training set of between 1 and 5% of the data set to 'train' the analysis to distinguish between sites that are suitable and unsuitable for this species. The data set contains a number of data layers; the distributional data from Ford & Katondo's tsetse distribution map (Ford and Katondo 1977); elevation; ground-based meteorological records (temperature means, minima, and maxima); and finally the annual mean, minimum and maximum Normalised Difference Vegetation Indices derived from the Advanced Very High Resolution Radiometer on board the NOAA series of meteorological satellites. Certain variables we might wish, from the biological point of view, to be in this analysis (e.g. rainfall, saturation deficit) were not available in the data set. The analysis decides which is the single most important variable by determining how each variable in turn is able to distinguish between areas of fly presence and absence. The variable that gives the best separation (within the analysis this is indicated by the Mahalanobis distance, which allows for the unequal variances of the variables, and their co-variances) is chosen as being the most important. The second most important variable is chosen from the remaining variables in a similar way; and so on. At each stage of the analysis it is possible to produce a map of the prediction of areas of suitability and unsuitability, and this is colour-coded on the computer screen. The % correct predictions (i.e. both of presence and absence), the % false positives (an incorrect prediction of presence), % false negatives (an incorrect prediction of absence), the sensitivity (ability to predict positives correctly) and specificity (ability to predict negatives correctly) are calculated for each map. It is then possible to compare the increased discriminating ability of the statistical analysis (i.e. as indicated by the increasing value of the Mahalanobis distance) with the result of its spatial predictions in map form. It is important to realise that the analysis itself is not spatial in character, i.e. the fate of any particular pixel depends only upon the values of its predictor variables and not upon the fate of adjacent pixels. What is therefore quite remarkable is that the maps that are produced from the analysis make a great deal of sense spatially. The best fit to the distributional data is shown here as Fig. 1.

We have now applied this method of analysis to several examples, including both tsetse and tick species, and can draw the following conclusions: (1) Vector distributions are rather sensitive to even small changes in environmental conditions. The mean temperature difference between areas of tsetse presence and absence in Kenya and Tanzania is only about 0.3 to 0.4°C. Analyses of this sort will be able to define the degree of accuracy required of Global Climate Models (GCMs) if they are to be of any use to biologists attempting to make predictions of the impact of global change on vector distributions. Other (non-temperature) limiting factors are likely to have similarly dramatic effects on other vector species, requiring a degree of sophistication of GCM predictions which is at present lacking. (2) Environmental conditions vary geographically and the limiting factor for any particular vector species may change from place

to place. Whilst the major limiting factor for *G. morsitans* in Kenya and Tanzania is a vegetation index, in Zimbabwe it is a temperature variable (in Zimbabwe low temperatures are known to limit fly distribution). (3) The analysis suggests that near the edge of the range of *G. morsitans* (i.e. in Zimbabwe) a single environmental variable (temperature) appears to determine fly distribution and the other predictor variables do not significantly improve the fit to the data set. Within the distributional limits of the same species (i.e. in Kenya and Tanzania), however, more than one variable (NDVI, temperature and elevation) make a major contribution to the observed distribution. Thus it appears that distributional limits are characterised by single variables whilst patches within distributional limits are characterised by several variables (the same conclusions apply to the brown-ear tick *Rhipicephalus appendiculatus* in the same three countries (Rogers and Randolph 1993)).

(4) There is generally a much smaller proportion of false negative to false positive results suggesting that whilst the analysis has correctly identified the major environmental constraints, the present distribution maps may inadequately represent the actual distribution of vectors. False positive areas should be carefully investigated in the future, and may reveal the presence of vectors at low density, or in previously unexplored areas. At the very least, they represent 'ecological corridors' along which vectors might be expected to move into new areas.

A good example of this occurred when a recent mapping exercise with Dr. Tim Robinson of the IPMI, Zambia, indicated the suitability for *G. m. morsitans* of part of the Zambezi Valley in Mozambique that is shown to be *morsitans-free* on the Ford & Katondo map. William Shereni of the Zimbabwe Tsetse Control Department informs us that *G. morsitans* is now to be found in this area.

(5) The technique of discriminant analysis may easily be applied to sub-species of tsetse, to determine whether each sub-species is responding to environmental conditions in the same way. Preliminary results with Tim Robinson's data from the RTTCP common fly belt show quite clear separation between areas infested by *G. m. centralis* and *G. m. morsitans*, suggesting a real difference between these two sub-species that is sometimes denied by taxonomists. (6) Linear discriminant analysis is a simple multi-variate technique whose statistical procedures and biological significance are transparent to the user in ways that those of other models for analysing vector distributions are not. It is also just as accurate. When the technique is compared with CLIMEX (a detailed climate matching model that requires for each species the estimation of one growth index and four stress indices (Sutherst and Maywald 1985)) discriminant analysis gives predictions at least as good as those of CLIMEX (Rogers & Randolph 1993). The rather arbitrary nature of the stress indices in CLIMEX, and their combination to provide a single ecoclimatic index of suitability, make the interpretation of CLIMEX's predictions somewhat obscure. Linear discriminant analysis may be improved upon by adopting non-linear discriminant criteria, tree-based classification or other more sophisticated techniques (G.J. Staton *et al.*, unpublished), each requiring a combination of the skills of the mathematician and the insight and common sense of the biologist.

## THE POPULATION DYNAMICS OF *GLOSSINA PALPALIS* IN NIGERIA

*G. palpalis* was sampled continuously in Katabu, Nigeria, for very many years until its eventual decline to extinction was brought about by habitat destruction by humans (Onyiah 1978). An analysis of this data set before the decline set in allows us to build a biological model for this tsetse species that shows the relative importance of density dependent and independent mortalities (Rogers 1990). We adopt an approach using Moran curve analysis of the fly-round data (for details see (Rogers 1979) which allows us to extract from the data an estimate of the density independent mortality operating on this species each month. This density independent mortality is usually due to climate killing either puparia or adults or both, and causes a reduction in the population rate of increase from one month to the next.

One might imagine that if we put into a tsetse population model a constant rate of increase and the variable, density independent mortality calculated from the data set we would expect to be able to model the population satisfactorily. Fig. 2a shows that this is not the case. The population begins to increase from a low level and, although it shows seasonal changes in the rate of increase (this is best seen on the graph of puparial numbers in Fig. 2), it continues to increase well beyond the observed equilibrium level. The reason for this is that we have, as yet, not included any negative feed-back (i.e. density dependence) on either the adult or puparial populations. The effects of doing this are shown in Figs. 2b, 2c and 2d. Fig. 2b shows the best fit to the data, with the parameter values given in the legend. In Fig. 2c the amount of negative feed-back on puparial numbers has been increased, whilst in Fig. 2d the amount of density dependence on the adults is increased. Notice that increased density dependence stabilises that section of the population (puparia or adults) that it acts on directly, and all other stages indirectly. Clearly biological models can have too much density dependence (Fig. 2c and 2d), or too little of it (Fig. 2a), or just about the right amount (Fig. 2b). We do not yet know if the amount of density dependence in the real population at Katabu was about the same as the model predicts, and we shall now never know. But this approach shows how a biological model, in much the same way as the statistical model outlined in the previous section, can provide 'guesstimates' of crucial parameter values that can be tested in future field work.

## TRYPANOSOME INFECTIONS IN TOGO

The project "Lutte contre la trypanosomiase en vue du developpement agropastoral des zones liberees de l'onchocercose" (Project GCP/TOG/013/BEL) has sampled tsetse and trypanosomiasis in cattle in Togo on a one eighth of a degree grid square basis, and I am most grateful to Dr. Guy Hendrickx for allowing me to use the project data for analysis. Fig. 3 shows areas in Togo where the prevalence of *Trypanosoma* (= *Duttonella*) *vivax* in cattle exceeds 5%. These data were subjected to discriminant analysis in exactly the same way as the *G. morsitans* distribution data of the first example. In this case, however, the entire data set was included in the training sample. Fig. 3 shows areas where disease prevalence is predicted to be greater than the 5% threshold, using as predictors the suite of variables listed in the figure. Temperature, rainfall and a vegetation index derived measure of seasonality ( NDampl, the amplitude of the

annual cycle of vegetation growth) are the three most important predictor variables, followed by the numbers of *G. morsitans* and *G. tachinoides* in each grid square. The result, using all the listed variables, is a prediction which is 83% correct with a sensitivity and specificity each exceeding 80%. Thus the same method of statistical analysis applies equally well to both vectors and disease.

### SEASONAL TRYPANOSOME INFECTION IN N'DAMA IN THE GAMBIA

The final example is taken from published information on the incidence and prevalence of trypanosomiasis among both zebu and N'Dama cattle in the Gambia (Claxton, Leperre et al. 1992). This study has collected the most comprehensive data set on both the vectors and disease, and has been at pains also to estimate the degree of seasonal contact between vectors and hosts.

In one series of experiments herds of zebu and N'dama cattle were grazed in the same areas and each animal was Berenil treated on being clinically diagnosed as positive for trypanosomiasis. These data were interpreted as recording the incidence of disease in animals at risk. At the same time village herds of N'Dama cattle in the same general area were surveyed and the trypanosome prevalence in them recorded. These animals were not routinely treated for trypanosomiasis. One striking observation from the comparison that can be made between these data sets is that the incidence of infection is greater than the prevalence - the reverse of the usual situation. One reason for this could be that the village herds developed and maintained a high degree of natural immunity whilst the experimental herds (both zebu and N'Dama) did not, because of their drug treatment. Results similar to these from the rest of The Gambia were used by Rawlings, Dwinger et al. (1991) to question the applicability of theoretical models of trypanosome epidemiology to field situations, and to point out that there are obviously additional, and perhaps more important, components in transmission in the case of trypanotolerant animals. The paper by Rawlings et al is an excellent example of how we should use field data to confront our existing biological models, and to improve upon them. Inspection of the results for Fugga (Claxton, Leperre et al. 1992) shows that whilst the incidence of trypanosomiasis in zebu peaks about one month after the peak in fly challenge (i.e. more or less as transmission models predict (Rogers 1988)) the incidence in N'Dama reaches a peak *two* months after peak challenge, whilst the prevalence in village herds of N'Dama peaks *three* months after peak challenge. The correlations between these variables, lagged by the appropriate numbers of months, are shown in Fig. 4. The results suggest an incubation period of the disease within the N'Dama considerably longer than that in zebu, perhaps arising from the trypanotolerant animals' ability to depress the rate of increase of the trypanosome parasitaemias within their blood stream (a characteristic of this breed of animals). This result therefore suggests that the first modification required of a biological model developed for zebu and adapted for N'Dama should be the incorporation of a much longer incubation period of infection in the N'Dama hosts. A more general comment is that we may only need to tinker with parameter values in existing models to describe results such as those in The Gambia, rather than imagine we need entirely new models.

## CONCLUSIONS

From our present state of semi-ignorance it seems that we should plan our future progress as follows

- 1) Establish well-documented sets of data for what might be the important predictor variables in statistical analyses. These data sets need to be chosen with extreme care and a certain degree of foresight. For example whilst soil type cannot be imagined to affect tsetse or trypanosomiasis directly, nevertheless soil type might be used to remove confusing variability from another variable (e.g vegetation index) that is more directly related to the vectors or diseases. Statistical analyses will generally perform better on extensive data sets, and it is important that such extensive data are equally accurate across the regions considered.
- 2) Examine in detail data sets gathered in restricted places, generally during short- or medium-term projects, and attempt to construct biological models that may inform future statistical analyses. It is rarely the case that sufficient biological data are gathered from all components in any one place (the vectors, the parasites and the hosts), so that the prospects for a full biological model of vector numbers and disease transmission are somewhat bleak. Nevertheless the individual components may be modelled quite satisfactorily using different data sets, in order to attempt to construct some chimaera of the complete system.
- 3) Use a combination of biological models and statistical analyses to begin to make predictive maps of both vectors and diseases. Initially the aim should be to predict the spatial variability of disease risk. Temporal variability will probably be more difficult to model, requiring a good deal more biological insight than most statistical models contain.
- 4) Incorporate into future projects field assessments of the predictions made under step 3) and measurements of those variables identified as important by the analyses. The biological models should help to highlight the likely impacts of these variables on the biological system, whilst the statistical analyses will indicate the degree of precision required of the measurements.

## REFERENCES

- Claxton, J. R., P. Leperre, et al. (1992). "Trypanosomiasis in cattle in Gambia: incidence, prevalence and tsetse challenge." Acta Tropica 50: 219-225.
- Dietz, K. (1988). "Density-dependence in parasite transmission dynamics." Parasitology Today 4(4): 91-97.
- Ford, J. and K. M. Katondo (1977). The distribution of tsetse flies in Africa. Nairobi, OAU Cook, Hammond & Kell.
- Onyiah, J. A. (1978). "Fluctuations in numbers and eventual collapse of a *Glossina palpalis* (R.-D.) population in Anara Forest Reserve of Nigeria." Acta trop 35: 253-261.
- Rawlings, P., R. H. Dwinger, et al. (1991). "An analysis of survey measurements of tsetse challenge to trypanotolerant cattle in relation to aspects of analytical models of transmission." Parasitology 102: 371-377.
- Rogers, D. J. (1979). "Tsetse population dynamics and distribution: a new analytical approach." J Anim Ecol 48: 825-849.
- Rogers, D. J. (1983). Interpretation of sample data. Pest and vector management in the tropics Eds. A. Youdeowei and M. W. Service. London, New York, Longman. 139-160.
- Rogers, D. J. (1988). "A general model for the African trypanosomiasis." Parasitology 97: 193-212.
- Rogers, D. J. (1990). "A general model for tsetse populations." Insect Sci Applic 11(3): 331-346.
- Rogers, D. J. and S. E. Randolph (1993). "Distribution of tsetse and ticks in Africa: past, present and future." Parasitology Today 9(7): 266 - 271.
- Sutherst, R. W. and G. F. Maywald (1985). "A computerised system for matching climates in ecology." Auric Eco Enviro 13: 281-299.
- Varley, G.C., Gradwell, G.R. & Hassell, M.P. (1973). *Insect Population Ecology*. Oxford, Blackwell.



### Figure legends

Fig. 1. The result of applying linear discriminant analysis techniques to the problem of the distribution of the tsetse *Glossina morsitans* in Kenya & Tanzania is shown here as a probability map (the grey scale) super-imposed on which is the observed distribution of this species (the horizontal lines). Important predictor variables were annual mean NDVI, temperature and elevation.

Fig. 2. Output of a population model for *G. palpalis* in Nigeria. a) model with no density dependence and the observed density independent seasonal mortality acting on adults, b) minimum, threshold and slope of density dependent relationship for puparia were 0.005, 10, 0.05 respectively; threshold and slope of adult density dependence were 200 and 0.01 (minimum values are logarithmic, i.e. k-values (Varley et al 1973); thresholds are numbers of flies per unit area; slopes are regression coefficients relating monthly k-values to the logarithm of population size), c) As for b) but with the slope of puparial density dependence increased from 0.05 to 0.25, d) as for b) but with the threshold for puparial density dependence raised from 10 to 100 and the slope of adult density dependence raised from 0.01 to 0.50 (from Rogers 1990).

Fig. 3. Result of applying linear discriminant analysis to describing areas in Togo where *T. vivax* prevalence in cattle exceeds 5%. Predictor variables are listed in their order of importance in the top left of the Figure. Areas where observed prevalence exceeded the threshold value are indicated by small circles (original data from Dr. Guy Hendrickx, Project GCP/TOG/013/BEL, with ipermission).

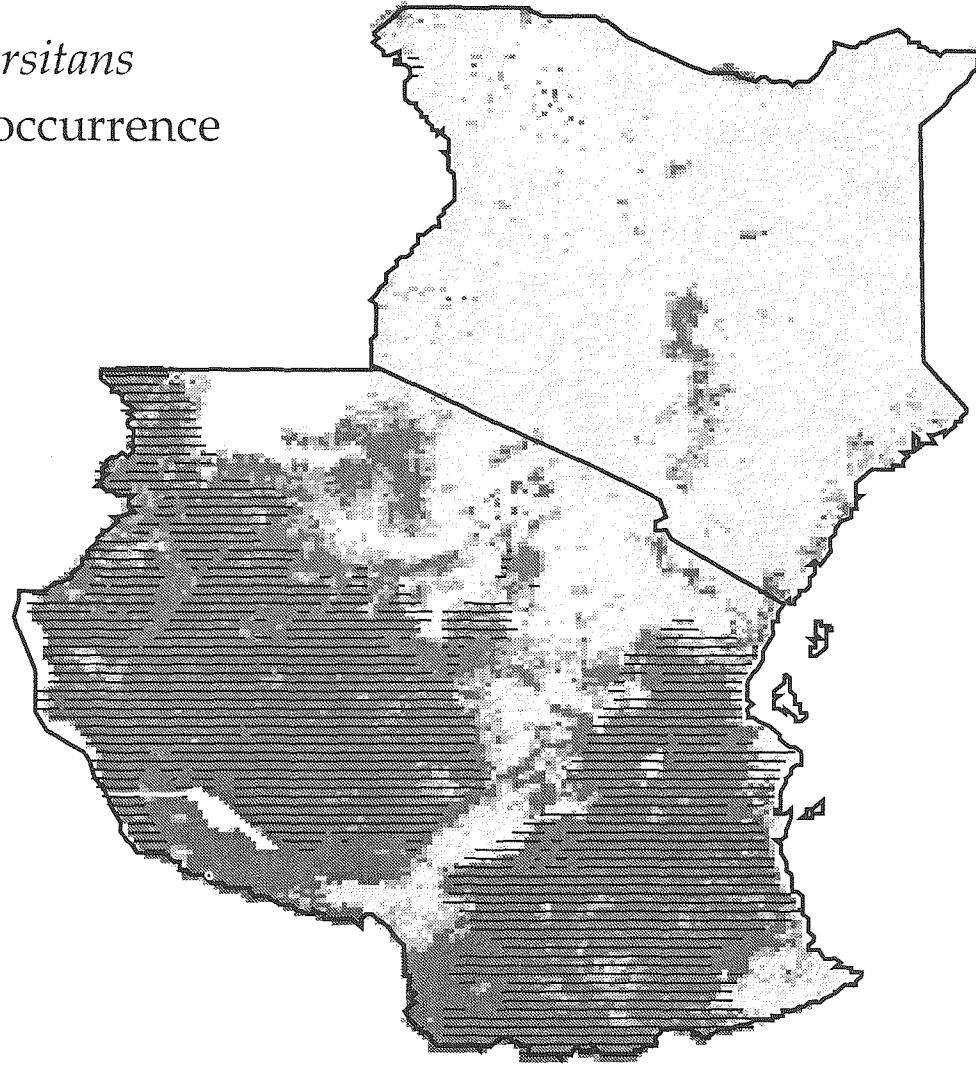
Fig. 4. Relationships between the Berenil Index (a measure of disease incidence) in zebu (a) and N'Dama (b) cattle in The Gambia and tsetse fly challenge and between the prevalence of infection in untreated village herds of N'Dama (c) and fly challenge, each lagged by the indicated number of months (original data from Claxton et al 1992).

FIG. 1

Species: *G. morsitans*

Probability of occurrence

- = 0.65 - 1.0
- = 0.55 - 0.649
- = 0.50 - 0.549
- = 0.45 - 0.499
- = 0.35 - 0.449
- = 0.00 - 0.349
- ≡ = Actual



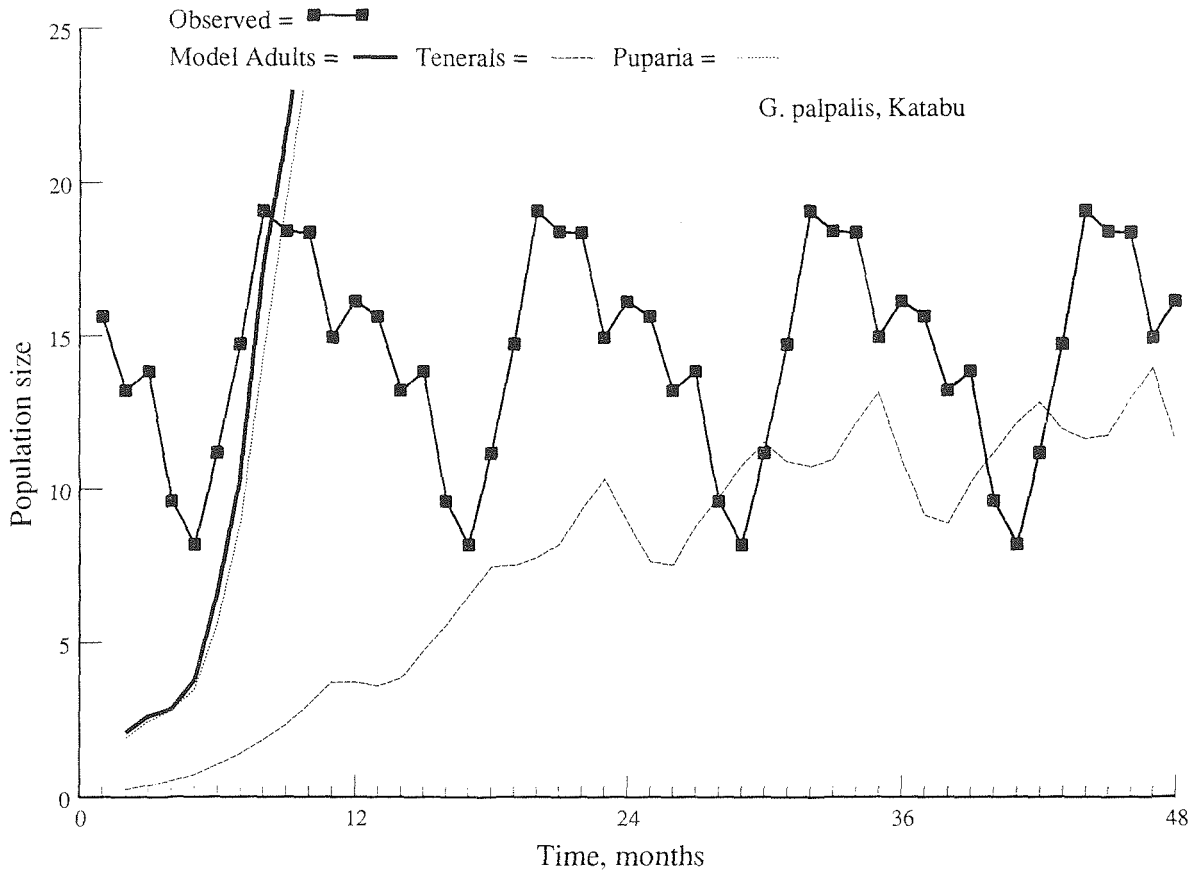
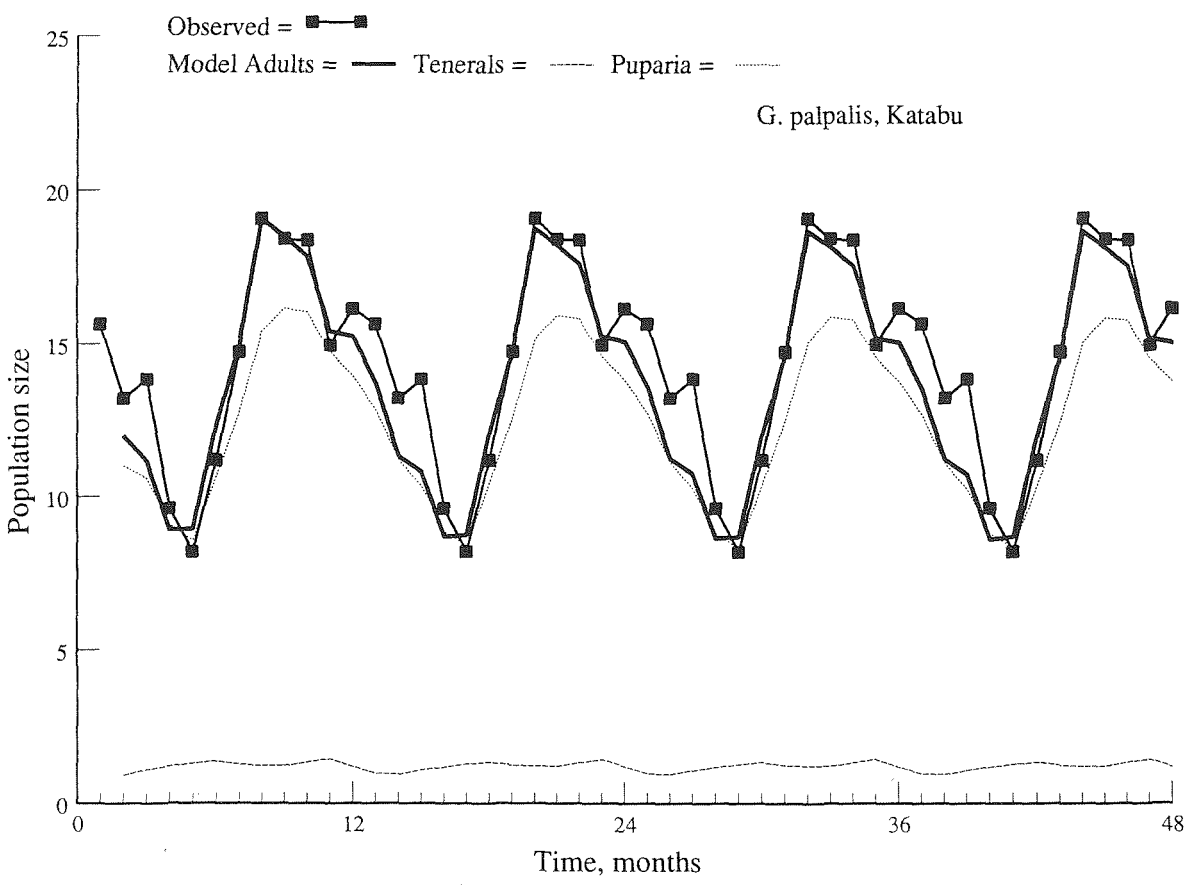


FIG.



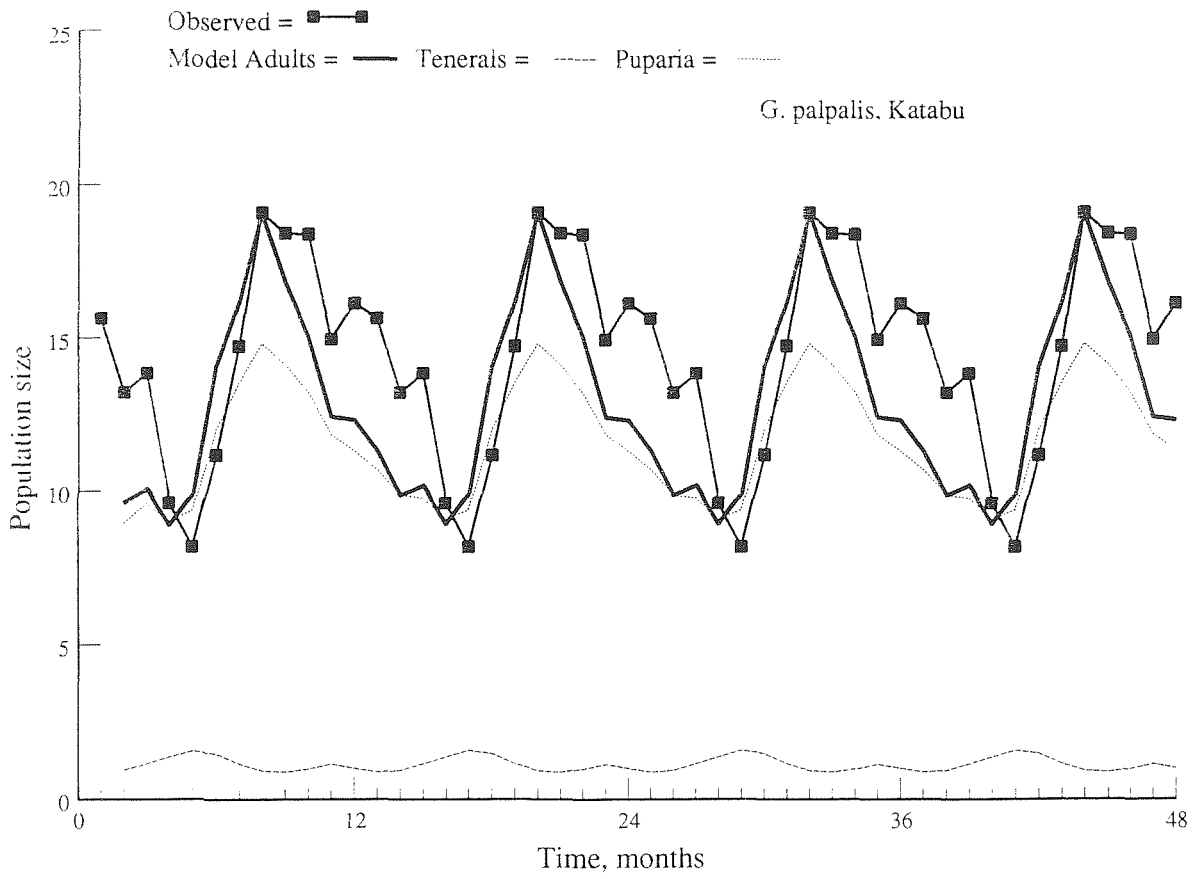


FIG. 2d

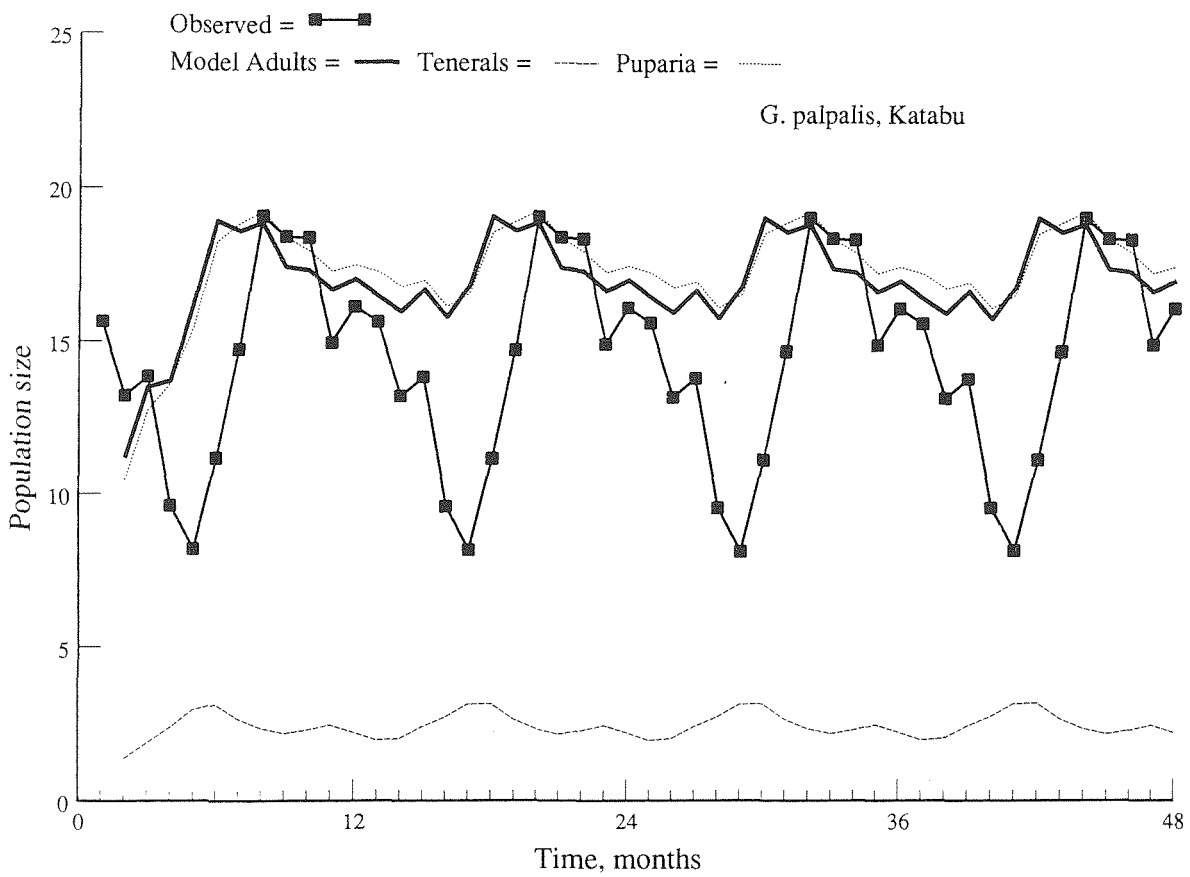


FIG. 3

Predictions of areas in Togo with PPRUA *T. vivax* > 5

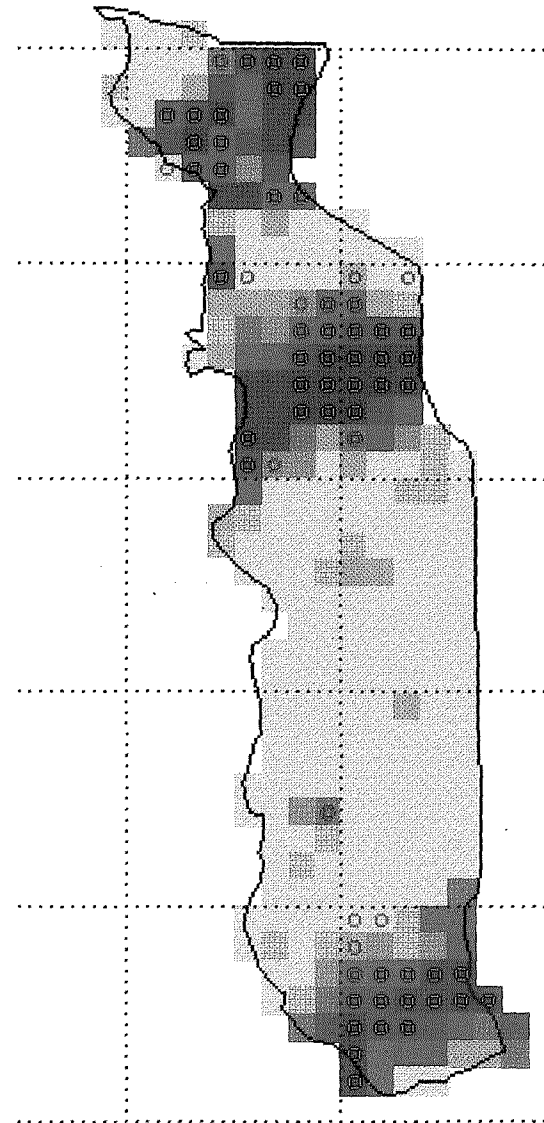
Using variables

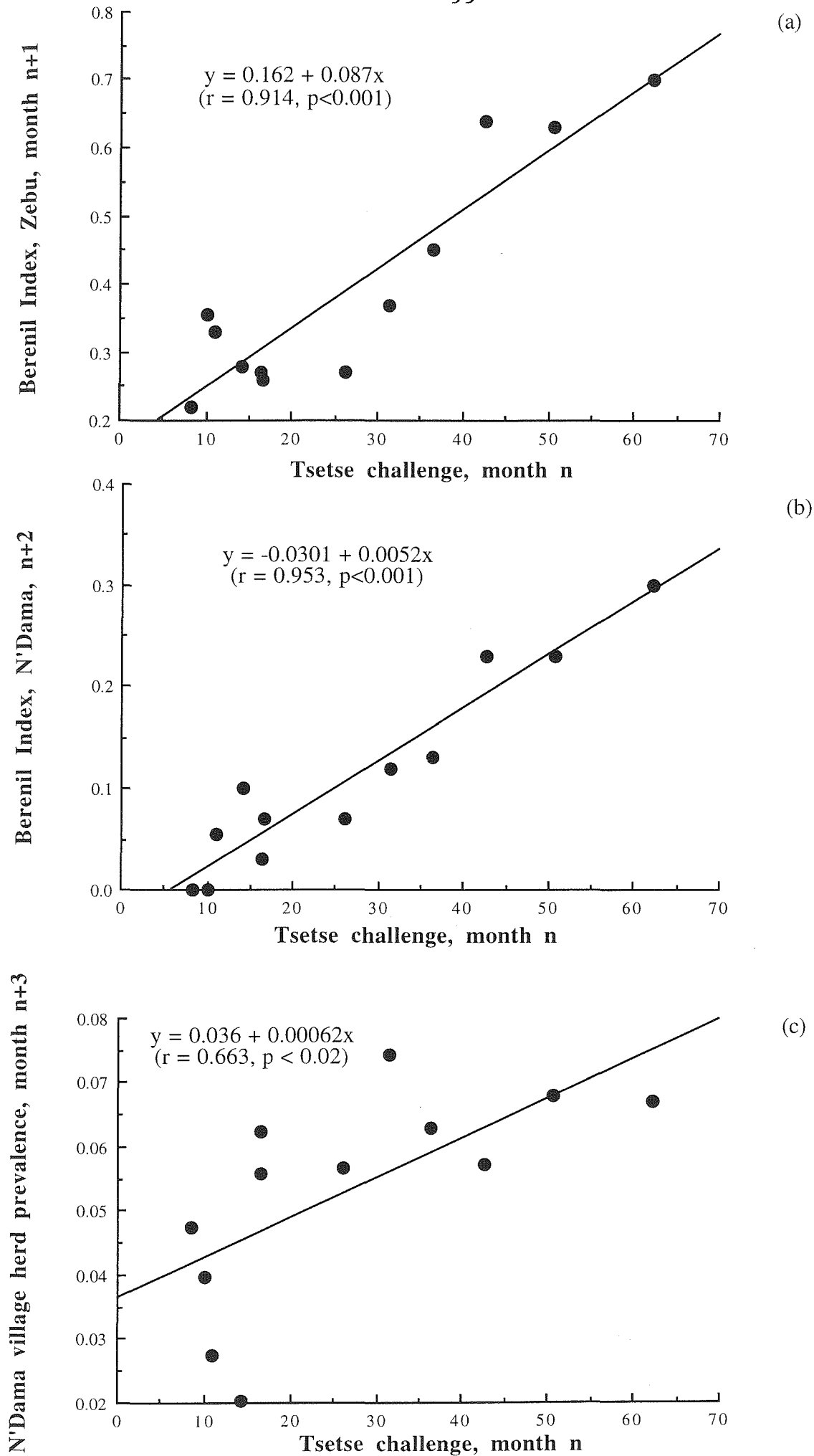
- Imm
- RAINM
- NDamp1
- LLUAGm
- LLUAGt
- %AGRIC
- NDVIx
- Imm
- ELEV.
- NDph2

Probability scale

- 0.90 - 0.99
- 0.80 - 0.89
- 0.70 - 0.79
- 0.60 - 0.69
- 0.50 - 0.59
- 0.40 - 0.49
- 0.30 - 0.39
- 0.20 - 0.29
- 0.10 - 0.19
- 0.00 - 0.09
- Observed

% Correct = 83.28  
% False +ve = 13.83  
% False -ve = 2.89  
Sensitivity = .862  
Specificity = .825





## LA MODELISATION DE LA TSE-TSE ET DE LA TRYPANOSOMIASE EN AFRIQUE

David J. Rogers

### INTRODUCTION

La mise au point de modèles pour la tsé-tsé et la trypanosomiase en Afrique pose deux problèmes bien distincts et appelle deux solutions tout à fait différentes.

Ces problèmes sont, d'une part la distribution et, d'autre part, l'abondance (ou prévalence). Pour certaines activités, telle la préparation d'une campagne de lutte, où il faut appliquer une solution unique à l'ensemble de la zone touchée, on a besoin de renseignements précis sur la distribution. Pour d'autres, par exemple le calcul des besoins de lutte ou d'intervention pour toute une région, on a aussi besoin de renseignements sur l'abondance ou la prévalence. Nous verrons qu'il est en général plus facile de modéliser la distribution que l'abondance.

Les solutions différentes passent soit par une optique statistique, soit par une optique biologique. L'optique statistique est bien connue des épidémiologistes qui s'occupent de la modélisation des maladies à étiologie incertaine. On suit des facteurs qui sont censés être des indicateurs de risque (par exemple la proximité d'une centrale nucléaire peut être un indicateur du risque de leucémie infantile) et l'analyse statistique doit ensuite permettre d'établir des corrélations entre la maladie et les indicateurs de risque. C'est cette méthode qui a permis d'établir les liens de cause à effet entre la tabagie et le cancer, bien que le passage de "x est lié à y" à "x est la cause d'y" nécessite une quantité considérable de preuves expérimentales, qui font souvent défaut.

On se place dans l'optique biologique lorsque les déterminants du risque de maladie, et leurs interactions, sont bien connus. Cette démarche est souvent préférable à l'approche statistique car une bonne compréhension de la transmission de la maladie, dans un cadre modélisé, permet de prévoir les modifications de la distribution et de l'abondance de la maladie avec une plus grande précision que l'approche statistique. En outre, tandis qu'une optique statistique peut donner des prévisions satisfaisantes lorsque l'avenir n'est pas différent du passé, elle devient de moins en moins satisfaisante lorsque l'avenir est différent du passé. Etant donné l'évolution accélérée de l'environnement, les prévisions issues de cette méthode statistique vont probablement devenir de moins en moins satisfaisantes.

Malheureusement, il est rare que nous ayons assez d'informations, sauf en provenance d'un très petit nombre de sites, sur lesquelles fonder un modèle biologique, de sorte que nous sommes contraints d'adopter l'approche statistique. Ce faisant, nous pouvons choisir entre différentes méthodologies statistiques plus ou moins précises et qui donnent plus ou moins d'informations sur les phénomènes biologiques. En général, nous constatons que les méthodes statistiques les plus précises sont souvent les moins enrichissantes sur les phénomènes biologiques, tandis que les méthodes les plus enrichissantes sont moins bien adaptées aux données de terrain. C'est à l'utilisateur final des renseignements qu'il incombe de décider s'il souhaite avoir un appui efficace pour une opération de lutte (auquel cas la prévision plus précise est nécessaire) ou mieux connaître la dynamique de la transmission de

la maladie (auquel cas il a besoin de prévisions significatives au point de vue biologique). Nous devons toujours nous méfier du problème de l'existence probable d'une méthode statistique permettant de prévoir avec une précision de 100 pour cent une carte que nous savons, du moins en partie, imprécise. La précision statistique ne doit donc pas être le seul critère du choix d'une méthode analytique. Le rôle du biologiste reste crucial dans ce cas.

## CONCLUSIONS

Dans notre état actuel de semi-ignorance, il semble que nous devrions envisager nos activités futures de la manière suivante:

- 1) Etablir des séries bien documentées de données pour les variables probablement importantes de prévision dans les analyses statistiques. Ces séries de données doivent être choisies avec un très grand soin et un certain degré de prévoyance. Par exemple, si on ne peut concevoir que le type de sol ait une influence directe sur la tsé-tsé ou la trypanosomiase, on peut néanmoins se servir de ce paramètre pour éliminer une variabilité pouvant provenir d'une autre variable (par exemple index de végétation) liée plus directement aux vecteurs ou aux maladies. Les analyses statistiques ont généralement donné de meilleurs résultats pour les vastes séries de données, et il est important que ces données très nombreuses aient un même degré de précision pour toutes les régions étudiées.
- 2) Examiner en détail les séries de données rassemblées dans des endroits à accès réglementé, en général pendant des projets à court ou à moyen terme, et s'efforcer de construire des modèles biologiques utilisables dans les analyses statistiques futures. Il est rare que des données biologiques suffisantes soient rassemblées à partir de tous les éléments d'un seul endroit (les vecteurs, les parasites et les hôtes), de sorte que les perspectives de mise au point d'un modèle biologique complet des effectifs des vecteurs et de la transmission de la maladie ne sont guère encourageantes. On peut cependant établir un modèle très satisfaisant des divers éléments en utilisant différentes séries de données, afin d'essayer de construire une sorte de chimère du système complet.
- 3) Utiliser une combinaison de modèles biologiques et d'analyses statistiques pour commencer à établir des cartes de prévision à la fois des vecteurs et des maladies. Initialement, on devrait essayer de prévoir la variabilité spatiale du risque de maladie. La variabilité temporelle sera probablement très difficile à modéliser, et exigera beaucoup plus de connaissances biologiques que n'en contiennent la plupart des modèles statistiques.
- 4) Incorporer dans les projets futurs des évaluations de terrain des prévisions effectuées à l'étape 3) et des mesures des variables importantes identifiées comme importantes lors des analyses. Les modèles biologiques devraient aider à mettre en évidence les incidences probables de ces variables sur le système biologique, tandis que les analyses statistiques indiqueront le degré de précision nécessaire des mesures.



## CONTRIBUTION DE LA TELEDETECTION SPATIALE A LA CARTOGRAPHIE DE L'OCCUPATION DU SOL ET DES BIOTOPES POTENTIELS A GLOSSINES. CAS DES PLATEAUX DE L'ADAMAOUA CAMEROUNAIS

Gérard DE WISPELAERE

Résumé : La confection de Systèmes d'Information Géographique (SIG) pour faciliter les décisions dans les moyens de lutte contre la trypanosomose animale, passe par la cartographie d'un certain nombre de variables dont les types de végétation et plus généralement de l'occupation du sol. Les images numériques des satellites à haute résolution spatiale (LANDSAT TM et SPOT HRV) fournissent une source d'information à la fois précise et synoptique pour réaliser ces cartes à partir d'enquêtes sur le terrain brèves mais spécifiques.

L'exemple présenté, en Adamaoua camerounais, illustre le type de résultats obtenus par le traitement des données satellitaires SPOT pour la cartographie des types de végétation et l'occupation du sol en zone d'infestation par *Glossina morsitans sub-morsitans*.

Les résultats obtenus sont analysés ainsi que leur intégration dans un SIG adapté à un programme de lutte contre l'infestation glossinaire.

### 1. CADRE GEOGRAPHIQUE DE L'ETUDE

L'objectif de l'étude, support de cette publication, est de tester, à la demande et pour le compte de la Mission Spéciale d'Eradication des Glossines (MSEG) du ministère de l'Elevage, des Pêches et des Industries animales, les capacités des images satellitaires à haute résolution pour dresser une cartographie des gîtes potentiels à glossines dans une zone expérimentale de l'Adamaoua au Cameroun.

La zone d'étude est située dans le plateau de l'Adamaoua camerounais au nord-est de Tignère (fig. 1). Le climat est classé comme semi-humide d'altitude avec une pluviosité moyenne annuelle de 1 400 mm.

Le plateau proprement dit a une altitude de 1 100 m et la végétation appartient aux types "savanes arbustive et arborée". Les reliefs sont bien marqués avec des sommets à plus de 1 800 m et les plus élevés portent une végétation de prairie à *Sporobolus africanus* très exploitée par les troupeaux des Mbororo. La limite ouest du plateau est marquée par une forte dénivellation qui assure la transition avec la plaine Koutine dont l'altitude moyenne est de 700 m.

L'occupation agricole des terres est faible, mais les feux de brousse sont nombreux, principalement sur le plateau et dans la plaine Koutine.

## 2. METHODOLOGIE

Si les savanes boisées à *Isoberlinia doka* sont reconnues comme des biotopes potentiels à *G. morsitans submorsitans*, les savanes à *Monotes kerstingii* et à *Uapaca togoensis* le sont plus encore selon les dires des spécialistes. Il y aurait même, dans la zone d'étude, une forte corrélation entre ces savanes boisées et la présence de *G. morsitans submorsitans* (D. CUISANCE, communication orale).

La présente expérimentation, inédite, tente donc d'identifier, de localiser et de cartographier les différents types "d'habitats glossinaires" de la région par le biais d'une cartographie des formations végétales ligneuses des savanes, et en particulier par la discrimination des formations à *Monotes kerstingii* et *Uapaca togoensis*.

Cette problématique nécessite une typologie physionomique de la végétation ligneuse adaptée aux données satellitaires.

La reconnaissance, et l'identification, des formations végétales sur une image satellitaire, supposent plusieurs conditions de prises de vue et d'enquêtes sur le terrain.

Les prises de vue satellitaires doivent être réalisées à l'époque où les végétations ligneuse et herbacée sont le plus contrastées possible entre elles, sans nuages ni brumes sèches et avec un minimum de traces de feux.

Les enquêtes sur le terrain sont indispensables pour établir une relation, aussi étroite que possible, entre la réalité sur le terrain et l'image. Les observations sur le terrain ont également pour objectif d'établir la typologie des types de végétation, au niveau de perception du capteur satellitaire, lequel correspond, avec SPOT, à des entités de paysages et d'états de surface.

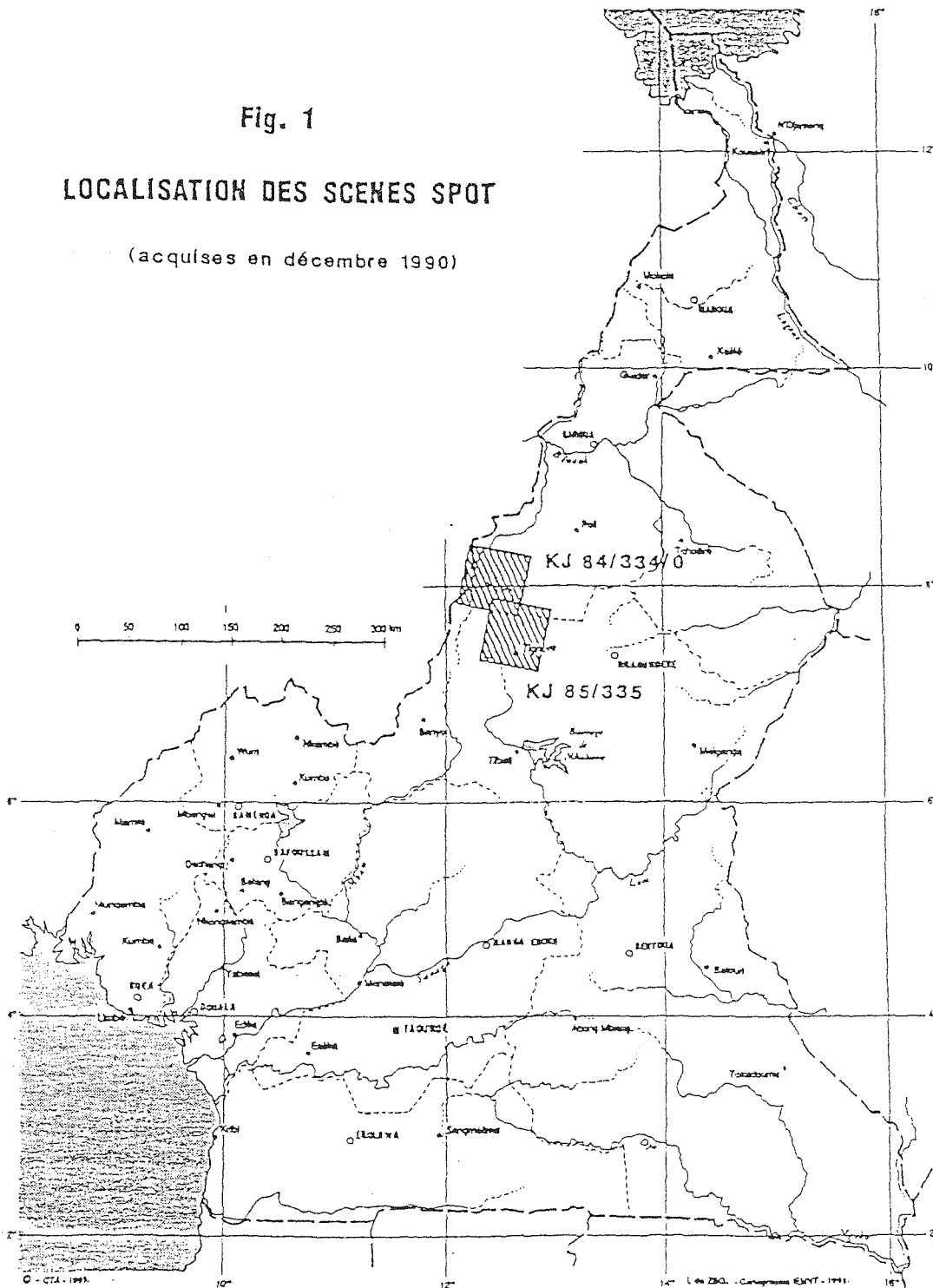
### Influence du stade phénologique des strates ligneuses

Le calendrier de feuillaison varie avec les espèces et avec des réactions aux feux courants. En mars-avril une majorité de ligneux prennent leurs feuilles. Les *Isoberlinia*, les *Lophira*, les *Terminalia* sont dans ce cas et les couronnes sont d'un vert vif contrastant fortement avec l'environnement. Inversement, les *Monotes* et les *Uapaca* sont encore pratiquement défoliés, bien qu'ils ne perdent pas totalement leur feuillage. Inversement, en novembre et décembre, ces derniers ont encore un feuillage dense alors que la majorité des autres ligneux ont perdu le leur.

Les paysages en novembre et en mars sont donc différents. La conséquence est que les images enregistrées, en novembre et décembre, visualisent une situation où le stade de feuillaison contraste avec celui observé lors des missions sur le terrain (février-mars).

Fig. 1  
LOCALISATION DES SCENES SPOT

(acquises en décembre 1990)



Or, les images satellitaires, et en particulier celles de SPOT, sont particulièrement sensibles au degré d'activité chlorophyllienne des végétaux. Si, comme on a pu l'observer, les *Monotes* et les *Uapaca* ont une prise de feuillage décalée par rapport aux autres ligneux, il serait alors possible de discriminer ces deux groupes de formations.

Mais il serait souhaitable de pouvoir effectuer la démarche inverse, c'est-à-dire de disposer, d'images de février-mars pour comparer les situations.

### 3. LES ENQUETES SUR LE TERRAIN

#### 3.1. Les relevés floristiques

Les enquêtes sur le terrain se sont déroulées en fin de saison sèche (mars 1991 et février 1992) alors que les images ont été enregistrées en novembre et décembre 1990 en début de saison sèche, soit un décalage important sur le plan de la phénologie de la végétation.

Plus de 40 relevés floristiques ont été réalisés au cours de ces missions.

Les sites d'enquêtes ont été sélectionnés sur le terrain par choix raisonné, à l'aide d'agrandissement de compositions colorées à 1/100 000 des images SPOT, en fonction des possibilités d'accès et des caractéristiques colorées des images, celles-ci étant, en principe, liées à un type de paysage.

Chaque site d'enquête a été localisé en coordonnées géographiques à l'aide d'un récepteur du système de positionnement satellitaire "Global Positioning System (GPS)". Ces coordonnées, enregistrées dans le référentiel géodésique des satellites du réseau GPS, ont été ensuite transformées en coordonnées cartographiques UTM par le service géodésique de l'Institut Géographique National français à Saint-Mandé.

Les observations ayant été effectuées en fin de saison sèche, les relevés floristiques ont porté uniquement sur les strates ligneuses arbustives et arborées des savanes, sans enquêter dans les galeries forestières.

Les estimations de recouvrement global furent effectuées par observation directe de la proportion de ciel visible à travers la canopée. Elles sont donc influencées par le niveau de feuillaison au moment de l'observation et donc variables en fonction du stade phénologique, mais surtout ces évaluations sont très sensibles à l'expérience de l'observateur. Un seul site, a fait l'objet d'un comptage exhaustif, à des fins de formation, selon la technique du comptage circulaire sur 1 ha. Cette technique, malheureusement très longue, mériterait d'être reproduite aux deux principales saisons de végétation, sur les mêmes sites, pour étalonner les observations quant à la description des couverts ligneux.

A cet égard, le comptage sur des photographies aériennes verticales agrandies, à des échelles voisines du 1/10 000, permettrait une bien meilleure précision pour un travail moindre.

Typologie physionomique de la végétation de la zone d'étude

Les forêts claires

Formation végétale dont la strate arborescente reste ouverte bien que supérieure à 60 p.100.

Les savanes boisées

Formation végétale comportant une strate herbacée continue et une strate ligneuse où les arbres dominent sur les arbustes avec un couvert ligneux total compris entre 35 et 60 p.100.

Les savanes arborées

Formation végétale dont le couvert ligneux total est inférieur à 35 p.100 et dans lequel la strate arborée domine sur la strate arbustive.

En dessous de 15 p.100, la savane arborée est "claire".

Une savane arborée peut être dénommée savane verger ou savane parc lorsque les arbres qu'elle présente sont isolés mais de belle taille.

Les savanes arbustives

Une savane est arbustive lorsque la strate ligneuse est principalement composée d'arbustes dont le couvert est compris entre 5 et 40 p.100.

De 5 à 10 p.100, la savane arbustive est dite "claire" et "dense" de 30 à 40 p.100.

Les savanes herbeuses

Une savane est herbeuse lorsque le couvert ligneux est inférieur à quelques pour cent.

Les prairies

Formation herbeuse d'altitude.

### 3.2. Les levés cartographiques

Faute de disposer de cartes topographiques précises et récentes, il a fallu "lever" sur le terrain, durant la mission de février 1992, les coordonnées géographiques (x, y et z) d'un certain nombre de points dits "points d'amers" identifiables avec précision sur les images. Il s'agit de détails topographiques caractéristiques tels que croisements de pistes, de ponts, etc. Outre ces repères, tous les villages traversés ont été identifiés et localisés. Enfin, certaines pistes non visibles sur les images, ont également été levées.

## 4. LES TRAVAUX DE TELEDETECTION

### 4.1. Les données utilisées

Deux scènes SPOT ont été acquises spécialement pour le projet (fig.1) par une demande de programmation effectuée en septembre 1990, aucune image antérieure n'étant disponible, sur cette région, au catalogue de la société SPOT IMAGE.

Il s'agit des scènes référencées :

- KJ 84/334 enregistrée le 28 décembre 1990 pour la région de KONTCHA;

- KJ 85/335 enregistrée le 02 décembre 1990 pour la région de TIGNERE.

Ces scènes, en mode multispectral à 20 m de résolution, sont d'excellente qualité malgré de fréquents feux courants qui marquent dans le paysage. Elles ont été livrées par SPOT IMAGE au CIRAD-EMVT fin janvier 1991.

Les données de cartographie topographique, datant de 1955, sont en revanche totalement périmées. En outre, étant issues d'une préparation photogrammétrique dite "expédiée", elles ne seront pas utilisables pour la rectification des images SPOT.

#### 4.2. Les prétraitements géométriques

Il s'agit essentiellement des rectifications géométriques des images numériques, c'est-à-dire la transformation du niveau de prétraitement 1B, niveau brut dans lequel on a acheté les images, en niveau cartographique, ou niveau 2, pour permettre le positionnement des sites enquêtés sur le terrain et la superposition de la carte, résultante des traitements, sur un fond cartographique régulier. Ne disposant pas de ce type de document, il a fallu faire réaliser par l'IGN une grille de correction en coordonnées UTM et recalculer les coordonnées géographiques de tous les points levés au GPS sur le terrain.

L'image ainsi corrigée, si elle ne possède pas tout à fait les caractéristiques géométriques d'une carte régulière, puisque les déformations liées aux reliefs et aux angles de prises de vue n'ont pas été corrigées, faute d'un modèle numérique de terrain, présente un niveau de qualité bien supérieure à celui de l'ancienne carte topographique de 1955.

#### 4.3. Classification thématique

Une classification, en télédétection, a pour objectif de réaliser une représentation cartographique, la plus fidèle possible de la réalité, à partir des valeurs spectrales des pixels composant l'image numérique "source" (canaux bruts ou dérivés) selon une nomenclature définie (légende).

Les méthodes de classification utilisées dans ce travail appartiennent à celles dites "supervisées" c'est-à-dire qu'elles dépendent de l'assistance et des décisions d'un praticien.

Cette assistance est à la fois taxonomique, par la définition des catégories de paysages (ou taxons) et géographique puisque les décisions sont fondées sur la connaissance de la nature et de la répartition spatiale des objets à cartographier.

A partir des observations effectuées sur le terrain, une légende initiale a été réalisée pour l'étude des caractéristiques spectrales des thèmes.

Le principe de la classification consiste à calculer la matrice de covariance, et le vecteur des coordonnées du centre d'un nuage de points, pour chacune des zones d'entraînement que sont les groupes de pixels, constituant les échantillons représentatifs des thèmes recherchés, identifiés lors de l'étude sur le terrain.

L'examen de l'histogramme bidimensionnel des canaux Sx3 et Sx2 (fig. 2) montre le peu de différence entre les thèmes que l'on cherche à identifier. Les ambiguïtés sont d'autant plus importantes que la variance de la classe est élevée et donc que les ellipses se chevauchent.

Mais le principal problème réside dans la variabilité spectrale du même thème selon sa localisation géographique. Une savane boisée à *Monotes*, sur le plateau de Tignère, par exemple, n'a pas la même "signature spectrale" sur les reliefs voisins, également boisés, en fonction de l'éclairement et de la pente.

Chaque formation végétale peut donc changer sensiblement de "réponse radiométrique" suivant sa position topographique, indépendamment de son stade phénologique dont il a déjà été question.

On remarque, en particulier, que les formations végétales des reliefs, qui ne diffèrent pas sensiblement de ceux du plateau ou de la plaine Koutine, ont des réponses spectrales beaucoup plus élevées que les autres. Les versants à l'ombre, avec une végétation identique, sont extrêmement différents de ceux qui étaient exposés au soleil lors de la prise de vue.

D'une manière générale, les réponses spectrales des formations de la plaine Koutine diffèrent également beaucoup de celle du plateau de Tignère.

On constate notamment, que la distinction entre savane arbustive et savane arborée n'est pas très fiable, pas plus d'ailleurs que celle entre une savane arbustive dense et une savane boisée. La discrimination des structures de végétation n'est pertinente que dans les cas où elles sont directement liées à la densité du feuillage des couronnes de la formation au moment de la prise de vue.

Les classifications reposant sur la séparation radiométrique des objets, il est exclu de discriminer, par la seule procédure radiométrique, des types de végétation dont les valeurs spectrales sont localement confondues. Aussi a-t-il été nécessaire d'utiliser d'autres procédés pour lever un certain nombre d'ambiguïtés.

En particulier, les images ont été découpées, par Photo-Interprétation assistée à l'Ordinateur (PIAO), en trois ensembles pour la zone de Tignère (zone des reliefs, plaine Koutine, plateau de Tignère)) et en deux pour celle de Kontcha.

Chaque ensemble a ensuite été analysé séparément et les résultats regroupés à la fin.

## 5. CARTOGRAPHIE DES TYPES DE VEGETATION

### 5.1. Légende des unités cartographiques

#### ESPACE ANTHROPISE

V : Zone d'habitation, ville, village.

CJ : Culture et jachère ou savane arbustive dégradée (jachère ancienne). F : Feux

Ils sont très nombreux dans le paysage, plus sur l'image de Kontcha que sur celle de Tignère où ils sont principalement regroupés sur le plateau proprement dit.

Les feux masquent totalement le type de végétation, mais il semble que ce soit les formations les plus herbacées les plus fréquemment brûlées par les éleveurs pour les repousses de saison sèche. Ils pourraient donc s'apparenter aux savanes arbustives ou arborées les plus claires sans exclusive.

## VEGETATION NATURELLE

P : Prairie d'altitude à *Sporobolus africanus*

Formation très fréquentée par les éleveurs localisée sur les plateaux à une altitude supérieure à 1 200m. Cette formation est très pâturée avec de nombreuses traces de dégradation. La strate ligneuse n'est présente que sous forme de cordons ripicoles le long des axes de thalwegs.

Ps : Prairie surpâturée ou à très faible couverture, faciès de la formation précédente, il occupe les parties sommitales des plateaux mais peut varier en fonction de la saison (R. 22).

Shr : Savane herbeuse ou arbustive claire des reliefs

Végétation des versants des Tchabals et de la falaise de Sadek. La strate ligneuse est claire, mais les cordons ripicoles peuvent être masqués par l'ombre des versants.  
(R. 23)

Sar : Savane arbustive ou arborée des reliefs

Il s'agit le plus souvent de formations arbustives assez denses, souvent à *Monotes* et *Uapaca* mais toujours sur des reliefs d'altitude inférieure à 1 200 m. Les versants à l'ombre ont presque tous été affectés à cette classe, faute de pouvoir discerner une autre formation.

Leur discrimination repose sur un critère topographique et non sur leur réponse spectrale, celle-ci étant très voisine des savanes arborées de plaine.

SAB : Savane arbustive dense ou arborée ou boisée

Cette formation est toujours densément ligneuse, *Monotes* et *Uapaca* sont très souvent dominants, (R. 9, 11, 18, 29, etc.) mais on rencontre également des formations à *Isobertinia sp.* sans pouvoir les séparer sur les images de cette saison. (R. 32). Les galeries forestières, souvent localisées en tête de thalwegs, sont également regroupées dans cette unité cartographique, n'ayant pas suffisamment de contraste radiométrique pour les individualiser de façon fiable.





Sa : Savane arbustive à arborée

Rarement abondante, cette formation est une transition entre la savane boisée et la savane arbustive plus ou moins anthropisée des plaines et des plateaux (R. 31, 32, 15).

Sac : Savane arbustive ou arborée claire

De loin la formation la plus courante, le couvert ligneux est en général clair, les parcours sont régulièrement brûlés et le réseau de cordons ripicoles, invisibles sur les images SPOT, est assez lâche.

Stc : Savane arbustive très claire

Cette formation est visiblement une forme d'évolution de la savane. Les traces de dégradation sont fréquentes et elles aussi brûlent régulièrement.

Shv : Savane herbeuse des lits majeurs

Avec un caractère nettement hydromorphe, ce type de formation est le plus mal cartographié. Seul son aspect en réseau, le long des cours d'eau, peut le différencier des savanes arbustives ou arborées claires des plaines et des plateaux.

Sy : Savane herbeuse des zones inondables

Cette formation, caractéristique n'a été rencontrée que dans le mayo Mba Kana. Avec une végétation encore bien verte en décembre, cette végétation apparaît très bien dans l'image de la région de Tignère.

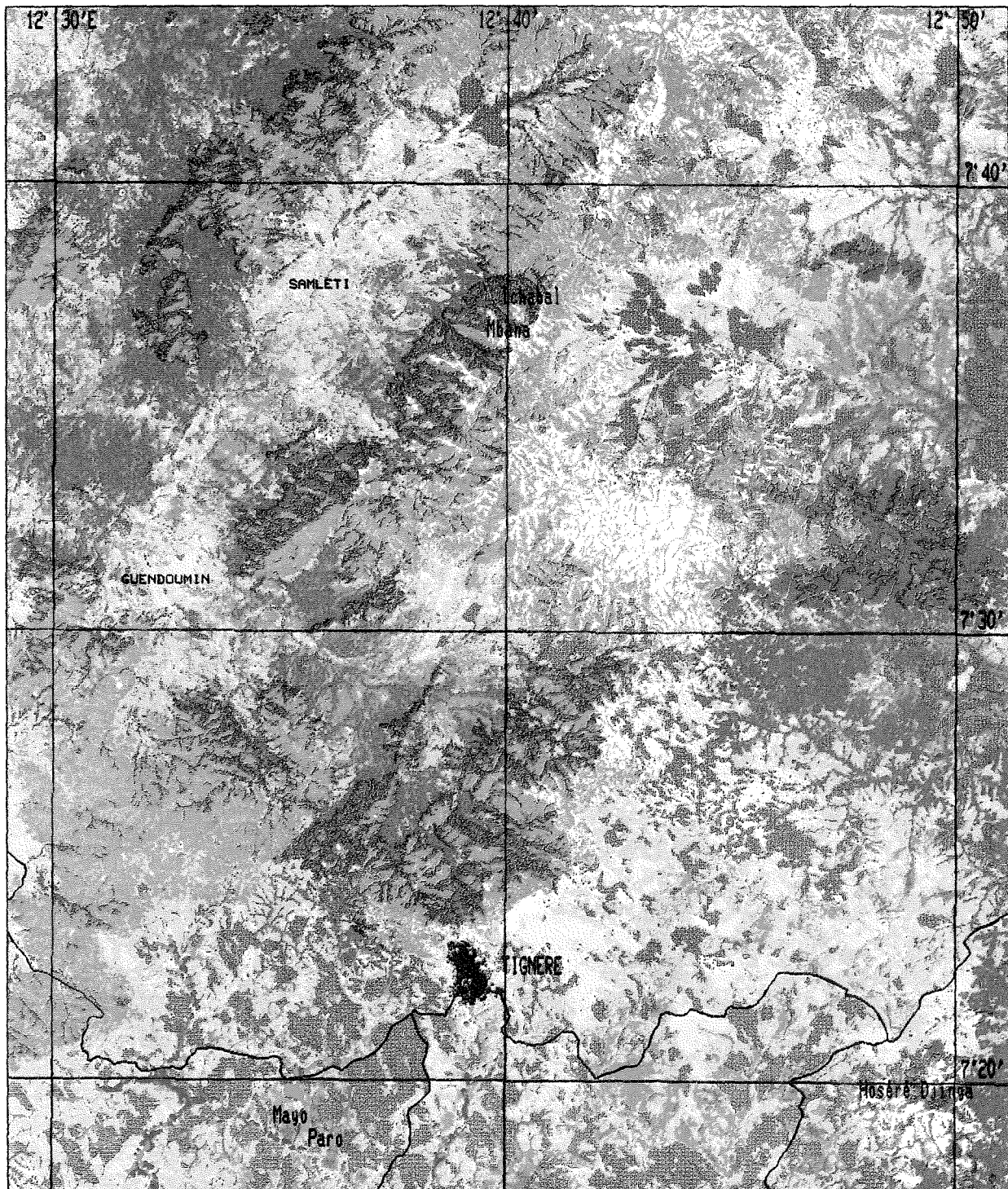
## 6. BILAN SUR L'UTILISATION DE LA TELEDETECTION

Les données satellitaires à haute résolution spatiale offrent de réelles possibilités en cartographie de la physionomie de la végétation tropicale. La différenciation des groupements d'espèces n'a pas été possible. Les unités cartographiques retenues correspondent à une typologie physionomique issue d'une segmentation des formations ligneuses en fonction de la densité du couvert. La réponse spectrale d'une formation végétale varie en fonction de la position de cette formation dans la toposéquence. Il est donc nécessaire, pour obtenir une cartographie fiable, d'utiliser des informations exogènes aux données satellitaires, comme le relief, pour stratifier l'espace en domaines homogènes au sein desquels les relations entre les objets et les images seront constantes. Mais ces méthodes sont complexes et difficilement automatisables. Les traitements ont été longs et délicats, et il a fallu compenser le manque de données de terrain par l'utilisation de photographies aériennes à 1/50 000, qui bien qu'un peu anciennes, ont été précieuses pour supprimer certaines ambiguïtés.

# REPUBLIQUE DU CAMEROUN














## Région de Tignère

### Extrait de la Carte des types de végétation



CIRAD-EMVT/MSEG 1992 (d'après la scène SPOT 85-335 du 02-12-90)

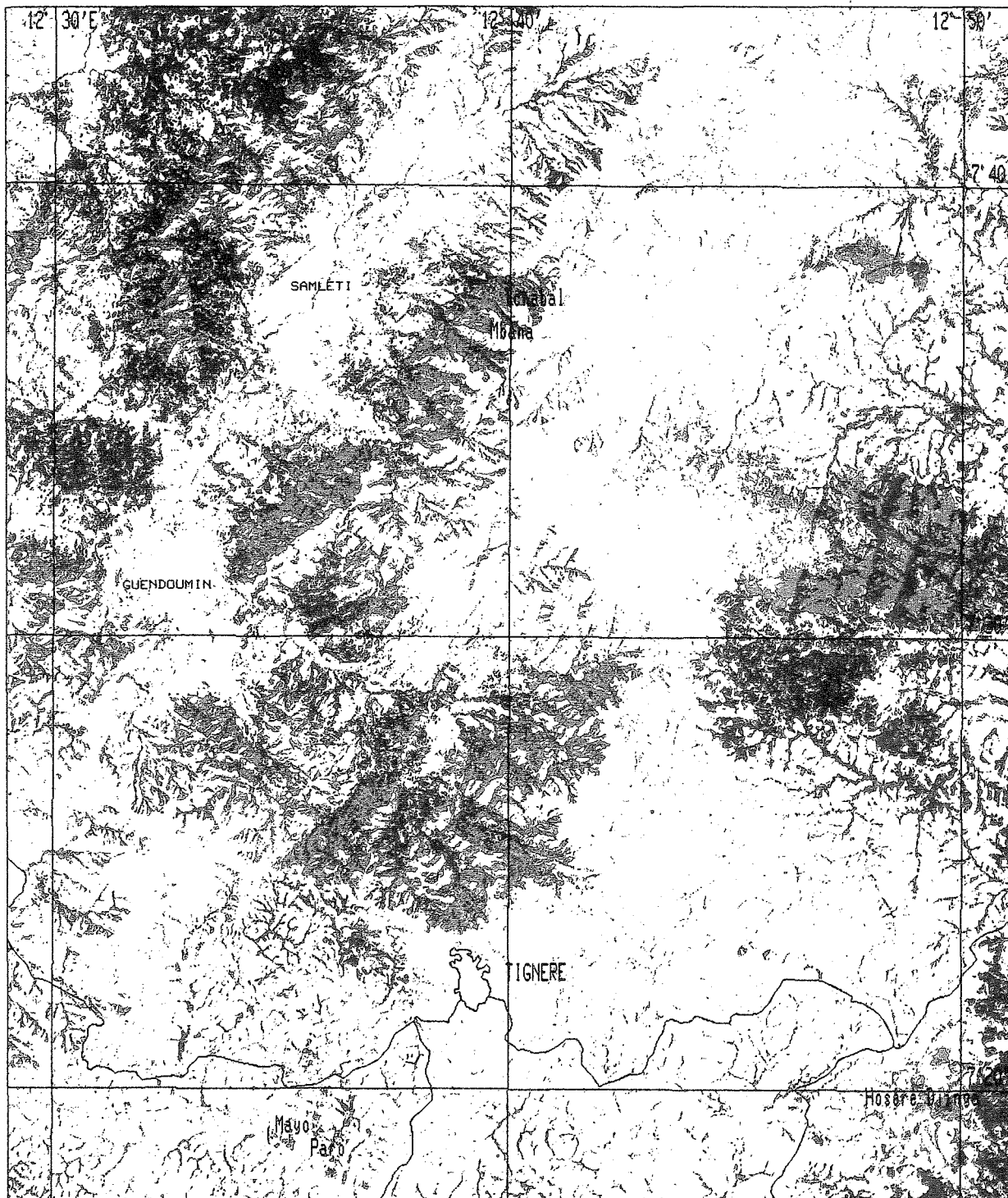
Echelle 1/250 000

	 P	 Sa
 CJ	 Ps	 Sac
 F	 Shr	 Stc
	 Sar	 Sbr
	 SAB	 Si

# REPUBLIQUE DU CAMEROUN



## Région de Tignère

### Localisation des formations ligneuses denses



CIRAD-EMVT/MSEG 1992 (d'après la scène SPOT 85-335 du 02-12-90)

Echelle 1/250 000

-  Galerie forestière, savane densément arbusive ou arborée, ou boisée
-  Savane arbusive dense sur reliefs

Sur le plan thématique, on remarque que les feux de brousse occultent une partie importante de l'espace (sur l'image de Tignère, ils représentent plus de 10 p.100 de l'espace analysé). Certes les formations les plus boisées sont aussi celles qui brûlent le moins et de ce fait la cartographie réalisée n'est pas entachée de trop d'erreurs.

La carte simplifiée de la figure 4 montre la répartition de différents types de formations ligneuses dans la région de Tignère.

Les formations ligneuses les plus denses, composées en grande partie de *Monotes kerstingii* et de *Uapaca togoensis*, se répartissent de part et d'autre d'une ligne médiane formée par les Tchabals Gandaba et Mbaná. Des connexions sont possibles entre les zones densément ligneuses de la plaine Koutine à l'ouest et le plateau de l'Adamaoua à l'est, par d'étroites galeries forestières qui franchissent les cols des Tchabals.

La discrimination entre les formations dominées par *Monotes kerstingii* et *Uapaca togoensis* et celles à *Isobertinia* sp. n'est probablement possible qu'en utilisant simultanément des images de novembre-décembre et de mars-avril.

## 7. PERSPECTIVES OFFERTES PAR LES SIG

Il apparaît que la détection des gîtes potentiels à *Glossina morsitans submorsitans* en zone de savanes ne peut être réalisée uniquement par une cartographie des formations ligneuses faite à l'aide de données satellitaires même à haute résolution.

L'utilisation d'autres données, exogènes à la télédétection (telles celles d'hypsométrie, d'hydrographie) est une nécessité pour éliminer une partie des ambiguïtés des classifications. Le suivi de l'extension de l'embroussaillage et la colonisation de nouvelles terres sont également importants pour l'étude de la distribution des Tsé-Tsé. Le mode d'utilisation de l'espace (élevage, faune sauvage, agriculture) sont autant de facteurs qu'il convient de cartographier et d'introduire dans un SIG pour les comparer aux enquêtes glossinaires et déterminer les zones d'interventions prioritaires.

Cependant plus que le nombre de variables, leur pertinence et leur cohérence sont avant tout à rechercher en s'assurant enfin que les SIG ne deviennent pas un objectif en soit, mais qu'ils apportent une réelle aide à la prise de décision.

## 8. RECHERCHES EN COURS AU CIRAD-EMVT DANS LE DOMAINE DES SIG APPLIQUES AU DEVELOPPEMENT DE L'ELEVAGE

Plusieurs équipes sont engagées dans le développement de SIG dans les programmes scientifiques du département.

Ces programmes, localisés pour la plupart en Afrique, sont essentiellement orientés vers la gestion des espaces.

Au Sénégal, une équipe EMVT, en partenariat avec l'ISRA Dakar, travaille en Casamance, sur l'utilisation de l'espace agropastoral, au niveau des terroirs, par un suivi des déplacements de troupeaux en relation avec les ressources du milieu.

Au Zimbabwe, une autre équipe réalise pour l'ARDA (Agricultural and Rural Development Authority), un SIG sur l'analyse des contraintes qui affectent les productions animales en milieu traditionnel. A terme, ce type d'outil doit permettre d'élargir et d'adapter la notion d'écopathologie aux systèmes de production traditionnels des pays du Sud. Un volet d'écologie comparée entre la faune sauvage et le bétail tente de réaliser une étude d'impact, sur le milieu, des modes d'exploitation par les ruminants.

Au siège du département, en collaboration avec nos partenaires, Burkinabé et des autres départements du CIRAD, une étude de faisabilité est projetée sur l'utilisation d'un SIG pour la conception d'un atlas cartographique de la zone agropastorale de l'ouest du Burkina-Faso. La procédure étudiée devrait permettre une approche dynamique de l'occupation du sol et une actualisation aisée des variables à évolution rapide.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Achard F. 1989

Etude des rythmes saisonniers de la végétation en Afrique de l'Ouest par télédétection spatiale.

Thèse doctorale Univ. Paul Sabatier, Toulouse, 243 p.

Boudet G. 1977

Contribution au contrôle continu des pâturages tropicaux en Afrique occidentale.

Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop., 30, 4, 387-406.

Boudet G. 1984

Manuel sur les pâturages tropicaux et les cultures fourragères.

Paris, Min. Rel. ext. Coop. Dév., (Coll. Manuel et précis d'élevage), 4e ed. IEMVT, 266 p.

Boutrais J. 1974

Les conditions naturelles de l'élevage sur le plateau de l'Adamaoua (Cameroun).

Paris, ORSTOM, Cah., sér. Sc. hum., vol. XI, n2, 145-198.

Boutrais J. 1983

Elevage soudanien (Cameroun-Nigeria). Des parcours de savane aux ranches.

Paris, ORSTOM, coll. Travaux et documents n160, 148 p., photos et cartes.

Boutrais J. 1991

Les populations pastorales et les glossines en Adamaoua.

Maisons Alfort, IEMVT/MSEG/Banque Mondiale, 64 p.

Buxton P. A. 1955

The natural history of Tsetse flies.

London, Lewis H. K. & Co. Ltd, London School Hyg. Trop. Med. mem. n10, 816 p.

César J. 1990

Etude de la valeur pastorale et production biologique des savanes de Côte d'Ivoire et son utilisation par l'homme.

Thèse doctorale Univ. Paris VI, 642 p.

CIEH, ASECNA, ORSTOM 1990

Précipitations journalières de 1973 à 1980.

Paris, Dir. Météo. nationl. Cameroun, ASECNA, ORSTOM, 497 p.

Cuisance D. -

La lutte contre les glossines dans l'Adamaoua (Cameroun). Compte-rendu de situation en février 1989 et propositions de programme. Banque Mondiale, B.D.PA, IEMVT, Maisons-Alfort, 1989, 33 p. avec annexes.

- Cuisance D., Tacher, G., Clair, M., Ndoki, N., Müller, P.  
Lutte contre les glossines. Bilan et perspectives. Banque Mondiale, B.D.P.A., I.E.M.V.T. Maisons-Alfort, Mars 1987, 289 p.
- Cuisance D. 1991  
Lutte contre les glossines en Adamaoua (Cameroun). Bilan de la situation et recommandations.  
Maisons Alfort, IEMVT/MSEG/Banque Mondiale, 53 p.
- Geerling C. 1982  
Guide de terrain des ligneux sahéliens et soudano-guinéens.  
Wageningen, Meded. Landbouwhogeschool, 340 p.
- Morel P. 1983  
Guide pour la détermination des arbres et des arbustes dans les savanes ouest africaines.  
Maisons Alfort, IEMVT, manuel pour l'école de lutte anti-tsé-tsé, 162 p.
- Piot J. 1969  
Végétation ligneuse et pâturages des savanes de l'Adamaoua.  
Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop. XXII, n4, 541-549.
- Rippstein G. 1986  
Etude de la végétation de l'Adamaoua. Evolution, conservation, régénération et amélioration d'un écosystème pâturé au Cameroun.  
Maisons Alfort, IEMVT/IRZ, Col. Etudes et synthèses, IEMVT n14, 366 p., photos.
- Piot J. 1969  
Végétation ligneuse et pâturages des savanes de l'Adamaoua.  
Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop. XXII, n°4, 541-549
- Rippstein G. 1986  
Etude de la végétation de l'Adamaoua. Evolution, conservation, régénération et amélioration d'un écosystème pâturé au Cameroun.  
Maisons Alfort, IEMVT/IRZ, Col. Etudes et synthèses, IEMVT n° 14, 366 p., photos



# CONTRIBUTION OF SATELLITE REMOTE SENSING TO THE MAPPING OF LAND USE AND OF POTENTIAL GLOSSINA BIOTOPES CASE STUDY OF THE ADAMAWA PLATEAUX IN CAMEROON

Gérard DE WISPELAERE

**Abstract:** Geographic Information Systems (GIS) serving to facilitate decisions regarding the ways to combat animal trypanosomiasis are constructed by mapping a certain number of variables including vegetation classes and land use in general. Digital images from satellites with high spatial resolution (LANDSAT TM and SPOT HRV) provide a source of information which is both accurate and synoptic for producing these maps on the basis of brief yet specific field surveys.

The case presented, that of the Adamawa plateau in Cameroon, illustrates the type of results obtained by processing SPOT satellite data for the mapping of vegetation classes and land use in the region infested with *Glossina morsitans sub-morsitans*.

The results are analysed as is their integration in a GIS adapted to a programme of combating *Glossina* infestation.

## 1. GEOGRAPHICAL FRAMEWORK OF THE STUDY

The objective of this study is to test, at the request and on behalf of the Special Mission for the Eradication of *Glossina* (SMEG) of the Ministry of Livestock, Fisheries and Animal Industries, the capabilities of high resolution satellite imagery for the mapping of potential *Glossina* habitats in a test area on the Adamawa plateau in Cameroon.

The study area is located on the Adamawa plateau in Cameroon, to the North East of Tignere (Fig. 1). The climate is classified as high-altitude subhumid, with an average annual rainfall of 1 400 mm.

The altitude of the plateau itself is 1 100 metres and its vegetation tree and bush savannah. There are also clearly-defined mountains with summits of over 1 800 m, the most elevated being occupied by the grassland vegetation *Sporobolus africanus* much grazed by the herds of the Mbororo. The plateau is bounded on the Western side by a steep slope falling to the lower Koutine plain (average altitude 700 m).

The land is little used for agriculture, but there are many bush fires, mainly on the plateau and in the Koutine plain.

## 2. METHODOLOGY

According to the experts, the savannahs occupied by *Monotes kerstingii* and *Uapaca togoensis* are even greater potential biotopes for *G. Mortisans submorsitans* than the already recognized savannah woodlands occupied by *Isobertinia doka*. In the study area there would

recognized savannah woodlands occupied by *Isoberlinia doka*. In the study area there would also appear to be a high correlation between these savannah woodlands and the presence of *G. morsitans submorsitans* (D. Cuisance, verbal communication).

Consequently, this completely new experimentation is aimed at identifying, localizing and mapping the various types of "glossina habitats" in the region by mapping the woody plant formations of the savannahs and, in particular, by distinguishing the formations with *Monotes kerstingii* and *Uapaca togoensis*.

This requires a physiognomic typology of woody vegetation adapted to satellite data.

In order for plant formations to be recognized and identified on a satellite image, several conditions relating to the image acquisition must be observed and numerous field surveys performed.

Satellite images must be taken when contrast between woody and herbaceous vegetation is maximum, when the area is free of clouds and dry mists and traces of fires are minimal.

Field surveys are essential to ensure that the actual ground situation and the image correspond as closely as possible. A further objective of field observation is to establish the typology of the various kinds of vegetation at the level of perception of the satellite's sensor which, in the case of SPOT, corresponds to whole landscapes and states of land surface.

#### Influence of the phenological stage of woody strata

The calendar of foliation varies according to the species and the reactions to the frequent fires. Most woody plants come into leaf in March-April. This is true for the *Isoberlinia*, the *Lophira* and the *Terminalia* whose crowns are bright green in colour, contrasting sharply with the environment. On the other hand, the *Monotes* and the *Uapaca* are still almost bare at this time although they do not completely shed their leaves. Conversely, in November and December, they still have dense foliage whereas most of the other woody plants have lost theirs.

Thus the landscapes are different in November than they are in March. Consequently images taken in November and December portray a situation in which the stage of foliation contrasts with that observed during the field missions (February-March).

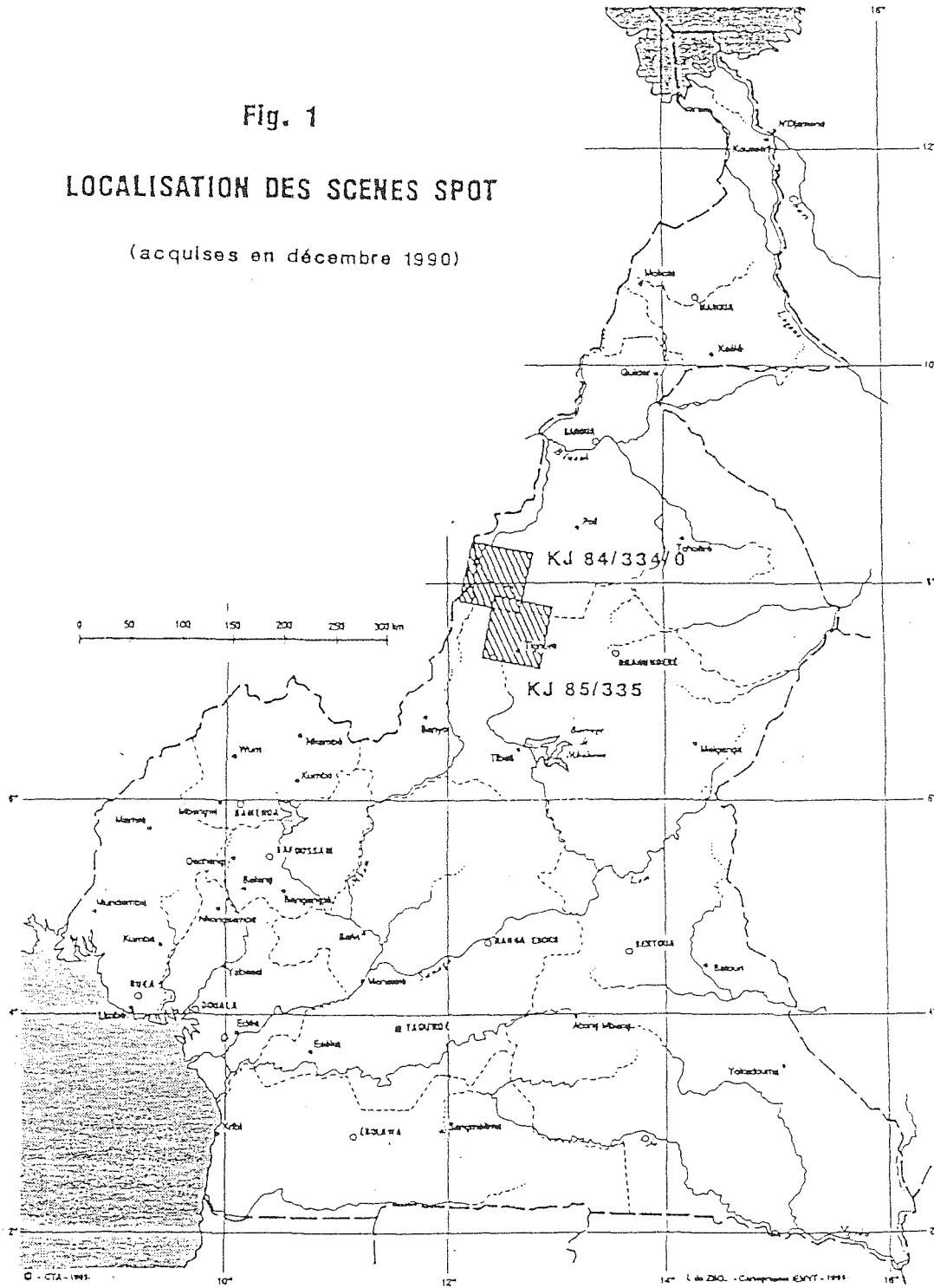
Considering that satellite images, especially SPOT images, are particularly sensitive to the degree of chlorophyllic activity in vegetation and if, as has been observed, the *Monotes* and *Uapaca* come into leaf some time later than the other woody species, it would then be possible to discriminate these two groups of vegetation.

It would nevertheless be desirable to be able to invert the process and have images taken in February/March in order to compare the situations.

Fig. 1

LOCALISATION DES SCENES SPOT

(acquises en décembre 1990)



### 3. FIELD SURVEYS

#### 3.1 Vegetation surveys

Field surveys were performed at the end of the dry season (March 1991 and February 1992) whereas the images were taken in November and December 1990 at the start of the dry season, representing a considerable time-lag as regards the phenology of the vegetation.

Over 40 surveys were made during these missions.

The sites for the surveys were selected in the field by reasoned choice, aided by enlargement of SPOT colour composites to 1/100 000, according to the possibilities of access and the colour characteristics of the images, the latter being, as a rule, related to a type of landscape.

Each of the sites was localized in terms of geographical coordinates by using a "Global Positioning System (GPS)". These coordinates, recorded in the geodesic system of reference of the satellites of the GPS network were subsequently transformed into MTU cartographic coordinates by the geodesic department of the French National Geographic Institute at Saint-Mandé.

Since the observations were made at the end of the dry season, the vegetation surveys only concerned the tree and woody shrub strata of the savannahs and did not investigate the gallery forests.

As estimates of global cover were made by direct observation of the proportion of sky visible through the canopy they are influenced by the degree of foliage present at the time of observation. Consequently they vary according to the phenological stage and, above all, these evaluations are very sensitive to the observer's interpretation. One single site was subjected to exhaustive counting for training purposes using the circular counting technique over 1 ha. It would be advisable to re-use this unfortunately very time-consuming technique during the two main seasons of vegetation, on the same sites, in order to standardize the observations as regards definition of woody cover.

In this respect, by counting on enlarged vertical aerial photographs, at a scale of close to 1/10 000, much greater precision could be obtained for less work.

Physiognomic typology of vegetation in the study area

#### Open forest

Plant formation where the tree stratum remains open even though greater than 60 percent.

#### Wooded savannah

Plant formation comprising a continuous herbaceous stratum and a woody stratum where trees outnumber shrubs with a total woody cover of between 35 and 60 percent.

Tree and bush savannah

Plant formation with a total woody cover of less than 35 percent and where the tree stratum is greater than the shrub stratum.

At under 15 percent, the tree savannah is "open".

A tree and bush savannah may be called orchard savannah or park savannah when its trees are isolated but of a fair size.

Shrub savannah

These are savannahs where the woody stratum comprises mainly shrubs with a cover of between 5 and 40 percent.

When cover is between 5 and 10 percent the shrub savannah is referred to as "open" and, when cover is 30 to 40 percent, "dense".

Grass savannah

A grass savannah has a woody cover less than a few percent.

Grassland

Grassy formation at high altitude.

### 3.2. Cartographic surveys

Since no accurate, recent topographic maps were available, it was necessary to "obtain" in the field, during the February 1992 mission, the geographical coordinates (x, y and z) of a certain number of points known as "observation points" that were clearly identifiable on the images. These are characteristic topographic details such as the crossing of tracks, bridges, etc. In addition to these landmarks, all villages encountered were identified and localized. Some tracks which were not visible on the images were also drawn.

## 4. REMOTE SENSING

### 4.1 Data used

Since no previous image of this region was available in the SPOT IMAGE company catalogue, two SPOT scenes were acquired specifically for the project (Fig. 1) by making a programming request in September 1990.

The scene references are as follows:

- KJ 84/334 recorded on 28 December 1990 for the KONTCHA region;
- KJ 85/334 recorded on 2 December 1990 for the TIGNERE region.

The quality of these scenes in multispectral mode at a resolution of 20 m is excellent despite traces of frequent extensive fires on the landscape. They were given by SPOT IMAGE to CIRAD-EMVT at the end of January 1991.

The topographic mapping data, from 1955, on the other hand had become totally outdated. Moreover, since it was produced from a "hasty" photogrammetric preparation, it could not be used for the correction of SPOT images.

#### 4.2. Geometrical preprocessing

This basically concerns the geometrical correction of digital images, that is to say transformation from the preprocessing level 1B, a raw level in which the images were bought, into the cartographic level, or level 2, in order to position the field survey sites and the superimposing of the map, produced from the processings, on a regular cartographic background. Since this type of document was not available, the NGI was asked to make a MTU coordinate correction grid to recalculate the geographical coordinates of all the points located by the GPS in the field.

When corrected in this way, the image is of a much higher quality than the old topographical map of 1955, despite lacking some of the geometrical characteristics of a regular map because the distortions deriving from the terrain and the viewing angles remain uncorrected since a digital model of the land was not available.

#### 4.3. Thematic classification

The objective of a classification, in remote sensing, is to produce a cartographic representation corresponding as closely as possible to the actual ground situation, derived from spectral values of pixels composing the "source" digital image (raw or derived channels) according to a specific nomenclature (legend).

The methods of classification used in this survey fall under the category of "supervised" as they depend on the assistance and decisions of an expert.

This assistance is both taxonomic, through the definition of categories of landscapes (or taxons), and geographical since the decisions are based on the knowledge of the nature and spatial distribution of the objects to be mapped.

On the basis of observations made in the field, an initial legend was compiled for the study of the spectral characteristics of the themes.

The principle of the classification consists in calculating the covariance matrix and the vector of the coordinates from the centre of a cluster of points, for each basic unit of the areas explored which are the groups of pixels, constituting the representative samples of the themes researched, identified during the field study.

Examination of the two-dimensional histogram of channels XS3 and XS2 (Fig. 2) shows how little difference there is between the themes which one is attempting to identify. The greater the variance of the class, the more the ellipses overlap and consequently the greater the ambiguities become.



The main problem, however, lies in the spectral variability of the same theme according to its geographical location. A wooded savannah with *Monotes*, on the *Tignere* plateau, for example, does not have the same "spectral signature" on the equally wooded neighbouring terrain because of illuminance and slope.

Each plant formation can therefore differ considerably in "radiometric response" according to its topographical position, independently of its phenological stage as previously mentioned.

Plant formations on hilly ground which are not significantly different from those of the plateau or Koutine plain, have much higher spectral responses than the others. The slopes in the shade, which have identical vegetation, are extremely different from those which were exposed to the sun at the time of image acquisition.

In general, the spectral responses of the formations on the Koutine plain also differ greatly from that of the Tignere plateau.

One notes in particular that it is not possible to reliably distinguish shrub savannah from tree and bush savannah, at least no more than it is possible to differentiate dense shrub savannah and wooded savannah. Vegetation structures can only be significantly discriminated when they are directly related to crown foliage density at the time of the viewing.

Since the classifications are based on radiometric separation of the objects, it is out of the question to discriminate, by radiometric procedure alone, types of vegetation whose spectral values are locally confused. Thus it was necessary to use other processes to eliminate a certain number of ambiguities.

In particular, the images were cut, using Computer Assisted Photointerpretation (CAPI), into three sets for the Tignere region (mountain area, Koutine plain, Tignere plateau) and in two sets for the Kontcha region.

Each set was then analysed individually and the results combined at the end.

## 5. MAPPING OF VEGETATION TYPES

### 5.1 Legend of cartographic units

#### SETTLED LAND

- V : Inhabited area, town, village
- CJ : Crops and fallow or degraded shrub savannah (old fallow)
- F : Fires

There are a large number of these on the landscape. More are found on the image of Kontcha than on that of Tignere where they are mainly grouped on the plateau itself.



The fires totally mask the type of vegetation, but the more herbaceous formations would appear to be also the most frequently burnt by the stock-raisers for regrowth in the dry season. They could therefore usually be likened to the clearest shrub or tree and bush savannahs.

## NATURAL VEGETATION

G : High grassland occupied by *Sporobolus africanus*

This formation which is much frequented by the cattle raisers is located on the plateaux at an altitude of over 1 200 m. It is heavily grazed showing many signs of degradation. The woody stratum is only present in the form of riparian bands along the axes of the thalwegs.

oG : Overgrazed or sparse grassland, facies of the preceding formation, occupies the highest areas of the plateaux but can vary according to the season (R. 22).

gSh : Grass or open shrub savannah on highlands

Vegetation of the slopes of the Tchabals and the cliff of Sadek. The woody stratum is open but the riparian bands may be masked by the shadow of the slopes (R. 23).

hstbS : Highland shrub or tree and bush savannah

These are usually fairly dense shrub formations, often occupied by *Monotes* and *Uapaca* and always on hilly ground under 1 200 m in altitude. Almost all of the slopes in the shade have been assigned to this class since it was impossible to discern another formation.

Their discrimination is based on a topographical criterion and not on their spectral response, the latter being very close to that of the tree and bush savannahs on the plain.

sSw : Dense shrub savannah, or tree and bush or wooded savannah

This formation is always densely woody and often dominated by *Monotes* and *Uapaca* (R. 9, 11, 18, 29, etc.). *Isoberlina* sp. formations are, however, also found although they cannot be separated on the images of this season (R. 32). Gallery forests, often localized at the head of thalwegs, are also grouped under this cartographic category, since they cannot be individualized reliably due to their lack of radiometric contrast.

stbS : Shrub to tree and bush savannah

Rarely abundant, this formation is a transition between wooded savannah and the more or less settled shrub savannah of the plains and plateaux (R. 31, 32, 15).

sotbS : Shrub or open tree and bush savannah

The most frequently occurring formation by far. Woody cover is generally open, the pastoral lands are regularly burnt and the network of riparian bands, not visible on the SPOT images, is relatively loose.

vosS : Very open shrub savannah

This formation is clearly an evolved form of the savannah. There are frequent signs of degradation and they too are regularly burnt.

gSmb : Grass savannah along major beds

This type of formation which is clearly hydromorphic in nature, is the most difficult to map. It can only be distinguished from shrub or open tree and bush savannahs of the plains and plateaux by its network configuration, along the water courses.

fgS : Floodplain grass savannah

This characteristic formation has only been found in the mayo Mba Kana. Its vegetation which is still green in December appears very clearly on the image of the Tignere region.

## 6. ASSESSMENT OF THE USE OF REMOTE SENSING

High resolution satellite data have real potential for the mapping of the physiognomy of tropical vegetation. Differentiation of the groups of species was not possible. The cartographical units retained correspond to a physiognomic typology produced by classification of woody formation according to cover density. The spectral response of a plant formation varies in relation to the position of this formation in the toposequence. Therefore, in order to obtain reliable mapping, it is necessary to use other information than the satellite data, such as the terrain, to stratify the land into homogeneous sections within which relations between objects and images are constant. These methods are however complex and difficult to automate. Processing was a long and delicate process and the lack of field data had to be supplemented by the use of aerial photographs at 1/50 000 which, despite being a little old, were precious in eliminating certain ambiguities.

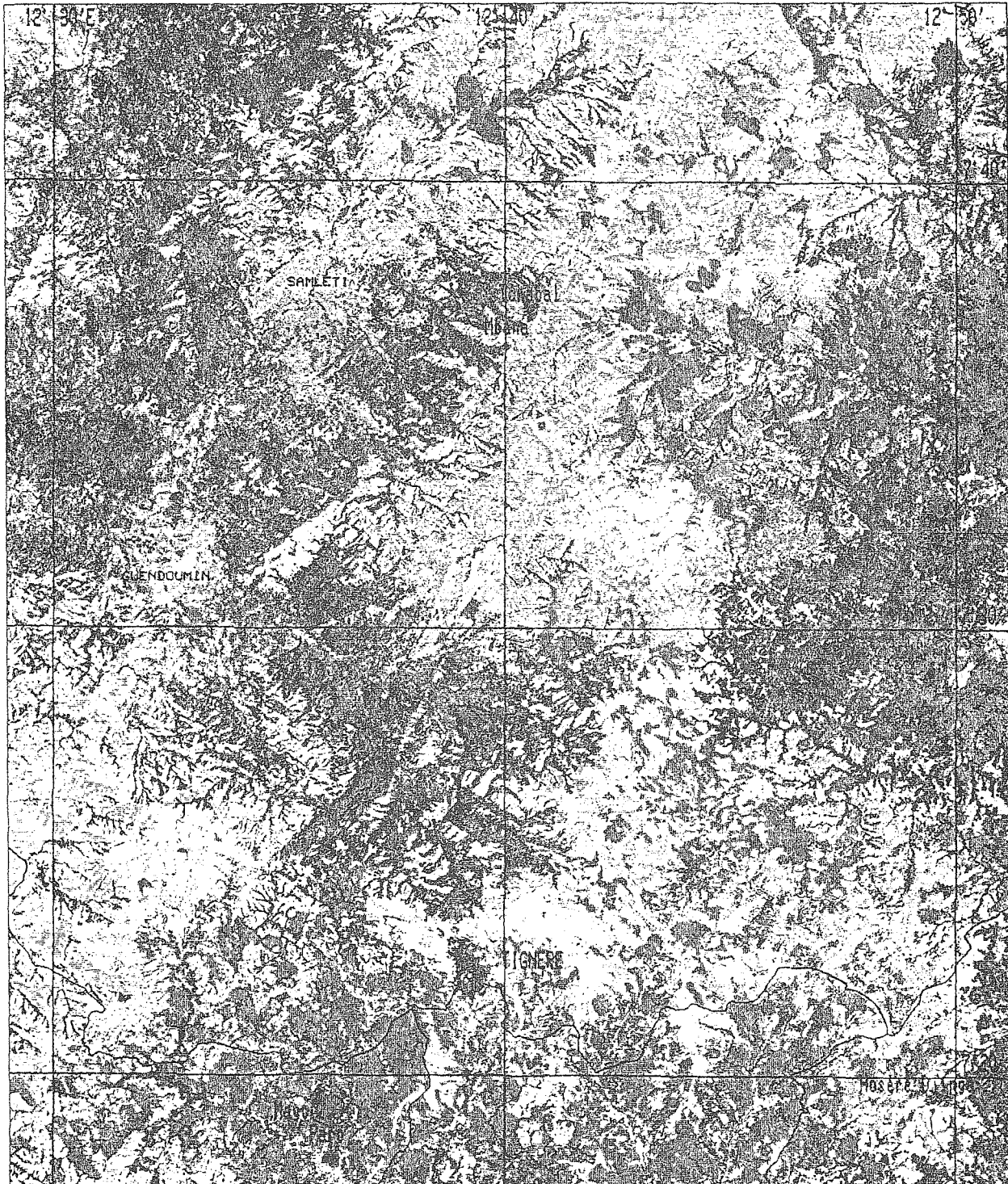
At the thematic level, we can see that bush fires obscure a large part of the land (on the image of Tignere, they account for over 10 percent of the area examined). The most densely wooded formations are without doubt also the ones which burn the least, so the resulting map is not too inaccurate.

The simplified map in Figure 4 shows the distribution of the various types of woody formation in the Tignere region.

REPUBLIQUE DU CAMEROUN

Région de Tignère

Extrait de la Carte des types de végétation



CIRAD-EMVT/MSEG 1992 (d'après la scène SPOT 85-335 du 02-12-90

Echelle 1/250 000



P



CJ

P<sub>s</sub>

Sac



Shr

Stc

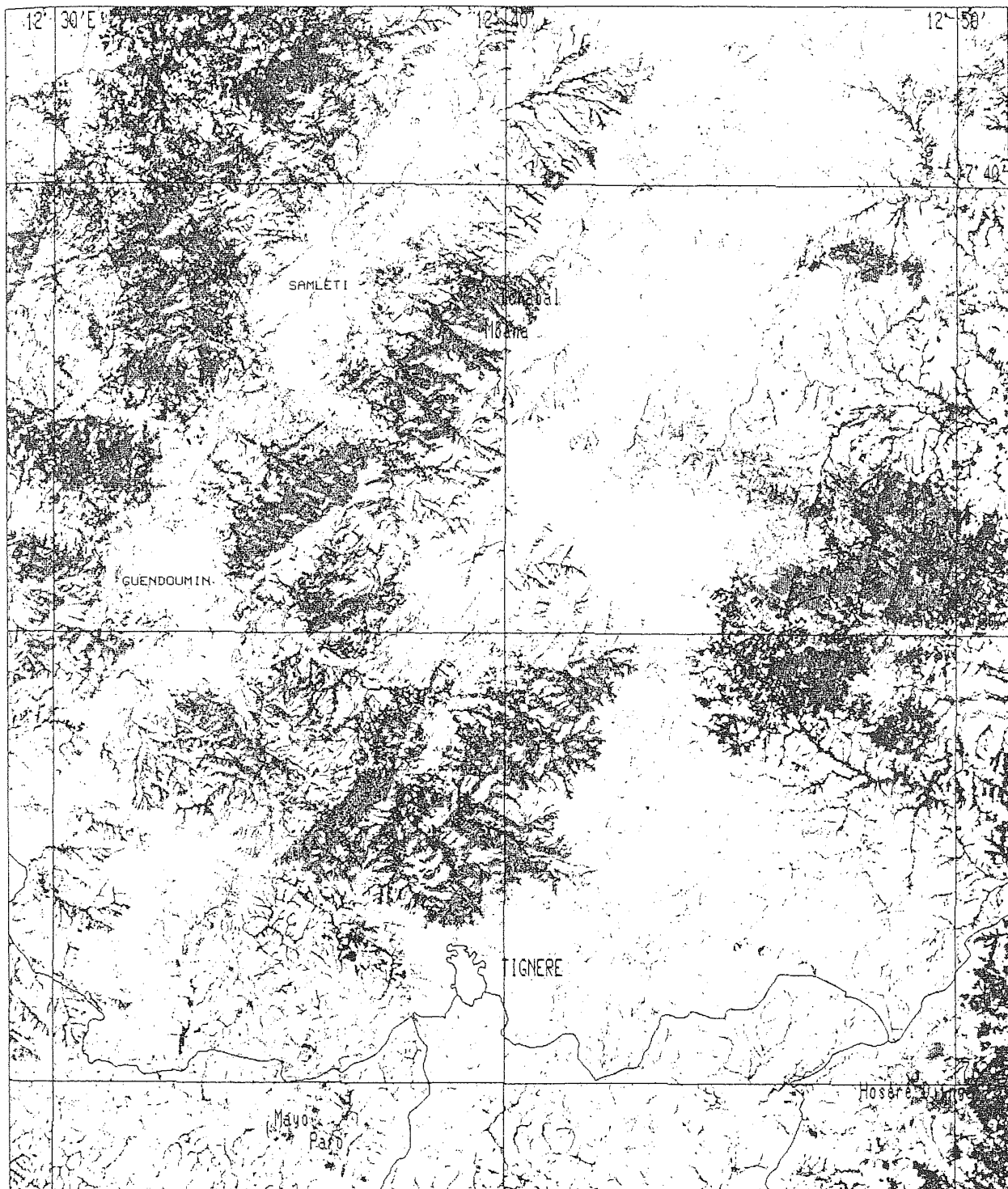


Sl

## REPUBLIQUE DU CAMEROUN



Région de Tignère

## Localisation des formations ligneuses denses



CIRAD-EMVT/MSEG 1992 (d'après la scène SPOT 85-335 du 02-12-90)

Echelle 1/250 000

-  Galerie forestière, savane densément arbusive ou arborée, ou boisée
-  Savane arbusive dense sur reliefs

The densest woody formations, comprising mainly *Monotes kerstingii* and *Uapaca togoensis*, are found on both sides of a median line formed by the Tchabals Gandaba and Mbana. Connections are possible between the densely wooded regions of the Koutine plain to the West and the Adamawa plateau to the East, via narrow gallery forests which cross the Tchabals cols.

It is probably only possible to discriminate the formations dominated by *M. kerstingii* and *U. togoensis* from those with *Isobertina* sp. by using, simultaneously, images from November-December and from March-April.

## 7. GIS POTENTIAL

It would appear that possible habitats of *Glossina morsitans submorsitans* in savannah regions cannot be detected by mapping the woody formations with the assistance of satellite data alone, even by using high resolution data.

Complementary data extracted from sources other than remote sensing (hypsometry, hydrography, etc.) must be used in order to eliminate some of the classification ambiguities. Monitoring the extension brushwood and the colonization of new areas is also important when studying the distribution of the tsetse fly. Furthermore, land use categories (stockraising, wildlife, agriculture) are other important factors which should be mapped and introduced into a GIS in order to compare them with the *Glossina* surveys and determine high-priority intervention areas.

Nevertheless the relevance and coherence of the variables are more important than their number. The GIS should not become an objective in themselves, but should be a real help in decision-making.

## 8. CURRENT RESEARCH AT CIRAD-EMVT ON GIS APPLIED TO LIVESTOCK DEVELOPMENT

Several teams are working on GIS development in the department's scientific programmes.

These programmes, confined mainly to Africa, are directed essentially toward land management.

In Senegal, an EMVT team, in association with the ISRA Dakar, is working in Casamance on the utilization of agropastoral land area, at the field level, by monitoring herd displacement in relation to the environmental resources.

In Zimbabwe, another team is establishing a GIS for ARDA (Agricultural and Rural Development Authority) on the constraints of animal production in a traditional environment. Upon completion, this should make it possible to extend and adapt the notion of ecopathology to traditional production systems in the South. A wildlife/livestock comparative ecology component is trying to assess the environmental impact of ruminant grazing habits.

At the department headquarters, in collaboration with our partners, Burkinabé and other departments of the CIRAD, a pilot study is planned on the use of a GIS in mapping the agropastoral zone in the west of Burkina Faso. The procedure studied should permit a dynamic approach to land use and easy updating of rapidly changing variables.

## BIBLIOGRAPHY

Achard F. 1989

Etude des rythmes saisonniers de la végétation en Afrique de l'Ouest par télédétection spatiale.

Thèse doctorale Univ. Paul Sabatier, Toulouse, 243 p.

Boudet G. 1977

Contribution au contrôle continu des pâturages tropicaux en Afrique occidentale.

Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop., 30, 4, 387-406.

Boudet G. 1984

Manuel sur les pâturages tropicaux et les cultures fourragères.

Paris, Min. Rel. ext. Coop. Dév., (Coll. Manuel et précis d'élevage), 4e ed. IEMVT, 266 p.

Boutrais J. 1974

Les conditions naturelles de l'élevage sur le plateau de l'Adamaoua (Cameroun).

Paris, ORSTOM, Cah., sér. Sc. hum., vol. XI, N° 2, 145-198.

Boutrais J. 1983

Elevage soudanien (Cameroun-Nigéria). Des parcours de savane aux ranches.

Paris, ORSTOM, coll. Travaux et documents N° 160, 148 p., photos et cartes.

Boutrais J. 1991

Les populations pastorales et les glossines en Adamaoua.

Maisons Alfort, IEMVT/MSEG/Banque Mondiale, 64 p.

Buxton P.A. 1955

The natural history of Tsetse flies.

London, Lewis H.K. & Co. Ltd, London School Hyg. Trop.

Med. mem. N° 10, 816 p.

César J. 1990

Etude de la valeur pastorale et production biologique des savanes de Côte d'Ivoire et son utilisation par l'homme.

Thèse doctorale Univ. Paris VI, 642 p.

CIEH, ASECNA, ORSTOM 1990

Précipitations journalières de 1973 à 1980.

Paris, Dir. Météo. nationl. Cameroun, ASECNA, ORSTOM, 497 p.

Cuisance D.

La lutte contre les glossines dans l'Adamaoua (Cameroun). Compte rendu de situation en février 1989 et propositions de programme.

Banque mondiale, B.D.P.A, IEMVT, Maisons-Alfort, 1989, 33 p. avec annexes.

Cuisance D., Tacher, G., Clair, M., Ndoki, N., Muller, P.

Lutte contre les glossines. Bilan et perspectives. Banque mondiale, B.D.P.A., I.E.M.V.T. Maisons-Alfort, Mars 1987, 289 p.

Cuisance D. 1991

Lutte contre les glossines en Adamaoua (Cameroun). Bilan de la situation et recommandations.

Maisons-Alfort, IEMVT/MSEG/Banque mondiale, 53 p.

Geerling C. 1982

Guide de terrain des ligneux sahéliens et soudano-guinéens.

Wageningen, Meded. Landbouwhogeschool, 340 p.

Morel P. 1983

Guide pour la détermination des arbres et des arbustes dans les savanes ouest-africaines.

Maisons-Alfort, IEMVT, Manuel pour l'école de lutte anti-tsé-tsé, 162 p.

Piot J. 1969

Végétation ligneuse et pâturages des savanes de l'Adamaoua.

Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop. XXII, N° 4, 541-549.

Rippstein G. 1986

Etude de la végétation de l'Adamaoua; Evolution, conservation, régénération et amélioration d'un écosystème pâturé au Cameroun.

Maisons-Alfort, IEMVT/IRZ, Col. Etudes et synthèses, IEMVT N° 14, 366 p., photos.



**THE INFLUENCE OF TSETSE DISTRIBUTIONS ON SETTLEMENT AND LAND UTILISATION IN ZIMBABWE WITH REFERENCE TO THE EC-FUNDED REGIONAL TSETSE AND TRYPANOSOMIASIS CONTROL PROGRAMME (RTTCP) OF MALAWI, MOZAMBIQUE, ZAMBIA AND ZIMBABWE**

**Desmond F. Lovemore**

Zimbabwe's Zambezi and Southeast tsetse fly belts have been major causes of concern to those responsible for her agricultural industry over the years, especially in the context of draught and ranching. Firstly, this has been due to the danger of cattle contracting trypanosomiasis at the interfaces between the farming areas and areas of infestation (there are approximately 400 000 head of cattle depastured along these interfaces, excluding the 60 000 head located within the infested areas themselves). Secondly, and of greater importance, has been the propensity of these fly-belts to spread back into areas which were infested prior to the great rinderpest panzootic of 1896 (generally the areas lying below the 1 067 m (3 500') contour). There are in excess of 1 000 000 head of cattle in these areas, excluding those referred to above. The ability of the infestations to expand have been demonstrated many times over the years as the brief historical account, given below, shows.

Following the rinderpest epizootic which caused the almost total decimation of the respective populations of the natural food hosts of the tsetse, the infestation within Zimbabwe as a whole was rapidly reduced to a few small foci within the Zambezi drainage. Tsetse disappeared completely from the area south of the central watershed. However, the natural food hosts recovered relatively rapidly closely followed by tsetse in the case of the Zambezi drainage area. It was not until the early 'fifties though that tsetse reappeared in the southeast of the country following expansion of the Mozambique fly-belt (Robertson and Kluge, 1968).

The rate of reinfestation within the Zambezi drainage was described by Chorley (1954) as follows :

"To give some idea of the rapidity with which the insect has spread, it may be mentioned that between the years 1918 and 1928, the infested area practically doubled, from 9 000 square miles to 18 000 square miles. Between 1908 and 1918 the records are not so reliable, but it is probable that the infested area doubled during this period also. In 1931, the infested area covered over 20 000 square miles and ground was being lost at the alarming rate of over 1 000 square miles a year. The formerly disconnected fly areas have now united to form a vast fly area extending from the Wankie district in the west to the Darwin district in the northeast."

Chorley recorded also that cattle began dying from trypanosomiasis in the Gwai river area (eastern Hwange) in 1918/1919. Some commercial farmers were forced off the land in the late 'twenties and early 'thirties in the Chegutu and Kadoma areas following the loss of all their stock. In addition, the disease occurred on the Chinhoyi commonage (central Makonde) during the late 'twenties.

The spread of the Zambezi fly-belt had been contained by the early 'forties. Unfortunately, however, it was not possible to maintain the control measures at a sufficiently high level to hold the position during the latter years of the Second World War and the immediate post-war period. As a result the fly-belt began spreading again. Communal Land in western Hurungwe was overrun and the then newly developed Karoi Commercial Farming Area in central Hurungwe was jeopardised. Other problem areas of consequence within the Zambezi drainage were Gokwe, Mudzi, Mutoko and Nyanga districts.

Control was regained, only to be lost once more in 1960 when game elimination operations were terminated as a result of public pressure. The Zambezi fly-belt began expanding rapidly at a number of points along the tsetse front, particularly in Gokwe and Binga districts. Bovine trypanosomiasis reappeared in areas which had been clear for more than twenty years. In particular, the southwestern part of Lupane district and the eastern part of Hwange district were affected. In addition, outbreaks occurred in eastern Gokwe and Kadoma and Chegutu districts and in Hurungwe district, the northern half of Makonde district and Guruve district. It was also about this time that the Southeast fly-belt began giving cause for concern. It was gradually expanding southwards towards the South African border and westwards within the Mwenezi and Chiredzi districts.

In 1964/65, extensive and costly control measures were commenced in both the north and southeast of the country. The objectives in each case were to regain control of the fly-belts and then to contain them by preferred natural food hosts-free and cattle-free fenced corridors (Cockbill, 1964).

The measures proved successful to the extent that it was possible to report in 1975 that, other than the worsening problem in the northeast of the country (where tsetse were spreading from Mozambique through Darwin and Rushinga districts towards Shamva district, but where very little could be done to arrest the advance because of the war situation which prevailed on both sides of the border), the country-wide position was considered to be satisfactory (Lovemore, 1975). For all intents and purposes the objectives set in 1964 had been attained.

A great deal more, in fact, had been achieved, namely : a considerable area of land had been reclaimed on the infested side of the control corridor at the western end of the Zambezi fly-belt; the Zambezi fly-belt had been split in two at the eastern end of Lake Kariba; virtually the entire infested area in Mudzi and Nyanga districts had been cleared of tsetse; and the Southeast fly-belt had been driven completely out of Zimbabwe and back into Mozambique to a depth of at least 90 kilometres.

Unfortunately, the successes were short lived. In the face of an intensification of the Liberation War in Zimbabwe in the second half of the 'seventies, it became impossible to maintain the control corridors efficiently. As a result, the Zambezi fly-belt began expanding yet again. Tsetse flies broke through the corridors in several places and a considerable area of land reclaimed during the period 1964-1974 was lost, especially in the northeast. In addition, large areas of Mudzi and Nyanga districts were reinfested. On the other hand, in the southeast of the country, there was no detectable change. It would seem that the fly-belt had been pushed sufficiently far back from the Zimbabwe border, in Mozambique to ensure the status quo in this region. Pleasingly this very satisfactory position holds to this day.

The significance of this ebb and flow of the Zimbabwe fly-belts to the agricultural industry and settled areas was clearly stated by Cockbill (1982) as follows :

"In Zimbabwe, where agriculture and particularly stock raising are of major economic importance, the control of the tsetse fly, leading to its total eradication is a task of national importance. If control measures were suspended or became ineffective, tsetse could again spread to its ecological limits and occupy about half of Zimbabwe as they did before 1896. If this were to happen, about a third of the national herd would be threatened with disaster. Capital losses would involve not only animals, but also the cost of buildings, dairies, dips, crushes and fences ancillary to livestock production. Rural society would become disorganised and demoralised by large-scale cattle losses."

In order to achieve permanency, Zimbabwe adopted a policy of progressive tsetse eradication during the 'seventies, which was subsequently endorsed by the new Government at Independence. It was considered economically unacceptable that reclamation operations should have to be repeated time and time again, as had been the case up until then and for that matter more recently. It was decided, therefore, that the ultimate goal should be eradication of tsetse flies from within Zimbabwe. It was with this in mind that Zimbabwe joined the RTTCP. In the light of her experience in the southeast of the country, there was a clear need to be able to work in Mozambique if eradication was to be achieved. Similarly, there was also a need to work in Zambia for the same reason. Already, there has been considerable positive discussion between the three countries on the subject.

The policy of progressive tsetse eradication does, of course, necessitate operating over all land categories within the infested area, including the various forms of agricultural land, wildlife land and forest land. There can be no exceptions if the long term objective is to be achieved. Whilst this presented no real problem in earlier years, more recently there has been some resistance from the wildlife authorities and conservation organisations concerning national parks and game reserves. There is also, quite rightly, concern about the unsettled areas of Communal Land and other areas designated for settlement where, it is feared, spontaneous, unplanned settlement will follow clearance of tsetse flies. There is a considerable demand for land from outside of these areas due to a burgeoning population in Zimbabwe (this has increased from about 2.5 million people in the 'fifties to more than 10 million now) and there is already a very strong migration of people towards these areas. The people seeking land are either those who have already got land in the more heavily settled central areas of the country, but are looking for more productive land and people who have had no access to land previously. However, whether it is the activities of the Branch of Tsetse and Trypanosomiasis Control of the Department of Veterinary Services which are drawing people to these areas or simply a natural movement of people who would move there irrespective of whether the areas had been cleared of tsetse flies or not is a moot point. There are a number of examples in Zimbabwe where people have settled successfully in quite heavily infested areas. Gokwe district is a particularly good example, where, when it was discovered that cotton grew well in that district in the early 'sixties, people literally poured into the area, despite the presence of tsetse flies and prospered. Irrespective of which side is correct though, it is essential that these areas are settled on a planned, sustainable basis. This is imperative, if these areas are not to be turned into a wasteland as could so easily happen.

To ensure correct use of land freed from tsetse flies in Zimbabwe a national coordinating committee for tsetse control has been established recently. It was considered

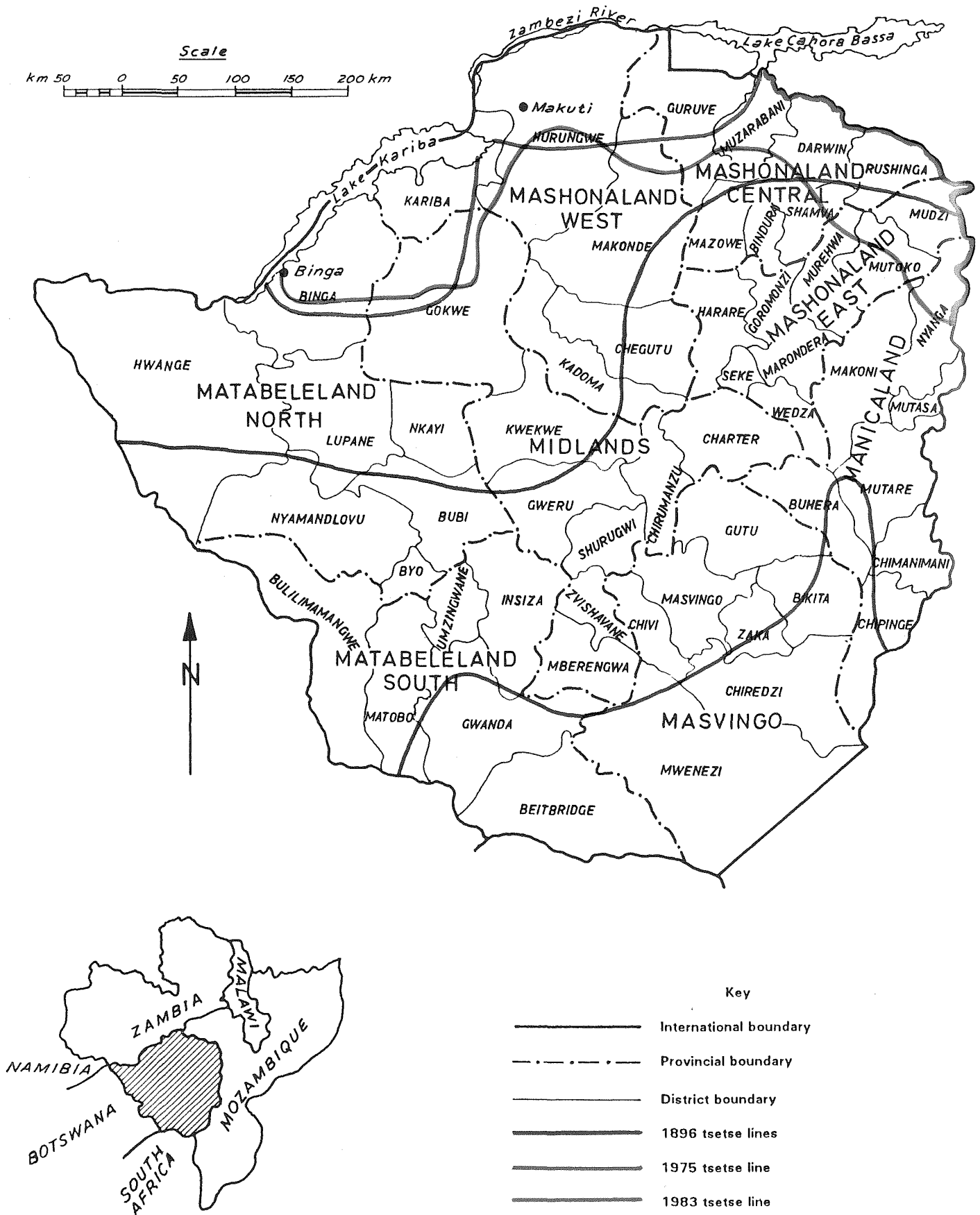
that such a committee would greatly facilitate the linking of land-use planning and tsetse control activities more closely. Such a committee existed in earlier years, but fell into abeyance during the latter part of the Liberation War and unfortunately was never recalled. The need for this type of committee was emphasised in the proposal for Phase II of the RTTCP. In particular, the Financing Agreement for this phase, which was concluded on 17th July, 1992, contains the following two relevant special conditions :

1. "2.4.7 The participant Government each undertakes to establish a National Coordinating Committee within three months from the date of signing of the Financing Agreement. Each Government also undertakes to appoint to the committee a senior Chairperson of wide experience with a nationally recognized scientific/technical background of rural development issues; other senior representatives of ministries and departments involved with protection of the environment, natural resources and rural development will also be nominated."
2. "2.4.8 Each Government will mandate its National Coordinating Committee to formulate and oversee implementation of land-use plans in areas cleared of tsetse by the Programme's operations. These plans will be included in the national strategic plan for tsetse control and rural development."

Also, as further explanation to the establishment of the committee, the following was also stated in the proposal for the RTTCP Phase II :

"Tsetse and trypanosomiasis control/eradication is an integral part of rural development and not the end in itself as might sometimes appear to be the case. It is essential, therefore, that those authorities responsible for rural development in the Member Countries should participate in the planning process and monitoring of this activity to ensure that land cleared of tsetse flies is used wisely subsequently. National coordinating committees will be established for this purpose. In particular, government departments concerned with human populations, land-use planning, agriculture, domestic livestock, wildlife, forests, conservation of natural resources and possibly roads and water development will be represented. However, it is not envisaged that these committees would be engaged in implementation of tsetse and trypanosomiasis control/eradication operations, but rather that their main task would be coordination of these activities with land-use planning of the areas scheduled for tsetse clearance. More especially, they are seen as the linchpin for the preparation of the respective national comprehensive strategic plans which will form the basis of the long-term plan for the common fly-belt. Membership of these committees should engender greater understanding of the tsetse and trypanosomiasis problem amongst those government departments involved in rural development and, consequentially, a feeling of responsibility towards the RTTCP."

In conclusion, the real concern is whether the land-use planning can be timeously completed and then successfully implemented.



## REFERENCES

- Cockbill, G. F. (1964). "A second review of the tsetse and trypanosomiasis position in Southern Rhodesia, 1964" a cyclostyled report by the Branch of Tsetse and Trypanosomiasis Control, Department of Veterinary Services, Southern Rhodesia.
- Cockbill, G. F. (1982). "A report on the tsetse and trypanosomiasis situation in Zimbabwe"; a xeroxed report prepared for the Commission of the European Communities, September, 1982
- Chorley, J. K. (1954). "A review of tsetse and trypanosomiasis in Southern Rhodesia, 1954"; a cyclostyled report of the Branch of Tsetse Control, Department of Research and Specialist Services, Southern Rhodesia
- Lovemore, D. F. (1975). "A note on tsetse and trypanosomiasis control in Rhodesia during the year ended 30th September, 1975 prepared for the Director of Veterinary Services for inclusion in his 1975 annual report"; a cyclostyled note of the Branch of Tsetse and Trypanosomiasis Control, Department of Veterinary Services, Rhodesia.
- Robertson, A. G. and Kluge, E. B. (1968). "The use of insecticide in arresting an advance of *Glossina morsitans* Westwood in the southeast lowveld of Rhodesia"; *Proc. Trans. Rhod. Sci. Assoc.*, **53**, 17-37

## ARGUMENTS FOR AND AGAINST CONSIDERING TRYPANOSOMIASIS AS DIFFERENT FROM OTHER ANIMAL DISEASES

A.M. Jordan

### INTRODUCTION

In the early decades of the 20th century, severe epidemics of human trypanosomiasis affected many African countries. The then colonial authorities attempted to combat these epidemics primarily by the development of trypanocidal drugs and their use in surveillance and treatment campaigns, assisted, in some countries, by research on the ecology of vector species and subsequent attempts to control the vector, mainly by removing the vegetation on which it depended for its habitat.

At this time, little attention was given to animal trypanosomiasis but as the epidemics of the human disease receded and as the numbers of man increased, with corresponding demand for increased outputs from domestic livestock, so the animal disease assumed greater importance. Efforts to control animal trypanosomiasis also depended primarily on the use of trypanocidal drugs and on vector control and, particularly in the latter approach, benefitted greatly from the experience gained in the combatting of the epidemics of sleeping sickness. Because of the specialised nature of the techniques employed, the control of the disease became, in many countries, the responsibility of specialised units, usually within the Departments of Veterinary Services, and became a 'special case'. Was - and, more importantly, is - this distinction justified and desirable? Or is it a quirk of history that should no longer be perpetuated?

### THE ROLE OF TRYPANOSOMIASIS

It is generally accepted that animal trypanosomiasis has had a major influence on the history of tropical Africa. Certainly the fly belts of species of the *Glossina morsitans* group had a profound influence on the routes followed by the tribes who introduced cattle into Africa south of the Sahara from about 5000 BC onwards. During successive migrations, densely infested fly belts had to be avoided as the only way of preventing the fully susceptible, never previously exposed, animals dying from trypanosomiasis. The power of the disease to exclude the keeping of susceptible breeds of cattle and other domestic livestock is still apparent today and many maps have been published showing the distributions of cattle and tsetse flies as being almost exactly the converse of one another. Today, the distinction is not as clear as it used to be, as trypanocidal drugs can permit cattle and tsetse to co-exist. Even today, however, heavily infested fly belts are virtually devoid of cattle.

Although other animal diseases also cause heavy losses of domestic livestock, there is no evidence that any one disease has had the same profound influence on the distribution of livestock in Africa as has trypanosomiasis. East Coast fever, also arthropod-transmitted, has undoubtedly played an important role in African ecology, but this aspect of the disease, and especially its interrelationships with trypanosomiasis, has been relatively little studied. Like other important diseases, such as rinderpest, perhaps its main difference from

trypanosomiasis is that it comes and goes and although huge losses occur in epidemics, in other years losses can be minimal. The rinderpest pandemic at the end of the 19th century killed enormous numbers of cattle (and wildlife) but in a few years it had burnt itself out and numbers began to recover. Other diseases, such as helminthiasis, can cause heavy production losses, and are responsible for many sickly populations of domestic animals, but rarely wipe out or exclude them from extensive areas. Many traditional livestock owners in Africa today still see trypanosomiasis as the most significant disease threat to their cattle.

On balance, the evidence would seem to support the view that only trypanosomiasis has had a major effect on the distribution of cattle in Africa, although other diseases may sometimes be directly responsible for more deaths. Perhaps to this extent trypanosomiasis should be considered as different from other diseases, but does this justify a different approach to the control of trypanosomiasis compared with other diseases?

## THE IMPLEMENTATION OF CONTROL OF TRYPANOSOMIASIS

### 1. Trypanotolerant breeds of livestock

Taking advantage of the trypanotolerant trait of certain breeds of domestic livestock is essentially a 'passive' approach to the control of trypanosomiasis, requiring no direct intervention. As such they will not be considered further in the context of this paper. It is, however, noteworthy that although these breeds are primarily considered of importance because of their tolerance of trypanosomiasis, some, such as N'dama cattle, also show increased tolerance towards other diseases, such as helminthiasis, compared to breeds of cattle more susceptible to trypanosomiasis in those ecosystems where they predominate.

### 2. Chemotherapy

With the exception of Botswana and Zimbabwe, the use of trypanocidal drugs is the main method of controlling trypanosomiasis in all those countries in which the disease occurs. It can be argued that cattle only occur in many parts of Africa because of the availability of these drugs. Ideally their application should be under the control of qualified veterinary authorities - either through government departments or, increasingly in favour, through private veterinary practices. In fact, this is rarely the case and most trypanocidal drugs are applied by the livestock owners themselves, usually in the absence of definitive diagnosis of the disease. In this respect trypanocidal drugs are no different from other veterinary products which are also administered, when available, by traditional owners of livestock. Sometimes trypanosomiasis is the most important disease present, sometimes it is not.

It is generally accepted that this is an unsatisfactory situation, often resulting in inappropriate drug usage, under-dosing and the consequent development of drug resistance. While agreeing that it is unsatisfactory, might it not be realistic to accept the present system, rather than, as is often the case, pretend that it doesn't exist, and try to build on it by encouraging extension workers to instruct owners in 'correct' treatment regimes, at least until veterinary services, effective even in remote rural areas, can be established? Whatever the present and future scenarios might be, there is no justification for considering the day by day control of trypanosomiasis by the use of drugs as being any different from the day by day



control of any other animal disease. Whoever administers trypanocides should also administer treatments of other diseases.

### 3. Vector control

Although tsetse control has great potential and has aroused strong feelings - both for and against - realistically it must be appreciated that, except in a few countries, it has had minimal impact on animal trypanosomiasis compared to trypanocidal drugs. Emotions have been especially aroused by campaigns aimed at the permanent eradication of the vector over large areas; some of these campaigns have been very successful. The techniques employed have been, and continue to be, highly specialised, with no relevance to the control of any other animal disease, and require specially trained personnel to apply them. Under such circumstances, the application of control of trypanosomiasis should, as in the past, be considered as distinct from the control of other animal diseases.

However, present day thinking is moving away from the concept of large-area eradication of the vector and towards a reduction of disease risk by control of the vector, often over relatively circumscribed areas. It is not the purpose of this paper to discuss the merits or otherwise of this approach but it is appropriate to point out that one implication of this change in emphasis is that vector control - like the use of drugs - must continue for the foreseeable future and is no longer a once-only operation as is the case with a (successful) eradication campaign. Does this have implications for the application of control measures? The techniques are still highly specialised, with the present emphasis on use of traps or targets. There is, however, increasing emphasis on participation of local livestock owners in control operations. To set this up requires both initial instruction by specialists and, so the evidence so far suggests, a degree of ongoing support if control activities are to be sustained over more than just an initial period of enthusiasm. Owner participation can be inappropriate, especially when animals move over large distances in search of water and/or grazing. With or without owner-participation, tsetse control is still a specialised activity and requires a separate organisation from the application of control measures against any other animal diseases. It is quite unlike sticking a needle in a cow, which requires essentially the same skills irrespective of the contents of the attached syringe.

### THE IMPLICATIONS OF CONTROL OF TRYPANOSOMIASIS

There is abundant evidence that there is a plethora of diseases affecting domestic livestock in Africa and that control of any one of these diseases will not necessarily result in significant improvements in animal health and productivity. Animal trypanosomiasis is no different from other important diseases in this respect and there are, therefore, strong arguments in favour of considering the control of this disease within an overall strategy of animal husbandry, including disease control and the optimisation of nutrition. However, one has to start somewhere and international campaigns to control important diseases, such as rinderpest and trypanosomiasis, require specialised approaches and have inevitably to be approached as special issues.

Where trypanosomiasis seems to differ from all other major diseases (section 1) is in its ability to exclude cattle from extensive areas. It is with respect to the implications for resource conservation and changing patterns of land use in such areas, following successful

control of trypanosomiasis, that the strongest case can be made for considering trypanosomiasis as different from other diseases. Whereas this issue is at its most dramatic following successful eradication of the vector over extensive areas - immediately opening up a land resource to domestic livestock - it also has to be addressed in the context of continued ongoing control of the disease, whether by drugs or vector control. Trypanocidal drugs have already opened up enormous areas to cattle, raising all the attendant issues of resource conservation, overstocking and land degradation which are generally discussed in the context of vector eradication. The fact that this is a less dramatic process than overnight removal of the vector does not make it any less urgent. Similarly, the fact that these processes might be reversed if control is abandoned is, to some extent, irrelevant. These special issues need to be addressed both by trypanosomiasis experts and by those involved with the preservation and optimum utilisation of natural resources. They need to address the issues not only in the context of present and future organised control campaigns against animal trypanosomiasis but, especially, in the context of widespread but poorly understood control of the disease by the traditional livestock owners of Africa and the pressures on them, primarily as a result of increasing human populations, to open up new lands to their animals.

## FAUT-IL OU NON CONSIDERER LA TRYPANOSOMIASE COMME DIFFERENTE DES AUTRES MALADIES ANIMALES?

A.M. Jordan

### INTRODUCTION

Dans les premières décennies du XXe siècle, de graves épidémies de trypanosomiase humaine ont sévi dans de nombreux pays d'Afrique. Les autorités coloniales de l'époque se sont efforcées de les combattre essentiellement par la mise au point de médicaments trypanocides et leur utilisation au cours de campagnes de traitement et de surveillance, accompagnées, dans certains pays, de recherches sur l'écologie du vecteur et suivies d'efforts pour lutter contre l'espèce en cause, essentiellement en éliminant la végétation qui constituait son habitat.

A l'époque, on prêtait peu d'attention à la trypanosomiase animale, mais à mesure que l'épidémie chez l'homme a reculé et que la population a augmenté, nécessitant un accroissement de la production du cheptel domestique, la maladie animale a pris plus d'importance. Les efforts faits pour combattre la trypanosomiase animale ont eux aussi été essentiellement fondés sur l'utilisation de médicaments trypanocides et sur la lutte contre le vecteur et, surtout en ce qui concerne ce dernier aspect, ils ont beaucoup bénéficié de l'expérience acquise dans la lutte contre l'épidémie de maladie du sommeil. En raison du caractère spécialisé des techniques employées, la lutte contre la maladie a été confiée dans de nombreux pays à des unités spécialisées appartenant généralement aux services vétérinaires officiels et elle en est venue à être considérée comme un "cas spécial". Cette distinction était-elle - et, surtout, est-elle - justifiée et souhaitable? Ou bien s'agit-il d'une bizarrerie de l'histoire qui ne doit pas se perpétuer?

### LE ROLE DE LA TRYPANOSOMIASE

On admet généralement que la trypanosomiase animale a eu une influence majeure sur l'histoire de l'Afrique tropicale. Il est certain que les zones fréquentées par des espèces du groupe *Glossina morsitans* ont eu une profonde influence sur les itinéraires suivis par les tribus qui introduisirent les bovins en Afrique au sud du Sahara à partir d'environ 5000 ans avant J.-C. Au cours des migrations successives, il fallait éviter les zones fortement infestées de mouches, car c'était le seul moyen d'empêcher des animaux totalement vulnérables du fait qu'ils n'y avaient jamais été exposés de mourir de trypanosomiase. Le pouvoir qu'a la maladie d'empêcher l'élevage de races vulnérables de bovins et d'autres types de bétail est encore apparente aujourd'hui et de nombreuses cartes ont été publiées montrant que la distribution des bovins et celle de la mouche tsé-tsé étaient à peu près exactement l'inverse l'une de l'autre. Aujourd'hui, la distinction n'est plus aussi nette car les médicaments trypanocides peuvent permettre la coexistence des bovins et de la mouche tsé-tsé, mais les zones fortement infestées de mouches tsé-tsé restent encore maintenant pratiquement vides de bovins.

Bien que d'autres maladies animales puissent aussi provoquer de lourdes pertes dans le bétail domestique, rien ne montre que l'une quelconque d'entre elles ait eu la même

profonde influence que la trypanosomiase sur la distribution du bétail en Afrique. La theilériose, également transmise par un arthropode, a indubitablement joué un rôle important dans l'écologie africaine, mais cet aspect de la maladie, et en particulier ses interrelations avec la trypanosomiase, a été relativement peu étudié. Comme d'autres maladies importantes, telle que la peste bovine, sa principale différence par rapport à la trypanosomiase est peut-être qu'elle va et vient et que même si les épidémies provoquent de lourdes pertes, à d'autres moments ces pertes peuvent être minimales. La pandémie de la fièvre bovine de la fin du XIXe siècle a tué un nombre énorme de bovins (et d'animaux sauvages) mais en quelques années elle s'était éteinte et le cheptel avait commencé à se reconstituer. D'autres maladies telles que l'helminthiase peuvent provoquer de lourdes pertes et sont responsables du mauvais état de santé de nombreuses populations animales, mais il est rare qu'elles les éliminent ou les excluent de régions étendues. Beaucoup d'éleveurs traditionnels en Afrique aujourd'hui continuent de voir dans la trypanosomiase la menace la plus grave pour leur bétail.

Au total, les faits sembleraient corroborer l'idée que seule la trypanosomiase a eu un effet majeur sur la distribution des bovins en Afrique, même si d'autres maladies sont parfois directement responsables d'un plus grand nombre de décès. Il est possible que de ce point de vue la trypanosomiase doive être considérée comme différente des autres maladies, mais cela justifie-t-il une approche différente de la lutte contre cette maladie?

## MISE EN OEUVRE DE LA LUTTE CONTRE LA TRYPANOSOMIASE

### 1. Races de bétail trypanotolérantes

Exploiter la trypanotolérance de certaines races de bétail domestique est essentiellement une solution "passive" de lutte, qui n'exige aucune intervention directe. Aussi ne nous étendrons-nous pas sur ce sujet dans le présent document. Il est cependant intéressant de noter que même si ces races sont surtout considérées comme importantes en raison de leur tolérance à la trypanosomiase, certaines, telles que les bovins de N'Dama, présentent aussi une plus grande tolérance à d'autres maladies, comme l'helminthiase, que des races de bovins plus vulnérables à la trypanosomiase dans les écosystèmes où ils prédominent.

### 2. Chimiothérapie

A l'exception du Botswana et du Zimbabwe, l'utilisation de médicaments trypanocides est la principale méthode de lutte contre la trypanosomiase dans tous les pays où sévit cette maladie. On peut prétendre que les bovins ne se rencontrent dans de nombreuses parties de l'Afrique que parce qu'on dispose de ces médicaments. Dans l'idéal, ils devraient être appliqués sous le contrôle d'autorités vétérinaires qualifiées - soit par l'intermédiaire de l'administration soit, comme c'est de plus en plus le cas, par l'intermédiaire de vétérinaires privés. Mais dans la pratique, c'est rarement le cas, et la plupart des médicaments trypanocides sont appliqués par les éleveurs eux-mêmes, généralement en l'absence de diagnostic sûr de la maladie. A cet égard, les médicaments trypanocides ne sont pas différents des autres produits vétérinaires qui sont également administrés, lorsqu'ils sont disponibles, par les éleveurs traditionnels. Parfois la trypanosomiase est la plus importante des maladies présentes, parfois non.

On admet généralement que cette situation n'est pas satisfaisante, car elle aboutit souvent à un mauvais usage des médicaments, à un sous-dosage et à l'apparition d'une résistance à ces médicaments. Tout en reconnaissant que ce n'est pas satisfaisant, ne serait-il pas réaliste d'accepter le système actuel plutôt que, comme c'est souvent le cas, de faire comme s'il n'existait pas, et d'essayer de le prendre pour base tout en encourageant les vulgarisateurs à enseigner aux éleveurs les traitements "corrects", du moins jusqu'à ce que puissent être mis en place des services vétérinaires efficaces même dans les zones rurales éloignées? Quels que puissent être les scénarios présents et futurs, il n'y a aucune raison de considérer la lutte journalière contre la trypanosomiase par les médicaments comme différente de la lutte journalière contre toute autre maladie animale. Quiconque administre des trypanocides doit aussi administrer des traitements contre d'autres maladies.

### 3. Lutte contre le vecteur

Bien que la lutte contre la tsé-tsé ait un grand potentiel et qu'elle ait à la fois d'ardents défenseurs et de farouches opposants, si l'on veut être réaliste on doit reconnaître que, sauf dans quelques pays, elle a eu un impact minime sur la trypanosomiase animale comparée aux médicaments trypanocides. Les campagnes visant à l'éradication permanente du vecteur dans de vastes zones ont suscité de vifs débats, mais certaines de ces campagnes ont été très efficaces. Les techniques employées ont été et restent extrêmement spécialisées, sans commune mesure avec la lutte contre toute autre maladie animale, et exigent un personnel spécialement formé pour les appliquer. Dans ces conditions, il faut, comme par le passé, considérer la lutte contre la trypanosomiase comme distincte de celle visant d'autres maladies animales.

Les idées évoluent cependant aujourd'hui; on tend à abandonner le concept d'éradication du vecteur sur de vastes zones et à lui préférer une réduction du risque par la lutte contre le vecteur dans des zones souvent relativement circonscrites. Le but ici n'est pas de discuter des avantages ou des inconvénients de cette nouvelle approche, mais il n'est pas inutile de souligner que l'une des répercussions de ce changement d'orientation est que la lutte contre le vecteur - comme l'utilisation des médicaments - doit être poursuivie dans l'avenir prévisible et n'est plus une opération limitée dans le temps comme c'est le cas pour une campagne d'éradication (réussie). Cela a-t-il des incidences pour l'application des mesures de lutte? Les techniques restent hautement spécialisées, l'accent étant mis aujourd'hui sur l'utilisation de pièges ou de cibles. On insiste cependant de plus en plus sur la participation des éleveurs locaux aux opérations de lutte. Il faut pour cela que des spécialistes leur dispensent une formation initiale et, l'expérience le montre, un certain soutien permanent si l'on veut que les activités de lutte se poursuivent au-delà de la première période d'enthousiasme. La participation des éleveurs peut ne pas convenir, surtout lorsque les animaux se déplacent sur de grandes distances à la recherche d'eau et/ou de pâturages. Avec ou sans cette participation, la lutte contre la tsé-tsé reste une activité spécialisée qui exige une organisation tout à fait différente de celle des mesures de lutte contre toute autre maladie animale. Il ne s'agit pas en effet de faire une simple piqûre à une vache, opération qui exige à peu près les mêmes compétences quel que soit le contenu de la seringue.

## LES IMPLICATIONS DE LA LUTTE CONTRE LA TRYPANOSOMIASE

Les faits montrent à l'évidence qu'une multitude de maladies frappent le bétail domestique en Afrique et que la lutte contre l'une quelconque d'entre elles n'aboutit pas nécessairement à des améliorations significatives de la santé et de la productivité animales. A cet égard, la trypanosomiase animale n'est pas différente des autres maladies importantes et il y aurait donc de fortes raisons de considérer la lutte contre cette maladie dans le cadre d'une stratégie zootechnique globale comprenant la lutte contre les maladies et l'optimisation de la nutrition. Il faut cependant commencer quelque part; or, les campagnes internationales de lutte contre des maladies importantes comme la peste bovine et la trypanosomiase exigent des approches spécialisées et doivent inévitablement être abordées comme des problèmes particuliers.

Là où la trypanosomiase semble être différente de toutes les autres grandes maladies (section 1), c'est dans son aptitude à éliminer les bovins de larges zones. Ce sont les conséquences de l'éradication de la trypanosomiase au plan de la conservation des ressources et du changement de mode d'utilisation des terres dans ces régions qui justifient le plus de considérer la trypanosomiase comme différente des autres maladies. Si cela est frappant surtout lorsqu'on a réussi à éradiquer le vecteur sur de vastes zones - ce qui ouvre immédiatement des terres au bétail domestique -, il faut aussi aborder la question dans le contexte d'une lutte permanente contre la maladie, que ce soit par les médicaments ou par la lutte contre le vecteur. Les médicaments trypanocides ont déjà permis d'ouvrir aux bovins d'énormes superficies, soulevant tous les problèmes de conservation des ressources, de surcharge et de dégradation des terres que l'on évoque généralement dans le contexte de l'éradication des vecteurs. Le fait qu'il s'agit d'un processus moins spectaculaire que l'élimination instantanée du vecteur n'en diminue pas l'urgence. De même, le fait que le processus pourrait être inversé si l'on abandonne la lutte, dans une certaine mesure, n'est pas un argument. Ces questions particulières doivent être abordées à la fois par des experts de la trypanosomiase et par ceux qui sont responsables de la protection et de l'utilisation optimum des ressources naturelles. Il faut qu'ils abordent ces questions non seulement dans le contexte des actuelles et futures campagnes organisées de lutte contre la trypanosomiase animale mais surtout dans le contexte d'une lutte généralisée mais mal comprise contre la maladie par les éleveurs traditionnels d'Afrique et des pressions auxquelles ils sont soumis, en raison surtout de la croissance démographique, pour ouvrir de nouvelles terres à leur bétail.

## THE EFFECT OF TSETSE CONTROL ON NATURAL RESOURCES

Peter Nagel

### 1. INTRODUCTION

The isolated effects of tsetse control on natural resources after successful implementation of control measures are hardly understood and controversially discussed. The natural resources are never affected by tsetse control alone but by a wide range of other factors occurring parallel thereto. These include socio-economic, sociological and demographic processes which are interdependent and act in combination on the landscape. Opinions as to the actual influence of tsetse control measures on the natural resources range from the view that the "wilderness" can only be protected by refraining from all control measures to the claim that the consumption and degradation of the natural resources within the tsetse belt continues anyway without any tsetse control measures (ref. Swynnerton 1936, Grzimek & Grzimek 1959, Ford 1971, Ormerod 1976, Jordan 1986, Nagel 1988, 1991). This problem was, for example, examined by Jordan (1986, 1992) founded on a partly different formulation. Based to a greater extent on general considerations and experience rather than on detailed studies, the view today tends mostly to the assumption that the "Grenzwildnisse" have been reclaimed, even if with delay due to the presence of the tsetse fly, and that, on the other hand, tsetse control measures facilitate possible adverse effects on natural resources.

Apart from the effects, such as on the economy, which are not directly relevant to the question being posed, possible primary effects of tsetse control, in part intentional, can be defined as being:

- Increase in the temporary and permanent human population density
- Increase in the cattle stock of the nomadic tribes
- Promotion of a shift away from traditional agriculture to pasture-farming, also by the sedentary population
- Alteration in the production methods (e.g. use of animal draught power)

Possible secondary effects of tsetse control measures could, for example, be:

- Increased utilisation of natural resources (soil, water, wood, fodder crops for domestic animals)
- Decrease in the excessive utilisation of grazing areas, formerly free of tsetse
- Change in the fire pattern
- Threat to protected or protection-worthy ecosystems and their wildlife
- Surpassing of the carrying capacity of the area (soil compaction, bush growth, reduction of grazing potential, increase in erosion)

Only a few of these potential effects can be discussed herebelow. Reference to a concrete example is very important, in order to clearly demonstrate the variety of inter-dependences. As part of a GTZ project, the possible effects of tsetse control measures were studied from 1991 to 1993 in the North and Central Côte d'Ivoire. An excerpt of some of the results is presented below.

## **2. DIRECT SIDE EFFECTS OF TSETSE CONTROL MEASURES ON ECOSYSTEMS**

With the exception of a few earlier ground-spraying operations, widespread control of the tsetse fly as a part of the control of animal trypanosomosis (nomenclature after Kassai et al. 1988), is, nowadays, in the Côte d'Ivoire, exclusively conducted by the use of stationary targets. The ecological side-effects (ecotoxicological side-effects included) of the residual and aerosol applications of the most important insecticides are today as well-known as those of the unbaited or odour-baited traps and targets (cf. Everts & Koeman 1987, Müller 1989, Semg 1987, 1993 a,b). The necessity of an environmental monitoring programme accompanying the control measures is nowadays beyond dispute. In the meantime, instructions on the execution of such monitoring programmes are available (SEMG 1993b, cf. FAO 1975). While, in the case of residual applications considerable negative effects on non-target organisms must partly be expected, the effects of aerosol applications are usually easily identifiable but tolerable. The implementation of stationary targets currently comprises the most environmentally-sound control method. To date, no or negligible side effects of this method have been proven and are only to be expected in exceptional cases as a result of the consequent cultivation of an area.

## **3. PRESENT STATE OF SELECTED NATURAL RESOURCES IN THE STUDY AREA**

One possibility of analysing the effects of tsetse control is the comparison of the land-use dynamics in comparable areas, one with and one without tsetse control, but otherwise with almost identical conditions. As tsetse measures towards control of animal trypanosomosis are usually conducted over widespread areas, it is very difficult to find two such areas. In the Côte d'Ivoire, one area with a long history of tsetse control and two areas, in which tsetse control has only just begun, were, therefore, selected to conduct studies covering actual vegetation and land-use as well as vegetation and land-use dynamics.

The studies were made on the basis of aerial photos and field studies, whereby part-areas representative of the whole area were intensively examined (cf. Erdelen et al. 1991, 1992a, b, c, 1993).

### **3.1 Current Situation in the Tsetse Control Area (Région Korhogo)**

The extensively-utilised grazing resources in the area examined, North of Korhogo, practically cover the whole area. Nevertheless, grazing degradation (over-grazing, formation of vegetation of compacted soil) could only be detected along the main routes of transhumance, as well as, occasionally, in the area of sedentary cattle farming (e.g. also in the bordering areas of



TABLE 1 Comparison of the Three Areas Examined in the Côte d'Ivoire

	Région Korhogo	Région Tortiya	Région Bouaké
Geographical location	North	North-Central	Central
Vegetation	Sudanian Woodland	Sudanian Woodland / Guinea Savanna / Forest Transition	Guinea Savanna / Forest Transition
Tsetse control	Since 1978	Since 1992	Since end of 1990

settlements). Places more or less free of human impact also display a greatly increased proportion of annual grasses, including grasses with a low fodder value (e.g. *Ctenium newtonii*) and a greatly decreased proportion of overground biomass, compared to the Central Côte d'Ivoire. A clear indicator of excessive grazing is, in contrast, among others, the regionally untypical increase in the proportion of annual grasses and herbs. The grazing degradation is characterised by the establishment of annual secondary vegetation with typical indicator species, such as *Tribulus terrestris* (Zygophyllaceae), *Indigofera congesta*, *Indigofera geminata* (Papilionaceae) or *Waltheria indica* (Sterculiaceae).

In the whole Northern study area extensive, dense low-growing stands of *Detarium microcarpum* and *Isobertinia doka* point to earlier agricultural use. Further indicator species of such former agricultural utilisation are to be found in the loose, but regular distribution of *Vitellaria paradoxa* and *Parkia biglobosa*, which, as shade-providers and fruit-trees, were usually not felled upon field cultivation, but were sometimes even deliberately planted. As in other African countries, cotton plantations are constantly taking up increasingly larger areas. In highly degraded, poor-quality fallow land, the *Guiera senegalensis* bush can often be found: a flora invading the South from the Sudan zone.

The woodland areas also displayed pastoral degradation as a result of excessive grazing. The Forêt Classée de Badénou (forêt claire) is subject exclusively and to an above-average extent, to grazing. Peul are the semi-sedentary users. In October 1991 practically no areas without damage caused by grazing in the whole woodland could be located. This is obviously a recent development, as the flora displayed no essential differences to comparable areas examined. However, short-term changes in the fire pattern will result with an increase in bush formation and thus a long-term reduction in the grazing potential.

### 3.2 Current Situation of the Vegetation in the Central Côte d'Ivoire (Bouaké Area, where tsetse control has just begun)

In the area under particular examination on the River Nzi, extensive grazing utilisation still plays a subordinate role as an influencing factor, despite potentially good grazing land (cf. IFG 1982). In recent years there has been an increase in cattle farms, which are usually intensively used. On these extensive, fenced-in natural pastures there is already evidence after only a few years

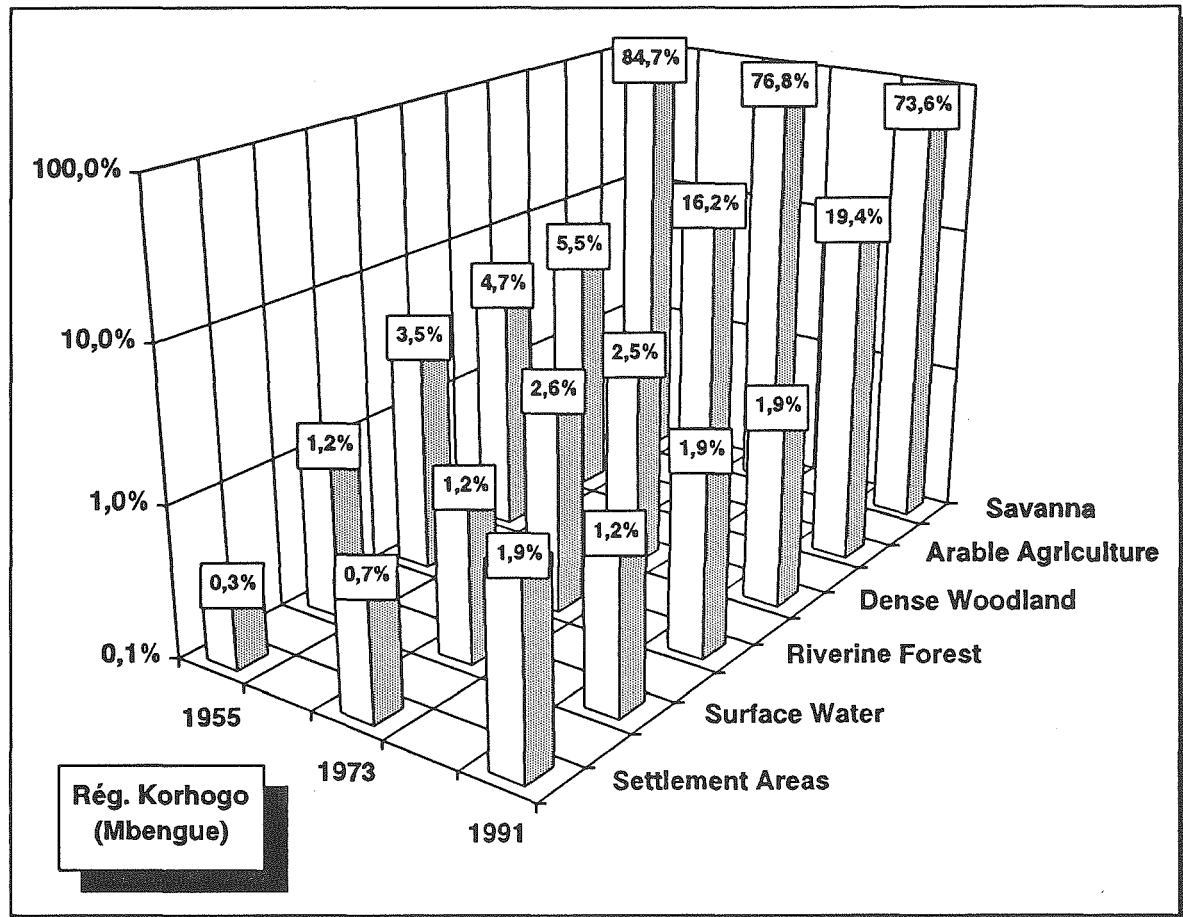
of use, and with a stock density in proportion to the total farming area, of severe degradation of the savanna, in particular in the vicinity of cattle shelters, trample-paths or watering areas. In extreme cases the perennial grass communities are replaced mainly by annual trample grass communities (e.g. the grasses *Brachiaria stigmatistata*, *Panicum pansum*, *Eragrostis ciliaris*), in which, in places, even sudano-sahelian flora such as *Zornia glochidiata* (Papilionaceae) and *Tribulus terrestris* (Zygophyllaceae) take hold. Once the grass surface has been grazed thin, the primarily neotropical *Chromolaena odorata* (formerly: *Eupatorium odoratum*) (Asteraceae) can be found in the form of extensive undergrowth in some places. Due to its content of aromatic Pyrrolizidin alkaloids, it is avoided by cattle. Incidentally: the stinking grasshopper, *Zonocerus variegatus*, a cassava, coffee and cotton pest, for example, protects itself from its enemies by deliberately consuming this plant substance. Thus, the damage potential of the stinking grasshopper in West Africa is increased by the spread of *C. odorata*. A further consequence of the excessive grazing in these areas is the increasing formation of bushes. However, in most of the places examined, where grazing was not excessive, no serious changes in flora structure could yet be determined. A reduction in the herb biomass was typical. Thus, within the grazing area of a cattle farm the overground herb biomass amounted to 7.9 t/ha (dry weight), whereas immediately outside in the non-pasture area it reached 9.5 t/ha. Even moderate grazing at this early stage results in an increase in germination of woody plants with consequent alteration in the fire pattern.

#### 4. HISTORY OF LANDSCAPE PATTERNS

In the area with tsetse control since the end of the seventies (North of Korhogo) the area of settlement more than doubled in the twenty years prior to tsetse control and has trebled in the last twenty years. The agricultural areas grew in the pre-control period by almost three-times the size, however in the last twenty years by only 20% (figure 1).

As early as 1974 - 1978 an evaluation of the land showed an almost total cultivation (area under cultivation and fallow land) of the area direct South and East of Korhogo (IFG 1982). The areas covered by gallery forest were reduced during the periods shown in figure 1 by 42%, respectively 27%, and a corresponding reduction of dense woodland amounted to 47%, respectively 24%. The great reduction of the natural resources "gallery forest" and "dense woodland" had thus already commenced long before introduction of the tsetse control measures and slowed down after implementation thereof. Parallel hereto, the phase of main expansion of cultivated areas took place prior to commencement of tsetse control measures.

**FIGURE 1** Dynamics of Land-Use and Landscape Structure in the Study Area of the Korhogo Region with Tsetse Control since 1978 (based on aerial photos and field studies, size of the area examined: approx. 100-150km<sup>2</sup>)



The development of the landscape changes in the area around Tortiya (tsetse control measures since 1992) was, in principle, similar (figure 2). Here, too, the gallery forest area was reduced by 34% between the mid-60's and the end of the 70's, however, since then, to date, by a further 56%. The reason in this area is not so much the agricultural cultivation of these resources as in the area around Korhogo, but is related more to the diamond mining. The dense woodland was reduced during both periods by 52%, respectively 36%. Parallel hereto, the cultivated area increased by more than 11 times, respectively by almost three times as much.

During these 40 years there has been, not only in Korhogo city, but also in the rural areas under study, a considerable increase in population, with now approx. 13 inhabitants per km<sup>2</sup> in the

latter. At the same time, a far-reaching change in structure has taken place within the agricultural sector. The main ethnic group of the Sénoufo was, originally, a subsistence-orientated agricultural community, but they have - similarly to neighbouring ethnic groups of the sub-Saharan zone - converted their farms, for the most part, into more intensively-farmed cotton plantations. An essential characteristic is the greater stage of mechanisation on the farms, reached through the introduction of draught oxen. In addition to the breeding of draught animals, the usually extensive cattle breeding represents the production sector gaining most in importance. The ethnic group of the Peul comprises, primarily, large-scale pastoralists, who, as in almost the whole sub-Saharan zone, are increasingly operating as semi-sedentary agro-pastoralists.

Since 1960 an increase in animal-breeding has been registered in the Northern Côte d'Ivoire, developing at different paces. Up to the 70's this was almost exclusively sedentary cattle stocks, which grew parallel to the population. At this time the population drift from the North increased, parallel to an increase in sedentary cattle, with a rate of growth well above that which would be expected from the growth of the population. Up to the mid-80's this caused more serious conflicts between the two main ethnic groups. Since then the increase in cattle stock has re-adjusted to the general population growth in the rural area (Kientz 1991).

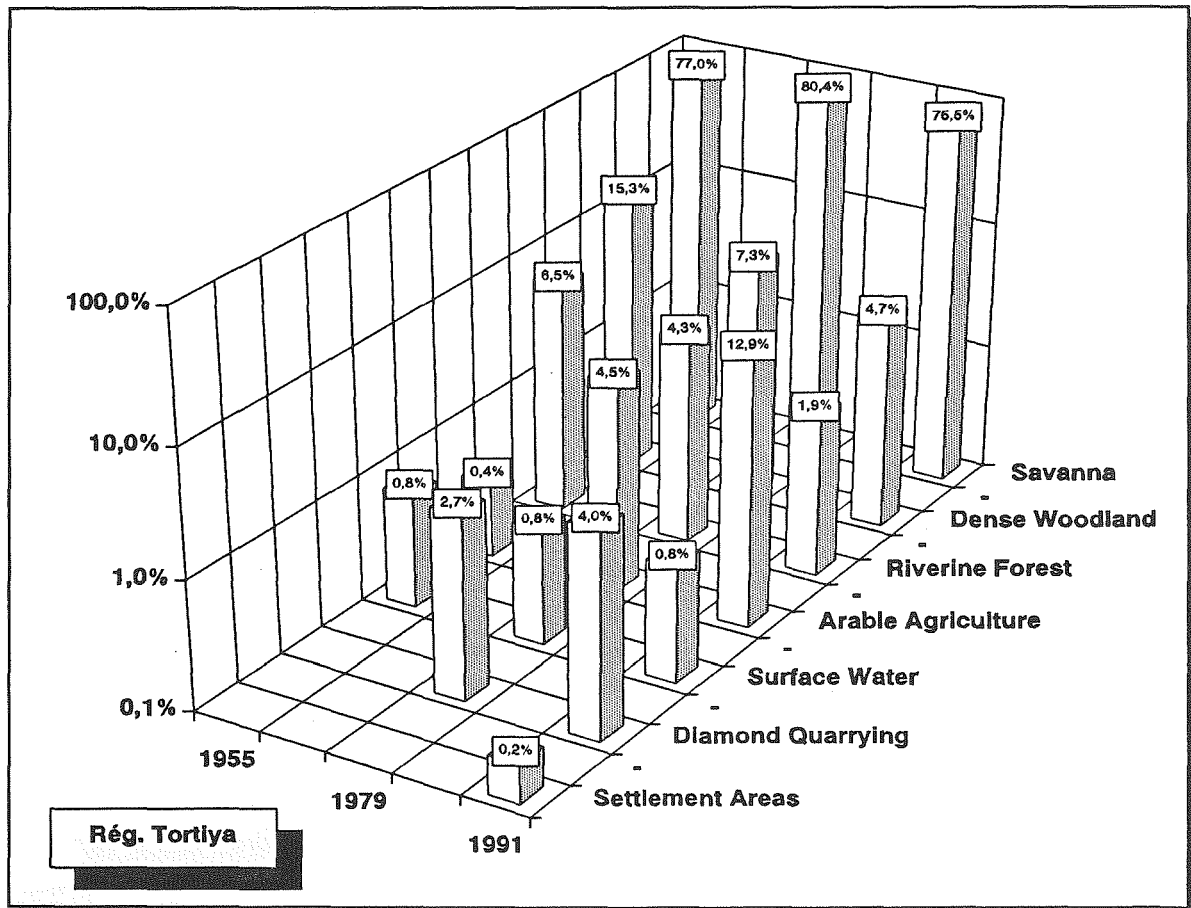
This change within the two ethnic groups from complementary to competitive production already results today in increased competition for the natural resources agriculture land and pasture-areas. Typical for this area is, therefore, a shortage of pastoral resources as a result of the conversion from pasture to agriculture land, at the same time, however, also a shortage of areas available for plant production.

Independently of the existence of endemic diseases such as onchocercosis and trypanosomiasis, settlements always developed in areas with high-yield land, good pasture land and sufficient water supplies during the dry season. Outside of these well-endowed areas, extensive woodlands usually remained intact. However, there are indications that, in the meantime, as a result of increased demand, woodland previously not used, is being integrated into the pasture areas (see above). It is possible that this development is being facilitated by tsetse control measures.

The decisive change and the pressure on the natural resources started prior to commencement of tsetse control. The current further increase in the total cattle stock can most probably also be attributed to the tsetse control measures, however, other factors (socio-economic, sociological) would seem to prevail in importance. There is no doubt that tsetse control causes not only an increase in agricultural but also in pastoral productivity.

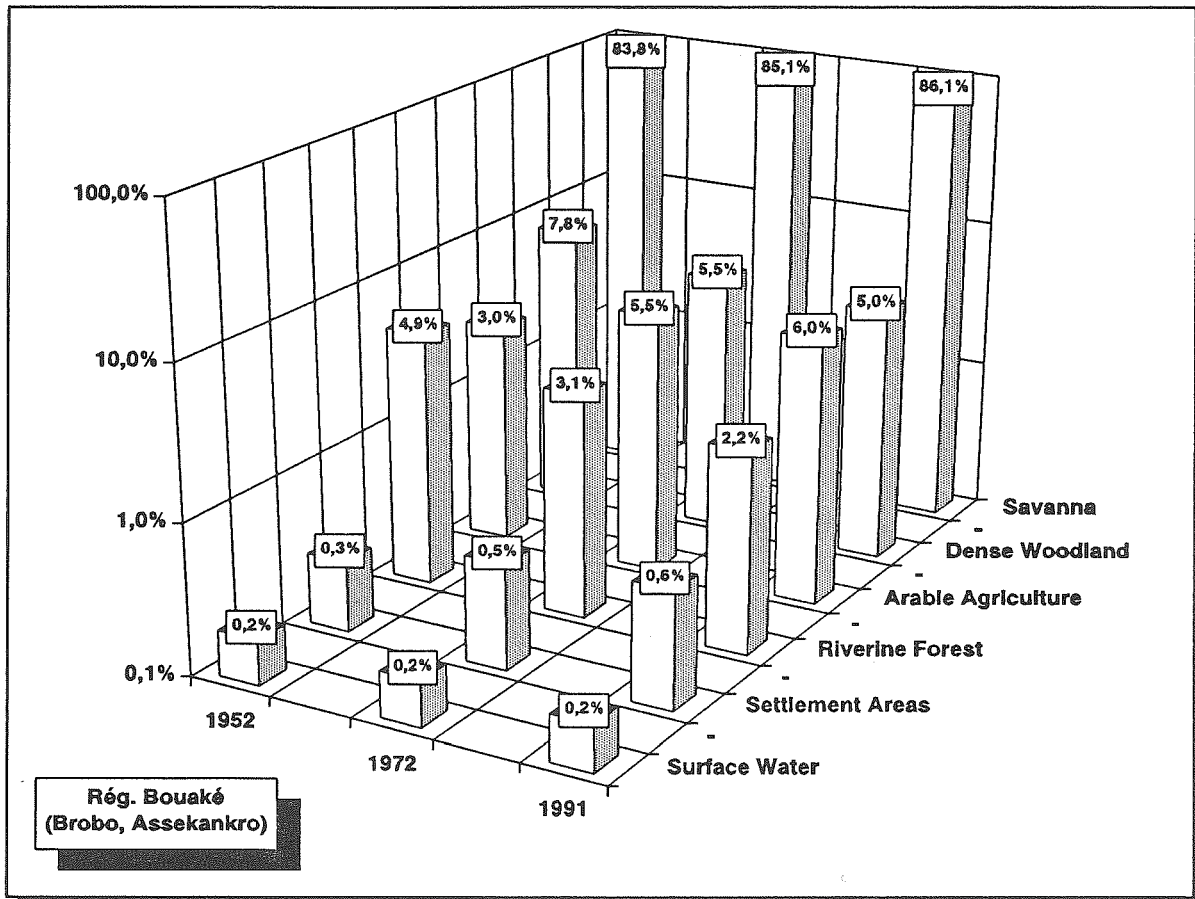
However, there is no proof of a general decisive influence of these control measures on the utilisation of the land. That the natural resources are endangered is beyond dispute, regardless of the presence of tsetse control (compare Korhogo and Tortiya areas). This applies in particular to the gallery forests and the dense woodland.

**FIGURE 2** Dynamics of Land-Use and Landscape Structure in the Study Area of the Tortiya Region with Tsetse Control since 1992 (based on aerial photos and field studies, size of the area examined: approx. 100-150km<sup>2</sup>)



In the region of Bouaké where tsetse control started in 1990 no drastic changes in land use or vegetation cover took place between the 50's and 90's (figure 3). The density of the rural population is currently stagnating and it is rather low in comparison to the two areas in the North and North-Central region.

**FIGURE 3** Dynamics of Land-Use and Landscape Structure in the Study Area of the Bouaké Region with Tsetse Control since End of 1990 (based on aerial photos and field studies, size of the area examined: approx. 100-150km<sup>2</sup>)



#### 4. EVALUATION AND FORECASTS FOR THIS AREA

The change in lifestyle of the two main ethnic groups in the Northern area under study, combined with the constantly in-creasing population density, is leading to a continuous expansion of arable agriculture and rangeland with simultaneous reduction in the fallow periods and overstocking. The most important human impacts in the Bouaké and Tortiya areas are the savanna fires and the deliberate fire clearings of the existing remaining forests. In the Korhogo area the fire factor is of secondary importance compared to agriculture and pasture-farming, due to the existence of less flammable grass biomass and the fact that the rejuvenation of the forests is generally not prevented to the same extent. Here, the increase in the size of the cattle stocks, com-bined with a reduction in the fallow cycles is leading to local degradation, with rising tendency. This development towards increasing degradation of the savanna through excessive

utilisation of these natural resources could only, if at all, be stopped with appropriately adapted land-use planning and implementation control. This also involves the continuing destruction of the denser woodland and, above all, of the gallery forests. Thus, not only the full exploitation of the remaining natural areas, but also the increased utilisation of the marginal areas must be classified as ecologically questionable. In the area of the sub-optimal agriculturally-used areas within the area under study near Bouaké this process will take much longer to develop - also due to the current stagnation in population growth. However, without appropriate planning and the effective enforcement of corresponding measures, a similar development will be inevitable even in this marginal area. It is, however, well-known, and clearly confirmed by this study, that controlled pasturisation can, through the consequent change in the fire pattern, lead to an increase in woody plants and thus prevent a degradation of the savanna. But it is only a small step to excessive utilisation with overproportional cattle breeding and thus to long-term destruction of these biotopes as well.

## 5. INDICATORS OF THE RISK TO NATURAL RESOURCES

An evaluation of the ecological consequences of the documented changes in the land-use in the area under study should not only take nature and species protection into account but also the sustainability of the agricultural farming systems. Utilisation and nature protection can, depending on the angle of consideration, pursue opposite interests, but they can also form interest alliances. Opposite interests become apparent, for example, with regard to the enormous areas required for plant production, from which the natural forests mainly suffer, thus endangering the existence of forest-dependent animal and plant communities, already relegated to relict survival areas. However, at the same time, it can also be regarded as a reviving of natural resources which need not from the very beginning exclude the possibility of sustainable utilisation. On the other hand, support given to sustainable agricultural production is a direct contribution towards relieving colonisation pressure on the natural relict areas. This applies not only to agricultural but also to pastural production, whose sustainability is being endangered by bush-growth and regressive successions of grass cover.

These processes can be recognised and described in the forefront of visible changes through the observation of certain indicators. Ecosystem indicators of such anthropogenic changes could be:

- Composition of vegetation species (in the grass/herb, shrub and tree layer)
- Proportion of wooded plants to herbal vegetation
- Overground biomass and productivity of the herb and grass layer
- Vegetation coverage (proportion of bare ground)
- Fire intensity
- Physiognomy of the vegetation
- Age-structure of the tree community
- Dung and grazing damage (for degree of cattle farming)

Regular investigations on the ground and large-scale monitoring with the aid of aerial photos or satellite photos, permit effective ecological control using the above indicators.

## 6. IDENTIFICATION OF ENDANGERED ECOSYSTEMS

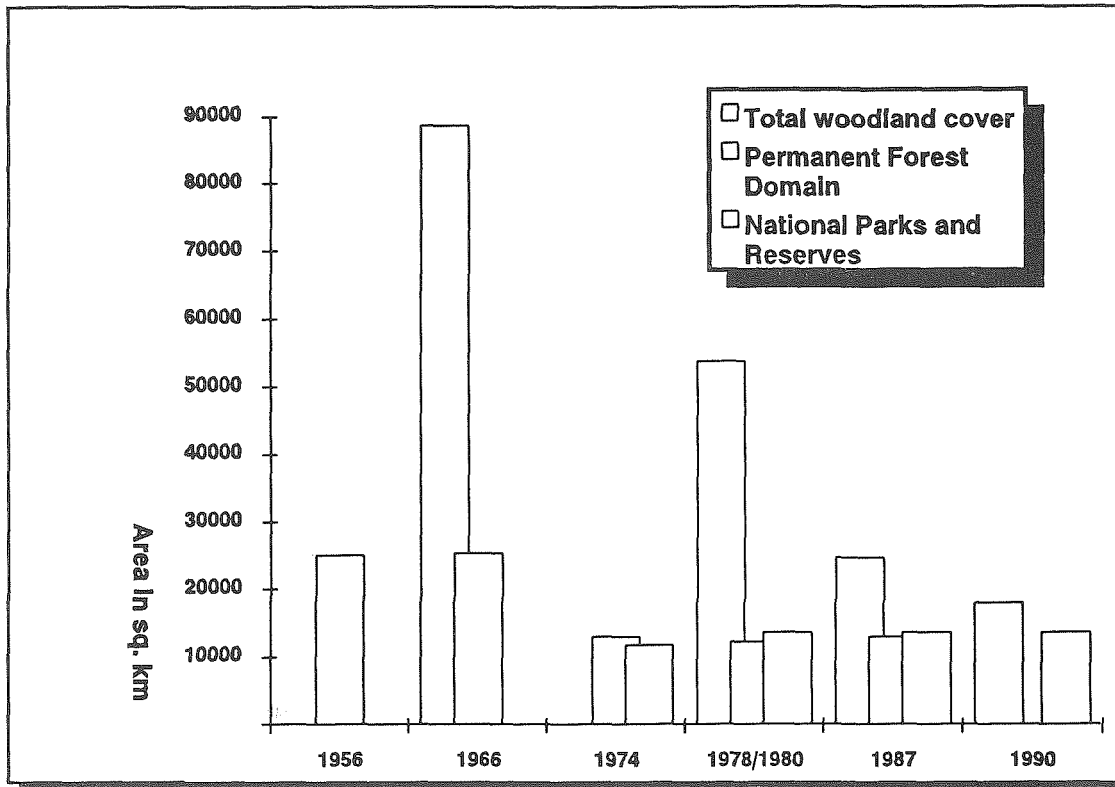
The term endangered or sensitive ecosystems is taken to mean those ecosystems which are either *a priori* especially susceptible to human impacts or those whose further existence would appear to be in danger through human influence. This can, in extreme cases, involve the destruction of a certain ecosystem or the reduction of such systems to more or less isolated habitat fragments. Sufficient size and continuity of certain habitats are the pre-requisite for long-term preservation of many species, in particular in the case of tropical ecosystems with the highest biodiversity. Particular importance must hereby be attributed to those types of ecosystem with a very restricted local distribution. In the Côte d'Ivoire this applies in particular to the savanna ecosystems which already have a long history of human impacts, especially with regard to the factor fire. Consequently, they are quite rightly often referred to as fire climax communities (cf. Cesar 1992).

From South to North the riverine gallery forests gain increased importance as relict areas. This is partly due to their high biodiversity, and partly due to the fact that, as a result of current human impacts, there are no longer any other comparable dense forest formations in these areas, which would be able to fulfill their function as refuge areas for forest-dependent species. Gallery forests are favoured for and thus especially endangered by the expansion of agropasturally-used areas (e.g. for the expanding rice plantations, or in the vicinity of fords and watering places but also (with Tortiya as an example) as a result of diamond-mining. The gallery forests have already been subject to considerable damage in many areas.

Over the past thirty years or so there has been a considerable general decrease in forest-covered areas in the whole of the Savanna zone. Of a former area of approx. 47% of the Savanna zone, which, after all, makes up almost 60% of the whole area of the Côte d'Ivoire, only about 9.5% are now covered with forests (Sayer et al. 1992) (cf. figure 4). In view of this trend, the protected areas already defined in the Savanna zone such as, for example, the National Parks, Fauna and Flora Reserves and Permanent Forest Domains (formerly "Forêts Classées") gain great importance (ref. maps in Stuart et al. 1990, Sayer et al. 1992, IUCN/UNEP 1987, IUCN 1992). This also applies to smaller fragments of natural forest areas still existing outside of these protected areas, which form habitat islands for numerous animal and plant species. Up-to-date mapping of these forests with an ecological evaluation thereof, based for example on satellite photo interpretation, is still outstanding. Management plans for the protected areas which have already been created are, if at all, only at draft stage (Stuart et al. 1990, Sayer et al. 1992, FGU-Kronberg 1979 a,b) as is the case with the infrastructure required for their long-term maintenance. In most of these areas, similar to the above-mentioned example of the Forêt Classée de Badénou, there is already evidence of considerable anthropogenic changes which, at least in the Northern part-area, are directly or indirectly linked to changes in the transhumance pattern.



**FIGURE 4** Estimates of total woodland, Permanent Forest Domains and conservation areas in the savanna zone of the Côte d'Ivoire (data from Sayer et al. 1992) (NB: conservation areas in the savanna zone exist only since 1968; estimates of total woodland in 1974 and of Permanent Forest Domains in 1990 are not available)



Seen as a whole, the only other protected areas within the areas under study are, apart from the Permanent Forest Domains, the Fauna and Flora Reserve "Haut Bandama" and - further away - the Comoe National Park. The fact that there is no extensive and, above all, connected system of protected areas in the Savanna zone of the Côte d'Ivoire, underlines the necessity for preservation of Permanent Forest Reserves and of the still remaining fragments of unprotected natural savanna and forest formations as elements towards the development of a connected system of protected areas. Detailed general monitoring advice can be found for example in McNeely et al. (1990).

## 7. CONCLUSIONS / RISK REDUCTION STRATEGIES

Sustainable use and preservation of the biodiversity are aims of equal standing, which can only be achieved jointly and not isolated from each other. The example of the Côte d'Ivoire demonstrates that, in the partly observable negative ecological developments, tsetse control is at the most a subordinate factor compared to the general social and economic development. It

is, therefore, sufficient to take the factor tsetse control into consideration within the scope of general environment monitoring in connection with the planning of land-use and its implementation. This may not apply to other areas of Africa. The reason for this is not to be found in elementary differences, but merely in the fact that the importance of tsetse control with regard to its influence on the natural resources is more dominant than other factors such as demographic, economic or sociological (ref. Jordan 1986, Stevenson 1988).

The tsetse control technique using odour-baited, insecticide-impregnated traps/targets implemented in the Côte d'Ivoire represents, at present, an environmentally safe technique with low or negligible effects on non-target organisms. As a result of the new utilisation and settlement possibilities for new areas which thereby arise and consequent anthropogenic influences on the ecosystem, indirect negative effects on the environment cannot be excluded. It is, therefore, important to implement measures which enable early recognition of such negative impacts and thus avoidance thereof or which, at least, reduce them to an acceptable extent. The basis of such a risk minimisation strategy is a knowledge of the distribution, structure and dynamics of the ecosystems in the affected area, within the context of the relevant demographic, sociological and economic (including agricultural) determining factors.

An instrument well suited for the compiling, evaluation and influencing of agricultural/ecological changes is a long-term monitoring programme. This represents orientation to the actual dynamics and enables prompt realisation of knowledge gained in an ecologically-orientated development plan. Above all, developments with delayed effect can be recognised in good time with the help of indicators, thus enabling control measures at an early stage.

One of the most important components of long-term monitoring is the establishment of areas of constant observation. By means of simple data assessment methods (indicators) it is possible to document relevant changes in structure and extent of affected ecosystems and - upon determination of negative development trends - to introduce appropriate counter-measures in good time.

Such monitoring within the scope of tsetse control measures could make direct use of the optimal infrastructure of the Captureur system. In view of the almost total area-coverage of the campaigns carried out in Central and Northern Côte d'Ivoire, this would involve nearly full coverage of all important woodland and riverine forest areas. With the aid of simple evaluation sheets on the basis of easily-assessable indicators it is possible to maintain continuing data on the ecological status of the affected ecosystems. This would, for example, enable documentation of changes in settlement patterns within control areas as well as direct and indirect impact on forest and savanna ecosystems.

Land-use planning must include measures towards the protection and rehabilitation of endangered ecosystems as well as possible compensation measures.

## REFERENCES

- Cesar, J. (1992): La Production Biologique des Savanes de Côte d'Ivoire et son Utilisation par l'Homme. Biomasse, Valeur pastorale et Production fourragère. - Institut d'Élevage et de Médecine vétérinaire des Pays tropicaux, Département du CIRAD, Maisons Alfort, France, 671 pp.
- Erdelen, W., P. Müller, P. Nagel & R. Peveling (1991): GTZ-Projekt "Ökologische Folgewirkungen von Tsetsekontrollmaßnahmen in der nördlichen und mittleren Côte d'Ivoire". Projektfortschrittsbericht (Berichtszeitraum Januar - Juni 1991). - GTZ-PN 87.2539.2, Institut für Biogeographie, Zentrum für Umweltforschung, Universität des Saarlandes, Saarbrücken, 25 pp.
- Erdelen, W., P. Müller, P. Nagel & R. Peveling (unter Mitarbeit von C. Jakob & B. Schröder) (1992a): GTZ-Projekt "Ökologische Folgewirkungen von Tsetsekontrollmaßnahmen in der nördlichen und mittleren Côte d'Ivoire". Projektfortschrittsbericht (Berichtszeitraum Juli - Dezember 1991). - GTZ-PN 87.2539.2, Institut für Biogeographie, Zentrum für Umweltforschung, Universität des Saarlandes, Saarbrücken, 48 pp. + Anhänge.
- Erdelen, W., P. Müller, P. Nagel & R. Peveling (unter Mitarbeit von F. Abel & C. Jakob) (1992b): GTZ-Projekt "Ökologische Folgewirkungen von Tsetsekontrollmaßnahmen in der nördlichen und mittleren Côte d'Ivoire". Projektfortschrittsbericht (Berichtszeitraum Januar - Juli 1992). - GTZ-PN 87.2539.2, Institut für Biogeographie, Zentrum für Umweltforschung, Universität des Saarlandes, Saarbrücken, 27 pp. + Anhang.
- Erdelen, W., P. Nagel & R. Peveling (1992c): Tsetsekontrolle, Landnutzungsdynamik und anthropogene Eingriffe in naturnahe Ökosysteme - Konzeption und erste Ergebnisse eines interdisziplinären Forschungsprojektes in der Côte d'Ivoire, West Afrika. - Geobot. Kolloq. (Frankfurt a.M.) 8: 81-90.
- Erdelen, W., P. Müller, P. Nagel, R. Peveling & J. Weyrich (unter Mitarbeit von F. Abel & C. Jakob) (1993): GTZ-Projekt "Ökologische Folgewirkungen von Tsetsekontrollmaßnahmen in der nördlichen und mittleren Côte d'Ivoire". Abschlußbericht. - GTZ PN 87.2539.2, Institut für Biogeographie, Zentrum für Umweltforschung, Universität des Saarlandes, Saarbrücken, 45 pp. + Anhang.
- Everts, J.W. & J.H. Koeman (1987): The ecological impact of insecticides in connection to the control of tsetse flies in Africa: A review. - in: Cavalloro, R. (ed.), Integrated Tse-Tse Fly Control: Methods and Strategies. - A.A. Balkema, Rotterdam and Brookfield, pp.49 - 56.

- FAO (1975): Report on an FAO/UNEP Consultation of Experts on Impact Monitoring of Residues from the Use of Agricultural Pesticides in Developing Countries. - AGPP: Misc./22, FAO, Rome, VIII + 26 pp.
- FAO (1977): Consultation d'Experts FAO / PNUD sur les Repercussions économiques de la Trypanosomiase. - W/L5740, FAO, Rome, V + 74 pp.
- FGU-Kronberg (1979a): Etat actuel des Parcs Nationaux de la Comoe et Tai ainsi que de la Réserve d'Azigny et Propositions visant à leur Développement aux Fins de Promotion du Tourisme. Tome II: Parc National de la Comoe. Partie 1: Inventaire des Conditions Ecologiques et Biologiques. - Etude de Faisabilité destinée au Ministère des Eaux et Forêts de la République de Côte d'Ivoire dans le Cadre de la Coopération Technique entre la République de Côte d'Ivoire et la République Fédérale d'Allemagne, GTZ-PN 73.2085.6-01.100, FGU Kronberg Consulting, Kronberg, Germany, 236 pp.
- FGU-Kronberg (1979b): Etat actuel des Parcs Nationaux de la Comoe et Tai ainsi que de la Réserve d'Azigny et Propositions visant à leur Développement aux Fins de Promotion du Tourisme. Tome II: Parc National de la Comoe. Partie 2: Etat actuel de l'Aménagement et de l'Utilisation ainsi que Propositions de Planning pour l'Aménagement futur et pour les Mesures de Construction. - Etude de Faisabilité destinée au Ministère des Eaux et Forêts de la République de Côte d'Ivoire dans le Cadre de la Coopération Technique entre la République de Côte d'Ivoire et la République Fédérale d'Allemagne, GTZ-PN 73.2085.6-01.100, FGU Kronberg Consulting, Kronberg, Germany, 100 pp. + annexes + cartes.
- Ford, J. (1971): The role of the trypanosomiasis in African ecology. A study of the tsetse fly problem. - Clarendon Press, Oxford, UK, XIV + 568 pp.
- Grzimek, B. & Grzimek, M. (1959): Serengeti darf nicht sterben. - Ullstein, Frankfurt, Berlin, Wien.
- IFG (1982): République de Côte d'Ivoire / GTZ, Lutte Anti-Tsé-Tsé, Phase I. Aptitude du Sol, capacité de charge et coûts de la lutte contre la mouche tsé-tsé. Rapport final. - Préparé par Institut für Angewandte Geowissenschaften, Frankfurt am Main, 35 pp. + cartes.
- IUCN (1992): Protected Areas of the World: A review of national systems. Volume 3: Afrotropical. - IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK, XXII + 360 pp.
- IUCN/UNEP (1987): The IUCN Directory of Afrotropical Protected Areas. - IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK, XIX + 1034 pp.
- Jordan, A.M. (1986): Trypanosomiasis control and African rural development. - Longan Group Ltd., Harlow, England.

- Jordan,A.M. (1992): Degradation of the environment: an inevitable consequence of trypanosomiasis control? - World Animal review 70-71, 1992 / 1-2, pp.2-7.
- Kassai,T., M.Cordero Del Campillo, J.Euzeby, S.Gaafar, T.Hiepe & C.A.Himonas (1988): Standardized Nomenclature of Animal Parasitic Diseases (SNOAPAD). - Veterinary Parasitology 29: 299 - 326.
- Kientz,A.(1991): Développement agro-pastoral et Lutte anti-tsétsé. Côte d'Ivoire. - Rapport pour la GTZ, PN 87.2539.2-01.100, Strasbourg
- McLennan,K.J.R. (1980): Tsetse-transmitted trypanosomiasis in relation to the rural economy in Africa. Part I. Tsetse infestation. - World Animal Review 36: 2 - 17.
- McNeely,J.A., K.R.Miller, W.V.Reid, R.A.Mittermeier & T.B.Werner (1990): Conserving the World's Biological Diversity. - IUCN, Gland, Switzerland; World Resources Institute, Conservation International, WWF-US, and the World Bank, Washington, D.C.
- Müller,P. (1989): Zur Umweltverträglichkeit verschiedener Tsetse-Bekämpfungsmethoden. Zusammenfassung der Ergebnisse vergleichend ökologischer Untersuchungen in Kamerun, der Elfenbeinküste und Burkina Faso (1981 - 1987). - GTZ-Vertrag N° 1-432-60060810, Saarbrücken, 80 pp.
- Nagel,P. (1987): Ökosystemische Wirkungen von Insektizidapplikationen in den afrikanischen Tropen (Beispiel: Bekämpfung von Tsetsefliegen). - Verhandlungen Deutscher Geographentag 45: 370-379.
- Nagel,P. (1988): Eine Fliege in Afrika. Welche Rolle spielt die Tsetsefliege im Gleichgewicht der natur und was geschieht, wenn man sie ausrottet? - Aus Forschung und Medizin (Berlin) 3 (1): 91 - 105.
- Nagel,P. (1991): Schützt die Tsetsefliege die Wildnis vor dem menschen? - magazin forschung, Universität des Saarlandes, Saarbrücken, Jg. 1991, Heft 1: 2-9.
- Sayer,J.A., C.S.Harcourt & N.M.Collins (eds.) (1992): The conservation atlas of tropical forests. Africa. - IUCN, Gland, Switzerland, and Cambridge, UK.
- SEMG (ed.) (1987): Environmental Monitoring of Tsetse Control Operations in Zimbabwe 1986. Impact of Aerial Spraying and Odour-baited Targets on Treated Ecosystems. - Regional Tsetse and Trypanosomiasis Control Programme, Malawi, Mozambique, Zambia and Zimbabwe (RTTCP), 5th European Development Fund, Scientific Environmental Monitoring Group (SEMG) Project, Saarbrücken, 117 pp.

- SEMG (ed.) (1993a): Environmental Monitoring of Tsetse Control Operations in Zambia and Zimbabwe. Impact of Aerial Spraying and Odour-baited Targets on Ecosystems. Report 1987 - 1990. - Regional Tsetse and Trypanosomiasis Control Programme, Malawi, Mozambique, Zambia and Zimbabwe (RTTCP), 5th European Development Fund, Scientific Environmental Monitoring Group (SEMG) Project, Saarbrücken, IX + 125 pp.
- SEMG (ed.) (1993b): Environmental Monitoring Handbook for Tsetse Control Operations. - in preparation, approx. 300 pp.
- Stevenson, S.R. (1988): Land use implications of the EEC-funded Regional Tsetse and Trypanosomiasis Control Programme of Malawi, Mozambique, Zambia and Zimbabwe. - A study financed jointly by the EEC and IUCN. IUCN Regional Office, Harare.
- Stuart, S.N. & R.J. Adams, with a contribution from M.D. Jenkins (1990): Biodiversity in Sub-saharan Africa and its Islands. Conservation, Management, and Sustainable Use. - Occasional Papers of the IUCN Species Survival Commission N° 6, IUCN, Gland, Switzerland.
- Traub, D. (1990): Studie zur Flächenverfügbarkeit und Landnutzung im Norden der Elfenbeinküste. - GTZ-PN 82.2122.8-01.100, Eschborn, 92 pp. + Anhang.
- White, F. (1983): The vegetation of Africa. A descriptive memoir to accompany the UNESCO / AETFAT / UNSO vegetation map of Africa. - UNESCO, Paris, 356 pp. + maps
- World Conservation Monitoring Centre (1992): Global Biodiversity: Status of the Earth's living resources. - Chapman & Hall, London, XX + 594 pp.

## L'INCIDENCE DE LA LUTTE CONTRE LA TSE-TSE SUR LES RESSOURCES NATURELLES

Peter Nagel

### 1. INTRODUCTION

Les effets isolés de la lutte contre la tsé-tsé sur les ressources naturelles après la mise en oeuvre réussie de mesures de lutte sont mal compris et suscitent des controverses. Les ressources naturelles ne sont jamais affectées par la seule lutte contre la tsé-tsé, mais par une vaste gamme de facteurs parallèles. Parmi ceux-ci figurent des processus socio-économiques, sociologiques et démographiques qui sont interdépendants et agissent en conjonction sur le paysage. En ce qui concerne l'influence véritable des mesures de lutte contre la tsé-tsé sur les ressources naturelles, les avis divergent: pour certains, les "régions sauvages" ne peuvent être protégées qu'en s'abstenant de toute mesure de lutte, tandis que pour d'autres, l'utilisation et la dégradation des ressources naturelles dans la zone des glossines se poursuivent de toute manière, même en l'absence de telles mesures (cf. Swynnerton 1936, Grzimek & Grzimek 1959, Ford 1971, Ormerod 1976, Jordan 1986, Nagel 1988, 1991). Ce problème a notamment été étudié par Jordan (1986, 1992) sur la base d'une formulation en partie différente. D'après des considérations générales et l'expérience, plutôt qu'à partir d'études détaillées, on estime aujourd'hui le plus souvent que les zones incultes marginales ont bien été mises en valeur, même si la présence de glossines a retardé ce processus, et que par ailleurs, les mesures de lutte contre la tsé-tsé favorisent l'apparition d'effets négatifs sur les ressources naturelles.

Mis à part les incidences qui ne relèvent pas directement du problème étudié ici - d'ordre économique par exemple -, les effets primaires de la lutte contre la tsé-tsé, en partie intentionnels, sont les suivants:

- Accroissement de la densité des établissements humains temporaires et permanents
- Augmentation du cheptel bovin des tribus nomades
- Abandon de l'agriculture traditionnelle au profit de l'exploitation des pâturages, même par les populations sédentaires
- Modification des méthodes de production (par ex. utilisation d'animaux de trait)

Les effets secondaires éventuels des mesures de lutte contre la tsé-tsé pourraient notamment être les suivants:

- Utilisation accrue des ressources naturelles (sols, eau, bois, cultures fourragères pour l'alimentation des animaux domestiques)
- Réduction du surpâturage dans les zones qui étaient déjà exemptes de tsé-tsé
- Modification du schéma des incendies
- Menace pour les écosystèmes protégés ou méritant d'être protégés ainsi que pour la faune et la flore sauvages
- Dépassement de la capacité de charge de la zone (compaction du sol, développement de broussailles, réduction du potentiel des pâturages, accentuation de l'érosion)

Il n'est possible d'examiner ci-dessous que quelques-uns de ces effets potentiels. Il importe de prendre un exemple concret, afin de bien montrer la variété des interdépendances. Dans le cadre d'un projet du GTZ, les effets possibles des mesures de lutte contre la tsé-tsé ont été étudiés de 1991 à 1993 dans le nord et le centre de la Côte d'Ivoire. On présente ci-après un extrait des résultats de cette étude.

## **2. EFFETS SECONDAIRES DIRECTS DES MESURES DE LUTTE CONTRE LA TSE-TSE SUR LES ECOSYSTEMES**

A l'exception de quelques opérations de pulvérisation au sol entreprises au départ, la lutte généralisée contre la tsé-tsé pour vaincre la trypanosomiase animale (nomenclature d'après Kassai *et al.* 1988) est aujourd'hui menée en Côte d'Ivoire exclusivement à l'aide de cibles fixes. Les effets secondaires sur l'environnement (y compris les effets écotoxicologiques) des applications à effet rémanent et en aérosol des principaux insecticides sont maintenant aussi connus que ceux des pièges et des cibles sans appât ou à appât olfactif (cf. Everts & Koeman 1987, Müller 1989, SEMG 1987, 1993 a,b). Personne ne conteste plus aujourd'hui la nécessité de lancer un programme de surveillance de l'environnement en même temps que les mesures de lutte. Des orientations concernant ces programmes sont même disponibles (SEMG 1993b, cf. FAO 1975). Si dans le cas d'applications à effet rémanent, on doit parfois s'attendre à de graves effets négatifs sur les organismes non visés, les conséquences des applications en aérosol sont généralement facilement identifiables, et elles sont tolérables. Les cibles stationnaires représentent actuellement la méthode de lutte la plus respectueuse de l'environnement. A ce jour, elle semble ne pas avoir d'effets secondaires - ou des effets négligeables -, mis à part des cas exceptionnels qui se manifestent à la suite de l'exploitation agricole d'une zone.

## **3. SITUATION ACTUELLE DE CERTAINES RESSOURCES NATURELLES DANS LA REGION CONSIDEREE**

Pour analyser les effets de la lutte contre la tsé-tsé, on peut comparer la dynamique de l'utilisation des terres dans des régions aux caractéristiques quasi identiques, la lutte contre la tsé-tsé étant menée dans l'une mais pas dans l'autre. Comme les mesures de lutte contre la tsé-tsé visant à vaincre la trypanosomiase animale sont souvent appliquées sur de vastes étendues, il est difficile de trouver deux régions répondant à ces critères. En Côte d'Ivoire, une région ayant un long passé de lutte contre la tsé-tsé et deux régions où la lutte venait de commencer ont été choisies; on y a conduit des études sur la végétation et l'utilisation des terres effectives ainsi que sur la dynamique de la végétation et de l'utilisation des terres.

Ces études se sont fondées sur des photographies aériennes et des études de terrain, dans le cadre desquelles certains endroits représentatifs de l'ensemble de la région ont été examinés de manière intensive (cf. Erdelen *et al* 1991, 1992a, b, c, 1993).



TABLEAU 1 Comparaison des trois régions examinées en Côte d'Ivoire

	Région Korhogo	Région Tortiya	Région Bouaké
Localisation	nord	centre-nord	centre
Végétation	Savane boisée soudanienne	Savane boisée soudanienne/savane guinéenne/ forêt de transition	savane guinéenne/forêt de transition
Lutte contre la tsé-tsé	Depuis 1978	Depuis 1992	Depuis la fin de 1990

### 3.1 Situation actuelle dans la région de lutte contre la tsé-tsé (région de Korhogo)

Les ressources en pâturages utilisées extensivement dans la région considérée, au nord de Korhogo, couvrent la quasi-totalité de la région. Néanmoins, la dégradation des pâturages (surpâturage, formation de végétation sur le sol compacté) n'était visible que le long des principaux chemins de transhumance et, quelquefois, là où l'on pratiquait l'élevage bovin sédentaire (par ex. autour des zones de peuplement). Les endroits laissés plus ou moins vierges par l'homme enregistrent aussi un pourcentage croissant des graminées annuelles, dont des graminées à faible valeur fourragère (par ex. *Ctenium nwetonii*) et de moins en moins de biomasse aérienne, par comparaison avec le centre de la Côte d'Ivoire. Un indicateur clair du surpâturage est notamment le développement, anormal pour la région, des graminées annuelles et des herbes. La dégradation des pâturages se caractérise par l'établissement d'une végétation secondaire annuelle composée d'espèces-indicateurs types, telles que *Tribulus terrestris* (Zygophyllaceae), *Indigofera congesta*, *Indigofera geminata* (Papilionaceae) ou *Waltheria indica* (Sterculiaceae).

Dans toute la région du nord étudiée, des peuplements extensifs, serrés et bas de *Detarium microcarpum* et d'*Isoberlinia doka* montrent qu'autrefois la terre était consacrée à l'agriculture. Cela est confirmée par la présence d'autres espèces-indicateurs, par exemple *Vitellaria paradoxa* et *Parkia biglobosa*, qui sont réparties de manière lâche mais régulière; ces arbres, appréciés pour leur ombrage et leurs fruits, ne sont généralement pas abattus pour faire place aux cultures de plein champ, et sont même parfois plantés délibérément. Comme dans d'autres pays d'Afrique, les plantations de coton s'étendent toujours plus. Sur les terres en jachère de mauvaise qualité et très dégradées, on trouve souvent l'arbuste *Guiera senegalensis*, qui se propage au sud à partir de la zone soudanaise.

Dans les régions de savane boisée, les parcours se sont aussi dégradés à cause du surpâturage. La forêt classée de Badéno (forêt claire) est consacrée exclusivement, et dans une proportion supérieure à la moyenne, au pâturage. Les Peuls, qui l'exploitent, sont semi-sédentaires. En octobre 1991, il était pratiquement impossible de trouver un endroit non affecté par le surpâturage, sur l'ensemble de la savane boisée. Il s'agit là manifestement d'une évolution récente, car la flore ne présente pas de différence essentielle par rapport à

celle des régions comparables étudiées. Toutefois, la modification à court terme du schéma des incendies entraînera la formation de broussailles, et donc une diminution à longue échéance du potentiel de pâturage.

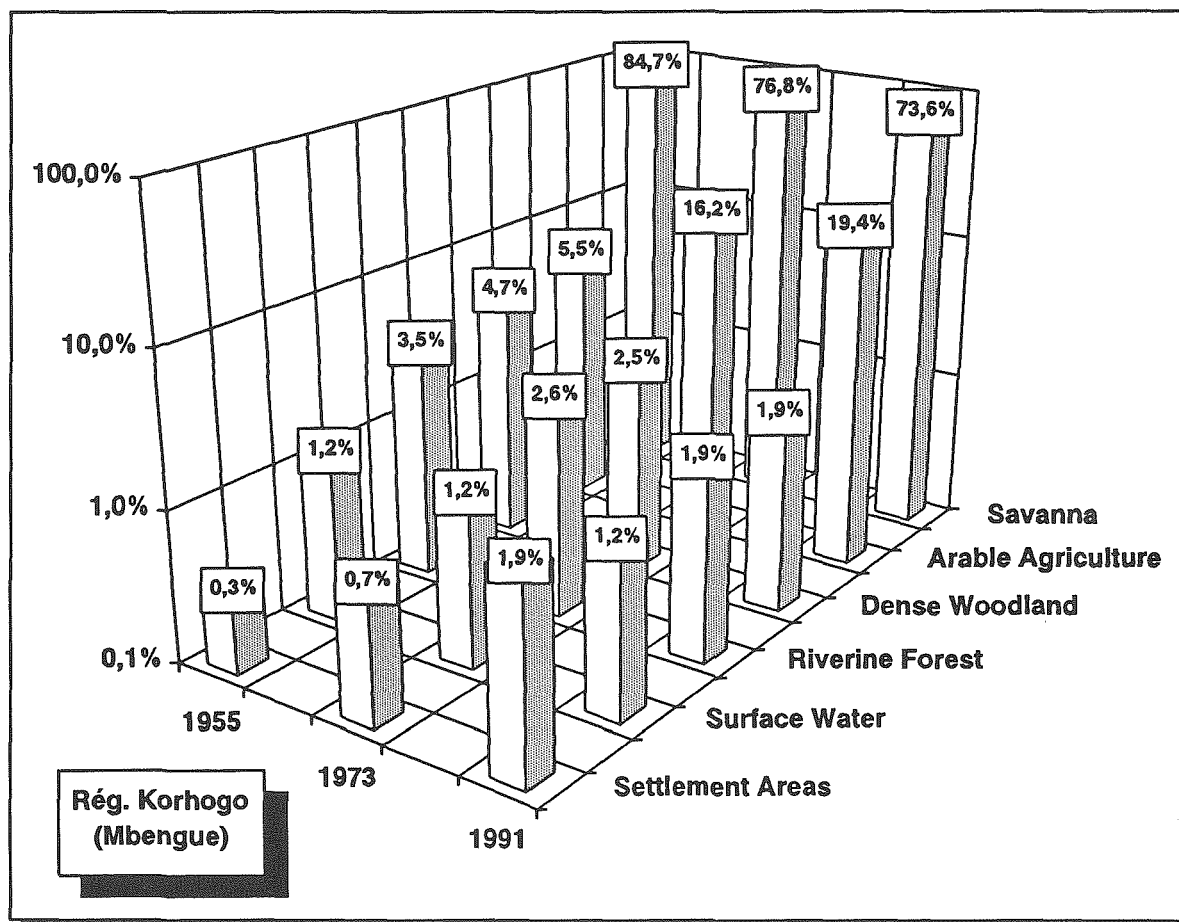
### 3.2 Situation actuelle de la végétation dans le centre de la Côte d'Ivoire (région de Bouaké, où la lutte contre la tsé-tsé vient de commencer)

Dans la région considérée, celle du fleuve Nzi, le pâturage extensif n'est encore qu'un facteur secondaire, malgré des parcours potentiellement bons (cf. IFG 1982). Ces dernières années, les fermes de production bovine, généralement de type intensif, se sont développées. Sur ces parcours naturels extensifs clos, après seulement quelques années, et alors que la densité de charge est proportionnelle à la superficie agricole totale, la savane apparaît déjà gravement dégradée, en particulier aux alentours des abris, des chemins empruntés par les animaux et des points d'eau. Dans les cas extrêmes, les graminées vivaces sont remplacées essentiellement par des herbes gazonnantes (par ex. *Brachiaria stigmatistata*, *Panicum pansum*, *Eragrostis ciliaris*), sur lesquelles se greffent par endroits des espèces de la flore soudano-sahélienne, comme *Zornia glochidiata* (Papilionaceae) et *Tribulus terrestris* (Zygohyllaceae). Lorsque la strate herbacée est rasée, on trouve en certains endroits la plante néotropicale primaire *Chromolaena odorata* (auparavant: *Eupatorium odoratum*) (Asteraceae), qui forme des broussailles extensives. Du fait de sa teneur en alcaloïdes aromatiques, la pyrrolizidine, le bétail l'évite. Incidemment, le criquet puant *Zonocerus variegatus*, ravageur du manioc, du café et du coton, par exemple, se protège de ses ennemis en consommant délibérément cette substance. Ainsi, les risques de dommages dus à ce criquet en Afrique de l'Ouest augmentent du fait de la prolifération de *C. odorata*. Par ailleurs, le surpâturage dans ces régions entraîne le développement croissant des broussailles. Toutefois, dans la plupart des endroits étudiés où le pâturage n'était pas excessif, aucun changement important de la structure de la flore n'a été encore constaté. De manière caractéristique, la biomasse herbeuse diminuait. Ainsi, dans l'aire de pâturage d'une ferme de production bovine, la biomasse aérienne s'élevait à 7,9 t/ha (poids sec), tandis que dans la zone située immédiatement à l'extérieur, elle atteignait 9,5 t/ha. Même un pâturage modéré à ce stade précoce entraîne une germination accrue des plantes ligneuses, ce qui modifie en retour le schéma des incendies.

## 4. HISTORIQUE DE LA STRUCTURE DES PAYSAGES

Dans la région où la lutte contre la tsé-tsé a commencé à la fin des années 70 (au nord de Korhogo), la zone de peuplement a plus que doublé au cours des vingt années précédant la lutte contre la tsé-tsé, et elle a triplé ces vingt dernières années. Pendant la période qui a précédé le démarrage de la lutte contre la tsé-tsé, les superficies agricoles ont pratiquement triplé, alors que la croissance n'a été que de 20 pour cent ces vingt dernières années (figure 1).

**FIGURE 1** Dynamique de l'utilisation des terres et structure du paysage dans la zone d'étude de la région de Korhogo où la lutte contre la tsé-tsé a commencé en 1978 (à partir de photographies aériennes et d'études de terrain; superficie de la zone étudiée: approx. 100-150 km<sup>2</sup>)

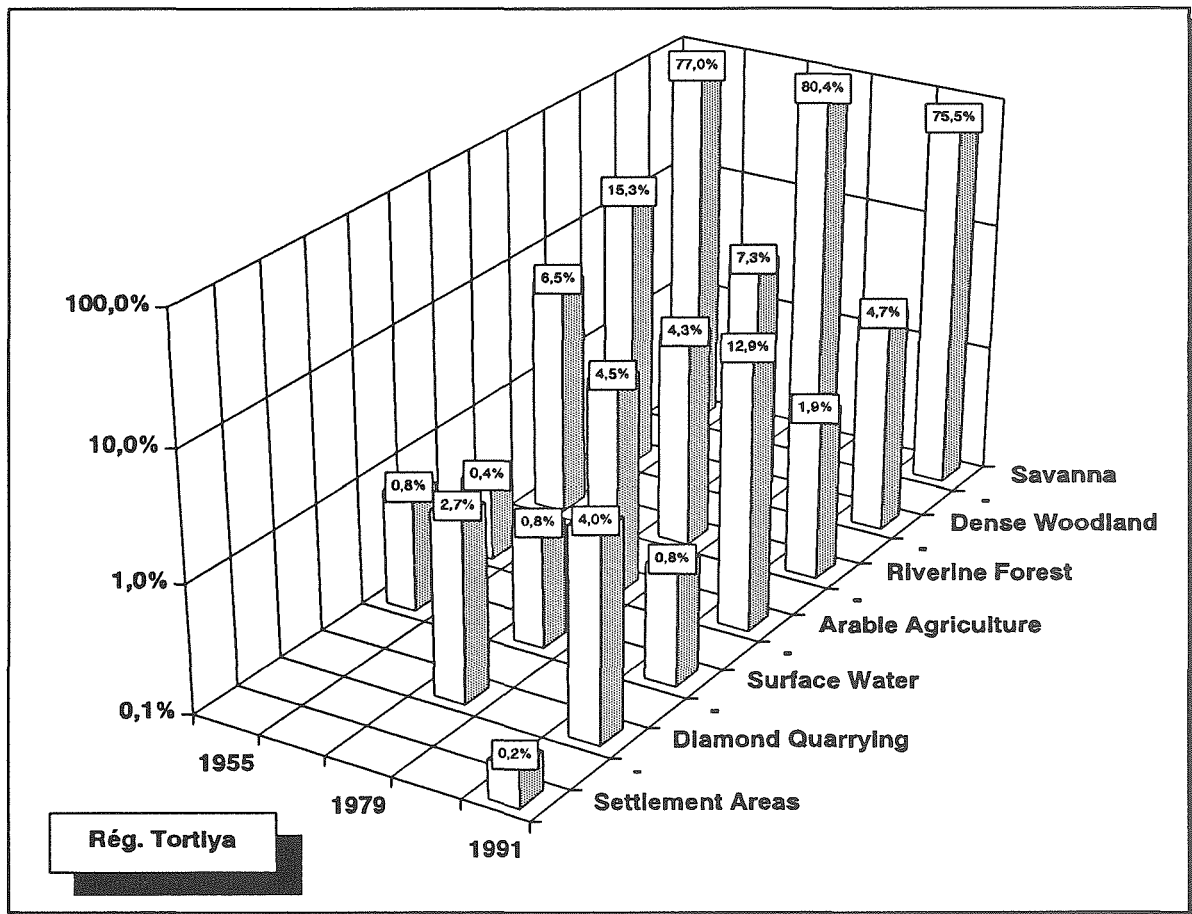


Dès 1974-1978, une évaluation des terres a montré que la zone située immédiatement au sud et à l'est de Korhogo était presque entièrement consacrée à la culture (surface cultivée et jachères) (IFG 1982). La superficie couverte de forêts galeries a diminué au cours des périodes indiquées à la figure 1 de respectivement 42 pour cent et 27 pour cent; de même la savane boisée dense a diminué respectivement de 47 pour cent et 24 pour cent. Ce recul important des ressources naturelles "forêt galerie" et "savane boisée dense" avait donc déjà commencé bien avant l'introduction des mesures de lutte contre la tsé-tsé, et il s'est ralenti ensuite. Parallèlement, la principale phase d'expansion des superficies cultivées a été enregistrée avant l'application de ces mesures.

L'évolution du paysage dans la région située autour de Tortiya (où les mesures de lutte contre la tsé-tsé ont commencé en 1992) est en principe analogue (figure 2). Là aussi, la forêt galerie a diminué de 34 pour cent entre le milieu des années 60 et la fin des années 70; toutefois, depuis elle a encore reculé de 56 pour cent. Dans cette région, ce recul n'est

pas tant dû à l'agriculture, comme dans la région de Korhogo, qu'à l'exploitation des mines de diamants. La savane boisée dense a diminué au cours des deux périodes de respectivement 52 pour cent et 36 pour cent. Parallèlement, la superficie cultivée a augmenté respectivement de plus de onze fois et de près de trois fois.

**FIGURE 2** Dynamique de l'utilisation des terres et structure du paysage dans la zone d'étude de la région de Tortiya où la lutte contre la tsé-tsé a commencé en 1992 (à partir de photographies aériennes et d'études de terrain; superficie de la zone étudiée: approx. 100-150 km<sup>2</sup>)



Ces quarante dernières années, la population s'est considérablement accrue, non seulement dans la ville de Korhogo mais aussi dans les zones rurales étudiées, où la densité s'élève aujourd'hui à environ 13 habitants par km<sup>2</sup>. Dans le même temps, la structure du secteur agricole a enregistré un profond changement. Les Sénoufos, principal groupe ethnique, étaient à l'origine une communauté d'agriculteurs de subsistance; cependant,

comme les ethnies voisines de la zone subsoudanienne, ils ont pour la plupart converti leur exploitation en plantations de coton de type intensif. Le développement de la mécanisation - par l'introduction de boeufs de trait - est une caractéristique essentielle de ce bouleversement. Outre l'élevage d'animaux de trait, l'élevage bovin généralement extensif constitue le secteur de production qui se développe le plus. Les Peuls, autre groupe ethnique, se consacrent essentiellement à l'élevage sur pâturage à grande échelle; comme dans tout le reste de la zone subsoudanienne, cette activité se transforme en production agropastorale semi-sédentaire.

Depuis 1960, l'élevage bovin a enregistré une progression dans le nord de la Côte d'Ivoire, plus ou moins nette selon les périodes. Jusqu'aux années 70, il s'agissait presque exclusivement de troupeaux sédentaires, dont l'accroissement suivait celui de la population. A cette époque, le déplacement de la population à partir du nord s'est accru, et l'élevage bovin sédentaire s'est développé dans le même temps, à un rythme beaucoup plus élevé que ne le laissait prévoir l'accroissement de la population. Jusqu'au milieu des années 80, cela a entraîné de graves conflits entre les deux principaux groupes ethniques. Depuis, l'augmentation des effectifs du cheptel bovin est de nouveau adaptée à l'accroissement général de la population dans les zones rurales (Kientz 1991).

Du fait de ce passage de la production de subsistance à la production de marché compétitive, les deux ethnies se livrent aujourd'hui à une concurrence plus vive pour exploiter les ressources naturelles que sont les terres agricoles et les pâturages. En conséquence, cette région se caractérise non seulement par une pénurie des ressources pastorales du fait de la conversion des parcours en terres agricoles, mais aussi par une pénurie des terres pouvant être consacrées à la production végétale.

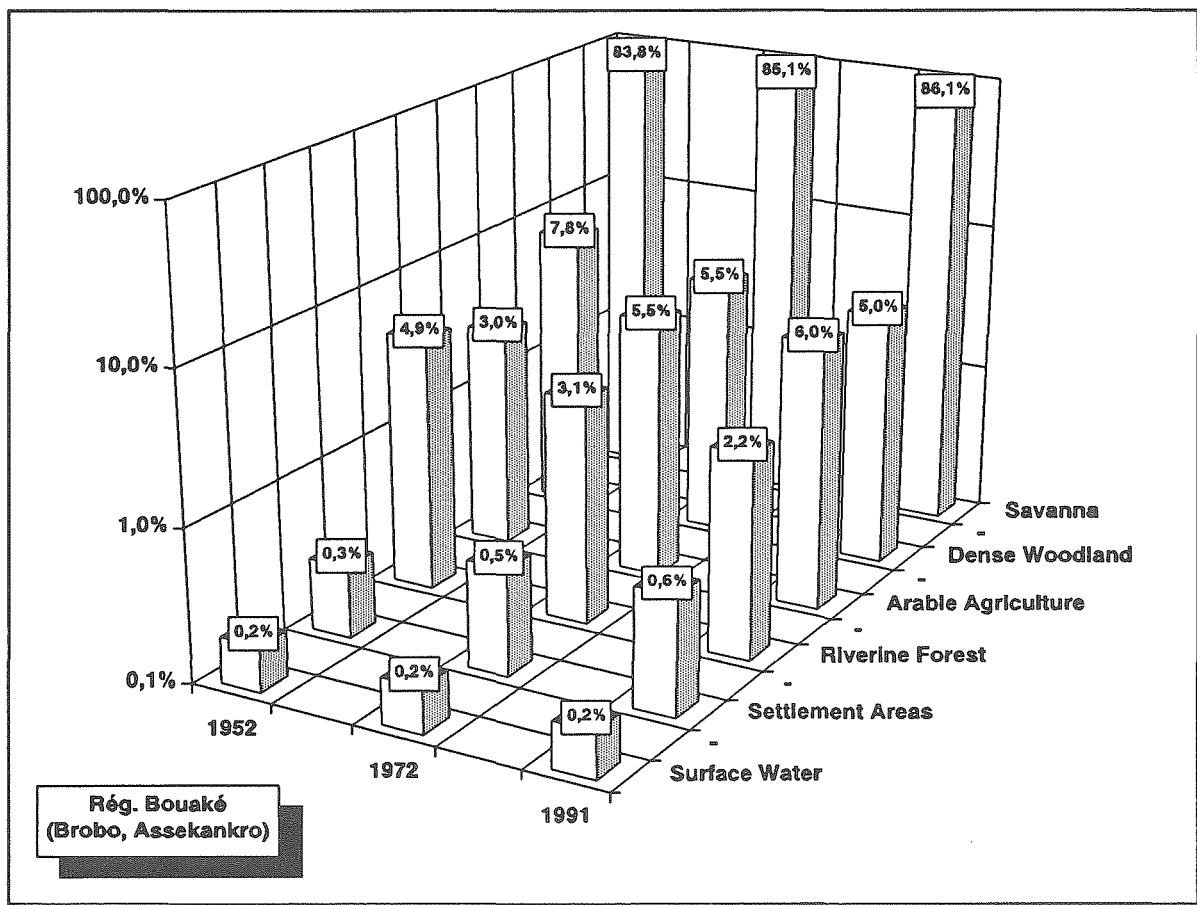
Nonobstant l'existence de maladies endémiques comme l'onchocercose et la trypanosomiase, des peuplements se sont toujours développés dans les régions très productives, possédant de bons pâturages et des réserves d'eau suffisantes pendant la saison sèche. En dehors de ces régions riches, les savanes boisées extensives restaient généralement intactes. Toutefois, certains signes montrent qu'entre-temps, du fait de l'accroissement de la demande, la savane boisée autrefois non utilisée a été intégrée aux pâturages (voir ci-dessus). Il est possible que cette évolution soit favorisée par les mesures de lutte contre la tsé-tsé.

L'évolution décisive de l'utilisation des ressources naturelles et la pression qui s'exerce sur celles-ci ont été enregistrées avant le démarrage de la lutte contre la tsé-tsé. La nouvelle augmentation des effectifs du cheptel constatée actuellement est très probablement imputable aux mesures de lutte contre la tsé-tsé; toutefois, il semble que d'autres facteurs (socio-économiques, sociologiques) soient prédominants. Il est certain que la lutte contre la tsé-tsé entraîne une augmentation de la productivité non seulement de l'agriculture mais aussi des activités pastorales.

Rien ne prouve cependant que ces mesures de lutte aient une influence décisive sur l'utilisation des terres. Incontestablement, les ressources naturelles sont menacées, indépendamment de l'existence d'opérations de lutte contre la tsé-tsé (comparaison des régions de Korhogo et Tortiya); cette menace est particulièrement réelle pour les forêts galeries et la savane boisée dense.

Dans la région de Bouaké, où la lutte contre la tsé-tsé a démarré en 1990, l'utilisation des terres ou le couvert végétal n'ont pas enregistré de modifications importantes entre les années 50 et les années 90 (figure 3). La densité de la population rurale stagne actuellement, et elle est relativement basse par rapport à celle du nord et du centre-nord.

**FIGURE 3** Dynamique de l'utilisation des terres et structure du paysage dans la zone d'étude de la région de Bouaké où la lutte contre la tsé-tsé a commencé en 1990 (à partir de photographies aériennes et d'études de terrain; superficie de la zone étudiée: approx. 100-150 km<sup>2</sup>)



#### 4. EVALUATION ET PREVISIONS POUR CETTE REGION

Dans la région du nord étudiée, le bouleversement du mode de vie des deux principaux groupes ethniques, associé à l'accroissement de la densité de population, entraîne une expansion constante des terres agricoles arables et des parcours, avec une réduction

simultanée des périodes de jachère et de la surcharge. Dans les régions de Bouaké et de Tortiya, les feux de savane et le défrichement par le feu des forêts restantes sont les manifestations les plus importantes de la présence de l'homme. Dans la région de Korhogo, les incendies sont un facteur secondaire par rapport à l'agriculture et aux activités pastorales, car la biomasse herbeuse est moins inflammable et le rajeunissement des forêts n'est généralement pas autant entravé. Ici, l'accroissement du cheptel, associé à la réduction des cycles de jachère, entraîne une dégradation locale, qui va s'accroissant. Cette tendance, due à une surexploitation des ressources naturelles de la savane, ne pourra être freinée - si cela est encore possible - que grâce à la planification adaptée de l'utilisation des terres et à un contrôle des mesures prises. Par ailleurs, la savane boisée dense et surtout les forêts galeries continuent d'être détruites. Ainsi, il faut s'interroger sur la valeur écologique non seulement de la pleine exploitation des régions naturelles restantes mais aussi de l'utilisation accrue des zones marginales. Sur les terres agricoles sous-utilisées de la région étudiée, près de Bouaké, ce processus sera beaucoup plus long - là aussi du fait de la stagnation actuelle de l'accroissement de la population. Toutefois, sans une planification appropriée et l'application effective des mesures correspondantes, cette région marginale subira inévitablement une évolution identique. Pourtant, on sait, et l'étude en question le confirme, que le pâturage contrôlé peut favoriser le développement des plantes ligneuses, ce qui modifie le schéma des feux et empêche la dégradation de la savane. Toutefois la marge est étroite entre ce pâturage contrôlé et la surexploitation et l'expansion démesurée de l'élevage bovin, qui provoqueraient aussi la destruction à long terme de ces biotopes.

## 5. INDICATEURS DE LA MENACE QUI PESE SUR LES RESSOURCES NATURELLES

Pour évaluer les conséquences écologiques des changements attestés de l'utilisation des terres dans la région étudiée, il faut tenir compte non seulement de la protection de la nature et des espèces mais aussi de la durabilité des systèmes agricoles. Suivant les points de vue, l'utilisation et la protection de la nature peuvent poursuivre des objectifs contradictoires, mais aussi allier leurs intérêts. Les contradictions deviennent manifestes, par exemple, lorsque de vastes étendues doivent être consacrées à la production végétale; les forêts naturelles sont les premières à en souffrir, ce qui met en danger l'existence des animaux et des plantes qui dépendent des forêts, qui sont déjà relégués dans de rares zones de survie reliques. Toutefois, le développement de la production végétale peut aussi être envisagé comme une revitalisation des ressources naturelles, n'excluant pas a priori la possibilité de promouvoir une utilisation durable. Par ailleurs, le soutien accordé à la production agricole durable contribue directement à alléger la pression de la colonisation sur les régions naturelles reliques. Cette considération s'applique à la production tant agricole que pastorale, dont la durabilité est menacée par le développement des broussailles et l'évolution régressive du tapis herbacé.

Ces processus peuvent être identifiés et décrits en premier lieu du fait des changements décelables à l'aide de certains indicateurs. Dans les écosystèmes, les indicateurs de ces changements anthropogéniques sont les suivants:

- Composition de la végétation (graminées/herbe, arbustes et arbres)
- Pourcentage de plantes ligneuses par rapport aux herbages
- Biomasse aérienne et productivité du tapis herbacé et des graminées

- Couvert végétal (pourcentage de sol dénudé)
- Intensité des feux
- Physionomie de la végétation
- Structure d'âge des arbres
- Fumier et dégradation des pâturages (pour déterminer le degré d'élevage bovin)

Des enquêtes régulières sur le terrain et une surveillance à grande échelle à l'aide de photographies aériennes ou satellite, permettent de contrôler efficacement l'environnement à partir des indicateurs ci-dessus.

## 6. IDENTIFICATION DES ECOSYSTEMES MENACES

Par écosystème menacé ou sensible on entend les écosystèmes qui sont soit, a priori, particulièrement vulnérables aux interventions de l'homme, soit ceux dont l'existence est menacée par l'influence de l'homme. Dans les cas extrêmes, cette notion englobe la destruction d'un écosystème donné ou sa réduction à des habitats fragmentés plus ou moins isolés. Pour de nombreuses espèces, la conservation à long terme passe avant tout par un territoire suffisamment étendu et le maintien de l'habitat, en particulier quand il s'agit d'écosystèmes tropicaux à la diversité biologique très riche. C'est pourquoi il faut accorder une importance toute particulière aux écosystèmes dont la répartition locale est très limitée. En Côte d'Ivoire, ceci s'applique notamment aux écosystèmes de savane qui subissent les interventions de l'homme depuis longtemps, surtout en ce qui concerne les feux.

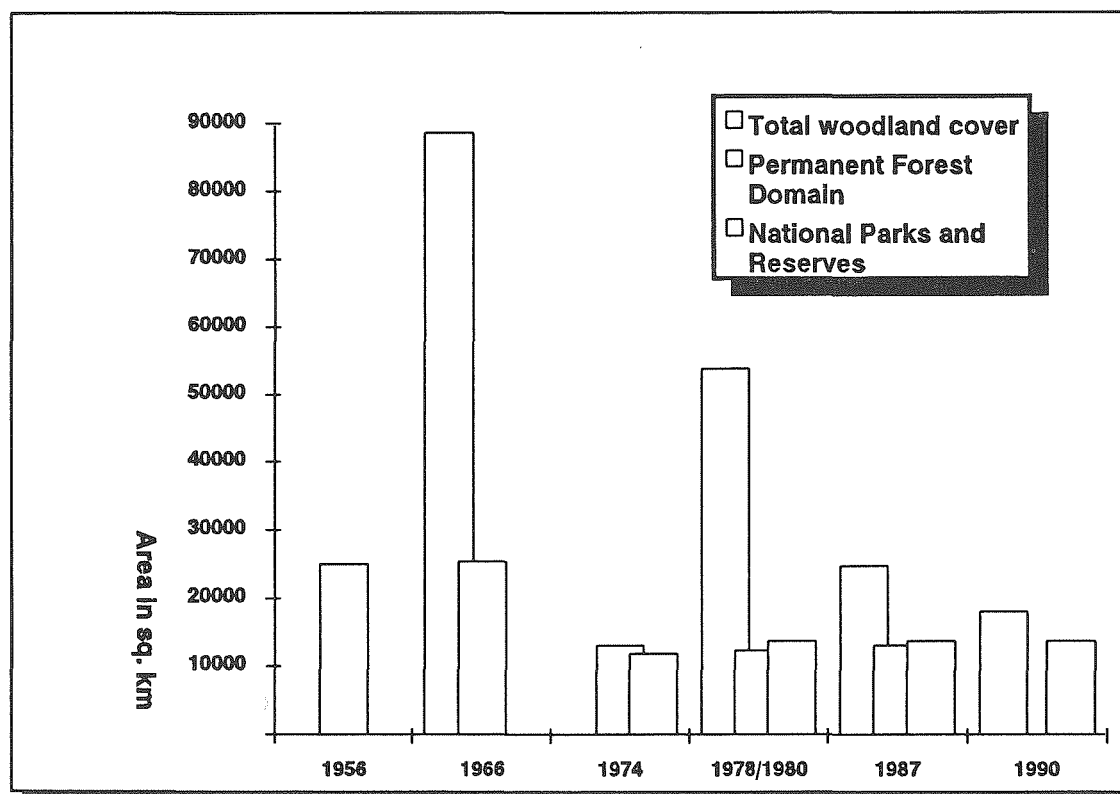
Du sud au nord, les forêts galeries ripicoles ont gagné de l'importance en tant que zones reliques. Cela est dû en partie à leur diversité biologique élevée et en partie au fait que l'intervention de l'homme a entraîné, dans ces régions, la disparition de formations forestières denses comparables, à même de servir de refuge aux espèces qui dépendent de la forêt. Les forêts galeries sont particulièrement menacées car elles se prêtent à l'expansion des terres agropastorales (comme l'augmentation des superficies rizicoles ou le développement aux alentours des gués et des points d'eau (à Tortiya, par exemple)), mais aussi du fait de l'exploitation des mines de diamants. Les forêts galeries ont déjà subi des dégâts considérables dans de nombreuses régions.

Ces trente dernières années, le couvert forestier a considérablement diminué dans l'ensemble de la zone de savane. Alors que les forêts couvraient auparavant environ 47 pour cent de la zone de savane, qui représente près de 60 pour cent de la superficie de la Côte d'Ivoire, elles n'occupent plus aujourd'hui que 9,5 pour cent de cette zone (Sayer *et al.* 1992) (figure 4). Face à cette tendance, les régions protégées déjà établies dans la zone de savane comme les parcs nationaux, les réserves de la faune et de la flore et les forêts domaniales permanentes (auparavant appelées "forêts classées") prennent de l'importance (cf. cartes in Stuart *et al.* 1990, Sayer *et al.* 1992, UICN/PNUE 1987, UICN 1992). Ceci est également valable pour les petites étendues de forêts naturelles qui subsistent en dehors de ces zones protégées et forment des habitats-îlots pour de nombreuses espèces animales et végétales. On n'a toujours pas dressé de cartes actualisées de ces forêts ni cherché à évaluer leur environnement à partir, par exemple, de l'interprétation des photographies prises par satellite. Les plans d'aménagement en faveur des zones protégées déjà établies, lorsqu'ils existent, sont au stade de projet (Stuart *et al.* 1990, Sayer *et al.* 1992, FGU-Kronberg 1979 a,b), tout comme l'infrastructure nécessaire à leur entretien à longue échéance. Dans la



plupart des ces zones, comme dans la forêt classée de Badénou susmentionnée, des changements anthropogéniques considérables commencent à se manifester qui, du moins dans le nord, sont directement ou indirectement liés à la modification des habitudes de

**FIGURE 4** Estimation de la superficie de la savane boisée, des forêts domaniales permanentes et des zones de conservation dans la région de savane de Côte d'Ivoire (données: Sayer *et al.* 1992) (NB: les zones de conservation dans la région de savane n'existent que depuis 1968; les estimations concernant la superficie totale de la savane boisée en 1974 et des forêts domaniales permanentes en 1990 ne sont pas disponibles) transhumance.



Considérées dans leur ensemble, les seules autres zones protégées dans les régions étudiées ici, mis à part les forêts domaniales permanentes, sont la réserve de la faune et de la flore du "Haut Bandama" et - plus loin - le Parc national de la Comoe. Le fait qu'il n'existe pas de système extensif - et surtout cohérent - de zones protégées dans la région de savane de la Côte d'Ivoire montre à quel point il est nécessaire de préserver les forêts domaniales permanentes, ainsi que la savane naturelle et les formations forestières non protégées encore existantes, en tant qu'éléments favorables à l'élaboration d'un système cohérent de zones protégées. On trouvera notamment des conseils détaillés en matière de surveillance générale dans McNeely *et al.* (1990).

## 7. CONCLUSIONS/STRATEGIES D'ATTENUATION DES RISQUES

L'utilisation durable et la conservation de la diversité biologique sont des objectifs d'égale importance, qui ne peuvent être atteints que conjointement. L'exemple de la Côte d'Ivoire montre que, dans les changements négatifs de l'environnement en partie observables,

la lutte contre la tsé-tsé est au plus un facteur secondaire, en comparaison avec le développement social et économique général. En conséquence, il suffit de tenir compte de la lutte contre la tsé-tsé dans la surveillance générale de l'environnement exercée dans le cadre de la planification de l'utilisation des terres et de son application. Ces considérations ne s'appliquent pas forcément à d'autres régions d'Afrique. Cela s'explique non pas par des différences élémentaires, mais simplement par le fait que l'importance de la lutte contre la tsé-tsé (c'est-à-dire son influence sur les ressources naturelles) est plus élevée que celle des autres facteurs, qu'ils soient démographiques, économiques ou sociologiques (cf. Jordan 1986, Stevenson 1988).

Les pièges/cibles à appâts olfactifs et imprégnés d'insecticides utilisés en Côte d'Ivoire pour lutter contre la tsé-tsé sont actuellement une technique sans danger pour l'environnement, qui a des effets limités ou négligeables sur les organismes non visés. Cependant, comme ces mesures de lutte permettent d'utiliser et de coloniser de nouvelles terres, avec toutes les influences anthropogéniques qui en résultent pour l'écosystème, elles ont bien des effets négatifs indirects sur l'environnement. Il importe donc de se donner les moyens de déceler à l'avance les effets négatifs afin de les éviter ou, du moins, de les rendre acceptables. Cette stratégie de réduction des risques s'appuie sur la connaissance de la répartition, de la structure et de la dynamique des écosystèmes dans la zone touchée, en fonction des facteurs déterminants pertinents d'ordre démographique, sociologique et économique (y compris l'agriculture).

Un programme de surveillance à long terme est un instrument bien adapté à la compilation, à l'évaluation et à l'influence des changements agricoles/écologiques. Il est orienté vers une dynamique réelle et permet de mettre en pratique les connaissances acquises dans un plan de développement axé sur l'environnement. Surtout, il est possible grâce aux indicateurs d'identifier rapidement les évolutions à effet retard, ce qui permet de prendre des mesures correctives à un stade précoce.

L'une des composantes les plus importantes d'une surveillance à long terme est l'établissement de zones sous observation constante. Des méthodes simples d'évaluation des données (indicateurs) permettent de recueillir des renseignements sur les changements pertinents de la structure et de l'étendue des écosystèmes affectés et - si l'on décèle des tendances négatives - de prendre des contre-mesures en temps voulu.

Cette surveillance exercée dans le cadre des mesures de lutte contre la tsé-tsé pourrait faire appel directement à l'infrastructure optimale du système Captureur. Comme les campagnes menées dans le centre et au nord de la Côte d'Ivoire couvrent pratiquement toute la superficie, il serait possible d'observer la quasi-totalité de la savane boisée et des forêts ripicoles. Grâce à des tableaux d'évaluation simples, établis sur la base d'indicateurs facilement identifiables, on peut disposer en permanence de données sur la situation écologique dans l'écosystème affecté. On pourrait ainsi, par exemple, recueillir des

informations sur les modes de peuplement dans les zones de lutte contre la tsé-tsé, ainsi que sur leur incidence directe et indirecte sur les écosystèmes forestiers et de savane.

La planification de l'utilisation des terres doit comprendre des mesures visant à protéger et à revaloriser les écosystèmes menacés, et éventuellement des mesures compensatoires.

## REFERENCES

- Cesar, J. (1992): La Production Biologique des Savanes de Côte d'Ivoire et son Utilisation par l'Homme. Biomasse, Valeur pastorale et Production fourragère. - Institut d'Elevage et de Médecine vétérinaire des Pays tropicaux, Département du CIRAD, Maisons Alfort, France, 671 pp.
- Erdelen, W., P. Müller, P. Nagel & R. Peveling (1991): GTZ-Projekt "Ökologische Folgewirkungen von Tsetsekontrollmaßnahmen in der nördlichen und mittleren Côte d'Ivoire". Projektfortschrittsbericht (Berichtszeitraum Januar - Juni 1991). - GTZ-PN 87.2539.2, Institut für Biogeographie, Zentrum für Umweltforschung, Universität des Saarlandes, Saarbrücken, 25 pp.
- Erdelen, W., P. Müller, P. Nagel & R. Peveling (unter Mitarbeit von C. Jakob & B. Schröder) (1992a): GTZ-Projekt "Ökologische Folgewirkungen von Tsetsekontrollmaßnahmen in der nördlichen und mittleren Côte d'Ivoire". Projektfortschrittsbericht (Berichtszeitraum Juli - Dezember 1991). - GTZ-PN 87.2539.2, Institut für Biogeographie, Zentrum für Umweltforschung, Universität des Saarlandes, Saarbrücken, 48 pp. + Anhänge.
- Erdelen, W., P. Müller, P. Nagel & R. Peveling (unter Mitarbeit von F. Abel & C. Jakob) (1992b): GTZ-Projekt "Ökologische Folgewirkungen von Tsetsekontrollmaßnahmen in der nördlichen und mittleren Côte d'Ivoire". Projektfortschrittsbericht (Berichtszeitraum Januar - Juli 1992). - GTZ-PN 87.2539.2, Institut für Biogeographie, Zentrum für Umweltforschung, Universität des Saarlandes, Saarbrücken, 27 pp. + Anhang.
- Erdelen, W., P. Nagel & R. Peveling (1992c): Tsetsekontrolle, Landnutzungsdynamik und anthropogene Eingriffe in naturnahe Ökosysteme - Konzeption und erste Ergebnisse eines interdisziplinären Forschungsprojektes in der Côte d'Ivoire, West Afrika. - Geobot. Kolloq. (Frankfurt a.M.) 8: 81-90.
- Erdelen, W., P. Müller, P. Nagel, R. Peveling & J. Weyrich (unter Mitarbeit von F. Abel & C. Jakob) (1993): GTZ-Projekt "Ökologische Folgewirkungen von Tsetsekontrollmaßnahmen in der nördlichen und mittleren Côte d'Ivoire". Abschlußbericht.- GTZ PN 87.2539.2, Institut für Biogeographie, Zentrum für Umweltforschung, Universität des Saarlandes, Saarbrücken, 45 pp. + Anhang.
- Everts, J.W. & J.H. Koeman (1987): The ecological impact of insecticides in connection to the control of tsetse flies in Africa: A review. - in: Cavalloro, R. (ed.), Integrated Tse-Tse Fly Control: Methods and Strategies. - A.A. Balkema, Rotterdam and Brookfield, pp.49 - 56.
- FAO (1975): Rapport de la Consultation d'experts FAO/PNUE sur la surveillance des effets des résidus de pesticides agricoles dans les pays en développement. AGPP: Misc/22 FAO, Rome, VIII + 26 p.

- FAO (1977): Consultation d'Experts FAO / PNUD sur les Repercussions économiques de la Trypanosomiase. - W/L5740, FAO, Rome, V + 74 pp.
- FGU-Kronberg (1979a): Etat actuel des Parcs Nationaux de la Comoe et Tai ainsi que de la Réserve d'Azigny et Propositions visant à leur Développement aux Fins de Promotion du Tourisme. Tome II: Parc National de la Comoe. Partie 1: Inventaire des Conditions Ecologiques et Biologiques. - Etude de Faisabilité destinée au Ministère des Eaux et Forêts de la République de Côte d'Ivoire dans le Cadre de la Coopération Technique entre la République de Côte d'Ivoire et la République Fédérale d'Allemagne, GTZ-PN 73.2085.6-01.100, FGU Kronberg Consulting, Kronberg, Germany, 236 pp.
- FGU-Kronberg (1979b): Etat actuel des Parcs Nationaux de la Comoe et Tai ainsi que de la Réserve d'Azigny et Propositions visant à leur Développement aux Fins de Promotion du Tourisme. Tome II: Parc National de la Comoe. Partie 2: Etat actuel de l'Aménagement et de l'Utilisation ainsi que Propositions de Planning pour l'Aménagement futur et pour les Mesures de Construction. - Etude de Faisabilité destinée au Ministère des Eaux et Forêts de la République de Côte d'Ivoire dans le Cadre de la Coopération Technique entre la République de Côte d'Ivoire et la République Fédérale d'Allemagne, GTZ-PN 73.2085.6-01.100, FGU Kronberg Consulting, Kronberg, Germany, 100 pp. + annexes + cartes.
- Ford, J. (1971): The role of the trypanosomiasis in African ecology. A study of the tsetse fly problem. - Clarendon Press, Oxford, UK, XIV + 568 pp.
- Grzimek, B. & Grzimek, M. (1959): Serengeti darf nicht sterben. - Ullstein, Frankfurt, Berlin, Wien.
- IFG (1982): République de Côte d'Ivoire / GTZ, Lutte Anti-Tsé-Tsé, Phase I. Aptitude du Sol, capacité de charge et coûts de la lutte contre la mouche tsé-tsé. Rapport final. - Préparé par Institut für Angewandte Geowissenschaften, Frankfurt am Main, 35 pp. + cartes.
- IUCN (1992): Protected Areas of the World: A review of national systems. Volume 3: Afrotropical. - IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK, XXII + 360 pp.
- IUCN/UNEP (1987): The IUCN Directory of Afrotropical Protected Areas. - IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK, XIX + 1034 pp.
- Jordan, A.M. (1986): Trypanosomiasis control and African rural development. - Longan Group Ltd., Harlow, England.
- Jordan, A.M. (1992): La dégradation de l'environnement est-elle une conséquence inévitable de la lutte contre la trypanosomiase? Revue mondiale de zootechnie 70-71, 1992/1-2 pp.2-7.

- Kassai, T., M. Cordero Del Campillo, J. Euzéby, S. Gaafar, T. Hiepe & C. A. Himonas (1988): Standardized Nomenclature of Animal Parasitic Diseases (SNOAPAD). - *Veterinary Parasitology* 29: 299 - 326.
- Kientz, A. (1991): Développement agro-pastoral et Lutte anti-tsé-tsé. Côte d'Ivoire. - Rapport pour la GTZ, PN 87.2539.2-01.100, Strasbourg
- McLennan, K.J.R. (1980): Incidence de la trypanosomiase transmise par la mouche tsé-tsé sur l'économie rurale en Afrique. Première partie. Infestations par les tsé-tsé. *Revue mondiale de zootechnie* 36-2-17.
- McNeely, J.A., K.R. Miller, W.V. Reid, R.A. Mittermeier & T.B. Werner (1990): *Conserving the World's Biological Diversity*. - IUCN, Gland, Switzerland; World Resources Institute, Conservation International, WWF-US, and the World Bank, Washington, D.C.
- Müller, P. (1989): Zur Umweltverträglichkeit verschiedener Tsetse-Bekämpfungsmethoden. Zusammenfassung der Ergebnisse vergleichend ökologischer Untersuchungen in Kamerun, der Elfenbeinküste und Burkina Faso (1981 - 1987). - GTZ-Vertrag N° 1-432-60060810, Saarbrücken, 80 pp.
- Nagel, P. (1987): Ökosystemische Wirkungen von Insektizidapplikationen in den afrikanischen Tropen (Beispiel: Bekämpfung von Tsetsefliegen). - *Verhandlungen Deutscher Geographentag* 45: 370-379.
- Nagel, P. (1988): Eine Fliege in Afrika. Welche Rolle spielt die Tsetsefliege im Gleichgewicht der Natur und was geschieht, wenn man sie ausrottet? - *Aus Forschung und Medizin (Berlin)* 3 (1): 91 - 105.
- Nagel, P. (1991): Schützt die Tsetsefliege die Wildnis vor dem Menschen? - *magazin forschung*, Universität des Saarlandes, Saarbrücken, Jg. 1991, Heft 1: 2-9.
- Sayer, J.A., C.S. Harcourt & N.M. Collins (eds.) (1992): *The conservation atlas of tropical forests. Africa*. - IUCN, Gland, Switzerland, and Cambridge, UK.
- SEMG (ed.) (1987): *Environmental Monitoring of Tsetse Control Operations in Zimbabwe 1986. Impact of Aerial Spraying and Odour-baited Targets on Treated Ecosystems*. - Regional Tsetse and Trypanosomiasis Control Programme, Malawi, Mozambique, Zambia and Zimbabwe (RTTCP), 5th European Development Fund, Scientific Environmental Monitoring Group (SEMG) Project, Saarbrücken, 117 pp.
- SEMG (ed.) (1993a): *Environmental Monitoring of Tsetse Control Operations in Zambia and Zimbabwe. Impact of Aerial Spraying and Odour-baited Targets on Ecosystems. Report 1987 - 1990*. - Regional Tsetse and Trypanosomiasis Control Programme, Malawi, Mozambique, Zambia and Zimbabwe (RTTCP), 5th European Development Fund, Scientific Environmental Monitoring Group (SEMG) Project, Saarbrücken, IX + 125 pp.

- SEMG (ed.) (1993b): Environmental Monitoring Handbook for Tsetse Control Operations.  
- in preparation, approx. 300 pp.
- Stevenson, S.R. (1988): Land use implications of the EEC-funded Regional Tsetse and Trypanosomiasis Control Programme of Malawi, Mozambique, Zambia and Zimbabwe. - A study financed jointly by the EEC and IUCN. IUCN Regional Office, Harare.
- Stuart, S.N. & R.J. Adams, with a contribution from M.D. Jenkins (1990): Biodiversity in Sub-saharan Africa and its Islands. Conservation, Management, and Sustainable Use. - Occasional Papers of the IUCN Species Survival Commission N° 6, IUCN, Gland, Switzerland.
- Traub, D. (1990): Studie zur Flächenverfügbarkeit und Landnutzung im Norden der Elfenbeinküste. - GTZ-PN 82.2122.8-01.100, Eschborn, 92 pp. + Anhang.
- White, F. (1983): The vegetation of Africa. A descriptive memoir to accompany the UNESCO/ AETFAT/UNSO vegetation map of Africa. - UNESCO, Paris, 356 pp. + maps
- World Conservation Monitoring Centre (1992): Global Biodiversity: Status of the Earth's living resources. - Chapman & Hall, London, XX + 594 pp.

**OPERATIONAL PROCEDURES FOR THE CONTROL OF TSETSE FLIES AND  
AFRICAN ANIMAL TRYPANOSOMIASIS; A REVIEW OF CURRENT  
ACTIVITIES AND PROSPECTS INCLUDING RESEARCH AND TRAINING  
REQUIREMENTS FOR THE FUTURE**

**R. Allsopp**

**CURRENT CONTROL METHODS**

1. The direct control of trypanosomiasis is well documented and methods have changed relatively little over the past 40 years (*Murray et al 1991*). Antigenic variation remains a major obstacle to the development of a much needed vaccine although efforts continue to outwit this intractable parasite. Berenil and samorin remain the stalwarts of chemotherapeutic control and there is no signs of replacements. Their use is usually subject to Government legislation but this is often abused by farmers who underdose to reduce costs. Drug resistance is epidemic and the probability of major problems in the future, as with malaria, cannot be ignored.
2. Trypanotolerant cattle remain an important option but they have not been widely used beyond the geographical boundaries within which breeds like the N'dama are endemic. (*d'Ieteren and Trail 1988; Murray and Trail 1983*)
3. Tsetse control methods are also well established and thoroughly documented. Aerial and ground spraying, odour baited traps and targets (with or without insecticidal impregnation), the sterile insect technique, application of insecticides - by dipping or pour-on formulations - to cattle have been reviewed many times over the past few years (*e.g. Alsop 1993; Allsopp, 1992; Hursey 1985; Mulder 1989; Wall and Langley 1991*). Of these, ground spraying has probably cleared more areas from tsetse infestation than any other and aerial spraying has the proven capability to rapidly reduce tsetse densities over huge areas. Both have caused concern because they apply large volumes of insecticide directly into the environment. They have, however, been subjected to comprehensive monitoring and although neither was shown to have lasting non-target effects (*Douthwaite 1992; Douthwaite and Tingle in press, SEMG 1993*) their use has declined almost to non existence.
4. Odour bait techniques have been adopted enthusiastically by control authorities and donors on the strength of their flexibility, low unit cost, reduced usage of insecticide and suitability for local community management. As they proliferate and become more routine it is increasingly apparent that their dependence on access roads has environmental implications, the length of time needed to effect significant reductions in tsetse density increases the cost and eradication seems no more likely than with any other technique (*Mohamed-Ahmed et al 1992, Cuisance et al 1992*). Traps and targets can be damaged by fire, wind and wild animals although the most common operational problem appears to be theft. Involving the local community to reduce theft and particularly in a management role is generally more complex than anticipated (*Laveissiere and Meda 1992; Locks 1993*).



5. There are many reasons why control is not sustainable and it is seldom due to intrinsic limitations of the technique. Successfully cleared areas have often become reinfested through reduced national capability to fund large scale operations or maintain effective barriers. Without international financial support this would undoubtedly have been even worse.

6. Unfortunately this support is usually conditional. Declining national capability can be compounded by limitations imposed by donors responding to 'global environmental concern' and this is not necessarily rational or scientifically sound. Control authorities have, for instance, reduced their dependence on chemical control techniques using inexpensive chlorinated hydrocarbon insecticides. Rightly or wrongly, this has limited their control options and the most notable effect in recent years has been the shift from ground and aerial spraying to the use of traps and targets.

7. This has not resulted in major reductions in disease distribution. In spite of huge expenditure over many years on operational control, research and training, trypanosomiasis is not decreasing, nor is the distribution of tsetse (*Rogers and Randolph 1986*). There are areas where they continue to persist despite long term, continuous efforts to eliminate them (Kenya's Lambwe Valley, Botswana's Okavango Delta, Cameroun's Adamoua Highlands, the Busoga area of Uganda). Others where they continue to advance (Ivory Coast, Nigeria, Togo, Zambia) or where past successes are slowly but inexorably eroding (Uganda, Zimbabwe, Cameroun, Botswana, probably Somalia). There are vast areas in Zaire, Angola, Tanzania and Mozambique where we have little or no idea about current distributions; only the certain knowledge that they prevent resettlement, constrain national agricultural production and continue to threaten that of their neighbours.

8. Tsetse and trypanosomiasis control methods are clearly not working as well as they should, research and training is not having the desired effect and donor support is perhaps, at best, of short term value. As human and livestock densities continue to rise, and both utilise areas of marginal agricultural value or higher epidemiological risk, the threat from tsetse and trypanosomiasis will inevitably increase.

9. We cannot expect any major new developments in the near future and the methods we have for tsetse control and chemotherapy, though far from perfect, will remain the first line of defence for the foreseeable future. Realistically, therefore, we must seek to improve the effectiveness and sustainability of these existing methods. This will involve better use of resources, for instance, by pooling regional manpower, facilities and international support. It will also require increased understanding of the problem, building on historical experience through greater interchange of information and more effective targeting of research and training.

10. Many of these points were noted by previous FAO Expert Panels and by the Commission on African Animal Trypanosomiasis which voice the collective concerns and aspirations of 35 nations directly affected by the disease. The recommendations of these two bodies provide guidelines within which efforts to improve efficiency and sustainability should be applied.

BRIEF REVIEW OF RECOMMENDATIONS OF THE COMMISSION, THE PANEL OF EXPERTS AND THE INTER-SECRETARIAT COORDINATING GROUP ON AFRICAN ANIMAL TRYPANOSOMIASIS AND RELATED DEVELOPMENT (1991)

11. Sustainability agricultural production and tsetse control were the underlying themes of these meetings. The role of FAO in coordinating activities to meet these objectives was stressed throughout.

12. The former theme was reflected in the title of the Panel of Experts meeting which addressed the problems of 'trypanosomiasis control as an element of sustainable agricultural production'. This acknowledged that trypanosomiasis is only one of many constraints to productivity, should not be viewed or treated in isolation and should be controlled within the context of land use planning.

13. Sustainability of trypanosomiasis control has obvious implications for national control authorities and for allaying donor fatigue. Strategies must be realistic, appropriate and not dependent upon open ended international support as reflected in references to institutional strengthening, community participation and cost recovery schemes.

14. The meetings reiterated many general points which still apply. For instance, the need to exploit trypanotolerant cattle; the continuing, widespread reliance on drugs to combat trypanosomiasis and thus the need for effective infrastructural support, field diagnostic techniques and reliable drug supplies. The importance of institutional links, information dissemination and training.

15. There was a shift in the attitude to environmental monitoring; accepting that the direct effects of insecticidal treatments had been thoroughly monitored and that priority should now be given to the indirect or land-use implication of control including socio-economic evaluation.

16. The value of retaining a range of viable tsetse control methods, including chemical control and SIT, was accepted and the need to adapt these to specific situations was given greater priority than the search for new methods. The potential of odour bait technologies was highlighted.

17. Apart from greater emphasis on community participation and land use, few radically different issues were raised. It is increasingly accepted that eradication will not easily be achieved and that realistic targets must be set. The value of computerised techniques and satellite data to clarify our vision of extensive and intricate epidemiological situations was recognised; the importance of regional collaboration stressed.

18. The Second Meeting of the Inter-Secretariat Coordinating Group (1991) recommended that FAO should:

\* play an active and strengthened role in the promotion and coordination of tsetse/trypanosomiasis control activities;

\* become more involved in data collection, analysis and dissemination to Governments, promoting trypanosomiasis control as an element within a multi-disciplinary approach to rural development.

\* should seek long term funding, for a well justified (operational research) programme and raise the profile of the Trypanosomiasis Control Programme.

#### PRACTICAL CONSIDERATIONS RELATING TO SUSTAINABLE TRYPANOSOMIASIS CONTROL AND AGRICULTURAL PRODUCTIVITY.

19. There are many researchers, control authorities and donors seeking to overcome national or regional problems in what they, with all sincerity and commitment, feel is an appropriate manner. A vast amount of information is generated by these various participants but it is disparate and not easily accessible.

20. Computerisation must be central to the 'development of a systematic approach to tsetse and trypanosomiasis control'. It will require specific research and training. If its full potential is exploited to understand the magnitude and ramifications of trypanosomiasis and the farming systems it constrains, it could, together with improved tactical use of existing control methods, provide added impetus to the lumbering trypanosomiasis control machinery which seems to be losing its way.

21. Some practical considerations which will enhance 'the development of a systematic approach to tsetse and trypanosomiasis control' are listed below for different levels of intervention.

##### (a) Strategic considerations: .

*Computerisation to define and quantify trypanosomiasis distribution and its effect on agricultural production systems.*

22. Recent improvements in computer technology has provided the facility for storing and accessing huge amounts of information at prices which are now well within the reach of third world countries. Also, satellite remote sensing, which gives a visual image of 'real time' vegetation distribution over large areas is widely available and affordable. Pioneering work at Oxford University uses both to define potential tsetse habitats and by correlating with human and livestock distributions quantifies epidemiological risk.

23. The use of remote sensing to define tsetse distributions is in its early stages but the facility to redraw and continuously update tsetse distribution maps will be of enormous value. Although highly specialised inputs are required initially, reliable tsetse distribution and epidemiological risk mapping is ultimately dependent on ground validation and will require local involvement. National archives will provide the life blood of any in-country, regional or international data set and these will be most effective if (a) based on standard computer technology and (b) centrally coordinated.

24. Remote sensing can also be used to define land use patterns which in turn are the frameworks of farming or production systems. Geographical information systems (GIS) provide the ideal vehicle for overlaying these and other layers of spatial and temporal information including vegetation, climate, topography, human, livestock and (other animal) disease distributions; in effect the very parameters which characterise production systems. These 'layers of data' can then be correlated to reveal how land use patterns change over time, how natural resources such as woodlands and wetlands are affected by changes in agricultural practice and how land use changes are affected by tsetse control. Ground validation and in-country inputs will again be essential.

25. Computerisation and computer literacy underpin the facilities which now exist to quantify and better understand epidemiological risk, to define and analyse farming systems and the factors which constrain their productivity, to measure the socio-economic and environmental impact of tsetse control. They do not, however, provide a magic or even easy solution to the problems of trypanosomiasis.

26. To focus computer technologies on trypanosomiasis problems and develop operational skills in Africa will require a concerted international effort. It will initially require international research institutions such as ILRAD, Oxford University, CIRAD and NRI to develop systems in collaboration with national institutions and control authorities and eventually to transfer these to in-country users. It will require these users to be equipped with the hardware, software and skills. It will require adequate funding and skilful coordination. Specific research in the fields of environmental science, data management and socio-economics will need to be instigated or expanded with training for senior managers in similar fields plus training for technicians to create and manage the systems. This training will probably be in addition to that already carried out in support of tsetse and trypanosomiasis control.

27. FAO have the mandate to coordinate trypanosomiasis research and control. If the Animal Production and Health Division is to promote a systematic approach to tsetse and trypanosomiasis control it will need to improve its own data management system and develop the capability to provide guidance to the member states. This will require dedicated technical staff.

28. An international programme of this magnitude will not succeed without adequate financial support and FAO should begin by submitting a costed proposal to donors, particularly those institutions represented on the Coordinating Group e.g. the EC, UNDP and World Bank.

29. Technical support should be provided by a committee of international research institutions, under the chairmanship of FAO. This should assess data management systems, the current state of remote sensing and GIS research relating to tsetse/trypanosomiasis and identify specific research and training requirements. This committee should then provide technical back-stopping for the programme. UNDP might be approached as an appropriate source of funding.

**(b) National/regional considerations:**

*In-country data management and regional data exchange to understand farming systems and the role of tsetse/trypanosomiasis control in land-use planning.*

30. In-country data management and regional data exchange can also provide a firm platform for sustainable tsetse and trypanosomiasis control.

31. Data management at this level differs, but is complementary to that described in (a) above, in that it is more concerned with understanding specific farming system dynamics, previous control activities and, where applicable, why they failed. Veterinary departments throughout Africa already collect this data but it is kept in many disparate forms, usually printed reports and maps. Unfortunately the amount of data collected is inversely proportional to its usefulness if it is not readily accessible. Computerisation of veterinary department records and the use of systems such as GIS would again enable control authorities to utilise information in a much more constructive manner and develop sound, repeatable strategies.

32. Standardisation would enable national authorities to exchange data and would greatly facilitate regional collaboration. Programmes such as the RTTCP were instigated for this very reason.

33. Efforts should be made to raise the computer literacy and improve the data management of veterinary departments throughout Africa. National or regional research and training will again require additional inputs to specifically address this objective. Socio-economics research is particularly pertinent to increasing agricultural production, senior staff will need to understand the system and utilise the outputs, technicians will need to be trained to manage the systems.

34. The responsibility for developing veterinary 'epidemiology units' ultimately lies with national authorities but bi-lateral and multi-lateral donors will inevitably be more inclined to support if these help to (a) define the full economic cost of trypanosomiasis and (b) formulate realistic multi-disciplinary control strategies.

35. Dissemination would be greatly improved if these computerised data could be collected, analysed and redistributed by a central coordinating body; again this should ideally be FAO/AGAH. Regional programmes might also be encouraged to give higher priority to data management and to become more closely aligned with the Expert Panel and Commission recommendations through a second committee of major or regional operational control programme representatives. This would advise on regional management and strategic planning at a technical level.

36. Regional tsetse and trypanosomiasis control programmes currently obtain most support from the EC and, in the southern Africa (RTTCP) programme at least, the EC strongly emphasises land use and rural development. The EC might therefore be approached to fund this technical committee.

**(c) Operational considerations:**

37. Computerised techniques and a systematic approach will increase our understanding of trypanosomiasis, how it effects land use and how its control can be integrated into strategies aimed more broadly at increased agricultural production. Ultimately this 'control' still depends upon the techniques used and as discussed above these are not working too well. In practical terms there is a need to pre-empt declining interest in odour bait technologies which continue to proliferate without significant lasting success, to rejuvenate established chemical control methods which have become prematurely redundant, to improve the efficiency of chemotherapy in the face of increasing drug resistance and little hope of replacements.

38. Recommendations aimed at improving this particular situation include making better use of established methods through adaptive research, aiming for control rather than eradication, involving the local community.

*(i) The use of realistic, achievable control objectives based on established control techniques,*

39. Land use plans are designed to increase productivity by making the best use of the resource available, improving agricultural practices, putting marginal lands to good use etc.. Social, economic and environmental awareness is essential if the outputs from these activities are to be sustained. The balance that has to be achieved is that the total cost of alleviating constraints to production (including trypanosomiasis and indirect costs resulting from any negative impact of its control) does not exceed the beneficial value. This should dictate the expenditure on trypanosomiasis control and it probably does where the system is self sustaining; perhaps depending on chemotherapy or trypanotolerant animals. This has seldom been the case where there has been government or international intervention to control tsetse flies.

40. Most large scale tsetse control operations have tended to aim for eradication which is understandable if this is considered an end in itself but eradication is difficult to achieve with any certainty with any single technique (*Allsopp 1992*). If the disease is accepted as one of many constraints to agricultural production and its control consequently integrated with other disease controls, improved livestock nutrition, crop protection etc. i.e. as part of a land use plan, then eradication need not be the aim.

41. The cost of virtually all tsetse control methods could be significantly reduced if designed to reduce rather than eradicate tsetse populations. SAT, odour bait technologies and cattle dipping are especially well suited for limited control rather than eradication; particularly if used in a truly integrated way. Aerial spraying has effectively been discarded, largely on the grounds of expense, despite its capability to reduce tsetse populations to the verge of extinction within three months. The known capabilities of these techniques could be used with much greater certainty if not aimed at eradication.

42. It can be argued that if targets work why bother with SAT in the first place. This argument holds if they do work and fairly quickly. The same argument could also apply to SIT where the high cost of rearing colonies of sterile flies is defrayed by knocking down the

tsetse population by SAT. The determining factor of any such combined approach is the total cost, over whatever period of time it takes to achieve the objective. Economic analysis is therefore clearly important.

43. The point here is not to compare the merits of the various techniques; they all have their advantages and disadvantages. It is to highlight the potential value of combining proven techniques in a synergistic manner and with the ultimate objective of achieving a level of control which ceases to be a major constraint. If the result is increased agricultural production, the recurrent cost could be absorbed accordingly, perhaps as a local community expenditure.

44. This approach would require field testing. It would probably involve a government or institutional input if ground or aerial spraying were used to make the initial reduction; although this could be undertaken by the private sector. Local community management of the 'mopping up' or containment could be encouraged. It would need to be carefully evaluated with particular emphasis on social and economic monitoring. It would require a considerable amount of organisation in this trial stage and would perhaps be most appropriate where a large, flexible control programme is already underway. The Busoga area of Uganda or Kabwe area of Zambia would be ideal sites for such a trial.

45. The acid test of such an approach is whether it can ultimately be maintained, either partially or fully, from the production system's own resources i.e. by the local community.

*(ii) The role of the private sector in tsetse/trypanosomiasis control.*

46. Community participation is perhaps a misnomer. It tends to refer to relatively small trapping operations managed at the farmer or village level. What actually need to be considered is how (or if) responsibility for tsetse and trypanosomiasis control can be switched partially or wholly from government or donor support to the private sector. In this context the private sector includes resource poor farmers on communal farming lands, commercial farmers and private industry which does, or would like to, provide a control service.

47. In the long term, sustainable agricultural production will depend on the stability and effective use of resources in production systems. FAO and WHO mounted a major operational research programme on trypanosomiasis in the Lambwe Valley in the 1970s. Since then there have been numerous other efforts, using a variety of techniques, to eliminate the disease from this relatively small area but it still exists. GTZ supported years of helicopter spraying in Cameroun, they no longer do and tsetse have returned. Zimbabwe has 70,000 targets deployed as their first line of defence to protect areas cleared of tsetse after years of successful chemical control. The government run operation is currently dependent on EC support and even with this combined effort, tsetse are slowly filtering back.

48. Perhaps the most important policy change needed in trypanosomiasis infested Africa is to transfer the responsibility for control from government to the private sector. There will always be a government role and inputs from international donors will always be valued but sustainable agricultural production and trypanosomiasis control should not remain for ever depend on either.

49. Clearly this is not a short term objective nor is it likely or essential that it be adopted universally but based on sound economics, epidemiological understanding and land use practice *i.e.* based on the results of (a) and (b) above it is a realistic long term policy.

50. Countries wishing to promote private sector involvement in trypanosomiasis control could be encouraged to register their interest in an international 'restructuring' programme. which should again be coordinated by FAO, and which the World Bank could perhaps be persuaded to support.

51. The programme would involve the identification of veterinary and tsetse control practices currently within the public sector which are appropriate for privatisation; with particular emphasis on the residual role of public sector institutions and how these should be strengthened. The concept of privatisation and its socio-economic implications would need to be clearly defined, evaluated and aligned with individual government policies. Specific research and training could then be targeted at different intervention levels. Thus social scientists would play a greater role in developing farmer participation and extension workers should be trained to support communal and commercial farmers. Trainers would need to be trained. Technical and probably financial inputs would be required to help the private sector develop an operational control capability.

52. A third committee with a strong social science and economics flavour might usefully advise FAO and government policy makers on privatisation, cost recovery schemes, appropriate institutional strengthening, farmer participation etc.. This committee would initially help FAO define a programme perhaps entitled 'private sector development of sustainable agriculture in marginal, tsetse infested, areas'. It would again provide back-stopping support should the programme attract support and be put into implementation.



## REFERENCES

- Allsopp R (1992) Current trends and future prospects for tsetse control. *Pesticide Outlook* (3): 17-24
- Alsop N J (1993) A review of recent approaches to sustainable tsetse control and an analysis of the potential of modern techniques for large scale use. FAO Panel of Experts, Rome Dec 1993. 18pp
- d'Ieteren G D M and Trail J C M (1988) An overview of the African Trypanotolerant Livestock Network. In Proceedings of a meeting of the African Trypanotolerant Livestock Network, Nairobi November 1987. ILCA/ILRAD 473pp.
- Douthwaite R J (1992) Non target effects of insecticides used in tsetse control operations. *World Animal Review* 70-71: 8-14
- Douthwaite R J and Tingle C C J (eds) (In press) DDT in the tropics: the impact on wildlife in Zimbabwe of ground spraying for tsetse fly control. Natural Resources Institute, Chatham.
- Laveissiere C and Meda H H (1992) La lutte par piégeage contre la maladie du sommeil; pas aussi simple que l'on croit! *Annals de la Société Belge de Médecine tropicale*, 72 (suppl 1): 57-6&
- Lee C W and Torr S J (1988) Prospects for an integrated approach to tsetse control. Nineteenth Meeting of the International Scientific Council for Trypanosomiasis Research and Control, TOGO 1987. OAU/STRC, Nairobi. Publication no. 114 pp 485-492
- Locks C (1993) For a few dollars more. *The Guardian*. 20 October 1993
- Mulder J (1989) Control of tsetse fly in Africa and the environment. *Courier* No 115 u 12
- Murray M, Stear M J, Trail J C M, d'Ieteren G D M, Agyemang K and Dwinger R H (1991) Trypanosomiasis in cattle; prospects for control. In Owen J B and Axford R F E Breeding for disease resistance in farm animals; pp.203-223. Proceedings of a symposium, Bangor, UK 13-14 September 1990. CAB International 499pp.
- Murray M and Trail J C M (1983) Trypanotolerance today and tomorrow. *Kenya Veterinarian* 7(2): 22-23
- Rogers D J and Randolph S E (1986) The distribution and abundance of tsetse flies (*Glossina spp.*) *Journal of Animal Ecology* 5: 1007-1025

Scientific Environmental Monitoring Group (SEMG) (1993) Environmental monitoring of tsetse control operations in Zambia and Zimbabwe; Impact of aerial spraying and odourbaited targets on ecosystems. Report 1987-1990. Regional Tsetse and trypanosomiasis Control Programme, Malawi, Mozambique, Zambia and Zimbabwe, Harare.

Wall R and Langley P (1991) From behaviour to control; the development of trap and target techniques for tsetse fly population management. *Agricultural Zoology Reviews* 4: 137-159

**PROCEDURES OPERATIONNELLES POUR LA LUTTE CONTRE LA MOUCHE  
TSE-TSE ET LA TRYPANOSOMIASE ANIMALE AFRICAINE; REVUE DES  
ACTIVITES ACTUELLES ET DES BESOINS FUTURS, Y INCLUS  
LA RECHERCHE ET LA FORMATION**

**RESUME**

**R. Allsopp**

Les méthodes courantes pour contrôler la trypanosomose et les mouches tsé-tsé sont passées en revue. Elles n'ont pas permis d'éliminer la maladie ou de réduire la distribution des tsé-tsé.

Les recommandations de la commission, du groupe d'experts et du groupe de coordination inter-secrétariat des trypanosomoses animales africaines (1991) sont résumées. Le thème, production agricole viable et contrôle des tsé-tsé, est fréquemment évoqué. Le rôle de la FAO dans la coordination des opérations de contrôle de la trypanosomose et des mouches tsé-tsé est souligné.

Des considérations pratiques ayant trait à l'application de ces recommandations sont discutées. L'informatisation du traitement des données aux niveaux stratégique et régional est envisagée comme un moyen de définir le risque épidémiologique et la contrainte à l'utilisation des terres que représente la trypanosomose. Les implications pratiques liées au choix du contrôle des populations de tsé-tsé plutôt qu'à leur éradication, ainsi que le rôle du secteur privé sont discutées.

**A REVIEW OF RECENT APPROACHES TO SUSTAINABLE CONTROL  
AND AN ANALYSIS OF THE POTENTIAL OF MODERN TECHNIQUES  
FOR LARGE SCALE USE**

**N.J. Alsop**

**SUMMARY**

The problems encountered with previous tsetse and trypanosomiasis control strategies are discussed. In an effort to ensure long-term sustainability of future programmes in a perhaps more difficult funding climate, there is currently an on-going reappraisal of tactics. The concerns of donors have encouraged a more analytical approach to the problem and are also helping to ensure that a much wider view is taken of trypanosomiasis control within rural development as a whole.

The options of localised eradication as opposed to long-term control are discussed. In view of the acute shortage of national funding for the foreseeable future, and the donors' reluctance to support open-ended, long-term recurrent control projects, attention is being focussed on possible community involvement to help ensure sustainability of any control measures: the possible limitations of this approach are discussed.

The various control/eradication techniques presently available are discussed as to their relative merits and drawbacks, especially with reference to their potential for large-scale use and amenability for community participation. A fully analysed approach to the use of these various techniques should lead to a policy of using integrated techniques in any large-scale programme. Co-ordinated regional intervention programmes are to be encouraged as a more credible approach to the problem.

**1. RECENT APPROACHES TO CONTROL**

Over the last 30 years or so, policies for the control of animal trypanosomiasis have relied largely on the use of drugs and in certain situations, the use of insecticides in programmes to control or locally eradicate the vector, the tsetse fly.

Control of trypanosomiasis through the use of drugs has been mainly by therapy: although prophylaxis has been used to protect livestock under low to medium challenge, it has usually been restricted to commercial enterprises where there is regular take-off and income generation. In the traditional livestock sector, there has rarely been sufficient income available to enable the owners to even consider regular prophylaxis. In general, the supply of drugs has often been intermittent, mainly through inadequate funding (where Government has been the supply intermediary) or lack of foreign exchange (for both Government and private sector supply). This has led to the mismanagement of the drugs concerned with the consequent

development of resistant trypanosomes. This has been of particular concern because of the limited range of drugs available. Also the drugs have been applied often in a haphazard way, rarely following the regimes or dosage rates recommended.

In addition, because of a lack of equipment, reagents or qualified staff, little is attempted in the form of trypanosomiasis diagnosis and monitoring which are essential prerequisites to the effective planning and implementation of prophylactic and therapeutic regimes. The resultant lack of adequate information on trypanosomiasis distribution and incidence also greatly complicates the planning and economic justification of control campaigns.

However, in many countries, such drug reliance has, of necessity, been the basis of their trypanosomiasis control, mainly due to inadequate funding precluding the introduction of any vector control measures. Certainly this has been the situation in most of West and East Africa.

In much of the humid and subhumid zones of Central and West Africa, there has been the exploitation of the N'Dama and West African Shorthorn trypanotolerant breeds of cattle. However, it has to be stressed that they are tolerant only and succumb to the disease under high challenge or physiological stress.

Aggressive vector control, mainly through the use of insecticides, has been possible in some areas and countries, where Government funding has been available. This has often been as a response to deteriorating disease or expanding fly situations. Thus much of the tsetse control in Uganda has been to control Sleeping Sickness epidemics. In the subhumid and semi-arid parts of southern Africa, such vector operations were largely in response to a rapidly expanding flybelt situation. Following the rinderpest panzootic at the turn of the century, when wildlife populations were severely reduced and major fly recessions occurred in their overall distribution, there was substantial settlement of these newly 'cleared' areas by both commercial and traditional farmers. As the game and fly recovered, these areas steadily came under threat. Barriers were instituted to contain these advances and some attempts made to reverse this reinvasion, largely using ground and, in later years, aerial spraying.

However, the technical difficulties and expense associated with the construction and maintenance of the barriers which were not totally effective, and the advent of new control technologies, subsequently led to a reappraisal of tactics.

## **2. PAST EFFORTS AT SUSTAINABILITY OF PROGRAMMES**

Until recently, most of the tsetse and trypanosomiasis control efforts were based on any particular Government's ability to self-finance such work. It also depended of course on the relative importance Governments paid to this problem, based on their appreciation of its constraints. The relative importance of the livestock industry to the economy and social structure of the country influenced funding levels, as obviously did any human Sleeping Sickness epidemics or threatening fly advances.

Zimbabwe, Zambia, Botswana, Nigeria, Cameroon and Uganda are perhaps the main countries which have been fortunate enough in the past to have had both the adequate resources and the responsive governments, to have enabled them to adopt an aggressive approach to vector control. Several had large eradication programmes to push back or even eliminate fly belts. Nigeria cleared fly from over some 200,000 km<sup>2</sup> of the north of the country and Cameroon opened up some 30,000 km<sup>2</sup> of the Adamoua highlands for livestock use. Zimbabwe, after consolidating its barriers to the fly advances, embarked on eradication programmes to eliminate fly from the country and, over many years, substantial progress was made.

The sustainability of such programmes was considered to be ensured by the foreseen funding continuation, enabling these governments to carry on pushing back fly belts, using their well-established and experienced field organisations. The on-going nature of the programmes was rarely doubted and the rationale that complete eradication, as opposed to recurrent, containing control measures, was a more cost-effective approach was rarely, if ever, questioned. Also tsetse eradication was seen almost as an end in itself and little attention paid to land use and other government development priorities in terms of area potential.

However, in recent times, this approach has had to be reviewed as state funding has steadily been eroded, and in some countries, e.g. Nigeria, vector control is now very limited. Others have been luckier and have managed to attract sufficient donor assistance, e.g. Cameroon and the Regional Tsetse and Trypanosomiasis Control Programme (RTTCP) countries of southern Africa, to enable them to carry on with their control/eradication programmes.

This, now almost total, reliance on donor funding, together with the new technologies available, has forced a reappraisal of objectives and strategies.

### **3. DONOR-ASSISTED PROJECTS**

At present only the occasional country, e.g. Botswana, is able to self-finance its active tsetse control measures. In some cases, others are able to fund the supply of trypanocidal drugs to some extent. Otherwise, they have to look to donors for funding and this has implications for any future strategy likely to be employed.

#### **3.1 Development of Policy**

Tsetse and trypanosomiasis control has, in the past, been a difficult field into which to attract donors. This reluctance to become involved in large scale programmes has been partly due to donors' doubts about the real cost/benefit ratios from active vector intervention and also in recent years to worries of an environmental nature: in some minds, tsetse have been seen as 'the saviour of Africa', protecting supposedly-pristine areas from over settlement and subsequent land degradation. The heavy reliance on insecticides of most control methods in use in recent years has also given cause for environmental alarm, albeit much of it being of an emotional nature.

Numerous environmental studies have helped to allay most of these worries, with side-effects being shown to be largely of a limited and transient nature. Also some cost/benefit exercises have been carried out to demonstrate that, at least in some situations, active tsetse control intervention is worthwhile. In addition, there has been a growing awareness that by doing no tsetse control, we will not save those 'pristine' parts of Africa for posterity: as human populations have increased dramatically in Africa, we have seen that these demographic pressures have been forcing people into fly areas, in search of land on which to support their families. Thus these 'pristine' areas are being steadily settled with virtually no land use planning or other controls. There is developing therefore an understanding amongst trypanosomiasis control workers and donors that planned tsetse control with controlled settlement does at least offer some hope of sustainable good land use.

With these developments, it has recently been possible to attract donors into this field. However, the wider implications of tsetse and trypanosomiasis control are now taken into consideration, with land use and environmental monitoring incorporated into any large scale project. Nowadays, tsetse and trypanosomiasis is rightly seen as only a part of rural development and efforts are made to incorporate it with all the other development factors. Also, although in many areas trypanosomiasis is the major disease constraint in the livestock industry, it is seen as only part of the total disease complex.

Donor project assistance has steadily expanded over the last 10 - 15 years. In many instances, it came in to assist short-falls in the financing of already established programmes. For example, the programme set up to eliminate fly from the Adamoua highlands in Cameroon ran in the early years with joint funding from the Cameroon Government, GTZ/German aid and World Bank. In the 1980's, the GTZ funding ceased and, later the Cameroon Government could hardly even fund staff pay. Thus World Bank, who in earlier times had only financed the purchase of insecticides for the helicopter spraying, were being asked to cover virtually the whole budget. In recent years, this funding has been intermittent and this has proved very serious for the programme. The long-term plan had been to clear the major part of the highlands (some 30,000 km<sup>2</sup>) and then protect the vulnerable reinvasion perimeters with a barrier. Unfortunately when funding became intermittent, the eradication programme had not reached the proposed barriers. As a result, for example, the whole spraying operation for the 1991/92 season (covering some 3,850 km<sup>2</sup>) did no more than recover the ground lost to reinvasion over the previous 2 seasons when lack of funds had precluded any spraying. This is obviously very poor use of funds and strongly indicates the necessity for continuous ensured funding to reach agreed project objectives. Without such continuity of funding, it is impossible to plan operations, there is poor use of the funds, and the whole credibility of the project is questioned. Staff morale also becomes very low.

Such cases will hopefully encourage donors to realise that if they propose getting into this field, involving either large scale eradication or control programmes, long term financial support is essential. It is difficult to see the economies of most African countries growing at such a rate in the foreseeable future that they will be able to take over the financing of such programmes themselves.

The GTZ tsetse control programme in Cote d'Ivoire started in 1978, chiefly using German (KFW) aid. It was designed basically to reduce trypanosomiasis challenge throughout much of the savanna regions and encourage the transhumant herds of Zebu to settle in these regions, thereby reducing reliance on imported beef (85% imported in 1978). The area covered by insecticide-impregnated traps, chiefly in use against the riverine species *G. palpalis* and *G. tachinoides* is now some 60,000 km<sup>2</sup>, running from the Burkina Faso border southwards to below Yamoussoukro. The campaign has been very successful with fly populations rapidly reduced by about 98% and trypanosomiasis incidence down typically from about 25 % to 3%. Costs are estimated at only about 25 US\$/km<sup>2</sup>/year. However to date, all costs were covered by the project. There is now a realisation that the donor either has to take over recurrent funding permanently or find a way of cost recovery, e.g. by trying to get the cattle owners to pay. We will return to this aspect later.

It is becoming apparent that donors do not want to become involved in long-term, open-ended, recurrent budget financing of this sort. They appear to be willing to finance the initial investigations, and the development and setting up of techniques and strategies, but these will have to be designed to be self-financing in the future, with either cost recovery from the farmers and/or community involvement. Otherwise it is difficult to contemplate, in the foreseeable economic climate in Africa, how such schemes can be made sustainable.

The E.E.C. has agreed to fund the second phase of the Regional Tsetse and Trypanosomiasis Control Programme in southern Africa. This originally had a very aggressive strategy to eliminate an entire fly belt common to Zimbabwe, Zambia, Malawi and Mozambique: this was considered to be a more cost-effective long term solution to the problem, as difficulties and expenses had risen in the previous policy of protecting areas with established livestock and agricultural production systems from advancing fly. Substantial territorial progress was made in the first phase, but, due apparently to the subsequent discovery by more sensitive sampling techniques of some surviving pockets of fly in areas presumed clear and also because of worries that the tsetse clearance was getting ahead of any land use plans, the review team advocated a slowing down and consolidation period for Phase 2. There must be concern that this might be a sign also that the donor perhaps cannot be relied upon to fund the original objectives to conclusion. There is therefore a further incentive to try to develop systems and strategies which are self-financing and/or community based within the overall strategy. This is likely to be limited as many areas at present have minimal human settlement.

### 3.2 National and Regional Approaches

In the past, some countries have developed national strategies for trypanosomiasis control. These evolve as national priorities change and finances allow. Other governments have had virtually no possibility to fund any such control measures and here there is little incentive to develop any strategy to fit within their general disease and development policy: there is often a piecemeal approach based on locally perceived crises. A national strategy is important if the country wishes to attract donor funds. It is also necessary to avoid unwarranted and perhaps unjustified waste of scarce resources.



In countries where tsetse control activities have been substantial in the past and eradication programmes approach national borders, there comes a realisation that unless the neighbouring country is carrying out a parallel policy, then in the future, large amounts will have to be spent protecting the border areas from reinvasion. The Regional Tsetse and Trypanosomiasis Control Programme in southern Africa has developed out of such a situation. A regional multi-disciplinary approach to a common disease problem is a rational development and is to be encouraged, as there are many advantages: it improves the chances of attracting donor funds and leads to a more efficient use of staff, experience and resources.

#### **4. TSETSE ERADICATION OR CONTROL AS AN OBJECTIVE**

##### **4.1 Eradication**

In the past, the trypanosomiasis control policies of many national control organisations have placed emphasis on eradication and notable successes have been achieved, mainly through the use of ground and aerial application of insecticides, in several countries such as Zimbabwe, Zambia, Botswana, Uganda, Nigeria and Cameroon. However the success of this approach has depended on two main factors :

- the ability of the control organisations concerned to effectively mount logistically complex and expensive eradication operations;
- the ability to consolidate the areas cleared against reinvasion.

The high costs and complexity of the operations have meant that in virtually every instance, any on-going eradication programmes have recently proved beyond the capacity of national organisations to sustain them without extensive technical and financial support by donors.

The second problem has been the inability of control organisations to protect cleared areas against reinvasion, due to technical difficulties and inadequate finance for barrier maintenance.

In essence, the technical and financial problems experienced by control organisations have meant that while eradication appears to be a superficially attractive option in that it implies a once and for all solution to the problem, this has rarely proved to be the case. These considerations mean that, in cost terms, an eradication strategy is likely to be most attractive when employed against discrete, isolated tsetse populations occupying limited areas or where the presence of substantial natural barriers such as lakes, mountains or areas of intense agricultural settlement limit the extent of any artificial barrier. Financial continuity must be ensured before embarking on such a programme.

## 4.2. Control or Suppression

The success of this alternative depends largely on whether it is technically achievable, whether it can be achieved at a reasonable recurrent cost and whether the control operations can be made sustainable.

Most of the current tsetse control techniques can achieve significant reductions in tsetse density and could in theory be used: we will discuss their individual and integrated potential later.

As regards to whether it can be achieved at reasonable cost, any fly reduction must translate itself into a concomitant reduction in trypanosomiasis challenge and the benefits ensuing to the affected communities as a result of this reduction must exceed the cost incurred.

Concerning the benefits; ultimately these will depend on:

- the extent that a reduction in trypanosomiasis challenge translates into improved health and productivity of affected livestock populations;
- the extent that the opportunities presented for the development of more efficient and profitable systems of livestock keeping are taken up by the rural community concerned;
- in certain situations, also the extent of the reduction in the risk of human sleeping sickness in endemic areas and of the ensuing benefits to the health and well-being of the human population at risk.

Control or suppression implies continuous, recurrent financial and labour commitments. If it is to be feasible in most countries in the foreseeable future, these commitments will have to be borne very largely by the local communities. Either they must pay directly for the work being carried out by the governmental control department or they must purchase and employ the technologies themselves, perhaps with some limited governmental extension service support.

## 5. POSSIBLE COMMUNITY INVOLVEMENT IN CONTROL ACTIVITIES

If it is considered that most African governments will not in the foreseeable future be able to fund sustainable tsetse control operations and that donors are only likely to fund the investigation, development and setting up of strategies (as opposed to recurrent funding of on-going programmes), then the implication is that the responsibility for the physical implementation of vector suppression operations and for the financing of the necessary inputs would fall largely on the rural community.

How realistic is this approach and what are likely to be the deciding factors for possible success?

If an approach based on community involvement is to succeed, however, various criteria will need to be fulfilled:

- the methodology employed will need to be simple and easily understood by the participants;
- the inputs involved should be cheap and preferably obtainable locally or from within the country concerned. It will be necessary to avoid as much as possible the importation of foreign goods, with their foreign exchange implications;
- the community must have the ability to organise and sustain the implementation of the control activities. It will need the active cooperation of whole village communities over a long time as individuals acting in isolation are unlikely to achieve any significant suppression of the vector. In sparsely settled areas with few livestock-owning villagers, the individuals concerned will probably benefit greater from relying on drug therapy: here the owners receive the direct benefit in the improved health and productivity of their own livestock.

There are certain conditions where it is considered that such an approach has a better chance of success:-

- In areas where tsetse and trypanosomiasis challenges are high and into which grazing pressures elsewhere have by necessity pushed livestock;
- where very stable communities, used to carrying out self-help schemes, exist.

Where livestock numbers are high and serious constraints from trypanosomiasis exist (deaths, abortions, low calving rates, low weight gain, etc.), the benefits in return for expenditure on tsetse control are likely to be more immediate and substantial, and act as a further stimulus to the livestock owners. In settled areas, land use practices are usually well established and although there is little legally-based land tenure in Africa, communities regard their occupation as long-established 'rights'. Mixed farming or agro-pastoral systems may present the most promising situations: they have established residents, with an interest in the long-term productivity of 'their' land, who often work hand-in-hand together with neighbours. They are likely to benefit two-fold;-

- firstly through the direct benefit to the health and productivity of their livestock, and
- secondly through improved crop production and increased acreage through increased draught oxen power.

Much of this is supposition as we have at present little past experience to go on. It is a considered priority for donor-financed programmes to investigate the feasibility of the various techniques (either alone or as an integrated approach) and strategies. It is likely that we can only go so far down this road and there will be many situations where communities are unwilling to cooperate and/or pay, for a variety of reasons. For example, in many poor countries, the consumption of livestock products is actually falling due to the poor general economic situation meaning that the general public cannot afford to buy meat: if there are only pastoral farmers, there may be little take-off from the herds and no cash will come to the livestock owner to allow him to fund tsetse control activities. There are many disease and socio-economic situations to be explored before we find the limits of possible community involvement: it will also be of a slowly evolving, dynamic nature.

It is imperative that these limits are found as there are bound to be many situations where such an approach will not work, for a variety of reasons. In these situations, where demographic pressure in the country is high and good land potential can be demonstrated, there will certainly remain a case for donor-assisted programmes to 'open up' such areas at 'government' expense, to be followed by controlled settlement with sustainable land use practices.

It would be wrong to give donors the impression that community-based tsetse control is likely to be the complete answer to Africa's long-term trypanosomiasis control and subsequent sustainable land use problems. The sooner this can be established, the better.

## **6. ANALYSIS OF THE POTENTIAL OF MODERN TECHNIQUES FOR TSETSE AND TRYPANOSOMIASIS CONTROL**

The following section is a brief review of the different techniques and options currently in use for trypanosomiasis control, with particular reference as to their suitability for control and/or eradication, amenability to community participation, suitability for large scale use and a general appraisal of their advantages and disadvantages.

### **6.1 Parasite Control**

Drug therapy has had to have been in the past the main control activity in many countries, due to a lack of government funding and vector control infrastructures. Although this has been partially effective, there have been problems of drug resistance, due to drug mismanagement: this is of particular concern as there are few drugs available and this situation is unlikely to change in the foreseeable future. Also a lack of reliable information on the true extent of the problem has not helped in the planning of a national campaign or even the economic justification for it. Drug supplies are usually erratic and 'revolving funds' to resolve this have usually ended in failure, as difficulties in recovering monies steadily exhaust the fund. In an effort to improve availability and under some donor pressure, there are currently movements in some countries to hand over trypanocidal drug distribution and sales to the private sector.

Drug prophylaxis should only be considered where a proper drug management system can be established and maintained: this is usually only on large farms and commercial ranches where productivity gains and regular take-off justify such intervention on economic grounds.

## 6.2 Trypanotolerant Livestock

Most indigenous livestock breeds exhibit a degree of trypanotolerance when compared to the exotics, the trait is particularly pronounced in the N'dama and West African Shorthorn stocks of West and Central Africa.

Although there is a clear potential for the use of such breeds in the humid agro-ecological areas where they have evolved and to which they are adapted, it must be borne in mind that these animals are tolerant only and succumb to trypanosomiasis under high challenge or physiological stress, caused for example by poor grazing under drought conditions. They are probably unsuited to the more arid conditions. Also in these latter areas where the priorities are for high milk production and larger draught animals, owners show a strong preference for the Zebu types, which are considerably more trypanosomiasis-susceptible.

Further within-population selection and possible genetic conferring of trypanotolerance in the N'dama and shorthorn breeds to other breeds may in the long term future lead to a wider use of this trypanotolerant trait.

## 6.3 Vector Control

### 6.3.1 Ground Spraying

This technique has formed the backbone of most of the large scale tsetse control efforts from the 1950's into the late 1980's, mainly using DDT or Dieldrin as a single residual deposit on restricted dry season fly habitat. It was the basis of most of the early programmes in, for example, Zimbabwe, Zambia, Nigeria and Uganda.

To minimise the area likely to be lost in the subsequent rainy season through reinvasion, as large an area as possible was treated each dry season, using very large, well-trained and disciplined field teams. If the percentage of the total area needing to be actually sprayed (usually known as % discrimination) could be kept to a low level (usually below 15%), costs were acceptable and, if supervision was good, efficiency in terms of area eradicated as a proportion of total area treated was good. It was seen as a tool to achieve localised eradication as part of ongoing schemes to push back fly belts. Occasionally ground spraying was used as a control tool to support barriers or to reduce fly challenge in human sleeping sickness endemic areas.

In recent years, the use of ground spraying has declined to very minimal levels, for a variety of reasons:-

- environmental pressures against the use of DDT or Dieldrin, particularly in donor-financed programmes. This was in spite of the fact that only limited parts of the total habitat were treated and side-effects studies showing non-target effects to be largely minimal and transient. Also, the safer synthetic pyrethroid insecticide alternatives push up costs considerably;
- appearance on the scene of more environmentally acceptable, and perhaps simpler and cheaper methods such as the use of tsetse traps and targets;
- decline in the size and organisational ability of national control organisations, due in part to financial restrictions and in part to declining levels of supervision.

The technique remains a suitable option for eradication of *morsitans* and *palpalis* group flies in drier savanna habitats. It is too expensive and requires too much organisation for it to be considered as a control tool, inferring several repeated treatments every year: other alternatives such as traps and targets are superior for this purpose today.

It is not suitable for community-based programmes, mainly because of the technical supervision requirements, but also because of concerns as to the unsupervised use of insecticides.

Given these problems however, it may prove to have a use on a limited scale in the future in the mop-up of populations where, within any large scale eradication programme, for example traps and targets might be experiencing local difficulty. It is impossible to envisage the return to the large scale use seen in the past, in view of the required large, disciplined and organised teams necessary.

### 6.3.2 Aerial Spraying

#### 6.3.2.1 Helicopter Residual

This technique was used in the past in West Africa in programmes to eradicate the *palpalis* and *morsitans* groups of flies from the savanna and guinea zones of Nigeria and is still currently in use chiefly against *G.m. submorsitans* in the Adamoua highlands of Cameroon.

It basically involves applying a single residual deposit of a persistent insecticide to the more restricted, dry season habitat of the fly. This normally involves treatment of the riparian vegetation, using the helicopter downdraught to force the insecticide through the upper canopy.

The technique is more costly than most, even if percentage discrimination is kept below say 12%. Also the side-effects on non-target organisms are both more acute and longer lasting

than any of the other insecticidal techniques. These are the two main factors which have restricted its use and it is unlikely that it will be used any more extensively in the future.

Its one main advantage was that large areas could be effectively and quickly treated with the minimum requirement for trained local staff. For example, 4,000 km<sup>2</sup> could be treated with 2 helicopters in 3 - 4 months of dry season.

Its high cost meant that it could only be considered as an eradication tool: repeated control applications would be too expensive and too environmentally damaging. It is only for use in treating large areas, as setting-up charges for small areas would make costs even more prohibitive per km<sup>2</sup>. Obviously it is not a tool for community based control.

### 6.3.2.2 Sequential Aerosol Spraying

This classically involves the use of fixed-wing aircraft applying a sequence (usually 5 or 6 applications at 12 - 20 day intervals) of extremely low dosage, non-residual, insecticide as a fine aerosol.

It was extensively used over the last 25 years in eradication programmes against the *morsitans* group of flies in the savanna situations of southern and eastern Africa, although it has also been used against the *palpalis* group in West Africa, albeit less successfully.

Its main advantage was that large areas (normally 2,000 -6,000 km<sup>2</sup>) can be treated very quickly (3 months) with a minimal reliance on ground support workers. Also non-target side-effects were comparatively minimal and transient. Although quite expensive, costs were acceptable as long as 90-95% of the area treated was eradicated, with only limited retreatment being necessary.

It could mainly be used only over relatively flat terrain. Due to the relatively high cost, and setting-up organisation necessary, it is most suitable in large scale eradication programmes. It is not economical enough for repeated control treatments and not suitable for small areas or, of course, involvement in community based schemes.

It can have a part to play however in the rapid treatment of large areas in human sleeping sickness epidemics, where there is an urgent requirement for fly population reduction in order to rapidly reduce man/fly contact.

In all the previously mentioned insecticidal techniques, there is a question of sustainability. They must either be employed as part of an ongoing programme to progressively push fly limits back to finally eliminate an entire, discrete fly belt, or the cleared areas must be protected by natural or cheap, effective, man-made, sustainable barriers: the latter are difficult to achieve.

### 6.3.3 Sterile Insect Technique (SIT)

This technique is only justifiable if the objective is eradication and it can be achieved at reasonable cost. Its advantages of species-specificity and non-contaminating nature are in almost all circumstances outweighed by the high costs and considerable sterile insect production and release logistics.

At best, it could only be considered as a possible method for final mop-up of low density situations over relatively small areas, and even here, there are perhaps cheaper and quicker ways to achieve the same end in most situations.

### 6.3.4 Traps and Targets

The recent development of relatively efficient traps and targets, often enhanced with attractant odours, has opened up considerable possibilities for the control of many tsetse species in a wide variety of situations. These systems have of course also provided field workers with more sensitive sampling and survey tools.

The *palpalis* group is much less responsive to the range of synthetic odours developed than is the *morsitans* group. Even with this former group however, even the odourless traps and targets are sufficiently attractive to be an efficient tool for control. Occasionally the traps are used without insecticides, often with the members of the local community emptying the catching devices on a regular basis: this is seen as a good way of motivating the local community to help in the control activities in sleeping sickness situations.

More normally however, the traps and/or targets are used impregnated with a persistent insecticide, with reservicing every 2 - 3 months. Thus for example, Vavoua traps impregnated with insecticide are used in the animal trypanosomiasis control programme now covering some 60,000 km<sup>2</sup> of the savanna area of Côte d'Ivoire, mainly against the riverine species, *G. palpalis* and *G. tachinoides*. Here all the work and costs are borne by the project. However, whilst control activities in the same country against gambian sleeping sickness use the similar system of insecticide-impregnated traps (and targets), the local community is involved to the extent of looking after the devices and re-impregnating them.

As the *morsitans* group flies have a more widespread distribution throughout their savanna habitat, it has only been with the availability of the synthetic attractive odours, developed from animal breath and urine, that these trapping/killing devices have become relatively efficient. Cattle urine can be used as a cheap alternative to some of the synthetic odours: the latter are quite expensive but as they are only needed in small amounts distributed through a slow release system, their cost as part of the overall technology is not considered high. With a density of as low as only 4 per km<sup>2</sup>, these attractive devices impregnated with insecticide, have given excellent levels of control, and where the placement and density is adequate, even eradication. The odour-baited, insecticide-impregnated targets currently form the major control



basis of the Regional Tsetse and Trypanosomiasis Control Programme (RTTCP) in southern Africa. They also provide useful technology in providing reasonably effective, round-the-year barriers against possible reinvasion.

The potential advantages of these trap and target systems are well known. The technology is relatively simple and is certainly less environmentally polluting than the other insecticidal methods: they are largely target species specific.

As far as cost is concerned, they are the cheapest alternative if control on a recurrent basis is the chosen strategy. In the control strategy in the animal trypanosomiasis programme in north/central Côte d'Ivoire, the costs were given as about US\$ 25/km<sup>2</sup> or, perhaps more importantly, given the livestock density, less than the cost of a single curative Berenil injection per year. This was for a reduction in general traditional herd infection rates from about 25% to less than 3%. For the human sleeping sickness control in the same country, but where community participation is involved, costs were only about US \$ 100/km<sup>2</sup> in the first setting-up year, dropping thereafter to about \$25 per year.

Cost advantages in using such techniques over others for eradication are less clear. The final cost per km<sup>2</sup> depends largely on how quickly the system eradicates the fly. For example, earlier comparative costings for the targets in the RTTCP were given on the basis that the technique would eradicate in about a year. However, in reality, many of the areas have retained targets now for 3 or 4 years continuously without the stage being reached where they could safely be removed. In such cases, the accumulated cost per km<sup>2</sup> over this extended period of time needs to be taken into account when comparing cost-effectiveness with other methods of vector control.

There is no doubt that the trap/target methods are very good for small scale operations against the *palpalis* and *morsitans* groups of tsetse but for large scale use, there are some of the logistical demands as exist, for example, for the successful implementation of ground spraying. It is necessary to have a well-trained, well-motivated, disciplined field force under good supervision and with good pre-planning. This is especially important in eradication campaigns where cost-effectiveness relies on the rapid achievement of the eradication goal. If target siting and maintenance is sloppy, eradication will take much longer to achieve and unit area costs steadily mount.

Practical field problems do exist, with possible loss of targets through theft, damage from human, fire or animal sources, and, especially in riverine species control, loss of traps/targets through wash-away in the rainy season. All these factors vary from one situation to another. Some programmes suffer minimal theft whilst in others, e.g. Somalia, it was substantial. Even in countries where there have been few losses through theft over a long period, possible economic changes or other problems can result in sudden serious surges in theft, as has happened recently in the border areas of Zimbabwe and in Zambia.

Good and regular trap/target maintenance is essential to the effectiveness of the devices. If the grass around the devices is not kept down, they are less visible to the flies, and also if their movement in the wind is thus restricted, attractiveness is further impaired.

Reservicing makes up a large part of the overall cost. Earlier, sufficient insecticide deposit and odours were placed to remain effective for 3 months but recently, in an effort to reduce reservicing visits, successful trials have been carried out to see if sufficient insecticide and odour can be placed to last, for example, for a year. It must be pointed out however that this is only an option where previous experience has shown that theft or other damage is minimal in the area concerned: it is obviously of no help to visit targets after a year, only to find most of them stolen, perhaps many months previously.

A major advantage of such trap/target techniques is that, perhaps alone amongst the current vector control methods, they lend themselves to possible community participation. Whilst it has been shown that it is relatively easy to involve local communities in the labour and perhaps cost of any such system where human sleeping sickness is involved, it is far less clear how amenable such a strategy would be in controlling animal trypanosomiasis, particularly in the traditional livestock sector. Some minor programmes have started to look at this and, since the current donors wish to encourage this approach in an effort to develop self-financing, sustainable systems, it is imperative that every effort is made to see how far it is possible to go down this road.

There are bound to be limitations and it is important therefore that a flexible approach is maintained, to cater for all situations. In traditional livestock situations where the poor economy or traditional attitudes mean little take-off and therefore little ready cash, will the farmer be able to fund such activities?. Will the community as a whole be prepared to get involved? Will any activities be sustained? How much government extension support will be necessary to help set up and monitor such schemes?.

Such schemes perhaps have the best chance of success where:-

- communities are well established and settled and used to participating in communal self-help schemes. Mixed agro-pastoral farmers often have more incentive to look after their land and invest in it;
- trypanosomiasis challenge is high and losses directly attributable to the disease are considerable. This is happening more often as demographic pressures and increases in livestock numbers are causing overgrazing, thereby forcing cattle owners further into the fly belt edges in their search for pasture.

### 6.3.5 Insecticide Treated Livestock

This recently developed technology can be regarded as a modification of the target method whereby, instead of stationary traps or screens, insecticide-treated domestic animals, primarily cattle, can be used as attractive, moving targets.

The insecticides are applied by dipping or the use of individual "pour-on" applications.

The dipping of cattle, combined with the use of "pour-ons" where dips are not available/working, in areas of *G. pallidipes* and *G. morsitans* infestations in Zimbabwe has led to a very high degree of vector suppression and trypanosomiasis control. However, for it to have a good chance of success, it is considered necessary that:-

- domestic livestock must be present in the area in sufficient numbers;
- cattle must represent the overwhelming proportion of the host complex of the tsetse in the area;
- most of the cattle must be presented for treatment on a regular basis.

Very often, these criteria are only met on commercial ranches but can be present in traditional herd areas where regular and virtually free treatment ensures a high proportion of presentation for treatment: such was the situation in north-east Zimbabwe. Very often in such situations, there is already in existence a dipping infrastructure for control of tick-borne diseases.

The cost/benefit ratio of such an approach must be examined in any situation to see if it is worthwhile. It has to be more cost-effective than a chemoprophylaxis regime, although the latter is only considered an option in areas of relatively low disease challenge.

As regards to the possible successful use of this approach in community-based programmes of trypanosomiasis control, there is little experience to date. There is some evidence that, if cattle owners are asked to contribute (even only part-cost) towards the dipping of their livestock previously done free by government veterinary agencies, the numbers presented on a regular basis drops considerably. Although the individual cattle treated would benefit from some protection, this low-level presentation would be unlikely to have an appreciable long-term effect on the tsetse population.

In some countries, e.g. Burkina Faso, where there is no dipping infrastructure and drug supply is intermittent, efforts are being made to promote the "pour-on" application in some situations. Here settled agro-pastoralists have suffered grievous trypanosomiasis losses in the past and seem willing to invest in such a control strategy. They see the direct cost of the control measure directly applied to their own animal. However, it may be that for good control results,

such treatments may have to be backed up with the strategic placement of some traps or targets in areas of higher fly density. Again the various scenarios need to be investigated.

To achieve an effective degree of vector suppression, it will be necessary to find out, in the various situations, the proportion of animals that need to be treated and the treatment intervals required: extending treatment intervals as far as possible would obviously reduce annual costs, but some care needs to be taken here with regard to any possible deleterious effects on the enzootic stability of tick-borne diseases.

### 6.3.6 Integration of Various Methodologies

As has already been indicated, all the available control techniques have their advantages and disadvantages, and no single method is the best option in every situation. In any large-scale programme, it is a question of deciding whether eradication or control is the preferred approach and then deciding on the most cost-effective method, given the local infrastructure. In practice, there are many different situations requiring different methods and an integrated approach is necessary. This can mean using different techniques in adjacent areas or using two or more overlaid techniques in the same area, i.e. one to achieve the major suppression and a follow-up one to eliminate the residual population.

## 7. CONCLUSIONS

In view of the likely heavy reliance on donor funding in the foreseeable future, it is becoming even more important that the long-term viability of any proposed intervention programmes centred on tsetse and trypanosomiasis control is ensured as far as possible. This means thorough studies on land use, taking into account present practices and future area potential. All other disease and related development factors which have any bearing on this problem must be taken into consideration to ensure that it is part of a total rural development package. The long-term cost/benefit ratios of any such intervention actions must be positive.

When considering the opening up of 'new' areas, preliminary studies should help to identify priorities with regard to area potential.

In all situations, the option of eradication as opposed to recurrent control must be considered. Although eradication implies a one-off financial and technical commitment, it can prove difficult to achieve. The option of having to protect locally cleared areas from reinvasion by the use of man-made barriers needs particular strong analysis as such barriers are rarely complete or sustainable.

If the eradication option is chosen, then the degree of aggressiveness, in the use of the techniques chosen, can be important in overall cost-effectiveness and manpower requirements: if superficially more expensive techniques can achieve eradication quickly, they may be a better option than other methods which, though potentially cheaper, may prove more expensive if eradication takes longer than expected to achieve. It is important in any large-scale programme

to keep an open mind towards the whole range of techniques available, as varying situations are almost certainly going to require an integrated approach to the problem. Linked to this integrated approach should be progress towards coordinated regional programmes.

With regard to donor interests and general long-term sustainability, particularly of trypanosomiasis control (as opposed to eradication) strategies, it is imperative that we explore the full potential of community participation as soon as possible. Whilst there are likely to be some situations where the costs and implementation of such an approach can be totally borne by the community, in reality many situations are going to require ongoing government financial and technical back-up support. There are also likely to be situations where severe demographic pressures justify the opening up of unsettled areas with good land potential, and much of the initial cost of this is going to have to be borne by government and/or donor.

Careful planning and the choice of the right options will be crucially important in ensuring sustainability, both in terms of results achieved and funding support. Lack of financial continuity has perhaps been the main factor in the breakdown of past programmes, leading to a subsequent lack of credibility in some important quarters.

## EXAMEN DES METHODES APPLIQUEES JUSQU'A PRESENT ET UTILISATION POTENTIELLE DES TECHNIQUES MODERNES SUR GRANDE ECHELLE

N.J. Alsop

### RESUME

On examine ici les problèmes rencontrés jusqu'à présent lors de l'application des stratégies de lutte contre la mouche tsé-tsé et la trypanosomiase. Pour tenter d'assurer la durabilité à long terme des futurs programmes dans un climat financier qui risque d'être plus difficile, on réexamine actuellement les tactiques utilisées. Les inquiétudes des donateurs ont poussé à adopter une approche plus analytique du problème et à considérer la lutte contre la trypanosomiase sous un angle beaucoup plus vaste, en l'intégrant au développement rural dans son ensemble.

On envisage d'une part l'éradication localisée et de l'autre la lutte à long terme. Etant donné la terrible pénurie de crédits nationaux pour l'avenir immédiat et le refus des donateurs d'appuyer des projets à long terme, non ciblés et renouvelables, on étudie la possibilité d'associer les communautés pour assurer la durabilité des projets de lutte et l'on examine aussi les limites de cette approche.

On passe en revue les différentes techniques de lutte et d'éradication actuellement disponibles, leurs avantages et leurs inconvénients et notamment leur potentiel d'application sur grande échelle et les possibilités d'une participation communautaire. L'examen approfondi de l'application de ces différentes techniques aboutira à une politique d'utilisation de techniques intégrées pour tout programme de grande ampleur. Il faut encourager les programmes d'intervention régionaux coordonnés qui offrent une solution plus crédible au problème.

### 1. Méthodes récentes

Depuis une trentaine d'année la lutte contre la trypanosomiase animale repose sur l'emploi de médicaments et dans certains cas, d'insecticides dans le cadre de programmes de lutte ou d'éradication locale du vecteur qu'est la mouche tsé-tsé.

La lutte médicamenteuse a surtout été employée comme thérapie; une prophylaxie a parfois été appliquée pour protéger le bétail soumis à un risque faible à modéré, mais uniquement dans les entreprises commerciales productives où le renouvellement du cheptel est régulier. Les élevages traditionnels ne font pratiquement jamais assez de profits pour pouvoir payer une prophylaxie systématique. L'apport de médicaments est généralement irrégulier car le financement est insuffisant (dans le cas de fonds publics) et les devises font défaut (financement public et privé). A cause de cela les médicaments ont été employés à mauvais escient ce qui a provoqué le développement de trypanosomes résistants. Le problème est d'autant plus grave que la gamme de médicaments disponibles est limitée. De plus, les médicaments ont souvent été distribués de manière anarchique sans respecter ni la marche à suivre ni les doses recommandées.

Par ailleurs, le manque de matériel, de réactifs et de personnel qualifié empêche de progresser dans le diagnostic et le suivi de la trypanosomiase, qui sont des conditions essentielles à une planification et une mise en oeuvre correctes des traitements prophylactiques et thérapeutiques. L'absence d'informations sur la répartition et l'incidence de la maladie complique aussi grandement la planification et la justification économique des campagnes de lutte.

Mais de nombreux pays ont dû recourir surtout aux médicaments pour combattre la trypanosomiase car ils n'avaient pas d'argent pour financer des mesures de lutte contre le vecteur. C'est le cas de la plupart des pays d'Afrique occidentale et orientale.

Les zones humides et subhumides d'Afrique centrale et occidentale ont exploité les races trypanotolérantes N'Dama et courtes cornes d'Afrique occidentale. Il faut souligner toutefois qu'elles sont uniquement tolérantes et succombent à la maladie quand l'exposition ou les contraintes physiologiques sont élevées.

Une lutte efficace contre le vecteur, essentiellement à l'aide d'insecticides, a pu être mise en oeuvre dans certaines régions et certains pays quand des fonds publics étaient disponibles. Généralement, il s'agissait de faire face à une aggravation de la maladie ou à une prolifération des mouches. En Ouganda, la lutte contre les glossines visait à enrayer une épidémie de maladie du sommeil. Dans les zones subhumides et semi-arides d'Afrique australe, la lutte contre le vecteur a servi à freiner l'expansion rapide de la zone infestée par les mouches. Après l'épizootie généralisée de peste bovine du début du siècle qui a décimé une partie de la faune sauvage et réduit considérablement les populations de mouches, de nombreux exploitants commerciaux et traditionnels se sont installés dans ces zones qui venaient d'être "nettoyées". Quand le gibier et les mouches sont revenus, ces régions sont redevenues dangereuses. Des barrières ont été édifiées pour enrayer leur progression et l'on s'est efforcé de stopper la réinvasion au moyen de pulvérisations terrestres puis aériennes.

Mais, les difficultés techniques et les dépenses de construction et d'entretien des barrières qui n'étaient pas totalement efficaces, ainsi que l'introduction de techniques nouvelles, ont amené à réexaminer cette stratégie.

## 2. Effort de continuité des programmes

Jusqu'à présent, la plupart des campagnes de lutte contre les glossines et la trypanosomiase dépendaient de l'aptitude des gouvernements à financer les travaux. Elles dépendaient aussi bien entendu de l'importance que les gouvernements accordaient au problème et à leur évaluation des contraintes. L'importance relative de l'élevage dans l'économie et la structure sociale du pays déterminait le niveau de financement, mais aussi, bien sûr, l'ampleur des épidémies de maladie du sommeil ou des invasions de mouches.

Le Zimbabwe, la Zambie, le Botswana, le Nigéria, le Cameroun et l'Ouganda sont les principaux pays qui ont eu la chance d'avoir à la fois des ressources suffisantes et des gouvernements assez responsables pour pouvoir adopter des stratégies efficaces de lutte contre le vecteur. Plusieurs ont mis en oeuvre de vastes programmes d'éradication visant à repousser voire éliminer les zones d'infestation. Le Nigéria est parvenu à éliminer les mouches sur plus de 200 000 km<sup>2</sup> dans le nord et le Cameroun a dégagé environ 30 000 km<sup>2</sup> dans les terres d'altitude d'Adamoua pour y pratiquer l'élevage. Le Zimbabwe, après avoir

consolidé ses barrières de protection, a entrepris des programmes d'éradication pour éliminer les glossines, réalisant des progrès substantiels au cours des années.

La continuité des programmes devait être assurée par la régularité du financement et permettre aux gouvernements de poursuivre la lutte grâce à leurs organisations de terrain efficaces et expérimentées. La continuité des programmes a rarement été mise en doute, de même que l'idée que l'éradication complète est forcément plus rentable que la lutte périodique. D'ailleurs, l'éradication des tsé-tsé était envisagée presque comme une fin en soi et l'on a négligé la question de l'utilisation des terres en fonction des autres priorités du développement.

Récemment, cette approche a dû être révisée car les fonds publics se sont amenuisés et, dans des pays comme le Nigéria, la lutte contre le vecteur est à présent très limitée.

D'autres pays ont eu la chance d'obtenir suffisamment d'aide des donateurs, comme le Cameroun et les pays d'Afrique australe participant au Programme régional de lutte contre la trypanosomiase et la mouche tsé-tsé, pour pouvoir mener à bien leurs opérations de lutte et d'éradication.

Toutefois, cette dépendance pratiquement totale vis-à-vis des donateurs, ainsi que les nouvelles techniques disponibles, amène à revoir les objectifs et les stratégies de lutte.

### 3. Projets recevant une aide extérieure

A l'heure actuelle seuls quelques rares pays, comme le Botswana, peuvent financer eux-mêmes leurs activités de lutte. Parfois d'autres parviennent à financer en partie la fourniture de médicaments trypanocides. La plupart du temps il leur faut trouver des donateurs ce qui influera sur le choix de toute stratégie future.

#### 3.1 Mise au point d'une politique de lutte

La lutte contre les glossines et la trypanosomiase est depuis toujours un domaine peu attractif pour les donateurs. Ce refus de participer à des programmes de grande échelle est dû en partie à des doutes quant à la rentabilité réelle d'une intervention contre le vecteur et plus récemment à des soucis écologiques: pour certains, la mouche tsé-tsé serait "le sauveur de l'Afrique" qui protège des zones supposément primitives du surpeuplement et d'une dégradation des terres. Ces dernières années, le recours massif aux insecticides a également suscité des craintes pour l'environnement, essentiellement de nature émotionnelle.

De nombreuses études sur l'environnement ont permis de balayer la majeure partie de ces craintes en prouvant que les effets secondaires sont très limités et passagers. Des études de rentabilité ont également démontré que, dans certains cas, une lutte efficace contre les tsé-tsé est utile. De plus, on prend conscience du fait que l'absence de lutte contre les glossines ne permettra pas de sauver les zones "primitives" de l'Afrique pour la postérité car la pression démographique du continent est telle que les populations s'installent dans les terres infestées dans l'espoir de nourrir leur famille. Ces zones "primitives" sont donc progressivement colonisées sans aucun plan d'utilisation des terres ni aucun contrôle. Les agents de lutte contre la trypanosomiase et les donateurs commencent donc à comprendre que la lutte planifiée contre les glossines et l'installation contrôlée des populations offrent au moins une chance de promouvoir l'utilisation durable et équilibrée de la terre.



Ces faits nouveaux ont permis récemment d'attirer le soutien des donateurs. On tient compte actuellement des conséquences plus larges de la lutte contre la tsé-tsé et la trypanosomiase et les projets de grande envergure couvrent également l'utilisation des terres et la surveillance de l'environnement. De nos jours, on considère à juste titre les tsé-tsé et la trypanosomiase comme un aspect seulement du développement rural et l'on s'efforce de l'incorporer à tous les autres aspects du développement. En outre, si la trypanosomiase est la principale maladie du bétail dans de nombreuses régions, on sait qu'elle ne constitue qu'un aspect du problème complexe des maladies sur ce continent.

Depuis dix à quinze ans l'aide des donateurs aux projets s'est accrue régulièrement. Dans bien des cas elle a servi à colmater des brèches dans le financement de programmes déjà établis. Par exemple, le programme visant à éliminer les mouches des terres d'altitude d'Adamoua au Cameroun était financé au départ par le Gouvernement camerounais, l'Office allemand de la coopération technique (GTZ) et la Banque mondiale. Dans les années 80 le financement du GTZ a pris fin et plus tard le Gouvernement camerounais n'est même plus parvenu à payer le personnel. C'est pourquoi la Banque mondiale, qui ne finançait au début que l'achat d'insecticides pour des pulvérisations par hélicoptère, a été invitée à couvrir tous les frais. Ces dernières années l'apport financier a été irrégulier, ce qui a eu des conséquences graves pour le programme. L'objectif à long terme était de nettoyer la majeure partie des terres d'altitude (30 000 km<sup>2</sup> environ) puis de protéger par une barrière les périmètres susceptibles d'être réinfestés. Malheureusement quand le financement s'est ralenti le programme n'avait pas encore atteint cette étape. Ainsi, à titre d'exemple, toutes les pulvérisations de la campagne 1991/92 (sur 3 850 km<sup>2</sup>) n'ont servi qu'à récupérer le terrain perdu par les réinvasions des deux précédentes campagnes au cours desquelles le manque de ressources avait empêché de pratiquer des pulvérisations. C'est une très mauvaise utilisation des ressources qui montre combien il est nécessaire d'assurer la continuité du financement pour atteindre les objectifs du projet. Sans continuité du financement il est impossible de planifier les opérations, les ressources sont mal employées et toute la crédibilité du projet est remise en cause. Le moral du personnel en pâtit également.

Espérons que ces exemples feront comprendre aux donateurs que s'ils proposent leur soutien à des programmes d'éradication ou de lutte sur grande échelle, ils devront fournir une aide financière à long terme. Il est difficile d'envisager que les économies des pays africains puissent progresser assez rapidement pour leur permettre de prendre à leur compte le financement de ces programmes.

Le programme de lutte contre les mouches tsé-tsé du GTZ en Côte d'Ivoire a commencé en 1978 avec une aide allemande (KFW). Il visait essentiellement à réduire le risque de trypanosomiase dans les régions de savane et à encourager les troupeaux transhumants de zébus à s'installer dans ces régions pour limiter les importations de viande de boeuf (85 pour cent d'importations en 1978). La zone couverte de pièges imprégnés d'insecticide contre les espèces riveraines *G. palpalis* et *G. tachinoides* s'étend actuellement sur 60 000 km<sup>2</sup>, de la frontière du Burkina Faso vers le sud jusqu'en-dessous de Yamoussoukro. La campagne a donné de très bons résultats, les populations de mouches ont rapidement diminué d'environ 98 pour cent et l'incidence de trypanosomiase est passée de 25 pour cent à 3 pour cent. L'estimation des coûts n'est que de 25 dollars E.-U./km<sup>2</sup>/an. Jusqu'à présent toutes les dépenses ont été couvertes par le projet. Mais il faut maintenant que le donateur assume le financement régulier et permanent du projet ou qu'il trouve un moyen de remboursement, par exemple inciter les propriétaires de troupeaux à payer. Nous reviendrons sur cet aspect ultérieurement.

Les donateurs ne veulent plus participer au financement régulier de projets à long terme non spécifiques de cette nature. Ils sont prêts à financer les études initiales, l'élaboration et la mise en place des techniques et des stratégies, mais ces dernières devront être conçues de façon à s'autofinancer à l'avenir, avec la participation financière des agriculteurs et/ou des communautés. Sans cela on ne voit pas comment ces projets pourraient être durables, dans la conjoncture économique actuelle de l'Afrique.

La CEE a accepté de financer la seconde phase du Programme régional de lutte contre la mouche tsé-tsé et la trypanosomiase en Afrique australe. Au départ, l'objectif de ce programme était très ambitieux visant à éliminer toute la zone infestée de mouches commune au Zimbabwe, à la Zambie, au Malawi et au Mozambique; on estimait qu'à long terme cette solution serait plus rentable compte tenu des difficultés et des dépenses croissantes de la précédente stratégie qui consistait à protéger contre l'avancée des mouches les zones d'élevage et de production agricole déjà établies. De grands progrès ont été réalisés pendant la première phase, mais des techniques d'échantillonnage plus sensibles ont permis de découvrir des poches d'infestation dans des régions qu'on croyait nettoyées et de plus les opérations de nettoyage ne s'accompagnaient d'aucun plan d'utilisation des terres, par conséquent l'équipe de contrôle a proposé un ralentissement des opérations et une période de consolidation pour la phase 2. C'est peut-être aussi le signe que l'on ne peut compter sur le donateur pour financer les opérations jusqu'à la réalisation des objectifs fixés. Cela doit inciter d'autant plus à trouver des systèmes d'autofinancement, sur une base communautaire, dans le cadre d'une stratégie globale. Cela restera limité car de nombreuses régions sont actuellement peu peuplées.

### 3.2 Approches nationale et régionale

Dans le passé, certains pays ont mis en place des stratégies nationales de lutte contre la trypanosomiase qui ont évolué en fonction des priorités et des ressources disponibles. D'autres pays n'en ont pas eu les moyens et ne disposent d'aucune stratégie d'ensemble, adoptant des mesures au cas par cas en fonction des crises locales. Une stratégie nationale est essentielle pour obtenir le financement des donateurs.

Il faut veiller aussi à éviter tout gaspillage indû et injustifié des ressources.

Les pays qui ont entrepris d'importantes activités de lutte contre la mouche tsé-tsé et dont les programmes d'éradication atteignent les frontières commencent à comprendre que si les pays voisins n'appliquent pas des politiques parallèles, il leur faudra à l'avenir dépenser beaucoup pour protéger les zones frontalières de la réinvasion. Le Programme régional de lutte contre la mouche tsé-tsé et la trypanosomiase en Afrique australe est actuellement dans ce cas. Il faut une approche régionale multidisciplinaire face à un problème commun, car on multiplie les chances de trouver des donateurs et on fait un meilleur usage du personnel, de l'expérience et des ressources disponibles.

## 4. L'éradication ou la lutte comme objectif

### 4.1 L'éradication

Autrefois de nombreuses organisations nationales de lutte contre la trypanosomiase ont mis l'accent sur l'éradication obtenant d'importants succès, surtout par l'épandage terrestre et aérien d'insecticide, dans des pays comme le Zimbabwe, la Zambie, le Botswana,

l'Ouganda, le Nigéria et le Cameroun. Mais la réussite de cette méthode reposait sur deux conditions essentielles:

- l'aptitude des organismes concernés à mettre en place des opérations complexes sur le plan logistique et onéreuses;
- l'aptitude à empêcher une réinvasion dans les zones nettoyées.

Les coûts élevés et la complexité de ces opérations ont empêché pratiquement toutes les organisations nationales de mener à bien des programmes d'éradication sans aide technique et financière importante de l'extérieur.

Par ailleurs, les organisations de lutte ont été incapables d'éviter la réinvasion des zones nettoyées à cause des difficultés techniques et du manque d'argent pour ériger les barrières.

Par conséquent, les problèmes techniques et financiers rencontrés par les organismes concernés ont empêché les stratégies d'éradication, qui peuvent sembler à première vue intéressantes, d'être appliquées efficacement. On voit donc que l'éradication est plus indiquée pour lutter contre des populations de tsé-tsé isolées et peu nombreuses occupant une zone réduite ou lorsqu'il existe des barrières naturelles importantes comme des lacs, des montagnes ou des zones d'agriculture intensive limitant l'étendue des barrières artificielles. Il faut assurer la continuité du financement avant de se lancer dans un tel programme.

#### 4.2 La lutte ou la suppression

La réussite de cette méthode dépend des possibilités de réalisation technique, du coût qui doit rester raisonnable et de la possibilité de garantir la continuité des opérations.

La plupart des techniques en usage permettent de réduire considérablement la densité des tsé-tsé et pourraient théoriquement être utilisées: nous les étudierons ultérieurement, individuellement et dans leur ensemble.

Pour que les coûts restent raisonnables il faut que la réduction de la quantité de mouches s'accompagne d'une réduction égale du risque de trypanosomiase et que les avantages qu'en retirent les communautés concernées dépassent le coût des opérations.

Les avantages seront évalués comme suit:

- la réduction du risque de trypanosomiase doit entraîner une amélioration de la santé et de la productivité des populations de bétail concernées;
- les possibilités de mise en place de systèmes d'élevage plus efficaces et rentables doivent être exploitées par les populations concernées;
- dans certains cas, on prendra en considération le degré de réduction du risque de maladie du sommeil dans les zones endémiques et les améliorations consécutives de la santé et du bien-être des populations à risque.

La lutte ou la suppression nécessitent un apport financier et humain constant et durable. Pour que cette méthode soit réalisable dans un avenir immédiat, ces engagements devront être pris en charge en grande partie par les collectivités locales. Elles devront soit payer directement les opérations de lutte menées par les services gouvernementaux soit acheter et employer les techniques elles-mêmes, éventuellement avec une aide limitée des services de vulgarisation nationaux.

## 5. Participation éventuelle des collectivités à la lutte

Comme la plupart des pays africains n'auront pas les moyens dans un avenir proche de financer une lutte suivie contre la mouche tsé-tsé et comme les donateurs ne pourront prendre en charge que les études initiales, l'élaboration et la mise en place des stratégies (et non le financement suivi des programmes en cours), la responsabilité des opérations matérielles de lutte contre le vecteur et du financement des apports nécessaires incombera en grande partie aux communautés rurales.

Est-ce une approche réaliste et quelles sont ses chances de succès?

Pour qu'une approche basée sur la participation communautaire donne de bons résultats, il faut que certains critères soient remplis:

- la méthodologie utilisée doit être simple et facile à comprendre;
- les apports nécessaires doivent être bon marché et faciles à obtenir sur place ou dans le pays. On évitera dans la mesure du possible l'importation de biens étrangers qui nécessitent des devises;
- les collectivités doivent pouvoir s'organiser et assurer la durabilité des activités. Il faudra une collaboration active de tous les villageois pendant longtemps car l'action individuelle isolée ne peut guère avoir d'utilité pour la suppression du vecteur. Dans les zones faiblement peuplées, les quelques villageois qui possèdent du bétail auront intérêt à utiliser une thérapie médicamenteuse qui leur permet de bénéficier directement des améliorations de santé et de productivité de leur propre troupeau.

Dans certaines situations on estime que cette approche a plus de chances de succès:

- dans les zones où les risques de tsé-tsé et de trypanosomiase sont élevés et vers lesquelles le bétail a été poussé par le surpâturage qui sévit dans les autres régions;
- là où il existe des communautés bien établies et habituées à mener à bien des plans d'auto-assistance.

Lorsque les effectifs de bétail sont importants et les contraintes découlant de la trypanosomiase, élevées (décès, avortements, faibles taux de vélage, faible gain pondéral, etc.), la rentabilité de la lutte contre les tsé-tsé sera plus forte et plus directe, donc plus encourageante pour les propriétaires de troupeaux. Dans les zones de peuplement où les pratiques culturelles sont appliquées depuis longtemps, les populations assimilent l'occupation du sol à un "droit", même si le régime foncier africain repose rarement sur une base

juridique. L'agriculture mixte et les systèmes agropastoraux offrent sans doute les meilleures possibilités: des résidents bien installés, intéressés par la productivité à long terme de "leurs" terres, qui travaillent souvent en collaboration avec leurs voisins. L'avantage est alors double:

- avantage direct du point de vue santé et productivité du bétail,
- amélioration de la production végétale et accroissement des superficies grâce à l'utilisation accrue d'animaux de trait.

Il s'agit surtout de suppositions car on manque d'expérience sur le sujet. Il est habituel, pour les programmes financés par des donateurs, d'examiner la faisabilité des diverses techniques et stratégies (séparément ou de manière intégrée). Cette méthode a ses limites et dans certains cas les collectivités refusent de collaborer et/ou de payer pour diverses raisons. Par exemple, dans beaucoup de pays pauvres, la consommation de produits d'origine animale baisse à cause de la crise économique générale et les gens ne peuvent se permettre d'acheter de la viande: s'il n'y a que des éleveurs, le taux d'abattage sera faible et ils ne pourront obtenir l'argent nécessaire au financement de la lutte contre les tsé-tsé. Il faut étudier attentivement la situation socio-économique et les maladies pour déterminer les limites d'une participation communautaire éventuelle qui ne pourra se faire du jour au lendemain.

Il est indispensable de connaître ces limites car dans bien des cas cette approche ne pourra fonctionner pour plusieurs raisons. Lorsque la pression démographique d'un pays est élevée et que le potentiel foncier est bon, il conviendra d'appliquer des programmes recevant l'aide de donateurs pour "ouvrir" ces zones aux frais du "gouvernement", puis y installer les populations qui adopteront des pratiques culturelles équilibrées.

Il serait faux de faire croire aux donateurs que la lutte contre les tsé-tsé sur une base communautaire constituera une réponse définitive au combat à long terme contre la trypanosomiase en Afrique ainsi qu'aux problèmes d'utilisation durable des terres qui en découlent. Plus tôt cela sera établi, mieux cela vaudra.

## **6. Analyse du potentiel des techniques modernes de lutte contre la tsé-tsé et la trypanosomiase**

Le chapitre suivant passe en revue les techniques et les options actuelles en matière de lutte contre la trypanosomiase, en ce qui concerne tout particulièrement: leur adaptation à la lutte et/ou l'éradication, les possibilités de participation communautaire, leur durabilité pour une utilisation à grande échelle et l'évaluation générale de leurs avantages et de leurs inconvénients.

### **6.1 Lutte contre le parasite**

Autrefois de nombreux pays ont dû appliquer une thérapie médicamenteuse pour lutter contre la maladie, en raison du manque de fonds publics et d'infrastructures de lutte contre le vecteur. La méthode a été en partie efficace, mais on a rencontré des problèmes de résistance aux médicaments dus à leur mauvaise utilisation; cela est d'autant plus grave qu'il y a peu de médicaments disponibles et que les choses ne devraient guère changer dans l'avenir immédiat. De plus, le manque d'informations fiables sur l'étendue réelle du

problème a empêché de planifier une campagne nationale ou même d'en établir la justification économique. Les fournitures de médicaments sont généralement irrégulières et les "fonds de roulement" créés pour y remédier se sont habituellement soldés par un échec car les difficultés de remboursement ont contraint à puiser dans les ressources. Certains pays envisagent actuellement, pour améliorer l'efficacité et répondre à la pression des donateurs, de confier la distribution et la vente de médicaments trypanocides au secteur privé.

Il ne faut envisager une prophylaxie médicamenteuse que lorsqu'il existe un bon système de gestion des médicaments, c'est-à-dire en général dans les grandes exploitations et dans les élevages commerciaux où cette intervention se trouve justifiée par des critères économiques, en raison des gains de productivité et de la fréquence des abattages.

## 6.2 Bétail trypanotolérant

La plupart des races de bétail indigène sont trypanotolérantes par rapport aux races exotiques, mais surtout en Afrique occidentale et centrale, les N'Dama et courtes cornes d'Afrique occidentale.

Ces animaux sont bien sûr potentiellement intéressants dans les zones agro-écologiques humides d'où ils proviennent et auxquelles ils sont adaptés, mais il ne faut pas oublier qu'ils ne sont que tolérants et qu'ils succombent à la trypanosomiase lorsque le risque est élevé ou les contraintes physiologiques fortes, par exemple lorsque le pâturage est insuffisant en cas de sécheresse. Ils ne sont probablement pas adaptés aux climats très arides. Dans ces dernières régions, où les priorités sont une production laitière accrue et des animaux de trait plus puissants, les propriétaires préfèrent nettement les races zébus beaucoup plus sensibles à la trypanosomiase.

Une sélection plus poussée au sein d'une même population et l'attribution génétique éventuelle de la trypanotolérance des races N'Dama et courtes cornes à d'autres races, pourraient permettre dans un avenir plus lointain d'utiliser plus largement leur caractère trypanotolérant.

## 6.3 Lutte contre le vecteur

### 6.3.1 Pulvérisations terrestres

Cette technique est à la base de la plupart des opérations de lutte sur grande échelle depuis les années 50 jusqu'aux années 80; elle consiste à faire une seule application de DDT ou de diéldrine rémanents sur l'habitat limité des mouches en saison sèche. C'est la technique de la plupart des premiers programmes de lutte par exemple au Zimbabwe, en Zambie, au Nigéria et en Ouganda.

Pour limiter l'étendue qui risque d'être perdue à cause des réinvasions lors de la saison des pluies suivante, on traitait une zone aussi large que possible à chaque saison sèche, en employant des équipes de terrain très nombreuses, bien formées et disciplinées. Si le pourcentage de la superficie totale devant faire l'objet de pulvérisations (généralement appelé pourcentage de discrimination) pouvait être maintenu à un faible niveau (généralement moins de 15 pour cent), les coûts étaient acceptables et si la surveillance était bonne, les résultats mesurés en fonction de l'étendue désinfestée par rapport à l'étendue totale, étaient satisfaisants. C'était un moyen d'arriver à une éradication localisée dans le cadre de

programmes en cours visant à faire reculer les zones d'infestations. Des pulvérisations terrestres étaient parfois effectuées pour renforcer les barrières ou réduire le risque dans les zones où la maladie du sommeil était endémique.

Ces dernières années, l'emploi de pulvérisations aériennes a été réduit au strict minimum pour plusieurs raisons:

- pression des écologistes contre l'utilisation du DDT et de la diéldrine, surtout dans les programmes financés par des donateurs, et cela en dépit du fait que seule une faible partie de l'habitat total était traité et que des études ont prouvé que les effets secondaires étaient limités et passagers. De plus, les pyréthroïdes synthétiques moins dangereux augmentent considérablement le coût des insecticides;
- apparition sur le marché de méthodes moins nocives pour l'environnement et sans doute plus simples et moins chères telles que l'utilisation de pièges et de cibles;
- diminution de la taille et de la capacité d'organisation des offices nationaux de lutte en raison de difficultés financières mais aussi d'une moindre surveillance.

Cette technique reste une option valable pour l'éradication des mouches des groupes *morsitans* et *palpalis* dans les habitats de savane plus secs. Elle est trop onéreuse et demande trop d'organisation pour être considérée comme un outil de lutte, car elle nécessite plusieurs traitements répétés chaque année; d'autres solutions comme les pièges et les cibles sont plus indiquées à l'heure actuelle.

Cette technique n'est pas applicable dans les programmes communautaires, surtout à cause des besoins de surveillance technique, mais aussi à cause du danger de l'utilisation non contrôlée des insecticides.

Elle pourrait toutefois être utilisée à l'avenir sur une petite échelle pour exterminer des populations, dans le cadre d'un programme d'éradication de grande ampleur, par exemple lorsqu'on rencontre localement des difficultés dans l'utilisation des pièges et des cibles. Il est impossible d'envisager le retour de cette méthode sur grande échelle comme dans le passé car elle nécessite des équipes nombreuses, disciplinées et organisées.

### 6.3.2 Pulvérisations aériennes

#### 6.3.2.1 Application d'insecticide rémanent à partir d'hélicoptères

Cette technique était utilisée autrefois en Afrique occidentale dans les programmes d'éradication des groupes de mouches *palpalis* et *morsitans* dans la savane et la zone guinéenne au Nigéria et elle est couramment appliquée dans les terres d'altitude d'Adamoua au Cameroun pour lutter contre *G.m. submorsitans*.

Elle consiste à effectuer une seule application d'insecticide rémanent sur l'habitat de la mouche plus limité pendant la saison sèche. On traite généralement la végétation riveraine en utilisant le tirage descendant de l'hélicoptère pour insuffler l'insecticide à travers la cime des arbres.

Cette technique est plus coûteuse que les autres, même si le pourcentage de discrimination est maintenu en deçà de 12 pour cent. De plus, les effets secondaires sur les organismes non visés sont plus marqués et durables qu'avec les autres techniques insecticides. Ce sont les deux principaux facteurs qui en ont limité l'utilisation et elle ne sera probablement jamais plus employée sur grande échelle.

Son gros avantage était de permettre de traiter rapidement et efficacement de grandes superficies avec le minimum de personnel local formé. Deux hélicoptères permettaient par exemple de traiter 4 000 km<sup>2</sup> en trois ou quatre mois pendant la saison sèche.

Son coût très élevé en faisait uniquement un outil d'éradication. Des applications répétées seraient trop coûteuses et trop dangereuses pour l'environnement. Elle n'est employée que sur de vastes zones car pour de petites superficies les coûts de base deviendraient prohibitifs au kilomètre carré. Evidemment, ce n'est pas une méthode qui se prête à une participation communautaire.

#### 6.3.2.2 Pulvérisations répétées d'aérosol

Cette méthode consiste à renouveler des applications (généralement cinq ou six applications à 12 ou 20 jours d'intervalle) d'insecticide non rémanent, à très faible dosage en aérosol fin, à partir d'un avion à voilure fixe.

Elle est largement utilisée depuis 25 ans dans les programmes d'éradication des groupes de mouches *morsitans* dans la savane d'Afrique australe et orientale, et elle a été utilisée aussi contre le type *palpalis* en Afrique occidentale, mais avec moins de succès.

Son principal avantage est de permettre de traiter de vastes superficies (généralement de 2 000 à 6 000 km<sup>2</sup>) très rapidement (trois mois) avec un minimum de personnel d'appui sur le terrain. De plus, les effets secondaires non désirables sont assez faibles et passagers. Quoique élevés les coûts sont acceptables quand 90 à 95 pour cent de la superficie traitée est totalement désinfestée, ne laissant qu'une surface très limitée à nettoyer ensuite.

Cette méthode ne peut être utilisée que sur des terrains relativement plats. Etant donné les coûts relativement élevés et le degré d'organisation nécessaire, elle est particulièrement indiquée dans les programmes d'éradication de grande ampleur. Elle n'est pas assez économique pour être utilisée lors de traitements répétés et ne s'adapte pas aux petites superficies ni, bien entendu, aux programmes comportant une participation communautaire.

Cette technique peut s'avérer utile pour le traitement rapide de vastes superficies où la maladie du sommeil est endémique et où il est urgent de réduire rapidement la population de mouches pour éviter les contacts hommes/mouches.

Toutes ces techniques à base d'insecticides posent un problème de durabilité. Elles peuvent être employées dans le cadre d'un programme global visant à repousser progressivement les zones d'infestation de mouches jusqu'à les éliminer entièrement, ou alors les zones nettoyées doivent être protégées par des obstacles naturels ou artificiels qui soient efficaces et bon marché, ce qui est rare.

#### 6.3.3 Techniques de l'insecte stérile (TIS)



Cette technique ne se justifie que si l'objectif est l'éradication et si son coût est raisonnable. Ses avantages - lutte spécifique contre une espèce et respect de la nature - sont presque toujours contrebalancés par les coûts élevés de la production en masse et des lâchers d'insectes stériles.

Cette méthode peut au mieux être envisagée pour éliminer en fin de programme des populations peu denses dans des zones relativement restreintes, et même dans ce cas il existe sans doute des méthodes plus rapides et moins onéreuses.

#### 6.3.4 Pièges et cibles

La mise au point, récemment, de pièges et de cibles relativement efficaces, souvent améliorés par des odeurs attirant les insectes, ouvre de nouvelles possibilités dans la lutte contre de nombreuses espèces de glossines, dans toute une variété de situations. Ces méthodes offrent aux agents sur le terrain des outils plus sensibles d'échantillonnage et d'enquête.

Le groupe *palpalis* est beaucoup moins sensible que le groupe *morsitans* aux odeurs synthétiques. Pour le groupe *morsitans*, les pièges et les cibles même sans odeurs suffisent à attirer des insectes et représentent un outil de lutte efficace. Les pièges sont parfois utilisés sans insecticide; les villageois visitent régulièrement les pièges ce qui est une bonne façon d'inciter les communautés locales à soutenir les efforts de lutte contre la maladie du sommeil.

D'ordinaire, les pièges et les cibles sont imprégnés d'un insecticide persistant renouvelé tous les deux-trois mois. Ainsi, des pièges Vavoua imprégnés d'insecticide sont utilisés dans le programme de lutte contre la trypanosomiase animale qui s'étend actuellement sur 60 000 km<sup>2</sup> de savane en Côte d'Ivoire, pour combattre les espèces riveraines *G. palpalis* et *G. tachinoides*. Tous les travaux et tous les coûts sont à la charge du projet. Cependant, dans le même pays, les activités de lutte contre la maladie du sommeil gambienne, avec le même système de pièges (et de cibles) imprégnés d'insecticide, associent la population locale qui doit contrôler les dispositifs et les réimprégner d'insecticide.

Les mouches du groupe *morsitans*, qui sont réparties sur un vaste territoire dans la savane, n'ont pu être combattues efficacement avec des dispositifs destinés à les piéger ou à les tuer que depuis que l'on utilise des odeurs synthétiques fabriquées à partir de l'haleine et de l'urine d'animaux. L'urine de bétail remplace avantageusement certaines odeurs synthétiques qui reviennent cher mais ne sont nécessaires qu'en petites quantités et ne représentent donc pas un coût élevé par rapport à l'ensemble des technologies. Avec une densité aussi faible que quatre au kilomètre carré, ces dispositifs imprégnés d'insecticide ont donné d'excellents résultats dans la lutte et, lorsque l'emplacement et la densité sont adéquats, même dans l'éradication. Actuellement, les cibles imprégnées d'insecticide et d'odeur sont à la base du Programme de lutte contre la trypanosomiase et la mouche tsé-tsé en Afrique australe. Elles constituent également un moyen relativement efficace de maintenir toute l'année des barrières contre une réinvasion éventuelle.

Les avantages des pièges et des cibles sont bien connus. Ces techniques sont relativement simples et certainement moins polluantes que les autres méthodes insecticides car elles visent spécifiquement l'espèce ciblée.

Du point de vue du coût, cette méthode est la moins chère si l'on choisit d'adopter une stratégie de lutte périodique. Dans le programme de lutte contre la trypanosomiase animale dans le nord et le centre de la Côte d'Ivoire, les coûts ont été évalués à 25 dollars E.-U./km<sup>2</sup>, soit - et cela est très important compte tenu de la densité du bétail - moins que le coût d'une seule piqûre curative de Berenil par an. Cela a permis une réduction des taux d'infection des troupeaux en élevage traditionnel allant d'environ 25 pour cent à moins de trois pour cent. Pour ce qui est de la lutte contre la maladie du sommeil chez l'homme dans le même pays, mais avec la participation des collectivités concernées, les coûts n'ont été que d'une centaine de dollars E.-U. au km<sup>2</sup> pendant la première année, tombant ensuite à 25 dollars par an environ.

Les avantages économiques de ces techniques par rapport aux autres méthodes d'éradication, sont moins évidents. Le coût total au kilomètre carré dépend largement de la rapidité de l'éradication. A titre d'exemple, les coûts comparatifs cités précédemment pour les pièges utilisés dans le programme de lutte en Afrique australe étaient évalués sur la base d'une éradication en un an. Mais en fait, de nombreuses régions ont gardé des pièges pendant trois ou quatre ans sans discontinuer et sans parvenir au stade où il était possible de les enlever sans risque. Dans ce cas, il faut tenir compte du coût cumulatif au kilomètre carré pendant toute la période en jeu, lorsque l'on compare la rentabilité de cette technique avec celle des autres méthodes de lutte contre le vecteur.

Il est certain que les méthodes utilisant des pièges et des cibles sont très bonnes sur petite échelle pour combattre les groupes de tsé-tsé *palpalis* et *morsitans*, mais sur grande échelle il y a des problèmes logistiques comme par exemple pour la bonne exécution des pulvérisations terrestres. Il faut avoir des équipes bien formées, motivées, disciplinées, encadrées et avoir bien planifié les opérations. C'est particulièrement important dans les campagnes où la rentabilité dépend de la rapidité de l'éradication. Si l'installation et l'entretien des pièges sont trop lents, l'éradication prendra plus de temps et les coûts par unité de superficie augmenteront.

Il y a des problèmes pratiques tels que la perte des cibles qui peuvent être volées ou abîmées par l'homme, le feu ou les animaux, et, tout particulièrement dans la lutte contre les espèces riveraines, les pièges et les cibles peuvent être emportés par l'eau pendant la saison des pluies. Tout ces facteurs varient selon les situations. Certains programmes connaissent peu de vols et d'autres beaucoup, par exemple en Somalie. Même dans les pays où il n'y a pas eu de vols depuis longtemps, des changements économiques ou d'autres problèmes peuvent provoquer une recrudescence des vols comme ce fut le cas récemment le long des frontières du Zimbabwe et en Zambie.

L'entretien régulier des pièges et des cibles est indispensable pour garantir l'efficacité des dispositifs. Si l'herbe autour des dispositifs n'est pas bien entretenue, ils sont moins visibles pour les mouches et leur mouvement dans le vent est limité, ce qui les rend moins attractifs.

Le renouvellement de l'insecticide représente une part importante du budget total. Auparavant, on mettait suffisamment d'insecticide et d'odeurs pour que les pièges fonctionnent pendant trois mois, mais actuellement, pour réduire le nombre de visites on a essayé de voir s'il était possible de les remplir de façon à tenir, par exemple, pendant une année. C'est une option à utiliser uniquement si les vols et les dégâts sont rares dans la

région concernée car il est parfaitement inutile d'aller faire le tour des pièges après un an pour constater qu'ils ont été volés il y a longtemps.

Le principal avantage des pièges et des cibles est d'être sans doute la seule méthode actuelle de lutte contre le vecteur qui se prête à une participation des collectivités concernées. Il a été prouvé qu'il est relativement simple d'associer les collectivités locales aux travaux et même aux coûts de tout système de lutte contre la maladie du sommeil chez l'homme, mais cela est beaucoup moins vrai en ce qui concerne la lutte contre la trypanosomiase animale, surtout dans le secteur de l'élevage traditionnel. Certains petits programmes se sont intéressés à la question et comme les donateurs souhaitent actuellement encourager cette approche pour favoriser les systèmes durables et autofinancés, il convient de tout mettre en oeuvre pour s'engager dans cette voie.

Il y aura forcément des limites à cette méthode et il faut maintenir une approche souple pour pouvoir faire face à tous les imprévus. Dans le secteur de l'élevage traditionnel la pauvreté et les mentalités rétrogrades limitent l'abattage du bétail et par conséquent l'argent disponible pour financer de telles activités. La collectivité dans son ensemble serait-elle prête à y participer? Apporterait-on un soutien à certaines activités? Un appui des services de vulgarisation nationaux sera-t-il nécessaire pour mettre en place et suivre ces programmes?

Ces programmes ont de bonnes chances de succès dans les cas suivants:

- lorsque les communautés sont bien établies et installées et qu'elles ont déjà participé à des plans communaux d'auto-assistance. Les cultivateurs pratiquant aussi l'élevage ont tendance à mieux s'occuper de leurs terres et à investir davantage.
- lorsque le risque de trypanosomiase est élevé et que les pertes directement attribuables à cette maladie sont considérables. C'est de plus en plus souvent le cas car la pression démographique et l'augmentation des effectifs de bétail provoquent un surpâturage qui pousse les éleveurs à s'installer jusqu'au bord des zones infestées de mouches à la recherche de pâturages.

#### 6.3.5 Bétail traité aux insecticides

Cette technologie a été mise au point récemment à partir de la méthode des cibles; au lieu de pièges ou d'écrans fixes, on utilise des animaux domestiques traités aux insecticides, surtout du bétail, comme cibles mobiles attractives.

On applique des insecticides par des bains ou des dépôts dorsaux individuels.

Des bains d'insecticides, associés à des dépôts dorsaux quand les bains ne sont pas praticables ou pas efficaces, dans les zones infestées de *G. pallidipes* et *G. morsitans* au Zimbabwe ont donné de très bons résultats contre le vecteur et contre la trypanosomiase. Cependant, pour que cette méthode ait de bonnes chances de succès, il faut:

- que les animaux domestiques soient présents dans la zone en assez grand nombre;
- que le bétail représente la plus grande proportion des hôtes de tsé-tsé dans la région;
- que le bétail soit amené régulièrement pour être traité.

On trouve ces conditions réunies surtout dans les élevages commerciaux mais parfois aussi dans les élevages traditionnels bénéficiant de traitements réguliers et presque gratuits comme dans le nord-est du Zimbabwe. Bien souvent il y a déjà l'infrastructure nécessaire aux bains anti-parasitaires utilisés pour lutter contre les maladies transmises par les tiques.

Dans chaque cas, il faut vérifier la rentabilité de cette approche. La méthode doit être plus rentable que la chimioprophylaxie qui reste cependant facultative dans les zones où le risque de maladie est relativement faible.

On dispose de peu d'expérience concernant le taux de réussite de cette approche dans les programmes de lutte contre la trypanosomiase avec participation communautaire. On peut aisément imaginer qu'en demandant aux éleveurs une participation financière (même partielle) pour des soins qui étaient pratiqués auparavant gratuitement par les organismes vétérinaires publics, on réduira considérablement le nombre d'animaux amenés pour être traités. Les animaux qui seraient traités seraient alors protégés mais leur faible nombre ne permettrait pas d'obtenir des effets durables appréciables sur la population de tsé-tsé.

Dans des pays comme le Burkina Faso où il n'y a pas d'infrastructure pour les bains et où la fourniture de médicaments est irrégulière, on s'efforce de promouvoir dans certains cas les applications par dépôt dorsal. Les cultivateurs-éleveurs ont subi de graves pertes dues à la trypanosomiase et semblent prêts à investir dans une telle stratégie de lutte. Ils peuvent constater que les dépenses engagées pour la lutte bénéficient directement à leurs propres animaux. Mais il faudrait sans doute, pour étayer ces traitements, placer des pièges ou des cibles dans les zones à forte densité de mouches. Là encore, chaque cas doit être examiné séparément.

Pour une bonne suppression du vecteur, il faudra trouver, dans chaque cas, la proportion d'animaux qui doivent être traités et la fréquence des traitements; en réduisant la fréquence des traitements on abaisse les dépenses annuelles, mais il faut surveiller les effets négatifs éventuels d'une stabilité enzootique des maladies transmises par les tiques.

#### 6.3.6. Association de plusieurs méthodes

Comme nous l'avons déjà vu toutes les techniques disponibles ont leurs avantages et leurs inconvénients et aucune d'entre elles n'est préférable en toute circonstance. Dans chaque programme de grande ampleur il faut choisir entre l'éradication et la lutte puis trouver la méthode la plus rentable compte tenu de l'infrastructure locale. Dans la pratique il y a de nombreuses situations différentes qui exigent des méthodes différentes et une approche intégrée est nécessaire. Cela peut amener à utiliser des techniques différentes dans les zones voisines ou à employer deux ou plusieurs techniques qui se superposent dans la même zone: une pour supprimer le gros des mouches et une autre pour se débarrasser de la population résiduelle.

## 7. CONCLUSIONS

Compte tenu du rôle essentiel des donateurs, à l'avenir, dans le financement des programmes, il est indispensable d'assurer dans la mesure du possible la viabilité à long terme de toutes les interventions proposées contre les tsé-tsé et la trypanosomiase. Il faut donc faire des études approfondies de l'utilisation des terres en tenant compte des pratiques actuelles et du potentiel futur de la région. Toutes les autres maladies et tous les aspects du développement qui entrent en jeu doivent être pris en considération pour que cette stratégie s'insère dans le développement rural global de la région. La rentabilité à long terme d'une telle intervention doit être positive.

Quand on envisage d'ouvrir de "nouvelles" zones, on doit effectuer des études préliminaires pour déterminer les priorités, compte tenu du potentiel de la zone.

Dans chaque cas il faut envisager les avantages comparatifs de l'éradication et de la lutte périodique. L'éradication nécessite un investissement financier et technique unique, mais elle peut être difficile à réaliser. L'option qui consiste à protéger les zones nettoyées contre une réinvasion au moyen de barrières construites par l'homme nécessite une analyse très approfondie car ces barrières sont rarement complètes et durables.

Si l'on choisit l'éradication, le degré d'agressivité dans la mise en oeuvre des techniques choisies peut être important pour la rentabilité globale et les besoins en personnel; en effet, des techniques plus onéreuses qui permettent d'achever l'éradication plus rapidement, constituent une meilleure solution que d'autres méthodes moins chères, qui s'avéreront moins rentables si l'éradication est plus longue à réaliser.

Dans tout programme de grande ampleur il importe de ne pas perdre de vue toute la gamme des techniques disponibles car l'évolution de la situation nécessite presque toujours une approche intégrée. Outre une approche intégrée il faut aussi une coordination régionale des programmes de lutte.

Pour attirer les donateurs et assurer la durabilité générale des opérations, en particulier dans la lutte contre la trypanosomiase (par opposition à l'éradication), il importe d'examiner d'emblée les possibilités de participation communautaire. Dans certains cas les dépenses et l'exécution des opérations pourront être totalement à la charge de la collectivité, mais la plupart du temps il faudra un soutien financier et technique du gouvernement. Dans certains cas aussi de fortes pressions démographiques justifient la colonisation de nouvelles terres offrant un bon potentiel et les frais initiaux incomberont aux gouvernement et/ou aux donateurs.

Une planification rigoureuse et un choix judicieux des méthodes sont essentiels pour assurer la durabilité des résultats et du soutien financier. Le manque de continuité du soutien financier est sans doute un des principaux facteurs d'échec des programmes passés, échec qui explique leur manque de crédibilité auprès de certains.

## TRAINING

J.N. Pollock

### INTRODUCTION

The Lusaka Training Centre has been in operation since early 1980 and has accumulated much expertise and experience in the delivery of training in tsetse and trypanosomiasis control, mainly to middle level operators. We have consciously attempted to modify the type of training offered over the years so as not to fall into a comfortable routine. Various means of improving the quality of training have been tried;

- raising the mobility of the training group, so that distant sites can be visited;
- mounting in-country training courses in e.g. The Gambia, Ghana, Ethiopia, and Tanzania. Such courses also promote the flow of new ideas from the field to the Training Centre. An interesting example that comes to mind is the questionnaire technique on farming systems and village economies, livestock & tsetse, developed at ITC, The Gambia;
- accepting some higher level training duties, such as the ISCTRC training seminar in October this year at Entebbe.

We have felt that the training has assisted in the fight against one of Africa's greatest problems, trypanosomiasis and has done so by getting down to the field level, where the struggle is going on, and where the battle will be won or lost.

Before we go further, we should declare what we are not. We are not a University or other academy; nor would grafting us on to a University be practicable, because of entry requirements, moderation of examinations, and all the other academic regulations essential to a university.

### Essential features of the training offered

In summary, the training offered by the project has been designed:

- to give an introduction to the epidemiological complex of trypanosomiasis, with emphasis on the vector;
- to give hands-on familiarity with certain field techniques;
- to be strongly field oriented;
- to be not strongly academic;
- to transfer new technology to a wider target group;
- to concentrate on *G. morsitans* and *G. pallidipes* control;
- to pay attention to environmental issues, direct and indirect;
- to envisage trypanosomiasis control in the context of rural development.

### How can these training aims be met

Here I wish to consider the matter of infrastructure and the institutional requirements for the present and future life of the Project.

We have different possible scenarios.

- (i) Ideally, perhaps, we could envisage purpose-built regional centres (conceived as a co-ordinated network) for training, not only in tsetse/trypanosomiasis techniques, but also in tick and tick borne disease control, protozoology and similar disciplines. These centres would be permanent centres. To focus our ideas, let us call the centres Field Studies Centres. Funding might come from governments within the Region, or from an NGO source. Perhaps there is another possibility which I will come to later.
- (ii) What we have in reality is rather different. In Lusaka we occupy offices which function very well as classrooms and staff offices, but much less well as laboratories. Our funding has come in relatively short bursts, as is characteristic for projects depending on external donor support.

Miraculously, this funding has, in fact, continued flowing from 1980, to the present day, with only a 13-month gap. Very little could have been achieved without the support of UNDP and co-sponsors. There has been a very strong support on the technical side from research and field workers, who have made their expertise readily available to the project through the medium of lectures, demonstrations, field visits etc. Special mention in this respect must be made of the Tsetse and Trypanosomiasis Control Branch in Harare, and its field station at Rekomeche.

The Zambia Tsetse and Trypanosomiasis Control Branch has also been strongly supportive, and its various campaigns in the field, executed to a high standard, have been visited by our classes. The galvanising effect of the Regional Tsetse and Trypanosomiasis Control Programme in especially these two countries, has to be acknowledged.

- (iii) What we might have in the near future, in realistic terms, has now to be discussed. A Project Document has been drawn up, that envisages a network of 3 centres (in Zambia, Uganda, and Burkina Faso), the better to reach and carry training to different parts of Africa. Included will be training at the young graduate level, not only the middle level that has been the emphasis in the past. FAO is looking for funding for a 5-year programme along these lines.
- (iv) Let us now look forward to the situation that might prevail at the termination of that 5-year programme. I would like to pick up again the concept of the Field Studies Network for Africa.

The Terms of Reference for such a Centre would be as follows:

- To set up packaged workshops tailored to the needs of recipient countries, in such topics as:
  - (a) Tsetse/Trypanosomiasis survey and control
  - (b) Ticks and tick-borne disease control
  - (c) Laboratory diagnostics
  - (d) Onchocerciasis control
  - (e) Bilharzia control
  - (f) Animal parasitic helminth control
  - (g) Land use studies
  - (h) Environmental impact assessment
  - (i) Cartography, aerial photograph interpretation, GIS.
- To deliver such workshops at field sites, on request from governments
- To advise governments on training needs, by means of projections based on data compiled by the Centre, and after taking due note of technical advances in the relevant fields, and ongoing/pipeline projects
- To identify qualified personnel able to deliver the required training; where expertise from outside Africa is used, to promote the transfer of training expertise to African personnel; and to enhance the capability of national training institutions thereby
- To liaise with existing international institutions, on an equal partnership basis, so that training workshops can be dovetailed with the ongoing programmes of such institutions.
- To produce manuals and other training material, of practical use to the countries covered by the programme
- To promote, by means of short term study tours, dissemination of knowledge of training methods between African countries, and between disciplines.

### **Funding**

I believe this network of centres to be of such potential importance that FAO should include it in its Regular Programme, perhaps through its Regional Office. The present structure of FAO is that it has its headquarters financed directly by its Regular Programme budget, and a field programme that is funded very largely by multi-bilateral or bilateral agencies. Under the new proposed arrangement, the Regional Office would have a much enhanced status and a very challenging task. FAO would have a much stronger presence in Africa. Data gathering for many disciplines would be much improved. External interest would be very high, that is certain, and funding would come readily to such centres once they were established, relieving FAO of much of the load.



## CONCLUDING REMARKS

It will be easy to criticise these ideas on the grounds that there is no precedent for Regular Programme funds to be used in this way. However, the Regional Office, and the country Representations, are steps along the same path. The Field Studies Programme could be regarded as a logical conclusion to these other forays, and as a justification for FAO's existing presence in the field. The idea could be tried out on a small scale at first, for instance in Uganda, within the time frame of the proposed 5-year Project (1994-9).

This forum is probably the ideal place in which to raise these ideas, and I commend them to your attention.

## FORMATION

J.N. Pollock

### INTRODUCTION

Le Centre de formation de Lusaka fonctionne depuis le début de 1980 et il a acquis une compétence et une expérience considérables en matière de formation, surtout de niveau intermédiaire, à la lutte contre la tsé-tsé et la trypanosomiase. Nous avons sciemment essayé, de modifier le type de formation offert au fil des années afin de ne pas tomber dans la facilité de la routine. Nous nous sommes efforcés d'améliorer la qualité de la formation par divers moyens:

- rendre le groupe plus mobile, de manière qu'il puisse visiter des sites éloignés.
- organiser des cours de formation nationaux, par exemple en Gambie, au Ghana, en Ethiopie et en Tanzanie. Ces cours permettent aussi au terrain d'apporter des idées nouvelles au Centre de formation. Un exemple intéressant qui vient à l'esprit est le questionnaire technique sur les systèmes agricoles et les économies villageoises, l'élevage et la tsé-tsé, mis au point au Centre international de formation de la Gambie.
- accepter quelques fonctions de formation supérieure, tel le séminaire de formation du CSIRTC qui s'est tenu en octobre de cette année à Entebbe.

Nous avons eu le sentiment que la formation a aidé à lutter contre l'un des plus grands problèmes de l'Afrique, la trypanosomiase et qu'elle l'a fait en descendant au niveau du terrain, là où la lutte est en cours et où la bataille sera gagnée ou perdue.

Avant d'aller plus loin, nous devons préciser que nous ne sommes pas une université ou une école privée; d'ailleurs, il ne serait pas possible de nous greffer sur une université, étant donné les critères d'entrée, la présidence des examens, et toutes les autres règles académiques indispensables à ce type d'établissement.

### CARACTERISTIQUES ESSENTIELLES DE LA FORMATION OFFERTE

En résumé, la formation offerte par le projet était conçue:

- pour donner des notions sur l'ensemble des facteurs épidémiologiques de la trypanosomiase, l'accent étant mis sur le vecteur;
- pour donner une connaissance pratique de certaines techniques de terrain;
- pour être éminemment pratique;
- pour ne pas être très théorique;

- pour transférer les nouvelles technologies à un vaste groupe cible;
- pour être axée sur la lutte contre *G. morsitans* et *G. pallidipes*;
- pour tenir compte des questions d'environnement, directes et indirectes;
- pour envisager la lutte contre la trypanosomiase dans le contexte du développement rural.

### Comment peut-on atteindre ces objectifs de formation?

J'aimerais aborder ici la question des infrastructures et des exigences institutionnelles pour le fonctionnement actuel et futur du projet.

Plusieurs scénarios sont possibles:

i) L'idéal serait peut-être de disposer de centres régionaux (conçus comme un réseau coordonné) construits spécialement pour la formation, non seulement aux techniques de lutte contre la tsé-tsé/trypanosomiase, mais aussi à la lutte contre les tiques et les maladies qu'elles transmettent, la protozoologie et les disciplines analogues. Ces centres seraient permanents. Pour préciser nos idées, appelons-les centres d'études de terrain. Le financement pourrait être assuré par les gouvernements de la région, ou par des ONG. Il y a peut-être une autre possibilité que j'aborderai plus loin.

ii) Ce que nous avons en réalité est assez différent. A Lusaka, nous occupons des locaux qui fonctionnent très bien comme salles de classe et comme bureaux personnels, mais beaucoup moins bien comme laboratoires. Notre financement a été assez régulier, comme c'est souvent le cas des projets financés par des donateurs extérieurs.

Miraculeusement, il a été assuré depuis 1980 jusqu'à aujourd'hui avec une seule interruption de treize mois. Sans l'appui des coparrains, nos réalisations auraient été bien maigres. Il y a eu un appui très vigoureux au point de vue technique de la part des chercheurs et des agents de terrain, qui ont mis directement leurs compétences à la disposition du projet par des conférences, démonstrations, visites de terrain, etc. A cet égard, il faut citer en particulier le service de lutte contre la tsé-tsé et la trypanosomiase d'harare et sa station de terrain de Rekomeche.

Le service zambien de lutte contre la tsé-tsé et la trypanosomiase a été très actif, et ses diverses campagnes menées de main de maître sur le terrain, ont reçu la visite de nos élèves. Il faut reconnaître l'effet galvanisant du Programme régional de lutte contre la tsé-tsé et la trypanosomiase, en particulier dans ces deux pays.

iii) Nous devons maintenant envisager de manière réaliste ce que nous pourrions avoir dans un proche avenir. Un descriptif de projet a été établi, qui prévoit un réseau de trois centres (en Zambie, en Ouganda et au Burkina Faso), bonne manière de donner une formation dans différentes régions de l'Afrique. Une formation de

premier cycle universitaire sera assurée, outre le niveau intermédiaire sur lequel on a mis l'accent par le passé. La FAO recherche un financement pour un programme quinquennal de ce type.

iv) Envisageons maintenant la situation que l'on pourrait avoir à l'achèvement de ce programme quinquennal. J'aimerais une fois encore aborder le principe du Réseau d'études de terrain pour l'Afrique.

Le mandat de ce centre serait le suivant:

- mettre en place des ateliers complets à la mesure des besoins des pays bénéficiaires, consacrés, par exemple, aux thèmes suivants:
  - a) Prospection des tsé-tsé/trypanosomes et lutte
  - b) Tiques et maladies qu'elles transmettent
  - c) Diagnostic de laboratoire
  - d) Lutte contre l'onchocercose
  - e) Lutte contre la bilharziose
  - f) Lutte contre les helminthes parasites des animaux
  - g) Etudes de l'utilisation des terres
  - h) Etudes d'impact sur l'environnement
  - i) Cartographie, interprétation de photographies aériennes, SIG.
- Organiser ces ateliers sur le terrain, à la demande des gouvernements.
- Donner aux gouvernements des avis sur les besoins de formation, au moyen de prévisions fondées sur des données rassemblées par le Centre, et après avoir dûment pris note des progrès techniques réalisés dans les domaines concernés, et des projets en cours/dans la filière.
- Identifier un personnel qualifié en mesure de donner la formation requise; lorsqu'on fait appel à des experts non africains, assurer le transfert des compétences de formation au personnel africain et renforcer ainsi la capacité des institutions nationales de formation;
- Assurer la liaison avec les institutions internationales en place, sur un pied d'égalité, afin que les ateliers de formation puissent être harmonisés avec les programmes en cours de ces institutions.
- Produire des manuels et autre matériel didactique, en vue d'une utilisation pratique pour les pays concernés par les programmes.
- Assurer, par de brefs voyages d'étude, la diffusion de connaissances relatives aux méthodes de formation entre les pays africains, et entre les diverses disciplines.

## **Financement**

Je pense que ce réseau de centres est appelé à jouer un si grand rôle que la FAO devrait l'incorporer dans son Programme ordinaire, peut-être par l'intermédiaire de son Bureau régional. La structure actuelle de la FAO est la suivante: son Siège est financé directement par son budget ordinaire et son Programme de terrain est financé en très grande partie par des organismes d'aide multilatérale ou bilatérale. Avec l'option proposée, le Bureau régional jouerait un rôle beaucoup plus important et aurait une mission très stimulante. La FAO serait beaucoup plus présente en Afrique. La collecte de données pour de nombreuses disciplines serait bien meilleure. Il est certain que l'intérêt de l'extérieur serait très vif et que des financements arriveraient rapidement à ces centres une fois qu'ils seraient créés, soulageant la FAO d'une bonne partie de son fardeau.

## **Remarques en guise de conclusion**

On pourra aisément critiquer ces idées en déclarant que jamais auparavant, des fonds du Programme ordinaire n'ont été utilisés de cette manière. Cependant, le Bureau régional et les représentations dans les pays sont des maillons d'une même chaîne. Le Programme d'études de terrain pourrait être considéré comme le prolongement logique de ces activités et conforterait la présence actuelle de la FAO sur le terrain. L'idée pourrait, dans un premier temps, être expérimentée sur une petite échelle, par exemple en Ouganda, dans le cadre du calendrier proposé pour le Projet quinquennal (1994-99).

Ce cadre étant probablement le meilleur pour soulever ces idées, je vous prie de bien vouloir les examiner attentivement.

**LIST OF PARTICIPANTS****Members of the Panel of Experts on Ecological, Technical and Development Aspects**

**R. Allsopp**  
Manager  
Livestock Protection Programme  
Natural Resources Institute  
Chatham Avenue  
Chatham Maritime  
Kent ME4 4TB  
United Kingdom

**N.J. Alsop**  
Tsetse Control Specialist  
"Carlton"  
Meadow Lane  
Houghton  
Huntingdon  
Cambridgeshire PE17 2BP  
United Kingdom

**V. Chadenga**  
Assistant Director  
Tsetse and Trypanosomiasis Control  
Branch  
P.O. Box 8283  
Causeway  
Harare  
Zimbabwe

**D. Cuisance**  
Veterinaire Inspecteur  
Departement d'elevage et de  
medecine veterinaire (CIRAD-EMVT)  
911, avenue Agropolis  
B.P. 5045  
34032 Montpellier  
Cedex 1  
France

**O. Diall**

Chef de la Section de protozoologie  
Laboratoire centrale veterinaire  
B.P. 2295  
Bamako  
Mali

**A. Douati**

Veterinaire-Inspecteur  
Service de lutte contre la trypanosomiase  
animale et les vecteurs  
Ministere de l'agriculture et  
des ressources animales  
B.P.45  
Korhogo  
Côte d'Ivoire

**A. Ilemobade**

Professor  
Federal University of Technology  
P.M.B. 704 Akure  
Ondo State  
Nigeria

**A.M. Jordan**

"Ekpoma"  
Ladymead Lane  
Langford  
Bristol, BS18 7ED  
United Kingdom

**D.F. Lovemore**

Regional Coordinator  
Regional Tsetse and Trypanosomiasis  
Control Programme  
P.O.Box A 560  
Avondale  
Harare  
Zimbabwe

**J. Mortelmans**  
Professeur  
Institut de medecine tropicale  
Beukenlaan 2  
B-2020 Antwerpen  
Belgique

**P. Nagel**  
Professor  
Universitat des Saarlandes  
Zentrum fur Umweltforschung  
Institut fur Biogeographie  
Zeile 4  
Beethovenstrasse/Am Markt  
D-6602 Saarbrucken-Dudweiler  
Germany

**L.H. Otieno**  
Programme Leader  
Livestock Pests Research Programme  
International Centre of Insect  
Physiology and Ecology (ICIPE)  
P.O.Box 30772  
Nairobi  
Kenya

**B. Perry**  
Head, Epidemiology and Socio-economics  
Programme  
International Laboratory for Research  
on Animal Diseases (ILRAD)  
P.O.Box 30709  
Nairobi  
Kenya

**D.G. Rogers**  
Lecturer in Zoology  
Department of Zoology  
University of Oxford  
South Parks Road  
Oxford OX1 3PS  
United Kingdom



**W. Takken**  
Medical/Veterinary Entomologist  
Agricultural University  
Department of Entomology  
P.O.Box 8031  
6707 EH Wageningen  
Netherlands

**I. Tamboura**  
Directeur  
Ecole de lutte anti-tsetse  
B.P. 161  
Bobo-Dioulasso  
Burkina-Faso

**S.M. Toure**  
Directeur  
Centre de recherches sur les  
trypanosomiasés animales (CRTA)  
01 B.P. 454  
Bobo-Dioulasso 01  
Burkina-Faso

**G.A. Vale**  
Research Coordinator  
Regional Tsetse and Trypanosomiasis  
Control Programme  
P.O.Box A 560  
Avondale  
Harare  
Zimbabwe

Secretariat  
Secretariat

**K.O. Gyening**  
Animal Health Officer  
Tsetse and Trypanosomiasis  
FAO Regional Office for Africa (RAFR)  
P.O. Box 1628  
Accra  
Ghana

**B.S. Hursey**  
Senior Officer  
Trypanosomiasis/Tsetse Control  
Animal Production and Health Division  
FAO, Rome, Italy

**P. Marchot**  
Animal Health Officer  
Tsetse controlled area development  
Animal Production and Health Division  
FAO, Rome, Italy

**J. Slingenbergh**  
Animal Health Officer  
Trypanosomiasis Control  
Animal Production and Health Division  
FAO, Rome, Italy

**U. Feldman**  
Entomologist  
Joint FAO/IAEA Division  
Wagramerstrasse 5  
A-1000 Vienna  
Austria

**J. Pollock**  
Project Manager  
RAF/91/022, Tsetse Training  
FAO, Lusaka, Zambia

**P. Cattand**  
Medical Entomologist  
WHO  
Geneva  
Switzerland



## FAO TECHNICAL PAPERS

### FAO ANIMAL PRODUCTION AND HEALTH PAPERS

1	Animal breeding: selected articles from the <i>World Animal Review</i> , 1977 (C E F S)	37	African animal trypanosomiasis: selected articles from the <i>World Animal Review</i> , 1983 (E F)
2	Eradication of hog cholera and African swine fever, 1976 (E F S)	38	Diagnosis and vaccination for the control of brucellosis in the Near East, 1982 (Ar E)
3	Insecticides and application equipment for tsetse control, 1977 (E F)	39	Solar energy in small-scale milk collection and processing, 1983 (E F)
4	New feed resources, 1977 (E/F/S)	40	Intensive sheep production in the Near East, 1983 (Ar E)
5	Bibliography of the criollo cattle of the Americas, 1977 (E/S)	41	Integrating crops and livestock in West Africa, 1983 (E F)
6	Mediterranean cattle and sheep in crossbreeding, 1977 (E F)	42	Animal energy in agriculture in Africa and Asia, 1984 (E/F S)
7	The environmental impact of tsetse control operations, 1977 (E F)	43	Olive by-products for animal feed, 1985 (Ar E F S)
7 Rev. 1	The environmental impact of tsetse control operations, 1980 (E F)	44/1	Animal genetic resources conservation by management, data banks and training, 1984 (E)
8	Declining breeds of Mediterranean sheep, 1978 (E F)	44/2	Animal genetic resources: cryogenic storage of germplasm and molecular engineering, 1984 (E)
9	Slaughterhouse and slaughterslab design and construction, 1978 (E F S)	45	Maintenance systems for the dairy plant, 1984 (E)
10	Treating straw for animal feeding, 1978 (C E F S)	46	Livestock breeds of China, 1984 (E F S)
11	Packaging, storage and distribution of processed milk, 1978 (E)	47	Réfrigération du lait à la ferme et organisation des transports, 1985 (F)
12	Ruminant nutrition: selected articles from the <i>World Animal Review</i> , 1978 (C E F S)	48	La fromagerie et les variétés de fromages du bassin méditerranéen, 1985 (F)
13	Buffalo reproduction and artificial insemination, 1979 (E*)	49	Manual for the slaughter of small ruminants in developing countries, 1985 (E)
14	The African trypanosomiasis, 1979 (E F)	50	Better utilization of crop residues and by-products in animal feeding: research guidelines – 1. State of knowledge, 1985 (E)
15	Establishment of dairy training centres, 1979 (E)	50/2	Better utilization of crop residues and by-products in animal feeding: research guidelines – 2. A practical manual for research workers, 1986 (E)
16	Open yard housing for young cattle, 1981 (Ar E F S)	51	Dried salted meats: charque and carne-de-sol, 1985 (E)
17	Prolific tropical sheep, 1980 (E F S)	52	Small-scale sausage production, 1985 (E)
18	Feed from animal wastes: state of knowledge, 1980 (C E)	53	Slaughterhouse cleaning and sanitation, 1985 (E)
19	East Coast fever and related tick-borne diseases, 1980 (E)	54	Small ruminants in the Near East – Vol. I. Selected papers presented for the Expert Consultation on Small Ruminant Research and Development in the Near East (Tunis, 1985), 1987 (E)
20/1	Trypanotolerant livestock in West and Central Africa – Vol. 1. General study, 1980 (E F)	55	Small ruminants in the Near East – Vol. II. Selected articles from <i>World Animal Review</i> 1972-1986, 1987 (Ar E)
20/2	Trypanotolerant livestock in West and Central Africa – Vol. 2. Country studies, 1980 (E F)	56	Sheep and goats in Pakistan, 1985 (E)
20/3	Le bétail trypanotolérant en Afrique occidentale et centrale – Vol. 3. Bilan d'une décennie, 1988 (F)	57	The Awassi sheep with special reference to the improved dairy type, 1985 (E)
21	Guideline for dairy accounting, 1980 (E)	58	Small ruminant production in the developing countries, 1986 (E)
22	Recursos genéticos animales en América Latina, 1981 (S)	59/1	Animal genetic resources data banks – 1. Computer systems study for regional data banks, 1986 (E)
23	Disease control in semen and embryos, 1981 (C E F S)	59/2	Animal genetic resources data banks – 2. Descriptor lists for cattle, buffalo, pigs, sheep and goats, 1986 (E F S)
24	Animal genetic resources – conservation and management, 1981 (C E)	59/3	Animal genetic resources data banks – 3. Descriptor lists for poultry, 1986 (E F S)
25	Reproductive efficiency in cattle, 1982 (C E F S)	60	Sheep and goats in Turkey, 1986 (E)
26	Camels and camel milk, 1982 (E)	61	The Przewalski horse and restoration to its natural habitat in Mongolia, 1986 (E)
27	Deer farming, 1982 (E)	62	Milk and dairy products: production and processing costs, 1988 (E F S)
28	Feed from animal wastes: feeding manual, 1982 (C E)	63	Proceedings of the FAO expert consultation on the substitution of imported concentrate feeds in animal production systems in developing countries, 1987 (C E)
29	Echinococcosis/hydatidosis surveillance, prevention and control: FAO/UNEP/WHO guidelines, 1982 (E)	64	Poultry management and diseases in the Near East,
30	Sheep and goat breeds of India, 1982 (E)		
31	Hormones in animal production, 1982 (E)		
32	Crop residues and agro-industrial by-products in animal feeding, 1982 (E/F)		
33	Haemorrhagic septicaemia, 1982 (E F)		
34	Breeding plans for ruminant livestock in the tropics, 1982 (E F S)		
35	Off-tastes in raw and reconstituted milk, 1983 (Ar E F S)		
36	Ticks and tick-borne diseases: selected articles from the <i>World Animal Review</i> , 1983 (E F S)		

	1987 (Ar)	100	Programme for the control of African animal trypanosomiasis and related development, 1992 (E)
65	Animal genetic resources of the USSR, 1989 (E)	101	Genetic improvement of hair sheep in the tropics, 1992 (E)
66	Animal genetic resources – strategies for improved use and conservation, 1987 (E)	102	Legume trees and other fodder trees as protein sources for livestock, 1992 (E)
67/1	Trypanotolerant cattle and livestock development in West and Central Africa – Vol. I, 1987 (E)	103	Improving sheep reproduction in the Near East, 1992 (Ar)
67/2	Trypanotolerant cattle and livestock development in West and Central Africa – Vol. II, 1987 (E)	104	The management of global animal genetic resources, 1992 (E)
68	Crossbreeding <i>Bos indicus</i> and <i>Bos taurus</i> for milk production in the tropics, 1987 (E)	105	Sustainable livestock production in the mountain agro-ecosystem of Nepal, 1992 (E)
69	Village milk processing, 1988 (E F S)	106	Sustainable animal production from small farm systems in South-East Asia, 1993 (E)
70	Sheep and goat meat production in the humid tropics of West Africa, 1989 (E/F)	107	Strategies for sustainable animal agriculture in developing countries, 1993 (E)
71	The development of village-based sheep production in West Africa, 1988 (Ar E F S) (Published as Training manual for extension workers, M/S5840E)	108	Evaluation of breeds and crosses of domestic animals, 1993 (E)
72	Sugarcane as feed, 1988 (E/S)	109	Bovine spongiform encephalopathy, 1993 (Ar E)
73	Standard design for small-scale modular slaughterhouses, 1988 (E)	110	L'amélioration génétique des bovins en Afrique de l'Ouest, 1993 (F)
74	Small ruminants in the Near East – Vol. III. North Africa, 1989 (E)	111	L'utilización sostenible de hembras F1 en la producción del ganado lechero tropical, 1993 (S)
75	The eradication of ticks, 1989 (E/S)	112	Physiologie de la reproduction des bovins trypanotolérants, 1993 (F)
76	<i>Ex situ</i> cryoconservation of genomes and genes of endangered cattle breeds by means of modern biotechnological methods, 1989 (E)	113	La technologie des fromages au lait de dromadaire ( <i>Camelus dromedarius</i> ), 1993 (F)
77	Training manual for embryo transfer in cattle, 1991 (E)	114	Food losses due to non-infectious and production diseases in developing countries, 1993 (E)
78	Milking, milk production hygiene and udder health, 1989 (E)	115	Manuel de formation pratique pour la transplantation embryonnaire chez la brebis et la chèvre, 1993 (F)
79	Manual of simple methods of meat preservation, 1990 (E)	116	Quality control of veterinary vaccines in developing countries, 1993 (E)
80	Animal genetic resources – a global programme for sustainable development, 1990 (E)	117	L'hygiène dans l'industrie alimentaire, 1993 – Les produits et l'application de l'hygiène, 1993 (F)
81	Veterinary diagnostic bacteriology – a manual of laboratory procedures of selected diseases of livestock, 1990 (E F)	118	Quality control testing of rinderpest cell culture vaccine, 1994 (E)
82	Reproduction in camels – a review, 1990 (E)	119	Manual on meat inspection for developing countries, 1994 (E)
83	Training manual on artificial insemination in sheep and goats, 1991 (E F)	120	Manual para la instalación del pequeño matadero modular de la FAO, 1994 (S)
84	Training manual for embryo transfer in water buffaloes, 1991 (E)	121	A systematic approach to tsetse and trypanosomiasis control, 1994 (E/F)
85	The technology of traditional milk products in developing countries, 1990 (E)		
86	Feeding dairy cows in the tropics, 1991 (E)		
87	Manual for the production of anthrax and blackleg vaccines, 1991 (E F)		
88	Small ruminant production and the small ruminant genetic resource in tropical Africa, 1991 (E)		
89	Manual for the production of Marek's disease, Gumboro disease and inactivated Newcastle disease vaccines, 1991 (E F)		
90	Application of biotechnology to nutrition of animals in developing countries, 1991 (E F)		
91	Guidelines for slaughtering, meat cutting and further processing, 1991 (E F)		
92	Manual on meat cold store operation and management, 1991 (E S)		
93	Utilization of renewable energy sources and energy-saving technologies by small-scale milk plants and collection centres, 1992 (E)		
94	Proceedings of the FAO expert consultation on the genetic aspects of trypanotolerance, 1992 (E)		
95	Roots, tubers, plantains and bananas in animal feeding, 1992 (E)		
96	Distribution and impact of helminth diseases of livestock in developing countries, 1992 (E)		
97	Construction and operation of medium-sized abattoirs in developing countries, 1992 (E)		
98	Small-scale poultry processing, 1992 (Ar E)		
99	<i>In situ</i> conservation of livestock and poultry, 1992 (E)		

Availability: October 1994

Ar – Arabic	Multil – Multilingual
C – Chinese	* Out of print
E – English	** In preparation
F – French	
P – Portuguese	
S – Spanish	

*The FAO Technical Papers are available through the authorized FAO Sales Agents or directly from Distribution and Sales Section, FAO, Viale delle Terme di Caracalla, 00100 Rome, Italy.*

The impact of tsetse and trypanosomiasis on economic and sustainable agricultural production is of growing concern in the context of increasing human population pressures coupled with the precarious food security situation in many low-income and food-deficit countries in Africa. Panels of Experts constituted to provide policy and technical advice to the Programme for the Control of African Animal Trypanosomiasis and Related Development convened in Rome in December 1993 and were given the mandate to advise FAO on the theme "A systematic approach to tsetse control". Their objective was to make recommendations, on the basis of technical considerations, for a concerted and globally coordinated effort towards tsetse and trypanosomiasis control. The working papers used to guide the deliberations are produced here in full for the benefit of those concerned with agricultural and particularly livestock development in sub-Saharan Africa. The record of the meeting is published as an FAO report.

Les effets de la mouche tse-tse et de la trypanosomiase sur l'économie et la durabilité de la production agricole inquiètent de plus en plus dans un contexte de croissance démographique conjuguée à une situation alimentaire précaire dans de nombreux pays d'Afrique à bas revenu et à déficit vivrier. Des groupes d'experts constitués pour définir une politique et fournir des conseils techniques au Programme de lutte contre la trypanosomiase animale africaine et de mise en valeur des zones en cause se sont réunis à Rome en décembre 1993, avec pour mandat de conseiller la FAO sur une approche systématique de la lutte contre la tse-tse. Leur objectif était de faire des recommandations, techniquement fondées, pour une action concertée et coordonnée au niveau mondial de lutte contre la tse-tse et la trypanosomiase. Le compte rendu de la réunion a été publié comme rapport FAO, et les documents de travail utilisés lors des délibérations sont reproduits intégralement dans la présente étude, destinée à tous ceux qui s'intéressent au développement agricole, et en particulier à celui de l'élevage, en Afrique subsaharienne.

ISBN 92-5-003554-3 ISSN 0254-6019



M-27

T4885Bi/1/10.94/2100