

ACADEMIE ROYALE DES SCIENCES D'OUTRE-MER

**Le contrôle de la trypanosomose «à la carte»:
une approche intégrée basée sur
un Système d'Information Géographique**

par

Guy HENDRICKX & Ayitou NAPALA

KONINKLIJKE ACADEMIE VOOR OVERZEESSE WETENSCHAPPEN

1999



ACADEMIE ROYALE DES SCIENCES D'OUTRE-MER
Classe des Sciences naturelles et médicales
Mémoire in-8°, Nouvelle Série, Tome 24, fasc. 4, Bruxelles, 1999

**Le contrôle de la trypanosomose «à la carte»:
une approche intégrée basée sur
un Système d'Information Géographique**

par

Guy HENDRICKX
Conseiller technique principal

Ayitou NAPALA
Chef de projet

Projet Régional de Lutte contre la Trypanosomose
Togo – Burkina Faso

KONINKLIJKE ACADEMIE VOOR OVERZEESE WETENSCHAPPEN
Klasse voor Natuur- en Geneeskundige Wetenschappen
Verhandeling in-8°, Nieuwe Reeks, Boek 24, afl. 4, Brussel, 1999

Mémoire présenté au concours annuel 1997
et couronné par la Classe des Sciences naturelles et médicales
en sa séance du 24 juin 1997

Rapporteurs: MM. S. GEERTS, J.-M. JADIN et J. MORTELMANS

Texte définitif déposé le 8 décembre 1997

ACADEMIE ROYALE
DES
SCIENCES D'OUTRE-MER

KONINKLIJKE ACADEMIE
VOOR
OVERZEESE WETENSCHAPPEN

rue Defacqz 1 boîte 3
B-1000 Bruxelles (Belgique)

Defacqzstraat 1 bus 3
B-1000 Brussel (België)

 (02)538.02.11 & 538.47.72 - Fax (02)539.23.53
E-mail: kaowarsom@skynet.be

ISBN 90-75652-14-3
D/1999/0149/1

TABLE DES MATIERES

Remerciements	5
Résumé	7
Abréviations	9
1. Introduction générale	11
1.1. La trypanosomose animale africaine	11
1.2. Méthodes de lutte contre la trypanosomose animale africaine	12
1.3. But du travail présenté	14
2. Variables écoclimatiques mesurées au sol et par satellite	15
2.1. Introduction	15
2.2. Matériel et méthodes	16
2.2.1. Cadre climatique	16
2.2.2. Variables mesurées au sol	19
2.2.3. Variables mesurées par satellite	21
2.2.3.1. Données	21
2.2.3.2. Traitement des données	22
2.3. Résultats	24
2.4. Discussion	27
3. Distribution et densités des glossines	29
3.1. Introduction	29
3.2. Matériel et méthodes	29
3.2.1. Enquêtes entomologiques	29
3.2.2. Transformation et traitement des données	31
3.3. Résultats	31
3.3.1. Sous-genre <i>Nemorhina</i>	31
3.3.1.1. <i>Glossina (Nemorhina) tachinoides</i> Westwood, 1850	31
3.3.1.2. <i>Glossina (Nemorhina) palpalis palpalis</i> Robineau-Desvoidy, 1830	35
3.3.2. Sous-genre <i>Glossina</i>	37
3.3.2.1. <i>Glossina (Glossina) morsitans submorsitans</i> Newstead, 1910	37
3.3.2.2. <i>Glossina (Glossina) longipalpis</i> Wiedemann, 1830	37
3.3.3. Sous-genre <i>Austenina</i>	38

3.3.3.1. <i>Glossina (Austenina) medicorum</i> Austen, 1911	38
3.3.3.2. <i>Glossina (Austenina) fusca fusca</i> Walker, 1849	38
3.4. Discussion	38
4. Epidémiologie de la trypanosomose bovine	41
4.1. Introduction	41
4.2. Matériel et méthodes	41
4.2.1. Enquêtes protozoologiques	41
4.2.2. Transformation et traitement des données	42
4.3. Résultats	42
4.3.1. Prévalence	42
4.3.2. Hématocrite	44
4.3.3. Relation entre les glossines et la trypanosomose	46
4.4. Discussion	47
5. Elevage bovin	51
5.1. Introduction	51
5.2. Matériel et méthodes	51
5.2.1. Recensement du bétail	51
5.2.2. Présentation des résultats	52
5.2.3. Validation de la carte d'introgession zébu	52
5.2.4. Analyse des résultats	52
5.3. Résultats	54
5.4. Discussion	57
6. Définition des zones prioritaires d'action	59
6.1. Introduction	59
6.2. Matériel et méthodes	59
6.2.1. Approche générale	59
6.2.2. Variables utilisées	60
6.2.3. Autres éléments permettant de définir les méthodes de contrôle à utiliser	60
6.3. Résultats	62
6.3.1. Approche qualitative	62
6.3.2. Approche quantitative	63
6.3.3. Combinaison des deux approches	63
6.3.4. Méthodes de contrôle	64
6.4. Discussion	65
7. Conclusion générale	69
Bibliographie	73
Cartes	79

REMERCIEMENTS

Les auteurs sont reconnaissants aux membres de l'Académie Royale des Sciences d'Outre-Mer de leur avoir décerné le prix de lauréats de la Classe des Sciences naturelles et médicales pour 1997. De ce fait, ils donnent également l'occasion unique aux auteurs de traiter au sein d'une même publication des différents aspects de leur travail, renforçant leurs espoirs de voir ce genre d'approche appliquée à d'autres pays.

Le travail présenté a été effectué dans le cadre des activités du «Projet de Lutte contre la Trypanosomose Animale au Togo», GCP-TOG-013-BEL, financé par le Royaume de Belgique et exécuté par la FAO en coopération avec le Ministère de l'Agriculture, de l'Elevage et de la Pêche. Les auteurs désirent remercier tout particulièrement K. Adoméfa, R. De Deken, M. Denke, N. Doumandji, P. Marchot, D. J. Rogers et J. Slingenbergh, sans qui le travail présenté n'aurait jamais vu le jour. Leurs remerciements sont également adressés à A. Aliti, K. Amedji, P. Bastiaensen, D. Batawui, B. Bauer, D. Bradley, M. Chambaud, B. Dao, P. Dorny, B. Hursey, Z. Issifou, B.T. Kadjassi, T.B. Kagnaya, J.D. Keita, T. Komlani, N'T. Kouagou, P. Lanwi, T. Lémou, D. Ouatarra, S.M. Touré et J. Vercruyse pour leurs conseils, assistance et disponibilité. Ils remercient les équipes de terrain sous la direction de K. Agrignan, A. Body, A. Hévron, L. Lakougnon, K. Somanin et S. Yacnambé, ainsi que tous les chefs SREP, leur personnel et les agents d'autres services et projets ayant été impliqués dans ces travaux. Finalement, ils remercient pour avoir gracieusement mis à leur disposition les données satellites utilisées dans ce travail, F.L. Sniijders du programme ARTEMIS (FAO, Rome) dans le cas des CCD et NDVI, ainsi que D.J. Rogers du groupe TALA (Oxford) dans le cas des données du canal thermique (Ch4) et des résultats de l'analyse de Fourier pour les NDVI, Ch4 et CCD.

RESUME

Une série de facteurs ont provoqué un changement fondamental dans l'approche générale du problème des glossines et de la trypanosomose, maladie qu'elles transmettent. De la lutte contre le vecteur à grande échelle visant son éradication, avec un maximum d'apport extérieur, on est passé à une approche participative de contrôle de la maladie à plus petite échelle associant au maximum les bénéficiaires. Ceci nécessite une connaissance détaillée des différents paramètres qui décrivent le problème. Le travail présenté décrit l'élaboration dans ce but et pour la première fois d'une banque de données à un niveau national et à haute résolution spatiale (0,125 degré). Les variables mesurées incluent des données sur:

- Les vecteurs, y compris des cartes de distribution et d'abondance corrigées pour des effets saisonniers;
- Les parasites, y compris des cartes des parasitémies et hématocrites mesurés corrigés pour des effets saisonniers;
- Les hôtes bovins, y compris des cartes de distribution, d'introgession zébu, de taille des troupeaux, des structures des propriétaires et des types d'élevage adoptés.

Ces variables sont incorporées et analysées dans le cadre d'un système d'information géographique. Les résultats obtenus ont permis de:

- Faire l'inventaire des différents aspects du problème;
- Analyser l'épidémiologie *lato sensu* de la maladie dans l'espace;
- Identifier des zones prioritaires d'action;
- Proposer des solutions adaptées aux différentes situations rencontrées.

Le mémoire présenté a pour but de présenter ces résultats dans leur globalité en mettant l'accent sur l'élaboration d'un outil permettant la sélection de zones prioritaires d'action. Ces recherches continuent actuellement. Les résultats combinés feront l'objet d'une série d'articles détaillés.

LISTE DES ABREVIATIONS

ACCT	Agence de Coopération Culturelle et Technique
ADN	Acide Désoxyribonucléique
Amp _x	Amplitude du cycle x-annuel, obtenue après analyse de Fourier
ARTEMIS	African Real Time Environmental Monitoring and Information System
AVHRR	Advanced Very High Resolution Radiometer
CCD	Cold Cloud Duration
CEE	Communauté Economique Européenne
Ch4	Thermal Channel 4
CIRDES	Centre International de Recherche-Développement sur l'Élevage dans les zones Subhumides
CREAT	Centre de Recherche sur l'Élevage d'Avétonou, Togo
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
GAC	Global Area Coverage data
GCP-TOG-013-BEL	Projet National de Lutte contre la Trypanosomose Animale au Togo
GPJ	Glossines par Piège et par Jour
Hct	Hématocrite
HMSO	Her Majesty's Stationery Office
ILCA	International Livestock Centre for Africa
ILRAD	International Laboratory for Research on Animal Diseases
ILRI	International Livestock Research Institute
ISCTRC	International Scientific Council for Trypanosomiasis Research and Control
ITC	International Trypanotolerance Centre
NASA	National Space Agency
NDVI	Normalized Difference Vegetation Index
NOAA	National Oceanographic and Atmospheric Administration
OAU/OUA	Organization of African Unity
ORSTOM	Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération
Ph _x	Phase du cycle x-annuel, obtenue après analyse de Fourier
PNUD/UNDP	Programme des Nations Unies pour le Développement
PNUE	Programme des Nations Unies pour l'Environnement
PROPAT	Projet de Promotion de la Production Animale au Togo
RTTCP	Regional Tsetse and Trypanosomiasis Control Programme for Southern Africa

SIG	Système d'Information Géographique
Sp. = Spp.	espèce
SPOT	Satellite Pour l'Observation de la Terre
SREP	Service Régional de l'Elevage et de la Pêche
TAA	Trypanosomose Animale Africaine
TALA	Trypanosomiasis and Land-use in Africa
TAMSAT	Tropical Applications in Meteorology of Satellites and other data
TM	Thematic Mapping

1. Introduction générale

1.1. LA TRYPANOSOMOSE ANIMALE AFRICAINE

La trypanosomose animale africaine (TAA) est une maladie protozoaire, causée par des parasites du sang du genre *Trypanosoma*. Chez les bovins, on rencontre comme espèces pathogènes: *Trypanosoma (Nannomonas) congolense*, *T. (Duttonella) vivax* et *T. (Trypanozoon) brucei*. Ils causent une maladie chronique, rarement aiguë, pouvant conduire à la mort et provoquant toujours des pertes de productivité. Le symptôme principal est l'anémie suivie d'un amaigrissement progressif. La majorité des animaux domestiques sont sensibles à la maladie. Il existe en Afrique de l'Ouest des races bovines «trypanotolérantes», de type taurin, pouvant vivre en équilibre avec le parasite (HOSTE *et al.* 1988). Cette tolérance est relative; elle varie d'un individu à l'autre et est multifactorielle. Souvent, il y a perte de production et, en cas de stress, la maladie peut évoluer de la même façon que dans le cas d'animaux sensibles.

En Afrique subsaharienne, le parasite est transmis de façon cyclique par les glossines ou mouches tsé-tsé (genre *Glossina*). Il existe trente et une espèces et sous-espèces reconnues de glossines, groupées en trois sous-genres. Le sous-genre *Nemorhina* regroupe les glossines dites «riveraines», le sous-genre *Glossina* les glossines «de savane» et le sous-genre *Austenina* les glossines «de forêt». Les deux sexes sont hématophages. Du cycle biologique du vecteur ressortent plusieurs points importants (BUXTON 1955):

- Les glossines sont dépendantes d'un habitat spécifique.
- Les glossines se nourrissent en partie sur des hôtes sauvages qui sont peu ou pas sensibles à la maladie. Les taux de prévalence y excèdent régulièrement les 40 % (ASHCROFT 1959). Ils sont le «réservoir» de la maladie entretenant l'infection dans la population de vecteurs qui la transmettent aux animaux domestiques. Une glossine infectée l'est pour la vie. Par leurs contacts fréquents avec le bétail domestique, les glossines riveraines et de savane jouent le plus grand rôle économique.
- Les glossines femelles ne s'accouplent, en général, qu'une seule fois, qu'elles soient fertilisées ou pas.
- Les glossines sont vivipares et chaque femelle n'a que six à dix descendants. Les larves se développent une à une du stade L₁ jusqu'au stade L₃ dans l'utérus. Une larve est déposée tous les dix jours dans un endroit abrité. La puppe se développe dans le sol. Ceci implique qu'il suffit de provoquer la mortalité de 2 à 4 % des femelles par jour pour forcer le déclin d'une population de glossines (HARGROVE 1988).

A côté de la transmission cyclique existe un mode de transmission mécanique. Elle est de règle dans le cas de *T. evansi* en Afrique. Hors d'Afrique, la trypanosomose est transmise, chez les animaux domestiques, de façon mécanique, *T. vivax* et *T. evansi*, ou par le coït, *T. equiperdum*.

1.2. METHODES DE LUTTE CONTRE LA TRYPANOSOMOSE ANIMALE AFRICAINE

En Afrique, 10 millions de kilomètres carrés, dans trente-six pays, sont infestés par les glossines. Un tiers des 147 millions de têtes de bétail que compte l'Afrique court le risque de contracter la trypanosomose. La maladie y est considérée comme la contrainte majeure du développement de l'élevage. Elle influence directement la santé et la production animale et indirectement l'intégration de l'agriculture et de l'élevage. Ceci empêche une bonne utilisation des sols, nécessaire pour nourrir les populations humaines qui continuent de croître à un taux annuel de 3,1 % (Winrock International 1992).

Depuis la découverte du problème au début du siècle, plusieurs méthodes de lutte ont été mises au point. Elles interviennent sur l'hôte ou sur le vecteur et sont résumées au tableau 1.

L'utilisation de produits curatifs ou préventifs est la méthode la plus largement répandue. Elles sont basées sur un nombre limité de produits. Aucune nouvelle molécule n'a été mise en circulation ces vingt-cinq dernières années. Cette situation fait apparaître des souches résistantes de trypanosomes (PEREGRINE & MAMMAN 1993). Ces résistances incluent un nombre de résistances croisées. Actuellement l'utilisation de paires sanatives, c.-à-d. n'induisant pas de résistance croisée, est conseillée. Il s'agit de l'isométhamidium et du diminazène ainsi que de l'homidium et du diminazène. Les méthodes de lutte contre les vecteurs ont connu une évolution importante dans le temps (sauf dans le cas des mâles stériles, elles sont reprises par ordre chronologique au tableau 1). Cette évolution a, plus que par des contraintes techniques, surtout été motivée par des contraintes «extérieures»: pressions des groupements de protection de l'environnement et motivations financières. Actuellement des méthodes utilisant un minimum d'insecticides biodégradables, appliqués de façon ciblée (écrans, pièges, bétail), sont préconisées.

Un autre aspect de la lutte a également suscité des discussions: faut-il éradiquer le vecteur ou faut-il contrôler la maladie sous un seuil acceptable? Bien que la discussion ne semble pas être entièrement close, l'option de contrôle est maintenant généralement acceptée (FAO 1991). Ce changement de cap nécessite une adaptation en profondeur de l'approche. En effet, une action visant l'éradication du vecteur implique une opération technique menée le plus rapidement possible et sur la superficie la plus grande possible par des équipes de spécialistes venues de l'extérieur. Idéalement, une seule technique est utilisée pour en faciliter l'organisation et l'application. Les études préalables nécessaires sont relativement

Tableau 1
Méthodes de lutte contre la trypanosomose et ses vecteurs

Niveau d'intervention	Méthode	Utilisation actuelle
Hôte	<ol style="list-style-type: none"> 1. Destruction du réservoir sauvage. 2. Vaccin. 3. Traitement préventif de la maladie. 4. Traitement curatif de la maladie. 5. Bétail trypanotolérant. 	<p>Méthode abandonnée. Pas développé. Bovins: isométhamidium, homidium. Bovins: diminazène, homidium. Utilisation «passive» des races présentes ou promotion des races trypanotolérantes.</p>
Vecteur	<ol style="list-style-type: none"> 1. Destruction sélective ou non de l'habitat. 2. Application d'insecticide rémanent sur la végétation au sol. 3. Application d'insecticide rémanent ou non pas par voie aérienne. 4. Déploiement de pièges et écrans imprégnés d'insecticide, avec ou sans odeurs attractives. 5. Application d'insecticide sur le bétail (bain, aspersion, <i>pour-on</i>). 6. Lâcher de mâles stériles. 	<p>Méthode abandonnée: l'expansion de l'agriculture a un effet «passif», surtout sur les populations de glossines de savane. Méthode abandonnée. Méthode abandonnée. Méthode utilisée: couleur du tissu bleu et/ou noir, pyréthroides semi-synthétiques, odeurs dans le cas de glossines de savane. Méthode utilisée: pyréthroides semi-synthétiques. Méthode utilisée à Zanzibar dans des conditions exceptionnelles d'isolement total de la population de glossines.</p>

limitées et concernent surtout la distribution du vecteur. Le contrôle de la maladie, par contre, est d'une gestion beaucoup plus délicate qui est guidée par la notion de pérennité (FAO 1993). Au centre se trouve la participation des bénéficiaires qui devront l'appliquer et la prendre en charge. Ceci implique des activités de sensibilisation et la possibilité de choix et de refus. En vue d'obtenir les meilleurs résultats, différentes méthodes doivent être intégrées. Elles doivent pouvoir donner de bons résultats sur des étendues relativement restreintes. Cette approche nécessite une connaissance détaillée du problème, sous ses différents aspects, pour pouvoir intervenir en priorité là où il est le plus aigu et proposer des solutions adaptées aux différentes situations.

Ceci suppose la gestion de banques de données étendues, devenue possible par l'avènement des micro-ordinateurs et le développement de logiciels pouvant traiter cette masse de données. Parmi ceux-ci, figurent les Systèmes d'Information Géographique (SIG). Ils permettent le traitement et l'analyse de données dans l'espace ainsi que la production de cartes. Ils sont un complément puissant

à l'approche statistique classique présentant les données sous forme de graphiques. Ils permettent d'avoir un aperçu «panoramique» d'un problème et sont d'une grande utilité dans la prise de décision.

1.3. BUT DU TRAVAIL PRESENTE

Le travail présenté a été effectué dans le cadre du «Projet National de Lutte contre la Trypanosomose Animale au Togo», financé par la Belgique et exécuté par la FAO (HENDRICKX & NAPALA 1995).

Le but du travail présenté était:

- D'élaborer une banque de données basée sur un canevas de 0,125 degré divisant le Togo en 311 carrés d'environ 13,6 km de côté et de l'intégrer dans un système d'information géographique;
- De développer une méthodologie et de conduire une série d'enquêtes transversales exhaustives à haute résolution, en vue de mesurer les variables relevantes concernant les vecteurs (espèces de glossines, distributions et densités), la maladie (espèces de trypanosomes, prévalences, hématocrites) et l'hôte (races, croisements, distribution, composition des troupeaux, aspects socio-économiques);
- D'y inclure des données existantes concernant l'agriculture (occupation des sols, population humaine) et les aspects écoclimatiques, y compris des variables mesurées par satellite;
- D'étudier ces différentes variables et leurs relations dans l'espace;
- De développer une approche de sélection de zones prioritaires basée sur les résultats obtenus;
- De combiner ces résultats avec ceux d'essais pilotes en vue de proposer un plan national de lutte adapté aux situations rencontrées.

2. Variables écoclimatiques mesurées au sol et par satellite

2.1. INTRODUCTION

L'influence de facteurs climatiques, y compris l'effet des saisons, sur la distribution et les densités des vecteurs arthropodes de parasites en général et des glossines en particulier, est reconnue depuis longtemps tant au niveau de populations individuelles limitées dans l'espace (NASH 1937) qu'au niveau de pays ou de régions (NASH 1948). Ce type d'étude a longtemps été entièrement dépendant de mesures faites au sol. Depuis la deuxième moitié des années septante, le développement de techniques de télédétection, les possibilités grandissantes de traitement informatisé de la masse de données ainsi récoltées et la disponibilité de celles-ci, ouvrent de nouvelles perspectives. La télédétection offre un certain nombre d'avantages par rapport aux mesures faites dans des stations météorologiques au sol. Ceux-ci incluent: une disponibilité permanente, une mesure régulière et contemporaine, des résolutions inégalables au sol et finalement leur indépendance totale de frontières et aléas politiques. Trois sources principales, récemment revues par HAY *et al.* (1996) dans le cadre de l'étude de vecteurs arthropodes, sont actuellement disponibles:

- Les satellites de type SPOT (Satellite Pour l'Observation de la Terre) et Landsat en orbite polaire (c.-à-d. passant par les deux pôles au courant de leur orbite) produisent des images à grande résolution spatiale (10 à 30 m dans le cas de SPOT et 20 à 30 m pour Landsat) mais à faible résolution temporelle (26 et 16 jours). Après traitement et attribution de couleurs artificielles, les résultats obtenus montrent la surface de la terre de façon «photographique» (dans certains cas en stéréoscopie) et ne comportent pas d'informations climatiques en tant que telles. Leur faible fréquence temporelle, les problèmes de contamination par des formations nuageuses et leur prix élevé les rendent peu utilisables pour l'observation d'événements saisonniers à cycle relativement court. Ils sont surtout utilisés pour l'étude détaillée (TM, *Thematic Mapping*) de types de végétation et d'utilisation des sols et permettent la production de cartes à 1:50 000 pour SPOT et 1:100 000 pour Landsat pouvant être utilisées dans des études au niveau du terroir. Actuellement un nombre grandissant de pays africains ont à leur disposition des centres nationaux produisant ce type de cartes.
- La série de satellites météorologiques en orbite polaire, de type NOAA (*National Oceanographic and Atmospheric Administration*), effectuent 14,1 orbites par 24 h couvrant une bande de 2 700 km de large. Ceci permet d'élaborer deux images complètes du globe par 24 h (KIDWELL 1995). Leur résolution

spatiale est de 7,6 km ou 1,1 km. Des problèmes, principalement de stockage et de traitement des données (JUSTICE *et al.* 1989, ROBINSON 1996), peuvent diminuer sensiblement cette résolution. Les mesures sont effectuées à l'aide de radiomètres à haute résolution spectrale (AVHRR, *Advanced Very High Resolution Radiometer*) couvrant différentes bandes spectrales (cinq canaux), allant de la lumière visible à l'infrarouge. Par décade (c.-à-d. dix jours), une image, corrigée pour les masses nuageuses et autres effets atmosphériques, est produite pour chaque canal. Cette haute fréquence temporelle permet leur utilisation dans l'étude de phénomènes cycliques. Les données produites incluent des indices de végétation et des données thermiques.

- Le satellite géostationnaire, c.-à-d. restant en position fixe par rapport à la terre, METEOSAT, est stationné sur l'équateur au niveau du méridien de Greenwich et couvre l'Afrique, l'Europe et le Moyen-Orient. Il est surtout utilisé pour des prévisions météorologiques à grande échelle. Il produit des images toutes les trente minutes à une résolution spatiale de 2,5 à 5 km. Il opère dans trois bandes spectrales dont une, permettant de mesurer la température de la partie supérieure des nuages, nous intéresse particulièrement.

Dans l'étude présentée, nous avons utilisé des données des deux derniers types de satellites. Une carte thématique des types de végétation ou d'utilisation des sols dérivés d'images SPOT ou Landsat n'est pas encore disponible pour la totalité du Togo. Comme mentionné ci-dessus, un des inconvénients de ce type de données est leur résolution relativement faible et parfois peu précise. Ceci n'a néanmoins pas eu d'influence négative sur notre étude qui est basée sur une résolution de 13,6 km (0,125 degré). Leur bonne résolution temporelle, par contre, est un atout majeur permettant d'ajouter une dimension «saisonnière», c.-à-d. des mesures répétées dans le temps, à la banque de données.

Le but de ce chapitre est de présenter les différentes variables écoclimatiques utilisées, de montrer la relation entre celles mesurées au sol et par satellite et de les utiliser dans le cadre de l'élaboration d'une carte décrivant les couches saisonnières successives au Togo.

2.2. MATERIEL ET METHODES

2.2.1. Cadre climatique

Le Togo (fig. 1) est un pays longiligne formant un transect nord-sud, du 6°10' au 11°10' parallèle nord, d'une largeur maximale de 150 km à l'est du méridien de Greenwich. Il est traversé du sud-ouest au nord-est par une surrection de collines (chaîne de l'Atakora) dépassant 700 m d'altitude (400 m en moyenne). Pour les besoins de l'étude un canevas de 0,125 degré a été appliqué, divisant le pays en 311 carrés d'environ 13,6 km de côté. Le Togo offre un intérêt exceptionnel

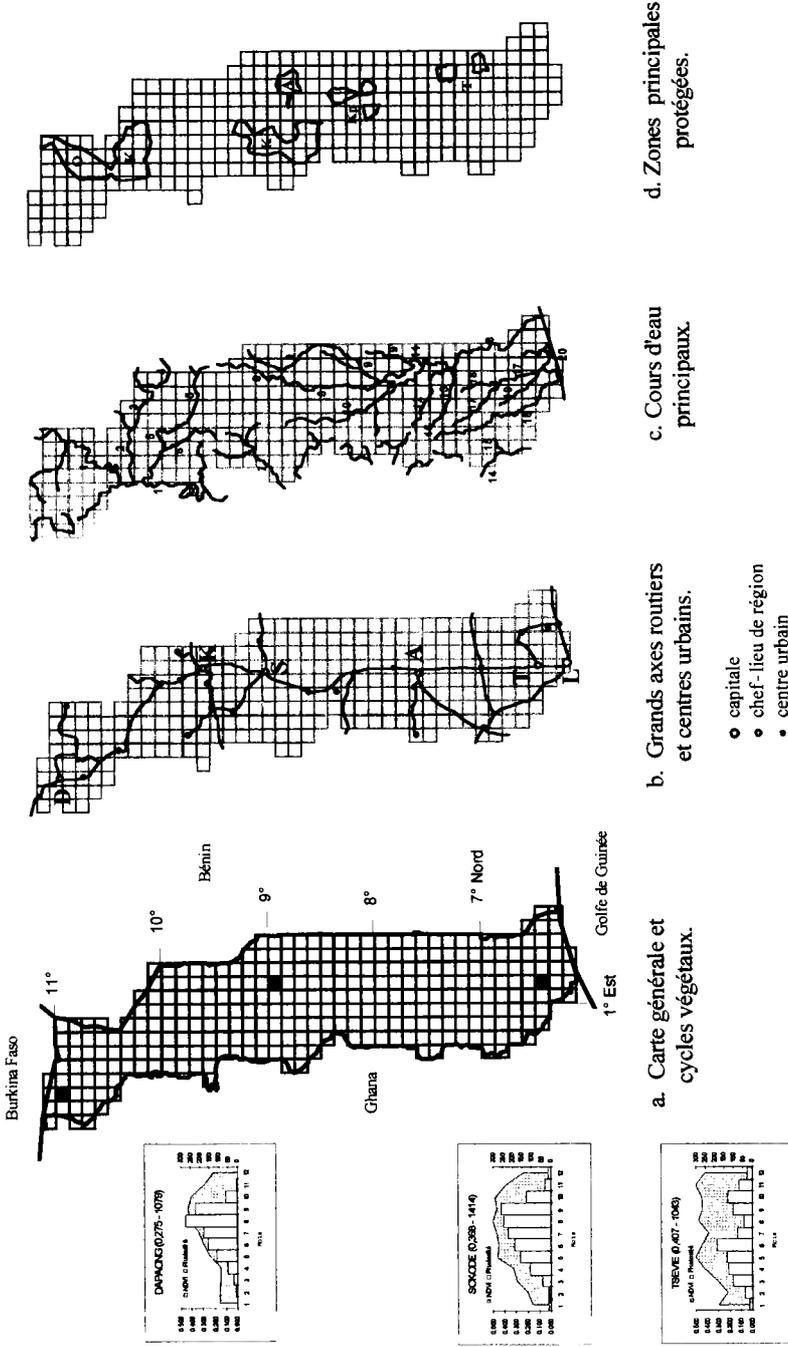


Fig. 1. — Géographie du Togo: (a) carte situant le Togo et cycles saisonniers (pluviométrie et indices de végétation NDVI) à trois différentes latitudes correspondant aux carrés gris; (b) axes routiers principaux et centres urbains: (D) Dapaong, (K) Kara, (S) Sokodé, (A) Atakpamé, (T) Tsévié et (L) Lomé; (c) cours d'eau principaux: (1) Oti, (2) Koumoungou, (3) Kéran, (4) Binah, (5) Kara, (6) Niantin, (7) M6, (8) Mono, (9) Ogou, (9') Nokpé, (10) Anié, (11) Lac du barrage de Nangbéto, (12) Amou, (13) Khra, (14) Todjé, (15) Egbi, (16) Sio, (17) Haho, (18) Yoto, (19) Lili, (20) Lac Togo; (d) réserves de faune sauvage et forêts protégées principales du Nord au Sud: (O) Oti, (K) Kéran, (F) Fazaou, (A) Aboudoulaye, (K) Kpessi et Akaba, (T) Tchila Monota et Togodo.

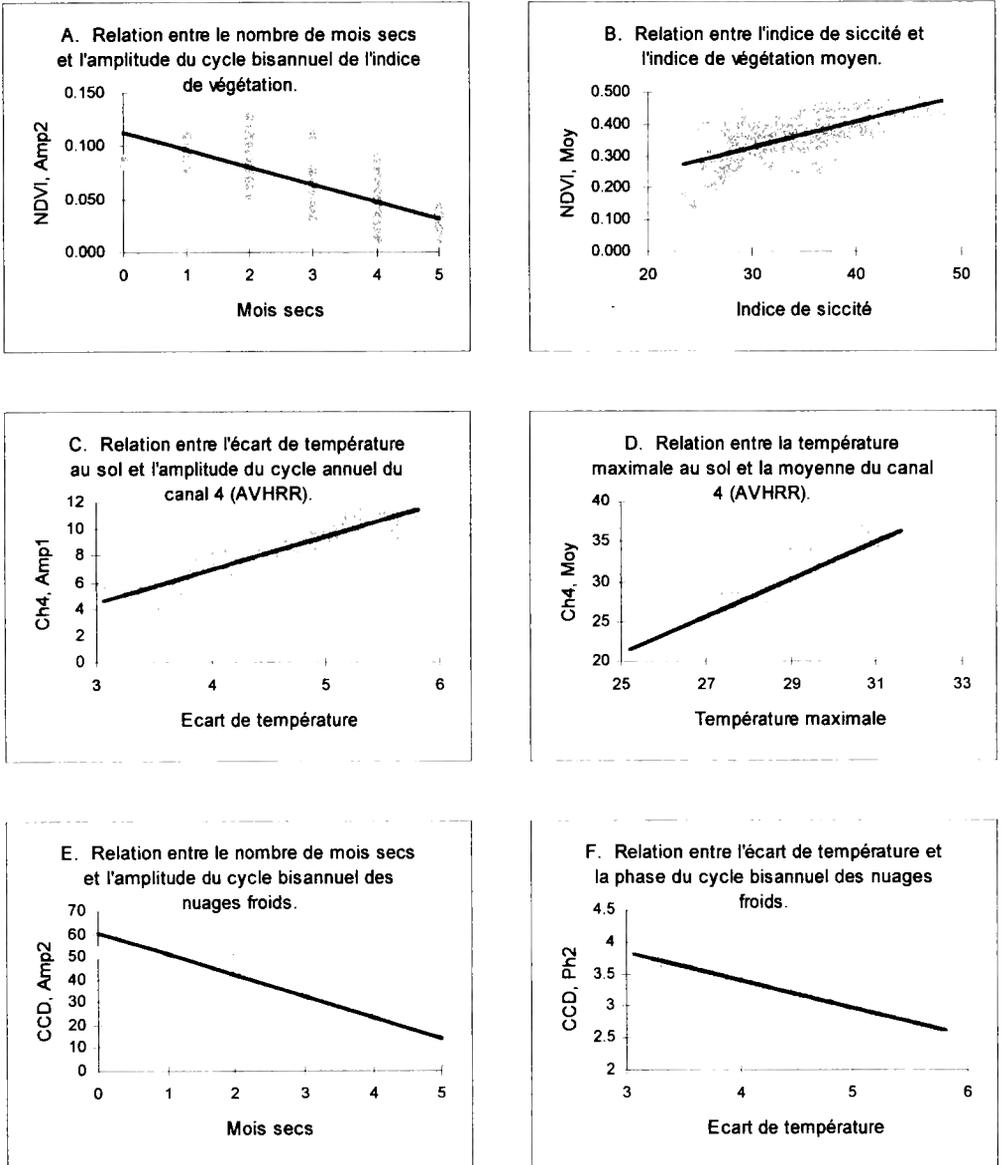


Fig. 2. — Relation entre des données mesurées au sol et par télédétection. Variables mesurées au sol: nombre de mois secs (pluviométrie < 30 mm), indice de sécheresse de Martonne (voir texte), écart de température moyenne mensuelle (°C) et température moyenne mensuelle maximale (°C). Variables mesurées par télédétection (voir chapitre 2 pour plus de détails): indice de végétation normalisé (NDVI), canal thermique (Ch4) et durée de nuages froids (CCD). Droites de régression: (A) $y = -0,0162x + 0,1129 - R^2 = 0,495$; (B) $y = 0,008x + 0,088 - R^2 = 0,457$; (C) $y = 2,467x - 2,8815 - R^2 = 0,827$; (D) $y = 2,3422x - 37,691 - R^2 = 0,769$; (E) $y = -9,2109x + 60,308 - R^2 = 0,709$; (F) $y = -0,4353x + 5,1491 - R^2 = 0,809$.

en présentant, sur une superficie relativement limitée (56 000 km²), à l'exception de forêts ombrophiles et d'une zone de type sahélien, les principaux types de végétation rencontrés en Afrique de l'Ouest d'une importance particulière dans le cadre de la trypanosomose animale africaine (TAA). Cette situation influe également sur la végétation au point que les grandes divisions phytogéographiques recourent pratiquement les divisions climatiques (GU-KONU 1981). Du sud au nord, on rencontre successivement (carte 1. a) [1]:

- Au sud, une zone côtière composée d'un étroit cordon littoral (système lagunaire), d'une zone de terre de barre (barral = argile) et d'une zone de transition. Le climat y est de type subéquatorial côtier sec à végétation dominante de fourrés évoluant vers une végétation mixte comportant des éléments de savane guinéenne plus ou moins arborée.
- Au centre, une zone de savane guinéenne couvrant la pénéplaine du Mono, plus ou moins arborée, ayant un climat subéquatorial de transition.
- Au sud-ouest, dans l'Atakora, une zone de forêt mésophile au climat subéquatorial d'altitude. Celle-ci comporte quelques éléments ombrophiles. Là où le déboisement est marqué, une savane de type guinéen apparaît.
- Au nord de l'Adélé, la chaîne de l'Atakora est couverte de forêts sèches au climat tropical humide d'altitude. Les zones non forestières y sont de type subsoudanien avec des arbres de petite taille.
- Au nord de l'Atakora, on rencontre des savanes subsoudaniennes au climat de type tropical de plaine plus ou moins sec.

Ces éléments ont été combinés avec d'autres données concernant la géologie, la pédologie et l'hydrographie pour produire une carte de zones écogéographiques (PNUD 1983) (carte 1. b).

2.2.2. Variables mesurées au sol (fig. 2)

L'utilisation des sols est exprimée par carré en pourcentage des terres dans le cycle agricole, y compris les jachères. Ces données ont été numérisées en partant d'une série de cartes au 1:500 000 établies à partir de photos aériennes (PNUD 1984) (carte 1. c).

L'altitude moyenne par carré a été interpolée en utilisant un logiciel créant des courbes de niveau (SURFER™ Golden Software Inc.).

La pluviosité (mm) a été extrapolée en se basant sur des cartes d'isohyètes, mensuelles, représentant les normales des vingt dernières années, fournies par les services météorologiques du Ministère de l'Agriculture, de l'Élevage et de la Pêche. Les données à notre disposition par carré incluent: la pluviosité annuelle totale, le nombre de mois humides ayant une pluviosité de plus de 100 mm et le nombre de mois secs ayant une pluviosité de moins de 30 mm.

[1] Les cartes sont regroupées aux pp. 79-90.

Tableau 2
Valeurs statistiques, par zone écogéographique, des variables mesurées au sol

	Utilisation des sols	Altitude (m)	Pluviosité (mm)	Nombre de mois		Température (°C)				Indice de sécheresse
				Humides	Secs	Moyenne	Maximale	Minimale	Ecart	
Togo n=311	Moy. 38 (1,2) -/+ 0-85	280 (6,8) 20-606	1224 (9,2) 857-1627	6,0 (0,1) 3-8	3,5 (0,1) 0-5	26,6 (0,04) 23,7-28,1	28,9 (0,07) 25,2-31,6	24,4 (0,04) 21,6-25,8	4,5 (0,04) 3,1-5,8	33,5 (0,28) 23,4-48,2
1a n=10	Moy. 73 (1,5) -/+ 65-80	248 (6,1) 207-273	988 (4,4) 960-1011	5 (0) 5	5 (0) 5	27,4 (0,02) 27,3-27,6	30,7 (0,03) 30,5-30,8	25,1 (0,02) 24,9-25,2	5,6 (0,01) 5,6-5,6	26,4 (0,12) 25,6-27,0
1b n=12	Moy. 49 (5,2) -/+ 15-75	213 (9,4) 167-277	1021 (4,2) 998-1045	5 (0) 5	4,8 (0,1) 4-5	27,6 (0,05) 27,3-27,9	30,9 (0,06) 30,5-31,3	25,3 (0,05) 24,9-25,6	5,6 (0,01) 5,6-5,7	27,1 (0,11) 26,6-27,8
2 n=47	Moy. 29 (2,3) -/+ 5-60	220 (7,3) 150-304	1099 (13) 993-1361	5,3 (0,1) 5-6	4,4 (0,1) 4-5	27,6 (0,04) 27,1-28,1	30,7 (0,07) 29,8-31,6	25,2 (0,04) 24,7-25,8	5,4 (0,03) 5,0-5,8	29,3 (0,36) 26,4-36,7
3 n=46	Moy. 42 (3,6) -/+ 0-80	347 (4,8) 289-442	1314 (17) 1058-1489	5,8 (0,1) 5-7	4,2 (0,1) 3-5	26,7 (0,05) 26,1-27,4	29,3 (0,06) 28,5-30,2	24,3 (0,05) 23,5-24,9	5,0 (0,03) 4,5-5,3	35,8 (0,49) 28,5-41,3
4a n=24	Moy. 18 (3,9) -/+ 0-60	416 (15) 345-574	1405 (13) 1311-1512	6,2 (0,1) 6-7	3,8 (0,1) 3-4	26,1 (0,08) 25,1-26,5	28,4 (0,08) 27,5-28,9	23,7 (0,12) 22,4-24,2	4,7 (0,04) 4,3-5,0	39,0 (0,43) 36,2-43,0
4b n=5	Moy. 9 (1) -/+ 5-10	371 (9,4) 352-403	1333 (2,5) 1327-1341	7 (0) 7	3,6 (0,2) 3-4	25,8 (0,09) 25,5-26,0	27,9 (0,09) 27,6-28,1	23,7 (0,10) 23,4-23,9	4,2 (0,01) 4,2-4,2	37,3 (0,16) 36,8-37,8
4c n=22	Moy. 27 (3,3) -/+ 10-60	452 (20) 263-606	1464 (23) 1246-1627	7,8 (0,1) 7-8	2,1 (0,2) 0-4	25,1 (0,15) 23,7-26,3	27,0 (0,18) 25,2-28,2	23,1 (0,15) 21,6-24,5	3,9 (0,09) 3,1-4,6	41,8 (0,79) 34,3-48,2
4d N=10	Moy. 32 (3,9) -/+ 10-50	358 (17) 235-435	1462 (23) 1365-1565	7,3 (0,2) 7-8	1,6 (0,2) 1-2	25,5 (0,10) 25,0-25,0	27,1 (0,12) 26,5-27,7	23,6 (0,11) 23,0-24,3	3,5 (0,08) 3,1-3,8	41,1 (0,67) 38,2-44,6
5 N=80	Moy. 37 (2,3) -/+ 0-75	302 (7,6) 131-446	1217 (11) 1005-1418	6,5 (0,1) 6-7	3,8 (0,1) 2-4	26,4 (0,03) 25,6-27,2	28,5 (0,04) 27,3-29,0	24,3 (0,04) 23,5-25,1	4,2 (0,04) 3,6-4,9	33,4 (0,31) 27,3-39,1
6a N=35	Moy. 39 (2,2) -/+ 15-70	147 (11) 63-343	1188 (12) 1050-1353	6,2 (0,1) 4-8	1,6 (0,1) 1-2	26,6 (0,05) 25,5-26,9	28,1 (0,06) 27,1-28,5	24,7 (0,05) 23,7-25,0	3,4 (0,02) 3,2-3,6	32,5 (0,36) 28,5-38,1
6b N=20	Moy. 68 (2,6) -/+ 45-85	47 (3,9) 20-83	1013 (17) 857-1120	4,2 (0,2) 3-6	2,4 (0,1) 2-3	26,8 (0,04) 26,5-27,1	28,4 (0,05) 28,0-28,6	24,9 (0,04) 24,7-25,2	3,4 (0,02) 3,3-3,6	27,5 (0,46) 23,4-30,4

n = nombre de carrés par zone. Moy. = valeur moyenne et erreur type (entre parenthèses). -/+ = valeur minimale et maximale.

Les données concernant les températures (HMSO 1983) ont été interpolées pour chaque carré en partant de normales (durée variable) utilisant le même logiciel que pour les altitudes, créant des isothermes. Les résultats (°C) sont exprimés en températures moyennes mensuelles par carré ainsi que par leur maximum et minimum moyen. L'écart de température est calculé en faisant la différence entre la température maximale et minimale.

L'indice de siccité de Martonne est une mesure de la sécheresse calculée comme suit (PAJOT 1985):

$$i = (\text{pluviosité annuelle totale}) / (\text{température annuelle moyenne} + 10)$$

Le tableau 2 reprend les valeurs moyennes, accompagnées de statistiques de base, de ces différentes variables par zone écogéographique.

2.2.3. Variables mesurées par satellite

2.2.3.1. Données

1. Les NDVI (*Normalized Difference Vegetation Indices* ou Indices de Végétation Normalisés) sont une mesure de la biomasse active (TUCKER *et al.* 1983). L'indice est basé sur le fait que les pigments de chlorophylle et de caroténoïde d'une plante absorbent la lumière à des longueurs d'ondes comprises entre 0,58 et 0,68 μm (lumière rouge visible mesurée par le canal 1 du AVHRR), alors que le tissu mésophile reflète la lumière à des longueurs d'ondes entre 0,72 et 1,10 μm (proche de l'infrarouge, mesuré par le canal 2 du AVHRR) (SELLERS 1985). Une plante en bonne santé en phase de photosynthèse active apparaîtra plus sombre dans la bande de lumière visible et plus claire dans la bande de l'infrarouge qu'une plante en mauvaise santé ne présentant pas d'activités de photosynthèse. Ceci est mieux exprimé en calculant la différence normalisée entre les deux canaux:

$$\text{NDVI} = (\text{Canal}_2 - \text{Canal}_1) / (\text{Canal}_2 + \text{Canal}_1)$$

Les valeurs mesurées varient théoriquement entre -1 et +1 mais restent en pratique bien à l'intérieur de ces deux extrêmes. L'indice de végétation est surtout utilisable en zone de savanes. En zone de forêt dense, une saturation survient qui le rend peu utilisable. ROGERS & RANDOLPH (1991) ont établi une relation entre les NDVI et des variables mesurées au sol: la pluviosité et le déficit de saturation. Dans le cadre de notre étude, les images mensuelles allant de janvier 1989 à décembre 1990 ont été utilisées.

2. Les canaux 4 et 5 du radiomètre AVHRR opèrent respectivement dans les bandes infrarouges de 10,30 à 11,30 μm et de 10,50 à 11,50 μm . Ils sont une mesure de l'émission de chaleur par des objets au sol (*Soil Thermal Brightness*

Temperature). De bonnes corrélations ont été mises en évidence entre les mesures faites par le canal 4 (Ch4) et les températures mesurées au sol dans un large éventail de types d'habitats dispersés sur le continent africain et à différentes périodes de l'année (HAY 1993). Nous avons utilisé les données mensuelles couvrant la période 1984 à 1989.

3. Les CCD (*Cold Cloud Duration*) sont dérivés de la mesure de la température de la partie supérieure du couvert nuageux par le canal thermal 2, à bord de METEOSAT, opérant dans une bande du spectre infrarouge de 10,50 à 12,50 μm . Sous les tropiques, des nuages aux températures en dessous d'un certain seuil ont une plus grande probabilité de générer la pluie que ceux ayant une température supérieure. Ce seuil de température associé à une capacité de générer de la pluie et à une quantité de pluie probable varie dans le temps (saison) et dans l'espace et doit donc être établi de façon empirique (MILFORD & DUGDALE 1990). Ceci a été fait pour une bande du continent africain au sud du Sahara et au nord de l'équateur par SNIJDERS (1991) dans le cadre du programme TAMSAT (*Tropical Applications in Meteorology of Satellite and other data*). En Afrique de l'Ouest, le seuil varie suivant les lieux et saisons de $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ à $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$. Cette approche est actuellement utilisée par le groupe ARTEMIS (*African Real Time Environmental Monitoring and Information System*) de la FAO à Rome pour produire des données par décennie et par mois de la zone couverte. Pour cette étude, nous avons à notre disposition les données mensuelles des années 1988 à 1992.

2.2.3.2. Traitement des données

Dans un premier temps, la résolution des données de base (7,6 km) a été adaptée à la banque de données (13,6 km). Par groupe de 2×2 pixels de l'image originale, le pixel le mieux centré sur chaque carré de la banque de données a été sélectionné. Dans la banque de données ont ainsi été reprises la valeur moyenne mensuelle moyenne (NDVI, Ch4, CCD) et les valeurs maximales et minimales mensuelles moyennes (NDVI, CCD) pour chaque carré.

Ensuite, la série disponible d'images par variable a été sujette à une analyse temporelle de Fourier. L'analyse de Fourier décrit la saisonnalité des variables comme étant la somme des composantes sinusoïdales ayant une fréquence de un à six cycles par an. Le premier terme de la série décrit la courbe sinusoïdale du cycle annuel de la variable, le second terme du cycle bisannuel, le troisième terme du cycle trisannuel, etc. L'analyse permet d'extraire la phase et l'amplitude correspondant à chaque terme. La phase coïncide au moment de l'année où l'amplitude du premier cycle du terme correspondant atteint son niveau maximal et amplitude, reprise comme $\text{amplitude}_{\text{max}} - \text{amplitude}_{\text{moy}}$, à cette amplitude. Cette analyse offre le grand avantage d'introduire une forte composante saisonnière dans la banque de données. L'application de ce type d'analyse et son utilité dans l'étude de la phénologie de végétation et de la distribution de vecteurs

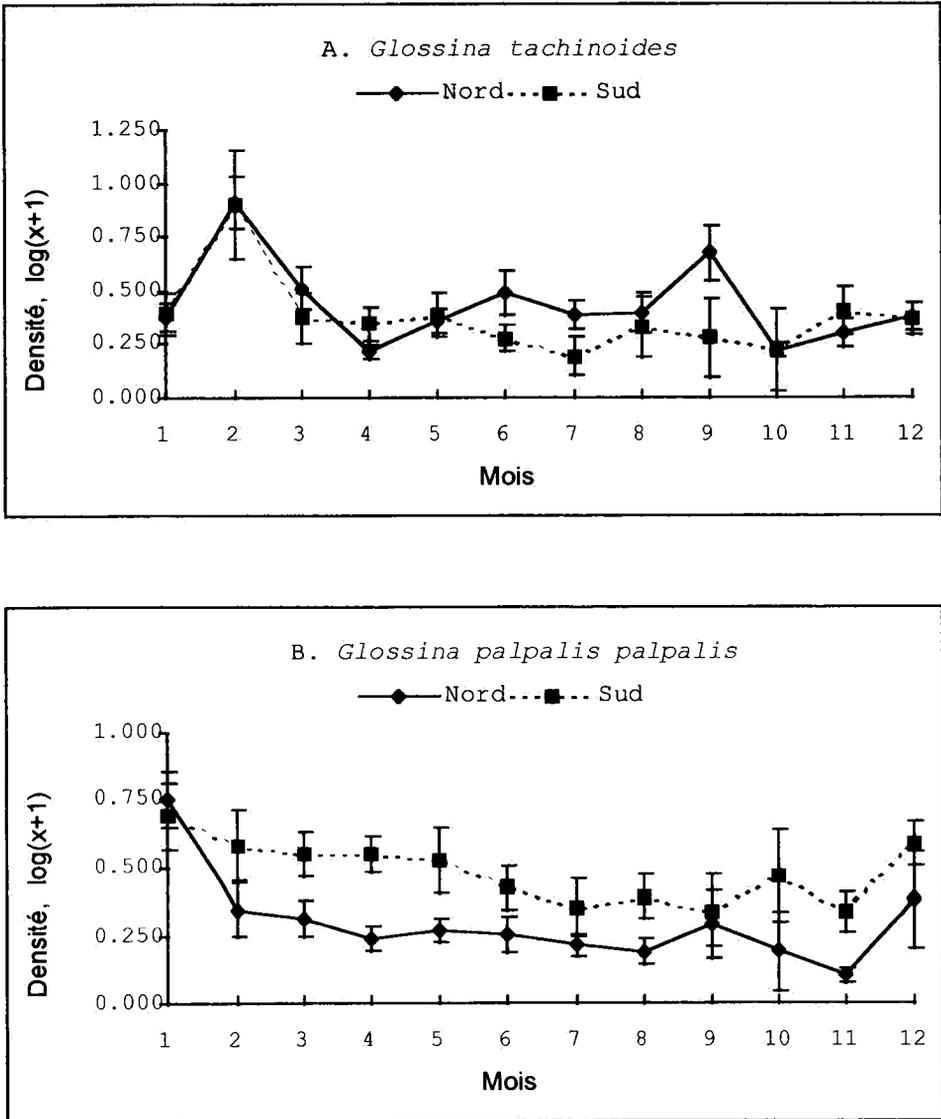


Fig. 3. — Courbes saisonnières des captures de glossines riveraines. Courbes saisonnières des captures ($\text{Log}_{10}(\text{GPJ}+1)$), établies en utilisant la totalité des données rassemblées au courant de l'enquête nationale séparément pour la partie nord (groupes A+B, carte 1. d) et sud (groupes C+D+E+F, carte 1. d) du pays. Toutes les données sont brutes excepté dans le cas des mois d'avril, juin et décembre dans la partie sud du pays, remplacées par la valeur de la moyenne mobile (période de trois mois) à cause du nombre insuffisant d'échantillons.

de maladies ont été commentées par ROGERS & WILLIAMS (1994). Les phases et amplitudes des trois premiers cycles annuels ont été reprises dans la banque de données pour chaque variable.

Les corrélations entre ces variables mesurées par télédétection et les données mesurées au sol ont été calculées. Les résultats obtenus sont résumés au niveau du tableau 3 et de la figure 3.

Finalement, les différentes variables à notre disposition, ayant une composante saisonnière (nombre de mois humides et secs, indice de siccité, phases et amplitudes des NDVI, Ch4 et CCD), ont été soumises à un exercice statistique de classification ascendante hiérarchique (*cluster analysis*). Ceci a permis de construire une nouvelle carte d'écozones essentiellement basée sur cette saisonnalité. L'algorithme utilisé mesure la distance entre points-individus par le carré de la distance euclidienne (théorème de Pythagore) entre ces points. Ensuite, la distance entre nuages de points, définissant leur ordre hiérarchique, est mesurée entre les centroïdes (comparables à un centre de gravité fictif) de ces nuages. Ce type d'analyse basée sur différents algorithmes, définissant différentes stratégies de calculs de distances et de classification, est utilisé en géographie et permet entre autres la classification des climats (Groupe Chadule 1987). Les résultats obtenus peuvent être présentés de deux manières: sous forme d'un dendrogramme, c.-à-d. d'un arbre hiérarchique montrant par des liaisons la relation entre les différents nuages de points (non reproduit ici), ou sous forme de cartes où chaque groupe correspond à une couleur (carte 1. c). Le tableau 4 reprend les valeurs moyennes, accompagnées de leur erreur type, des variables utilisées par groupes de carrés obtenus.

2.3. RESULTATS

Le tableau des variables climatiques moyennes, basé sur des normales mesurées au sol par zone écogéographique (tab. 2), confirme les différentes couches décrites au Togo (carte 1. b):

- Au nord, une zone sèche (écozones 1 et 2) caractérisée par une faible pluviosité mal répartie, des températures élevées et de forts écarts de température.
- Au sud, une zone humide (écozones 5 et 6) caractérisée par une pluviosité annuelle à peine plus élevée (1 100 mm en moyenne) mais mieux répartie. Les températures y avoisinent la moyenne nationale.
- Au centre, l'Atakora (écozones 3 et 4) caractérisée par des pluviosités supérieures et des températures inférieures à la moyenne nationale. Se basant sur les données du tableau, la chaîne peut être divisée en deux parties. D'une part, les zones 3, 4a et 4b qui marquent une transition entre le nord sec et le sud humide et où le rapport mois humides / secs est respectivement de

Tableau 3
Corrélations significatives existantes entre les variables mesurées au sol et par satellite

	Utilisation des sols	Altitude (m)	Pluviosité (mm)	Nombre de mois		Température (°C)				Indice de sécheresse
				Humides	Secs	Moyenne	Maximale	Minimale	Ecart	
NDVI	Moyen	0,339 ₃	0,649 ₃	0,646 ₃	-0,641 ₃	-0,737 ₃	-0,783 ₃	-0,634 ₃	-0,628 ₃	0,676 ₃
	Maximal	-0,450 ₃	0,504 ₃	0,610 ₃	-0,421 ₃	-0,430 ₃	-0,433 ₃	-0,369 ₃	-0,331 ₃	0,506 ₃
	Minimal	-0,199 ₃	0,396 ₃	0,478 ₃	-0,520 ₃	-0,698 ₃	-0,637 ₃	-0,656 ₃	-0,387 ₃	0,632 ₃
	Ecart	-0,162 ₃	-0,243 ₃	N.S.	0,228 ₃	0,436 ₃	0,355 ₃	0,444 ₃	0,146 ₃	-0,303 ₃
	Phase 1	0,312 ₃	-0,319 ₃	-0,534 ₃	0,396 ₃	0,558 ₃	0,619 ₃	0,480 ₃	0,516 ₃	-0,542 ₃
	Amplitude 1	-0,191 ₃	N.S.	-0,147 ₃	0,630 ₃	0,518 ₃	0,639 ₃	0,367 ₃	0,646 ₃	-0,207 ₃
	Phase 2	N.S.	0,113 ₃	0,433 ₃	0,361 ₃	-0,581 ₃	-0,578 ₃	-0,744 ₃	-0,728 ₃	0,455 ₃
	Amplitude 2	N.S.	-0,285 ₃	N.S.	0,244 ₃	-0,703 ₃	-0,406 ₃	-0,163 ₂	-0,855 ₃	N.S.
	Phase 3	N.S.	-0,394 ₃	N.S.	N.S.	-0,575 ₃	-0,186 ₂	N.S.	-0,688 ₃	N.S.
	Amplitude 3	0,118 ₁	-0,232 ₃	N.S.	N.S.	-0,321 ₃	N.S.	N.S.	N.S.	-0,316 ₃
Ch4 (°C)	Moyen	N.S.	-0,376 ₃	-0,419 ₃	0,784 ₃	0,682 ₃	0,877 ₃	0,481 ₃	0,908 ₃	0,662 ₃
	Phase 1	0,218 ₃	-0,219 ₃	-0,440 ₃	0,613 ₃	0,674 ₃	0,761 ₃	0,561 ₃	0,660 ₃	N.S.
	Amplitude 1	-0,151 ₂	0,267 ₃	-0,159 ₂	0,776 ₃	0,522 ₃	0,764 ₃	0,285 ₃	0,909 ₃	0,645 ₃
	Phase 2	0,192 ₃	-0,195 ₃	-0,491 ₃	-0,630 ₃	0,631 ₃	0,766 ₃	0,468 ₃	0,750 ₃	-0,129 ₁
	Amplitude 2	N.S.	-0,282 ₃	-0,496 ₃	-0,353 ₃	0,474 ₃	0,556 ₃	0,457 ₃	0,441 ₃	0,196 ₃
	Phase 3	0,118 ₁	N.S.	-0,342 ₃	-0,396 ₃	0,584 ₃	0,578 ₃	0,708 ₃	0,401 ₃	0,159 ₂
	Amplitude 3	N.S.	N.S.	-0,324 ₃	-0,146 ₁	0,151 ₂	0,240 ₃	0,330 ₃	0,214 ₃	0,722 ₃
	Moyen	-0,246 ₃	0,282 ₃	0,605 ₃	0,722 ₃	-0,712 ₃	-0,790 ₃	-0,875 ₃	-0,629 ₃	-0,773 ₃
	Maximal	-0,189 ₃	0,338 ₃	0,629 ₃	0,487 ₃	-0,658 ₃	-0,736 ₃	-0,760 ₃	-0,634 ₃	-0,594 ₃
	Minimal	N.S.	-0,290 ₃	N.S.	0,363 ₃	-0,687 ₃	-0,362 ₃	-0,596 ₃	-0,119 ₁	-0,801 ₃
Phase 1	N.S.	0,285 ₃	N.S.	-0,341 ₃	0,821 ₃	0,505 ₃	0,762 ₃	0,227 ₃	0,959 ₃	
Amplitude 1	-0,243 ₃	0,535 ₃	0,235 ₃	N.S.	0,708 ₃	N.S.	0,379 ₃	-0,129 ₁	0,693 ₃	
Phase 2	N.S.	-0,306 ₃	0,117 ₁	0,157 ₂	-0,781 ₃	-0,431 ₃	-0,707 ₃	-0,200 ₂	-0,899 ₃	
Amplitude 2	N.S.	N.S.	0,435 ₃	0,433 ₃	-0,842 ₃	-0,641 ₃	-0,821 ₃	-0,447 ₃	-0,852 ₃	
Phase 3	-0,160 ₂	0,408 ₃	N.S.	N.S.	0,772 ₃	0,389 ₃	0,676 ₃	0,129 ₂	0,914 ₃	
Amplitude 3	-0,243 ₃	0,677 ₃	0,456 ₃	0,328 ₃	0,514 ₃	-0,161 ₂	N.S.	-0,351 ₃	0,468 ₃	

n = 311. N.S. = non significatif. ₁ = p<0,05 ₂ = p<0,01 ₃ = p<0,001.

Tableau 4
Valeur moyenne et erreur type des variables par groupe résultant de la classification ascendante hiérarchique (carte 1 d.)

	Groupe A (n = 80)	Groupe B (n = 105)	Groupe C (n = 31)	Groupe D (n = 31)	Groupe E (n = 12)	Groupe F (n = 52)
NDVI						
Indice de siccité	29,58 (0,29)	36,81 (0,25)	31,55 (0,54)	42,55 (0,89)	42,20 (0,57)	30,75 (0,47)
Mois secs / hum.	5,4 / 4,5	6,3 / 3,9	6,6 / 3,2	7,9 / 2,3	7,5 / 1,4	5,4 / 1,87
Ecart de T°	5,32 (0,04)	4,56 (0,04)	3,75 (0,03)	4,09 (0,09)	3,49 (0,06)	3,38 (0,01)
Phase 1	7,27 (0,04)	6,70 (0,02)	6,54 (0,03)	6,66 (0,06)	6,79 (0,06)	6,83 (0,09)
Amplitude 1	0,170 (0,002)	0,153 (0,002)	0,144 (0,004)	0,091 (0,005)	0,100 (0,006)	0,101 (0,005)
Phase 2	2,51 (0,09)	3,36 (0,02)	3,29 (0,02)	3,63 (0,05)	3,64 (0,03)	3,81 (0,03)
Amplitude 2	0,034 (0,002)	0,050 (0,001)	0,076 (0,002)	0,062 (0,003)	0,080 (0,003)	0,093 (0,003)
Phase 3	1,19 (0,06)	1,38 (0,06)	2,32 (0,11)	1,72 (0,21)	2,31 (0,27)	2,73 (0,08)
Amplitude 3	0,018 (0,001)	0,019 (0,001)	0,021 (0,001)	0,022 (0,002)	0,026 (0,004)	0,027 (0,002)
Ch4						
(°C)						
Phase 1	1,56 (0,01)	1,44 (0,01)	1,43 (0,01)	1,30 (0,02)	1,38 (0,02)	1,38 (0,01)
Amplitude 1	10,29 (0,10)	8,56 (0,08)	6,97 (0,11)	6,15 (0,15)	6,36 (0,16)	4,77 (0,17)
Phase 2	3,55 (0,08)	2,14 (0,06)	1,45 (0,04)	1,97 (0,08)	1,56 (0,03)	2,14 (0,10)
Amplitude 2	1,42 (0,07)	0,65 (0,02)	0,96 (0,02)	0,59 (0,03)	1,08 (0,06)	0,88 (0,04)
Phase 3	2,43 (0,04)	1,68 (0,05)	1,47 (0,04)	1,28 (0,04)	1,26 (0,02)	1,25 (0,08)
Amplitude 3	0,77 (0,03)	0,40 (0,02)	0,67 (0,02)	0,61 (0,04)	0,79 (0,02)	0,50 (0,03)
CCD						
(h)						
Phase 1	6,20 (0,03)	5,71 (0,05)	4,60 (0,04)	4,75 (0,05)	4,41 (0,03)	4,26 (0,02)
Amplitude 1	57,80 (0,20)	59,65 (0,41)	46,11 (0,51)	57,82 (0,74)	46,79 (0,88)	42,94 (0,43)
Phase 2	2,80 (0,02)	3,16 (0,01)	3,45 (0,01)	3,43 (0,01)	3,48 (0,02)	3,80 (0,02)
Amplitude 2	13,40 (0,60)	28,50 (0,55)	32,98 (0,62)	45,85 (1,36)	42,90 (1,67)	43,60 (0,52)
Phase 3	3,73 (0,03)	3,35 (0,03)	2,70 (0,05)	2,96 (0,02)	2,65 (0,04)	2,06 (0,05)
Amplitude 3	16,81 (0,18)	20,67 (0,38)	11,60 (0,42)	19,95 (1,03)	14,52 (1,00)	7,26 (0,34)

1,4 / 1,6 et 1,9. D'autre part, les zones 4c-d qui ont un climat franchement différent et un rapport mois humides / secs respectivement de 3,7 et 4,6.

Par zone écogéographique, il existe une grande variabilité en densité d'utilisation des sols (carte 1. c). Les exceptions sont, d'une part, l'Atakora subhumide où le relief plus accidenté interfère avec le développement de l'agriculture et, d'autre part, l'extrême nord et sud du pays où l'agriculture est particulièrement développée.

Le tableau des corrélations entre les variables mesurées au sol et celles mesurées par satellite (tab. 3) montre la relation entre les NDVI et la pluviosité. L'indice augmente avec le nombre de mois humides (fig. 2. A). Il existe également un lien important avec les températures. Celui-ci est particulièrement marqué entre l'écart des températures et l'amplitude du cycle bisannuel. Le canal thermique (Ch4) montre de meilleures corrélations avec la température maximale et l'écart de température (fig. 2. C-D). Parmi les autres variables, le nombre de mois secs domine. Les CCD sont fortement corrélés aux données liées aux précipitations (fig. 2. E) et à la température (fig. 2. F). En général, la relation entre les données satellites et l'utilisation des sols est moins bonne (bien que significative), sauf dans le cas des NDVI où elle est négative. Ceci est dû essentiellement à une sur-exploitation des sols à l'extrémité «sèche» de l'échelle et à une sous-exploitation à l'extrémité «humide».

Les résultats de la classification hiérarchique (carte 1. d) basée sur les variables à forte composante saisonnière montrent une grande similitude au sud du pays mais une différence marquée dans les parties nord et centrale du pays par rapport aux zones écogéographiques classiques (carte 1. b). Il est important de noter que le modèle identifie comme deux zones majeures au Togo, la zone nord regroupant A et B et la zone sud regroupant C, D, E et F. Le tableau des moyennes des variables utilisées (tab. 4) confirme le gradient sec-humide du nord au sud. Ceci est bien illustré en calculant, pour les NDVI, le rapport entre l'amplitude du cycle annuel et bisannuel qui est respectivement (de A - F) de 5 / 3,1 / 1,9 / 1,5 / 1,3 et 1,1.

2.4. DISCUSSION

Les résultats présentés confirment, pour les deux types de données, que la banque de données établie correspond aux réalités de terrain. Elle sera une bonne base pour l'étude de la distribution et des densités des glossines ainsi que de la prévalence de la trypanosomose, maladie qu'elles transmettent.

Les relations démontrées pour différents sites sur le continent africain entre les NDVI et la pluviosité (ROGERS & RANDOLPH 1991), le canal thermique 4 (Ch4) et les températures au sol (HAY 1993) ainsi que les CCD et la pluviosité (SNIJDERS 1991) sont confirmées au Togo. Ces corrélations sont complétées,

dans ce pays, par une série de nouvelles corrélations avec d'autres données mesurées au sol: NDVI - température, Ch4 - pluviosité, CCD - température.

La comparaison de la carte des zones écogéographiques (carte 1. b), basée sur des normales, et les résultats de l'analyse hiérarchique (carte 1. d), basée en majeure partie sur des données satellites contemporaines, suggère qu'en terme de saisonnalité, la limite entre les zones plus sèches et plus humides au Togo se trouve plus au sud que généralement accepté.

3. Distribution et densités des glossines

3.1. INTRODUCTION

Les études publiées concernant la distribution des glossines, à l'échelle d'un pays ou d'une région, se limitent souvent à leur distribution géographique *stricto sensu*, sans adresser la question des densités plus en détail. Elles ont été résumées pour le continent africain (FORD & KATONDO 1977, KATONDO 1984) et des mises à jour sont régulièrement proposées (par ex. MOLOO 1985, GOUTEUX 1990). Dans les cas où des densités sont présentées, les cartes sont souvent peu détaillées et ne tiennent pas compte de l'effet des saisons sur les captures (par ex. CLAIR & LAMARQUE 1984). Ce constat rend nécessaire le développement d'une méthodologie standardisée d'enquêtes de terrain et de traitement des données en vue de produire des cartes à des résolutions suffisamment précises et couvrant des superficies suffisamment grandes.

Au Togo, les résultats publiés sur la distribution des glossines sont fragmentés dans le temps et dans l'espace. Dans le nord du pays, des enquêtes ponctuelles ont été menées de 1967 à 1972. Elles sont revues par MAWUENA (1988a). Dans le sud du pays, l'Unité d'Entomologie et de Protozoologie du Centre de Recherche sur l'Élevage d'Avétonou (CREAT) a mené plusieurs enquêtes de 1977 à 1987 (MAWUENA & ITARD 1981, MAWUENA 1988b). Ces études ont relevé la présence de *Glossina tachinoides*, *G. p. palpalis*, *G. p. gambiensis*, *G. morsitans submorsitans* et *G. longipalpis*. Concernant les deux sous-espèces de *G. palpalis*, la présence de *G. p. gambiensis* au nord du Togo est décrite par CHALLIER *et al.* (1983) comme étant un «isolat géographique» à l'est de son aire de distribution normale.

Le présent chapitre décrit la méthodologie développée d'enquêtes systématiques basées sur un canevas d'un huitième de degré et présente les cartes de distribution géographique et de densité des différentes espèces présentes. Ces résultats sont discutés à l'aide des variables écoclimatiques présentées dans le chapitre précédent.

3.2. MATERIEL ET METHODES

3.2.1. Enquêtes entomologiques

Les enquêtes se sont déroulées en deux phases: la première de 1990 à 1992 couvrant la totalité du territoire et la seconde de 1993 à 1995 se concentrant en priorité sur les limites établies par espèce en vue de déceler d'éventuelles modifications. Au total, 305 des 311 carrés formant le Togo ont été couverts. Aucune différence n'a été enregistrée concernant la distribution des glossines entre les

Tableau 5

Taille des paramères inférieurs des *G. palpalis* sp. mâles disséqués.

Origine	n	Moyenne ₁	Variance ₁	Taille ₂
Oti	103	41,5	18,2	105,4
Koumoungou	261	39,0	14,7	100,3
Kara	40	39,4	6,8	101,4
Mono	339	37,8	9,3	97,2
Ogou	207	37,1	10,7	95,3
Anié	199	36,9	10,1	94,8
Khra	175	36,7	13,3	94,4
Haho	141	42,3	20,7	108,6
CIRDES	55	73,3	32,5	188,4

₁ = valeurs exprimées en nombre de mesures du micromètre oculaire

₂ = valeurs exprimées en m

deux phases d'enquête, sauf dans le cas de *G. m. submorsitans* et *G. longipalpis* qui ont toutes les deux été affectées par l'expansion agricole.

La planification des enquêtes entomologiques se fait au préalable sur cartes au 1:200 000. Des lieux de prospection sont sélectionnés pour chaque carré en tenant compte du type de végétation dominante et des réseaux hydrographiques. Les lieux choisis doivent être représentatifs pour le carré concerné et accessibles aux équipes de terrain. Ces équipes déterminent l'emplacement des pièges au niveau des habitats favorables aux glossines. Par site ainsi identifié, un minimum de cinq (en moyenne douze) pièges sont déployés. Le piège biconique (CHALLIER & LAVEISSIERE 1973) est utilisé comme piège standard. Les pièges sont relevés après vingt-quatre ou quarante-huit heures, dépendant des contraintes de terrain. Au total, six cent cinquante-trois sites différents ont été prospectés suivant cette méthode, soit en moyenne plus de deux sites par carré prospecté. Ceci totalise 14 620 pièges-jours de capture. Aucun attractif olfactif n'a été utilisé, sauf dans le cas de la délimitation précise de *Glossina longipalpis* (urine de bœuf et acétone augmentant les captures de six fois, Hendrickx *et al.*, non publié). Les données récoltées incluent les espèces de glossines, leur sexe et leur densité apparente (GPJ, glossines par piège par jour).

L'identification des espèces de glossines se fait en utilisant les clefs classiques (FAO 1980) et plus récemment le logiciel d'identification Glossine Expert (BRUNHES *et al.* 1994). Les sous-espèces de *G. palpalis* sont différenciées par dissection des paramères des mâles et mesure de ceux-ci au micromètre oculaire (tab. 5). Des spécimens de *G. p. gambiensis*, fournis par le CIRDES (Centre International de Recherche-Développement de l'Élevage en zone Subhumide) de Bobo Dioulasso, Burkina Faso, ont été utilisés comme référence.

3.2.2. Transformation et traitement des données

Par espèce de glossines les densités mesurées sont exprimées en nombre total de glossines capturées par piège et par jour (GPJ). Avant toute analyse, ces densités sont transformées en $\text{Log}_{10}(\text{GPJ}+1)$. Afin de pouvoir comparer les résultats des enquêtes faites à différents moments de l'année, il est nécessaire de calculer un indice d'ajustement saisonnier pour chaque mois de l'année. Ces indices sont basés sur les courbes saisonnières établies (fig. 3) en regroupant toutes les données des différents sites échantillonnés, séparément pour la moitié nord (groupes A et B, carte 1. d) et sud (groupes C à F, carte 1. d) du pays. Chaque densité mesurée, $\text{Log}_{10}(\text{GPJ}+1)$, est ensuite multipliée par l'indice du mois correspondant à la capture, ramenant ainsi chaque mesure à une moyenne annuelle théorique. Ces données corrigées pour l'effet saisonnier permettent de calculer une densité moyenne par carré, utilisée pour la production des cartes de densités par espèce. Ceci a été possible pour les deux espèces du sous-genre *Nemorhina* (*Glossina tachinoides*, carte 2. a, et *G. palpalis palpalis*, carte 2. c). Pour les autres espèces, les données étaient insuffisantes pour le calcul des courbes saisonnières. Dans le cas du sous-genre *Glossina* (*G. morsitans submorsitans* et *G. longipalpis*), les densités, après transformation logarithmique, sont exprimées en trois classes: absent, moyen ($< 0,3$) et élevé ($> 0,3$) (carte 3. a-b). Dans le cas du sous-genre *Austenina* (*G. fusca fusca*, *G. medicorum*) seule la présence – absence est reproduite (carte 3. c).

Un lissage dans l'espace est obtenu en représentant chaque carré comme étant la moyenne du carré concerné et de ses huit carrés limitrophes (champs de 3×3 carrés). Ceci équivaut à une moyenne mobile dans le cas d'une chronique. Il permet d'atténuer les extrêmes et de mieux faire ressortir les tendances générales. Ce lissage se fait à l'intérieur des limites géographiques définies par espèce (*G. tachinoides*, carte 2. b, *G. p. palpalis*, carte 2. d).

Les coefficients de corrélation linéaire ont été calculés par carré entre les densités transformées des glossines du sous-genre *Nemorhina* et les valeurs des variables écoclimatiques décrites au précédent chapitre (tab. 6).

3.3. RESULTATS

3.3.1. Sous-genre *Nemorhina*

3.3.1.1. *Glossina (Nemorhina) tachinoides* Westwood, 1850

La glossine la plus répandue au Togo est *G. tachinoides* (carte 2). Elle se rencontre à l'intérieur de son aire de répartition sur tous les réseaux hydrographiques. Elle n'est absente que de deux sous-zones écogéographiques (carte 1), la zone littorale et celle des plateaux sud-atakoriens. Au sud, sa limite (fig. 4) suit la diagonale formée par la limite du plateau de terre de barre. Cette limite n'est pourtant pas absolue, la mouche étant présente au niveau de la végétation

Tableau 6

Corrélations (r) entre des variables écogéographiques mesurées au sol et par satellite et les densités de glossines du sous-genre *Nemorhina*

Variable	<i>G. tachinoides</i>	<i>G. p. palpalis</i>
Altitude	N.S.	-0,159 ₂
Pluviosité	-0,160 ₂	N.S.
Ind. de siccité	-0,209 ₃	N.S.
Mois humides	-0,300 ₃	0,123 ₁
Mois secs	0,518 ₃	-0,317 ₃
Temp. moy.	0,500 ₃	-0,204 ₃
Temp. max.	0,626 ₃	-0,377 ₃
Temp. min.	0,386 ₃	N.S.
Temp. écart	0,626 ₃	-0,511 ₃
NDVI moy.	-0,426 ₃	0,315 ₃
NDVI Ph1	0,274 ₃	-0,318 ₃
NDVI Amp1	0,577 ₃	-0,281 ₃
NDVI Ph2	-0,593 ₃	0,431 ₃
NDVI Amp2	-0,505 ₃	0,406 ₃
NDVI Ph3	-0,432 ₃	0,337 ₃
NDVI Amp3	-0,120 ₁	0,147 ₁
Ch4 moy.	0,631 ₃	-0,454 ₃
Ch4 Ph1	0,510 ₃	-0,209 ₃
Ch4 Amp1	0,648 ₃	-0,444 ₃
Ch4 Ph2	0,465 ₃	-0,421 ₃
Ch4 Amp2	0,399 ₃	-0,332 ₃
Ch4 Ph3	0,432 ₃	-0,381 ₃
Ch4 Amp3	0,172 ₂	-0,245 ₃
CCD moy.	-0,514 ₃	0,352 ₃
CCD Ph1	0,587 ₃	-0,465 ₃
CCD Amp1	0,430 ₃	-0,301 ₃
CCD Ph2	-0,585 ₃	0,467 ₃
CCD Amp2	-0,536 ₃	0,361 ₃
CCD Ph3	0,586 ₃	-0,529 ₃
CCD Amp3	0,328 ₃	-0,138 ₁

n = 311. N.S. = non significatif. ₁ = p<0,05 ₂ = p<0,01 ₃ = p<0,001.

rupestre des rivières Sio, Lilli et Haho. Au sud-ouest, aucune capture n'a été faite dans la partie en aval du bassin de la rivière Todjé qui couvre la zone frontalière entre le Togo et le Ghana au sud de Kpalimé. Dans l'Atakora méridional (fig. 5), elle est absente de la majeure partie des plateaux de Danyi, de l'Akposso et de l'Akébou pour réapparaître au nord de l'Adélé (rivière Kpébou, tributaire de

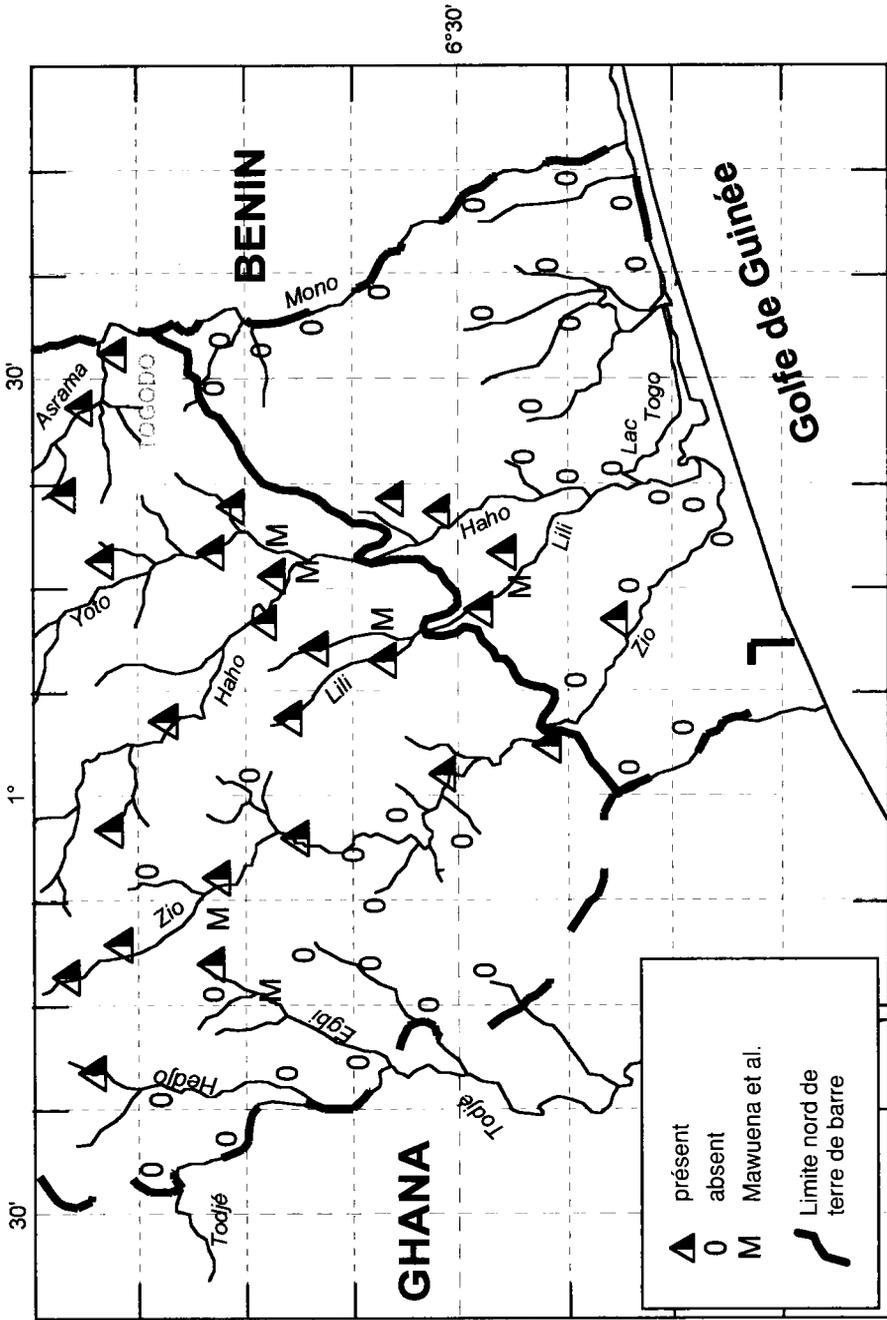


Fig. 4. — Limite sud de *G. tachinooides*. Limites passées (MAWUENA *et al.* 1985) et actuelles.

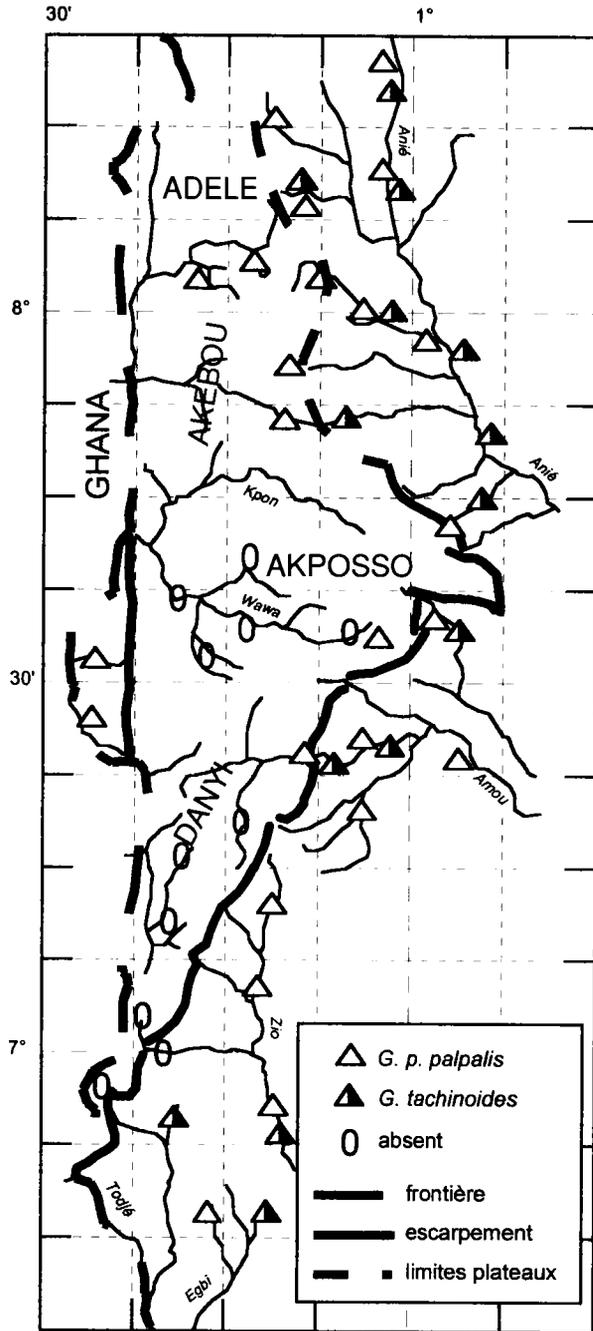


Fig. 5. — Limites actuelles des glossines riveraines dans les plateaux.

l'Anié). Sa limite y est très nettement définie à l'est par l'escarpement bordant les plateaux. La glossine est présente dans le piémont reliant l'Atakora au bassin moyen inférieur du Mono et aux bassins côtiers.

La carte des densités mesurées (carte 2) montre une nette prédominance de l'espèce dans la moitié nord du pays (groupes A et B, carte 1. d) au climat plus sec et avec une saison des pluies monomodale. Les densités moyennes les plus élevées (0,930) y sont rencontrées dans l'ensemble hydromorphe de l'Oti. En règle générale, les densités sont plus élevées en association avec des zones protégées (réserves de faune). Par contre, quand l'utilisation des sols est dense (carte 1), les densités mesurées sont faibles, par ex. l'extrême nord-ouest du pays (pénéplaine septentrionale) et la zone autour de Kara dans l'Atakora sec. Vers le sud du pays, les densités mesurées diminuent à mesure que le dédoublement de la saison des pluies devient plus net. La seule exception est la zone pré littorale à la limite de sa distribution. La densité maximale mesurée y est de 0,366. Ces lieux de captures exceptionnelles correspondent à un biotope bien défini: îlots de végétation permanente (reliques de forêt) relativement denses, associés à un milieu villageois (forêt sacrée interdite d'accès) avec point d'eau permanent et présence de porcins domestiques. Au niveau de la terre de barre, ce type de végétation n'existe pas et l'agriculture est extrêmement dense, expliquant son absence. Les corrélations établies avec les variables écoclimatiques (tab. 6) confirment clairement la préférence de la glossine pour un climat plus sec avec une longue saison sèche et des températures élevées. Les courbes saisonnières (fig. 3) montrent les densités apparentes les plus élevées, tant au nord qu'au sud, au mois de février en saison sèche et froide (respectivement $0,913 \pm 0,120$ et $0,906 \pm 0,253$). Ceci correspond à la saison sèche quand l'indice de végétation (NDVI) est au plus bas. Dans la moitié nord une deuxième pointe, moins importante, apparaît en septembre à la fin des pluies quand les NDVI sont les plus élevés. Les captures les plus faibles ont été enregistrées en avril au nord ($0,212 \pm 0,033$) et en juillet au sud ($0,192 \pm 0,088$). Le rapport entre les captures maximales et minimales est comparable au nord et au sud.

3.3.1.2. *Glossina (Nemorhina) palpalis palpalis* Robineau-Desvoidy, 1830

Tous les spécimens de *G. palpalis* capturés et identifiés par dissection et mesure des paramères mâles font partie de la sous-espèce *Glossina palpalis palpalis* (tab. 5). Aucune glossine de la sous-espèce *G. p. gambiensis*, ni de formes intermédiaires, n'a été capturée.

G. p. palpalis est omniprésente au sud de la Koumoungou (carte 2), ce qui correspond à l'isohyète de 1 100 mm. Au nord de cette limite, elle ne persiste qu'au niveau d'importants îlots de végétation riveraine et dense, souvent associés à l'eau permanente le long du fleuve Oti et de la rivière Koumoungou (fig. 6). Tout comme *G. tachinoides*, elle est absente de l'Atakora méridional (fig. 5). Elle persiste néanmoins nettement plus au sud dans l'Adélé et l'Akébou sur les

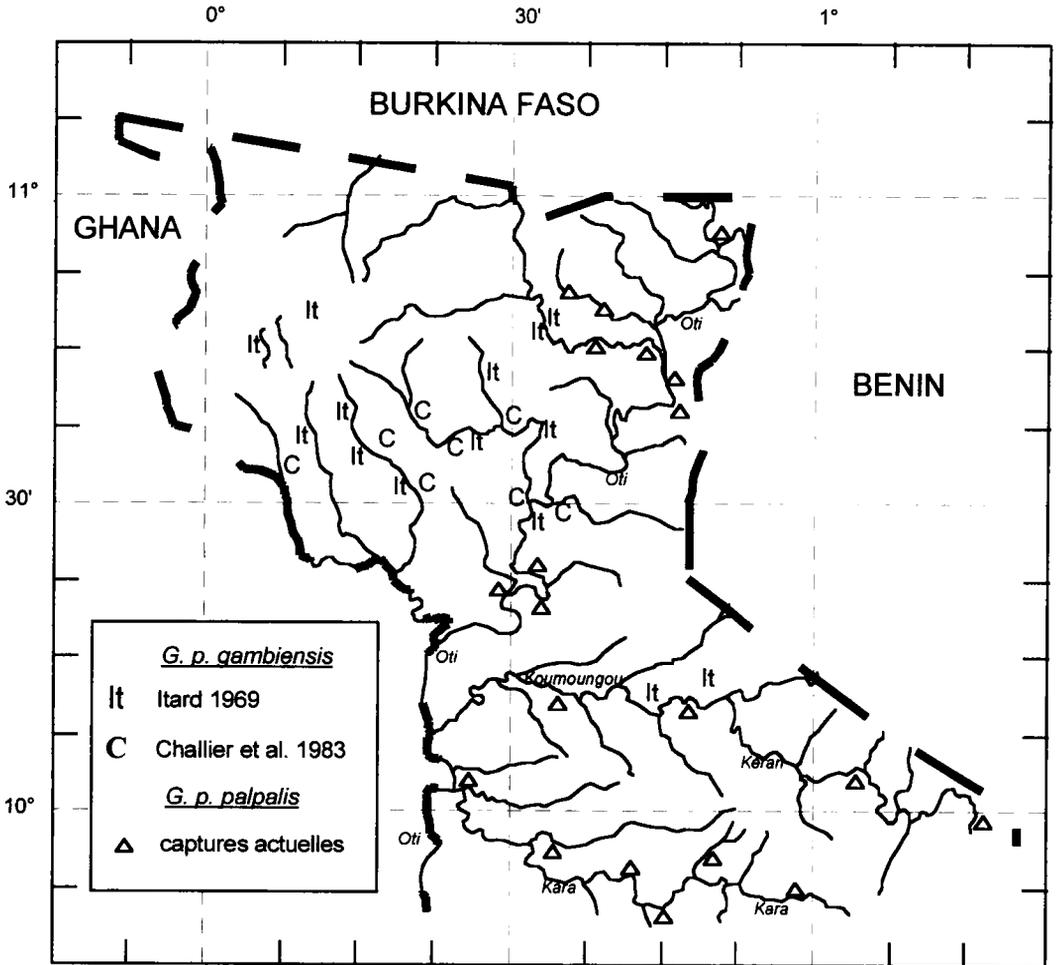


Fig. 6. — Limites nord de *G. p. palpalis*. Limites passées (ITARD 1968, CHALLIER *et al.* 1983) et actuelles.

tributaires de la Volta (Ghana). A l'ouest de l'escarpement bordant l'Akposso (7°30'N), elle est présente dans la plaine du Litimé, à la frontière du Ghana. A l'extrême sud du pays, elle est absente du cordon littoral lagunaire.

La carte des densités mesurées (carte 2) montre les plus fortes densités dans le bassin du Mono, partie sud du pays, avec une densité maximale par carré de 0,871. Au nord, les densités sont relativement faibles (maximum 0,269). Les corrélations avec les variables écoclimatiques (tab. 6) confirment clairement sa préférence pour un climat plus humide avec un cycle de végétation bisannuel plus important. Les corrélations linéaires sont souvent moins marquées que pour

G. tachinoides. Ceci est dû au fait que la glossine est absente des deux extrémités climatiques rencontrées au Togo: l'extrême nord sec et les plateaux humides au sud-ouest. Les courbes saisonnières montrent un maximum en janvier (saison sèche) au nord ($0,750 \pm 0,104$) et au sud. Le rapport entre les densités maximales et minimales est moins marqué au sud (janvier: $0,691 \pm 0,123$ vs. novembre: $0,336 \pm 0,072$) qu'au nord (janvier: $0,750 \pm 0,104$ vs. novembre: $0,104 \pm 0,027$).

3.3.2. Sous-genre *Glossina*

3.3.2.1. *Glossina (Glossina) morsitans submorsitans* Newstead, 1910

Cette glossine se rencontre au nord de $08^{\circ}30'$ de latitude nord dans deux zones climatiques relativement distinctes (carte 3). Dans les deux cas, elle est associée à la faune sauvage dans un environnement naturel préservé. Au nord du pays, elle est répandue dans la réserve de faune de l'Oti et du Parc national de la Kéran. Au cours de la première phase d'enquêtes, elle était rencontrée, bien qu'à des densités relativement faibles, tout le long de l'Oti, de l'embouchure de la Koumoungou jusqu'à Mandouri. Actuellement, les densités mesurées sont tombées sous le seuil mesurable sur la majeure partie de l'Oti. Elle ne persiste en nombre significatif que dans le Parc de la Kéran. Ce retrait est allé de pair avec une flambée de braconnage, suite aux troubles socio-politiques ayant secoué le pays ainsi qu'à la réinstallation des agriculteurs au niveau de zones protégées. Le gibier y est en forte régression, en partie exterminé et le restant ayant migré vers le Parc de la Pendjari, prolongation de l'Oti au Bénin. La plus grande partie du gibier restant est concentré dans la Kéran où la mouche persiste.

Au centre du pays, elle se rencontre au niveau du Parc national de Fazao et de la forêt de Malfakassa (Atakora moyen subhumide) et en contrebas dans la plaine du Mô (Atakora septentrional sec). La pluviométrie y est nettement plus importante (1 300 mm) que dans le nord (1 000 mm), mais le rapport entre le nombre de mois humides et secs y reste faible (voir chapitre précédent). Actuellement, elle n'est plus décelée dans la plaine du Mô où elle n'était présente qu'en très faibles densités et de manière discontinue. L'isolement relatif (relief peu accessible) du Parc de Fazao-Malfakassa et son sol peu propice à l'agriculture rendent une politique de protection de la faune plus aisée. Ceci a permis une meilleure préservation de la faune sauvage permettant apparemment à *G. m. submorsitans* de mieux s'y maintenir.

3.3.2.2. *Glossina (Glossina) longipalpis* Wiedemann, 1830

G. longipalpis se rencontre au sud de $09^{\circ}15'$ de latitude nord. Elle est associée à des zones à vocation naturelle dans la Fazao et sur le fleuve Mono (carte 3). Cette glossine est répandue dans les forêts sèches claires. Sa distribution dans

l'espace connaît des fluctuations saisonnières marquées avec une concentration en saison sèche au niveau de la végétation rupestre. A Fazao, elle se maintient relativement bien, pour les mêmes raisons que *G. m. submorsitans*. Elle paraît également très sensible à l'influence dégradante de l'agriculture sur son environnement. L'exemple type en est donné au niveau de la forêt d'Abdoulaye sur le Mono. Cette zone accueille actuellement un nombre important de populations déplacées cherchant à s'y installer définitivement, créant des nouveaux campements et cultivant les terres avoisinantes. *G. longipalpis* y est localement en très nette régression et les densités mesurées sur la totalité de la zone sont nettement plus faibles qu'au début des enquêtes (DAO *et al.* 1996).

3.3.3. Sous-genre *Austenina*

3.3.3.1. *Glossina (Austenina) medicorum* Austen, 1911

G. medicorum est uniquement présente dans la forêt de Tchila-Monota sur la rivière Khra et le fleuve Mono dans le sud du pays (carte 3). Elle s'y rencontre en association avec *G. p. palpalis*, *G. tachinoides*, *G. longipalpis* et *G. fusca* au niveau d'îlots de végétation plus dense associés ou non à la végétation riveraine.

3.3.3.2. *Glossina (Austenina) fusca fusca* Walker, 1849

G. f. fusca est nettement plus répandue. En règle générale, elle est présente sur toute l'aire de distribution de *G. longipalpis* (carte 3). A l'intérieur de ces limites, sa distribution est fractionnée et limitée à des habitats similaires à *G. medicorum*. Elle se rencontre en association avec les espèces mentionnées plus haut, y compris *G. m. submorsitans* dans le Parc national de Fazao. Un seul spécimen a été capturé sur la rivière Kalé dans la plaine de Mô.

3.4. DISCUSSION

L'approche présentée ici permet, avec un nombre limité de pièges judicieusement placés par carré par des équipes mobiles, de dresser une carte générale (résolution de 0,125°) de la distribution des différentes espèces de glossines à un niveau national. Le problème majeur que pose ce genre d'approche utilisant un nombre limité de sites et pièges par carré est celui des carrés négatifs. Il peut s'agir d'absence réelle de l'espèce de glossines concernée ou de densités sous le seuil mesurable, c.-à-d. des «faux négatifs». En dehors d'un mauvais fonctionnement des pièges, la possibilité existe que des pièges aient été placés en dehors de l'habitat propice à l'intérieur de l'aire de distribution ou que les glossines y soient temporairement absentes. Ce problème peut être contourné en appliquant un lissage par champs de 3 × 3 carrés à l'intérieur des limites géographiques

établies par espèce. Le problème se pose différemment dans le cas d'espèces omniprésentes, où ces faux négatifs sont plus aisés à identifier, que dans le cas d'espèces limitées dans l'espace, où la solution est souvent d'approfondir les enquêtes.

Bien qu'en saison des pluies les quantités absolues de glossines soient probablement plus importantes, celles-ci sont «diluées» sur une plus grande étendue de végétation (effet de dispersion), expliquant les courbes saisonnières obtenues. En analysant les captures des pièges individuels par site, nous remarquons souvent en saison sèche une plus grande variabilité; certains pièges capturent un (très) grand nombre de glossines (= habitat permanent) alors qu'une proportion plus grande de pièges ne capture rien. En saison des pluies, par contre, un plus grand nombre de pièges montre des captures se rapprochant de la moyenne. Ceci a été observé en détail dans des zones témoins d'opérations pilotes de contrôle (BATAWUI *et al.* 1996). Des courbes similaires sont observées au Burkina Faso (Bauer, communication personnelle) et au Bénin (DEHOUX 1992). A cela s'ajoute qu'en saison sèche les habitats permanents des glossines sont plus aisément identifiables au milieu d'une végétation généralement plus clairsemée. Ceci rend le travail de terrain plus aisé, le but du travail étant de prouver la présence des glossines. Ces résultats suggèrent que la saison sèche est plus propice à l'exécution d'enquêtes de ce type.

L'ajustement des résultats aux courbes saisonnières permet de standardiser les densités mesurées, de les comparer entre elles et de dresser des cartes d'abondance des glossines. A notre connaissance, aucune carte de ce genre et à cette résolution (0,125°) n'a été présentée à ce jour. L'analyse de la relation entre les variables écoclimatiques et les densités de glossines riveraines montrent d'excellentes corrélations qui correspondent à la réalité de terrain. Elles confirment, de façon frappante, des relations précédemment démontrées entre le NDVI moyen et des densités mesurées de *G. tachinoides* et *G. palpalis* en Côte-d'Ivoire (ROGERS & RANDOLPH 1991). Elles démontrent une série d'autres relations qui n'avaient pas été démontrées à ce jour. Ces résultats permettent de valider les cartes de densités obtenues.

Concernant la distribution des glossines au Togo, la méthode d'enquêtes systématiques développée a permis:

- De confirmer que la seule zone significative indemne de glossines est la zone des plateaux du Sud Atakorien subhumide d'une superficie totale d'environ 2 500 km, soit 4 % du territoire national. Les différentes espèces de glossines (excepté *G. medicorum*) se retrouvent toutes au niveau du Parc national de Fazaou au centre du pays.
- D'établir la distribution géographique des différentes espèces de glossines et plus particulièrement:
 - De préciser la limite sud de *Glossina tachinoides* et de confirmer son absence des plateaux du Sud Atakorien.

- De démontrer la disparition de *G. palpalis gambiensis* du Togo où elle était présente sous forme d'isolat géographique (CHALLIER *et al.* 1983), de préciser la présence de *G. p. palpalis* au nord du pays et de confirmer son absence des plateaux du Sud Atakorien.
- De démontrer la présence de *G. morsitans submorsitans* dans le nord du pays sur l'Oti et la Kéran, au centre du pays dans les hauteurs de Fazao, et d'observer son retrait progressif de l'Oti au nord et de la plaine du Mô au centre. Il est à noter que cette espèce n'avait pas été démontrée sur l'Oti en 1968 par Itard. Il est possible que ceci soit dû à l'utilisation de pièges peu performants pour cette espèce. La même chose vaut pour l'enquête actuelle, le piège biconique étant jugé peu performant pour cette espèce au Burkina Faso (Bauer, communication personnelle). Avant de pouvoir conclure à sa disparition d'une zone, des enquêtes sont nécessaires utilisant des pièges plus performants et un choix d'attractifs olfactifs.
- De confirmer et de délimiter la présence de *G. longipalpis* à Fazao et Kpessi et d'établir sa présence dans d'autres forêts protégées sur le fleuve Mono.
- De localiser la présence de *G. fusca fusca* et d'établir définitivement la présence de *G. medicorum*.

4. Epidémiologie de la trypanosomose bovine

4.1. INTRODUCTION

Dans l'étude du complexe glossines-trypanosomose l'accent est souvent mis sur le vecteur. Peu de données existent décrivant la distribution de la trypanosomose dans l'espace. La majorité des travaux publiés se concentrent sur l'étude dans le temps avec récolte de données mensuelles d'un même groupe d'animaux. Elles ont permis d'obtenir d'excellents résultats dont, entre autres: LEAK *et al.* (1990) dans le cadre du réseau de la trypanotolérance de l'ILCA et CLAXTON *et al.* (1992) dans le cadre des études menées par l'ITC en Gambie. Elles ont néanmoins l'inconvénient de se concentrer sur des zones relativement restreintes, d'y concentrer un grand apport de ressources et d'être difficilement extrapolables. Il est peu réaliste d'envisager qu'elles puissent être appliquées sur de plus grands espaces. Ce chapitre explore les possibilités offertes et les résultats obtenus par un autre type d'enquêtes limitant le nombre de données récoltées par lieu mais augmentant le nombre de lieux visités. Ce problème est actuellement adressé différemment par une équipe de l'ITC qui concentre son action sur l'exécution d'un questionnaire (RAWLINGS *et al.* 1993).

4.2. MATERIEL ET METHODES

4.2.1. Enquêtes protozoologiques

Les enquêtes de terrain couvrent la même période et suivent une approche globale similaire que celle décrite pour les enquêtes entomologiques au chapitre 2. Elles concernent uniquement le bétail sédentaire sans inclure le bétail de grande transhumance venant de pays voisins. Dans un premier temps, les troupeaux ont été identifiés en se basant sur les connaissances des agents vétérinaires de terrain et, dans un deuxième temps, sur les résultats du recensement national du bétail (voir chapitre suivant). Des 311 carrés, 217 ont été identifiés comme contenant du bétail sédentaire dont 200 (92 %) ont été échantillonnés. Les carrés non échantillonnés se trouvent en grande majorité dans des zones à (très) faibles densités de bétail. L'enquête visait à échantillonner par carré un minimum de 50 têtes de bétail, venant de minimum 3 troupeaux différents et représentant un minimum de 10 % des animaux présentés. Au total, 26 481 animaux ont été échantillonnés dans 946 troupeaux. En moyenne, 37 % des animaux présentés ont été échantillonnés. Le sang est prélevé, après ponction de la veine auriculaire, à l'aide d'un tube de microhématocrite hépariné. Un double échantillon est pris par animal. Les tubes sont centrifugés sur place à 15 000 t/m durant cinq

minutes. Après mesure de l'hématocrite (pourcentage de globules rouges du sang complet), le contenu de l'interphase est étalé sur une lame et examiné à frais sous lamelle utilisant un objectif à immersion $\times 40$ et des oculaires $\times 10$. Le microscope utilisé est de type standard; un effet de fond noir est simulé en inclinant le condensateur. Un minimum de cinquante champs sont examinés par lame. Les résultats reprennent par échantillon: l'hématocrite, l'espèce de parasite (identifiée par le mode de mouvement), le nombre de champs examinés et la quantité moyenne de parasites par champ.

4.2.2. Transformation et traitement des données

Dans le souci de pouvoir comparer des données récoltées à différents moments de l'année, il a été nécessaire, tout comme dans le cas des glossines, de calculer, par variable étudiée, un indice d'ajustement saisonnier par mois. Ceux-ci sont basés sur les courbes saisonnières (fig. 7) établies en regroupant toutes les données rassemblées séparément pour la moitié nord (groupes A et B, carte 1. d) et sud (groupes C à F, carte 1. d) du pays. Les données de chaque échantillon sont multipliées par l'indice du mois correspondant, les ramenant, de fait, à une moyenne annuelle théorique. Ces données transformées sont regroupées par carré et servent de base à la production des différentes cartes. Par carré ont ainsi pu être calculés (carte 4): la prévalence de *Trypanosoma congolense*, la prévalence de *T. vivax*, la prévalence totale des deux parasites, l'hématocrite moyen des troupeaux et la prévalence des animaux ayant un hématocrite de moins de vingt-cinq. Dans les deux premiers cas, les prévalences exprimées sont la somme des infections simples et mixtes. La méthode utilisée ne permettant pas d'avoir des données fiables sur *T. brucei* sp. et le nombre de cas positifs trouvés étant très faible, ces données ne sont pas reprises dans cette étude.

Un lissage dans l'espace est obtenu en regroupant, par variable, les résultats du carré concerné et de ses huit carrés limitrophes (champs de 3×3 carrés). Les résultats obtenus sont reproduits à la carte 5. Les données sont représentées en dix classes regroupant chacune un nombre approximativement égal de carrés. Ces mêmes classes ont été utilisées pour la carte 4. L'effet obtenu est comparable à l'effet d'une moyenne mobile dans le cas d'une chronique.

Les résultats obtenus ont permis de calculer les corrélations entre les paramètres mesurés, d'une part dans le temps, c.-à-d. sur le plan saisonnier ($n = 12$) et, d'autre part, dans l'espace ($n = 198$). Dans ce dernier cas, les valeurs obtenues après correction pour l'effet saisonnier et lissage dans l'espace sont utilisées. Les coefficients obtenus sont testés par rapport aux valeurs critiques de tables standards.

4.3. RESULTATS

4.3.1. Prévalence

Les courbes saisonnières montrent une évolution comparable de la prévalence au nord et au sud du pays. Au nord, la prévalence augmente progressivement de

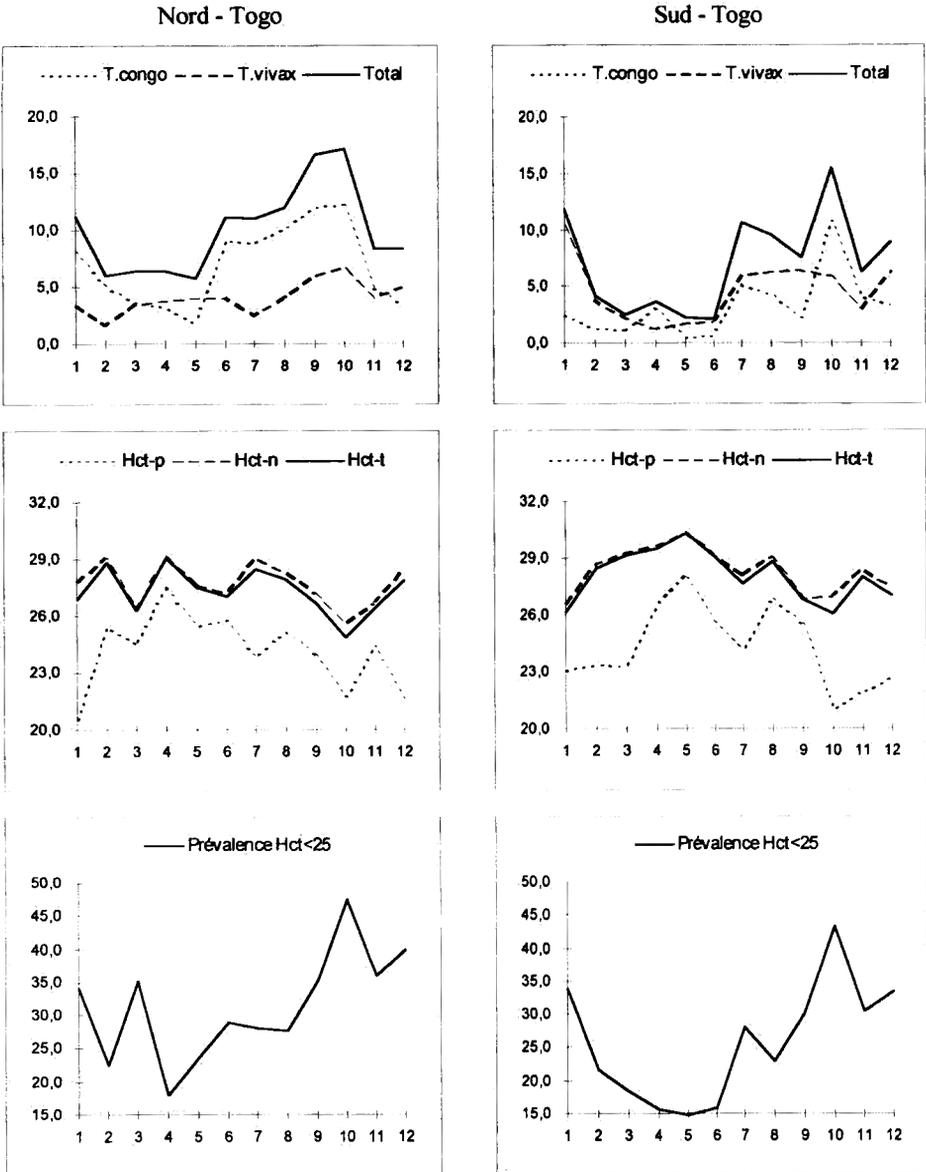


Fig. 7. — Courbes saisonnières de la trypanosomose. Courbes établies en utilisant la totalité des données rassemblées au cours de l'enquête nationale séparément pour la partie Nord (groupes A+B, carte 1. d) et Sud (groupes C+D+E+F, carte 1. d) du pays. Toutes les données sont brutes, excepté dans le cas des mois de janvier, février et décembre dans la partie sud du pays, remplacées par la valeur de la moyenne mobile (période de trois mois) à cause du nombre insuffisant d'échantillons. T. congo = prévalence (%) de *T. congolense*, T. vivax = prévalence (%) de *T. vivax*, Total = T. Prévalence (%) combinée de *congolense* + *T. vivax*, Hct-p = Hématocrite (%) moyen des cas positifs, Hct-n = Hématocrite (%) moyen des cas négatifs, Hct-t = Hématocrite (%) moyen des troupeaux, Hct < 25 = prévalence des animaux ayant un hématocrite de moins de 25 %.

Tableau 7
Cas de parasitémies observés

	Nord		Sud	
	cas	%	cas	%
<i>T. congolense</i>	1072	58	188	38
<i>T. vivax</i>	615	33	259	52
cas mixtes	172	9	49	10

mai à octobre au cours de la saison des pluies pour ensuite diminuer et rester à un niveau bas à partir de février en saison sèche. Au sud, les prévalences maximales sont observées au cours de la grande saison des pluies. Dans les deux cas, une recrudescence de la prévalence est observée en janvier. Des deux espèces, *T. congolense* domine au nord. Ceci est surtout le cas en saison des pluies (69 % des cas positifs). La fluctuation saisonnière de *T. vivax* y est moins prononcée avec 4,2 fois plus de cas en saison des pluies contre 6,8 fois pour *T. congolense*. Au sud, l'écart entre la prévalence maximale et minimale est plus important (8,6 fois pour *T. vivax* et 9,8 fois pour *T. congolense*). Les plus fortes prévalences de *T. vivax* sont notées en janvier. Le tableau 7 confirme la prédominance de *T. congolense* au nord (58 %) et de *T. vivax* au sud (52 %).

La carte de la prévalence totale (carte 5. c) montre que la partie nord du pays est plus touchée que le sud. Les deux principales exceptions sont la péninsule septentrionale (carte 1. b) dans l'extrême nord et la zone à l'est de l'Oti et de la Kéran (carte 1. d) où les prévalences sont faibles. Au sud-ouest du pays, la maladie est absente des plateaux de Danyi et Akposso. La carte de la prévalence de *T. vivax* (carte 5. b) permet de localiser la présence du parasite au sud. Dans le reste de la zone, les prévalences sont nettement plus faibles. *T. congolense* (carte 1. a) est quasiment absent de la zone littorale.

4.3.2. Hématocrite

Les courbes saisonnières (fig. 7) montrent les hématocrites les plus élevés en avril (29,1) au nord et en mai (30,3) au sud en fin de période de faible prévalence. Les hématocrites les plus bas sont mesurés dans les deux cas en octobre au moment où la prévalence de la maladie est la plus élevée. Ils sont respectivement de 24,9 au nord et de 26,1 au sud. L'écart entre l'hématocrite des animaux positifs et des troupeaux est en moyenne de $3,2 \pm 0,5$ au nord et de $3,8 \pm 0,5$ au sud. Les deux courbes suivent une évolution saisonnière comparable. Les courbes de la prévalence des animaux ayant un hématocrite de moins de vingt-cinq montrent une prédominance d'animaux fortement anémiés en période de prévalence élevée. Les prévalences maximales sont de 47,4 % au nord et de

Tableau 8

Coefficients de corrélation (r), basés sur les résultats des courbes saisonnières (n = 12), entre la prévalence et l'hématocrite

	Nord (n = 12)		Sud (n = 12)	
	Hct	Hct < 25	Hct	Hct < 25
<i>T. congolense</i>	N.S. (N.S.)**	N.S. (N.S.)**	-0,581 ₁	0,757 ₂
<i>T. vivax</i>	-0,688 ₁ (-0,761 ₂)**	0,695 ₁ (0,728 ₁)**	-0,823 ₃	0,722 ₂
Prév. totale*	N.S. (-0,701 ₁)**	0,599 ₁ (0,679 ₁)**	-0,845 ₃	0,900 ₃

*Prév. totale = prévalence combinée des deux parasites, Hct < 25 = prévalence des animaux ayant un hématocrite de moins de 25.

** = données hors mars (n = 11).

₁ = p < 0,05 ₂ = p < 0,01 ₃ = p < 0,001.

N.S. = non significatif.

43,4 % au sud, dans les deux cas en octobre. Les prévalences minimales sont de 18,1 % au nord (avril) et de 14,9 % au sud (mai). Le tableau 8 confirme cette relation. Celle-ci est surtout significative au sud du pays. Au nord les corrélations, basées sur ces courbes, s'améliorent en éliminant les données de mars où une chute inexplicquée de l'hématocrite est observée. Sur la totalité du Togo (hors les données du mois de mars au nord), la corrélation avec la prévalence totale est de -0,780 (n = 12, p < 0,005) dans le cas de l'hématocrite et de 0,815 (n = 12, p < 0,001) dans le cas de la prévalence d'animaux avec un hématocrite de moins de vingt-cinq.

Les cartes de l'hématocrite des troupeaux et de la prévalence d'animaux anémiés (carte 5. d-e) confirment la prédominance du problème dans le nord du pays. Au sud, les hématocrites sont en règle générale plus élevés. Dans la bande sud-ouest (plateaux de Danyi), les hématocrites sont les plus élevés du Togo. Quelques différences existent avec la carte de la prévalence totale de la maladie. Il s'agit de deux zones où le nombre d'animaux anémiés est élevé par rapport aux prévalences mesurées, l'une à l'est de l'Oti-Kéran et l'autre à l'est du lac du barrage de Nangbéto (carte 1. d).

Les corrélations calculées entre la prévalence et l'hématocrite (tab. 9), basées sur les cartes établies (n = 198), confirment les relations observées. La figure 8 montre la relation dans l'espace entre la prévalence de la parasitémie totale (*T. congolense* + *T. vivax*) et la prévalence d'animaux ayant un hématocrite de moins de vingt-cinq pour la totalité du Togo. Il est à noter que la prévalence d'animaux anémiés est systématiquement supérieure à la prévalence d'animaux parasitémiques (par ex. 10 % positifs = 34,5 % anémiés).

Tableau 9

Coefficients de corrélation (r), basés sur les cartes produites (n=198),
entre la prévalence et l'hématocrite

	Nord (n = 133)		Sud (n = 66)	
	Hct	Hct < 25	Hct	Hct < 25
<i>T. congolense</i>	-0,487 ₃ **	0,498 ₃	N.S.	N.S.
<i>T. vivax</i>	N.S.	N.S.	-0,386 ₂	0,301 ₁
Prév. totale*	-0.373 ₃	0,384 ₃	-0.478 ₃	0,419 ₃

*Prév. totale = prévalence combinée des deux parasites, Hct < 25 = prévalence des animaux ayant un hématocrite de moins de 25.

**₁ = p < 0,05 ₂ = p < 0,01 ₃ = p < 0,001 N.S. = non significatif.

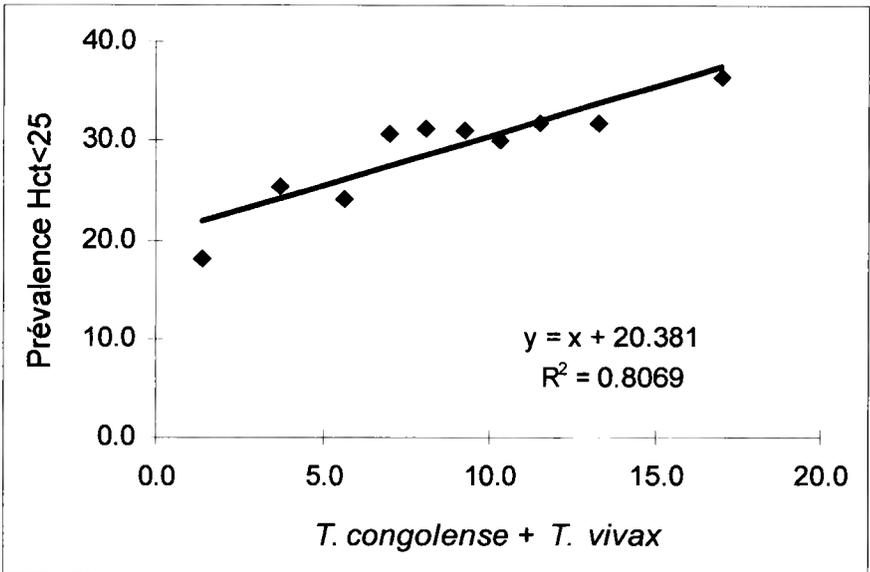


Fig. 8. — Relation entre la prévalence de la parasitémie et la prévalence d'animaux ayant un hématocrite de moins de 25 %.

4.3.3. Relation entre les glossines et la trypanosomose

Des différentes espèces de glossines présentes, *G. tachinoides* est la seule à montrer des corrélations significatives entre les cartes de densités et de la trypanosomose (tab. 10), ceci tant au nord qu'au sud. La figure 9 montre cette corrélation dans l'espace pour la totalité du Togo.

Tableau 10

Coefficients de corrélation (r) entre les densités de *G. tachinoides* et la prévalence ($p < 0,001$)

	Nord (n = 133)	Sud (n = 66)
<i>T. congolense</i>	0,471	0,444
<i>T. vivax</i>	0,301	0,403
Prév. totale*	0,494	0,572

*Prév. totale = prévalence combinée des deux parasites.

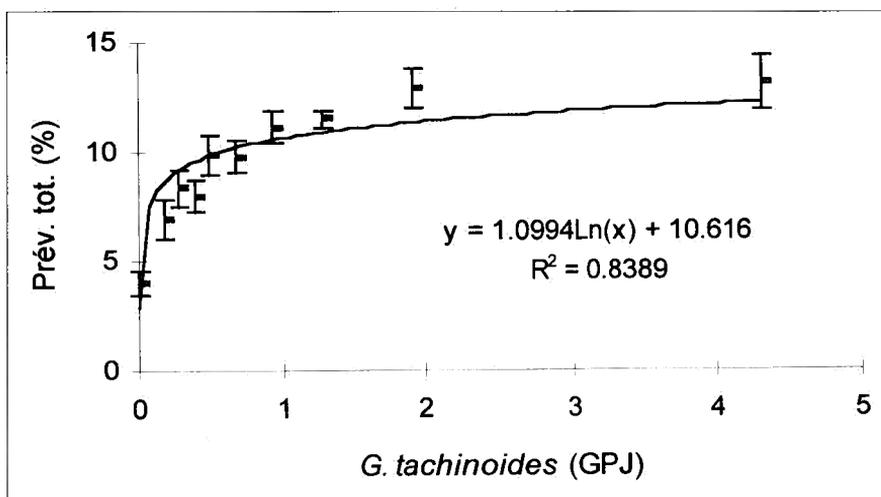


Fig. 9. — Relation entre la densité détransformée de *G. tachinoides* et la prévalence totale de la trypanosomose (Nord + Sud).

4.4. DISCUSSION

Il est généralement reconnu que la méthode de diagnostic utilisée est la plus pratique sur le terrain. Elle offre néanmoins le désavantage de ne pas détecter les cas de faibles parasitémies (MURRAY *et al.* 1977).

Une source majeure de variabilité dont il faut tenir compte avec le type de banque de données présenté est, outre le facteur saisonnier, le facteur «gestion du troupeau». Ceci inclut des éléments tels que les races utilisées, les traitements effectués, l'alimentation, la conduite du troupeau, etc. Ils auront tous une influence sur l'expression de la maladie mesurée. Ils sont la raison principale de prélever l'échantillon dans différents troupeaux par carré. Ceci complique le

travail de terrain. Les troupeaux étant éloignés les uns des autres et devant partir de bonne heure au pâturage, souvent il ne sera possible que d'en visiter un par jour. L'échantillon devra donc être un compromis entre l'idéal, c.-à-d. l'échantillon stratifié tenant compte des différentes situations rencontrées dans un carré, et ce qui est réalisable compte tenu des moyens à disposition. Dans notre cas, il était de 3 troupeaux par carré (sur la totalité de l'enquête 4,7 troupeaux ont été échantillonnés en moyenne par carré). La méthode de lissage dans l'espace utilisée permet d'augmenter artificiellement, par carré, la source de l'échantillon. Les cartes produites représenteront donc une situation moyenne rencontrée. Dans le prochain chapitre, nous parlerons de l'effet des races présentes.

Il est reconnu que le degré d'anémie, établi par la méthode du micro-hématocrite, est une mesure fiable de l'état général d'un animal atteint de trypanosomose (MURRAY & DEXTER 1988). Le degré d'anémie développé dépendra de l'état nutritionnel et de l'âge de l'animal. Ceci vaut également pour le bétail trypanotolérant (AGYEMANG *et al.* 1990, AGYEMANG *et al.* 1991, KAUFMANN *et al.* 1992), race dominante au Togo. Les courbes saisonnières présentées montrent clairement que l'essentiel des problèmes réside en saison des pluies: la prévalence y est la plus élevée et l'hématocrite le plus bas. Il existe également une corrélation entre la saisonnalité de la prévalence et l'évolution de l'hématocrite (tab. 8). Ceci correspond à la relation établie entre la prévalence totale et l'hématocrite moyen à Boundiali en Côte-d'Ivoire (ILCA 1985), à une latitude de 9,5°N (étude basée sur le suivi mensuel du même groupe d'animaux). En Gambie, par contre (DWINGER *et al.* 1992), les hématocrites maxima sont observés en fin de saison des pluies et les minima en fin de saison sèche. Ceci alors que les prévalences maximales de la trypanosomose sont notées en début de saison sèche. L'hématocrite y est surtout corrélé aux parasitoses gastro-intestinales bien que la période de trypanosomose élevée semble (grande variabilité) être liée à un taux élevé d'animaux avec un hématocrite de moins de vingt.

Les cartes produites (carte 5) et leur corrélation (tab. 9) montrent que ce lien entre la prévalence et l'hématocrite est exprimé non seulement en termes de saisonnalité, mais également dans l'espace. Les troupeaux originaires de lieux où la trypanosomose est plus sévère auront des hématocrites moyens plus bas que ceux venant de zones à faible prévalence. Les deux principales exceptions démontrées au Togo, à l'est de l'Oti-Kéran et de Nangbéto, correspondent, pour la première, à une zone où l'élevage est particulièrement rustique et, pour la seconde, à une zone relativement isolée et peu couverte par les services vétérinaires.

La relation entre la prévalence de la parasitémie et la prévalence d'animaux ayant un hématocrite de moins de vingt-cinq, c.-à-d. ayant les muqueuses pâles, est particulièrement intéressante (fig. 8). Elle est démontrée tant sur le plan saisonnier que dans l'espace. Ceci suggère qu'en l'absence d'autres méthodes de diagnostic (ce qui est normalement le cas), le traitement systématique des animaux «visiblement» anémiés contribuerait de façon significative au contrôle

de la maladie. Cette approche serait également justifiée vu les limites reconnues de la méthode de diagnostic utilisée.

Le rapport saisonnier existant entre la prévalence de la maladie et le vecteur est complexe. Il a été étudié en profondeur en Gambie (CLAXTON *et al.* 1992) dans une situation fort différente de celle rencontrée au Togo. Les courbes saisonnières établies pour les glossines dans le cadre de notre travail ne reflètent pas la fluctuation réelle des densités (voir chapitre 3), rendant l'étude des liens saisonniers avec la trypanosomose impossible. Au niveau de l'étude dans l'espace, par contre, des corrélations peuvent être démontrées. En général le *tsetse challenge*, exprimé comme étant la proportion de mouches infectées, capturées, s'étant nourries sur du bétail, est mis en rapport avec l'incidence de la maladie, souvent exprimée en termes d'index Bérénil (nombre de traitements au BérénilTM par animal par an). ROGERS (1985) a mis en évidence une corrélation curvilinéaire entre ces deux variables (non transformées). Cette relation a été confirmée par l'équipe de l'ILCA du réseau de trypanotolérance (LEAK *et al.* 1990). Des données présentées ici, il ressort que la carte de la prévalence mesurée, corrigée pour l'effet saisonnier, a une relation curvilinéaire ($p < 0,001$) avec les densités, détransformées et corrigées pour l'effet saisonnier de *G. tachinoides*. Ceci suggère une relation directe entre la densité et le *challenge* pour cette espèce au Togo. Dans le cas de *G. p. palpalis*, cette relation n'est pas évidente. La distribution des glossines de savane (carte 3), vecteurs redoutés de la maladie, correspond dans les grandes lignes aux carrés où le bétail est absent, ce qui limite au maximum le contact avec le bétail et explique le manque de corrélation avec la maladie. Là où il y a contact, elles causent de grands dégâts. Ceci a été démontré pour *G. longipalpis* dans la forêt d'Abdoulaye au centre du pays (DAO *et al.*, en préparation).

En conclusion, on peut dire que la méthodologie d'enquêtes et de transformation des données décrite a permis de dresser des cartes de la prévalence de la trypanosomose provoquée par *T. congolense* et *T. vivax* ainsi que de l'anémie, principal symptôme de la maladie. Ces données ont été mises en relation avec les glossines en démontrant une corrélation (*G. tachinoides*) ou en comparant les distributions dans l'espace (glossines de savane). La méthode permet également de décrire la saisonnalité du phénomène et montre que l'hématocrite est fortement lié à la trypanosomose au Togo. Le lien saisonnier entre les vecteurs et la maladie n'a pas pu être étudié par manque de données sur les vecteurs.

5. Elevage bovin

5.1. INTRODUCTION

La dernière série de données présentées concerne l'élevage. D'un point de vue de prise de décision dans le cadre du contrôle de la trypanosomose, deux aspects de l'élevage nous intéressent plus particulièrement. Le premier concerne les races utilisées par les éleveurs, leur distribution et leur résistance à la maladie. Son importance est évidente, la trypanotolérance étant la méthode de lutte «passive» traditionnellement développée dans la majeure partie de l'Afrique de l'Ouest (HOSTE *et al.* 1988, HOSTE 1992). Le deuxième intéresse les modes d'élevage pratiqués: sont-ils de type traditionnel visant surtout la quantité de bétail sans se soucier trop de l'état des individus ou sont-ils à vocation plus commerciale visant la qualité du bétail et certaines normes de production (JAHNKE *et al.* 1988)? Il est clair que dans les deux cas une approche différente du contrôle de la maladie sera à préconiser.

5.2. MATERIEL ET METHODES

5.2.1. Recensement du bétail

Le recensement du bétail est fait de façon exhaustive. Il n'a concerné que le bétail sédentaire sans tenir compte du bétail de grande transhumance. Se basant sur les résultats du dernier recensement national (PROPAT 1988) et les connaissances des agents vétérinaires de terrain, chaque troupeau identifié est visité après prise de rendez-vous. Au cours de la visite, un questionnaire est présenté à l'éleveur et le bétail est compté par l'enquêteur accompagné de l'agent vétérinaire local. Les questions posées, intéressant notre étude, incluent:

- Des données de base permettant d'identifier et de localiser le troupeau;
- Une liste des différents propriétaires avec mention de leurs noms, profession, domicile, et du nombre respectif de bovins leur appartenant;
- La composition du troupeau par sexe, âge (veaux femelles et mâles, génisses-taurillons-bouvillons, vaches-taureaux-bœufs) et race (taurin, zébu, croisé taurin × zébu).

Au Togo, la race taurine dominante est le Somba (DOMINGO 1976). Le berceau de la race, nommé pays Tamberma, se trouve à cheval sur le Togo et le Bénin dans la partie nord-est de l'Atakora. Elle fait partie du groupe Baoulé des taurins à cornes courtes d'Afrique de l'Ouest (*West African Shorthorn*). Au sud, une race naine du même groupe, appelée Lagunaire, a quasiment disparu du Togo.

Le recensement a été effectué durant la campagne agricole de 1993-94. Après analyse des données, des insuffisances se sont révélées dans la partie nord du pays où le recensement a repris la campagne suivante. Une mise à jour permanente est effectuée en se basant sur les observations des agents de terrain.

5.2.2. *Présentation des résultats*

Les résultats obtenus, centralisés dans une banque de données, sont regroupés par carré. Ils permettent, entre autres, de produire des cartes (carte 6 a-e) telles que celles du nombre de bovins par kilomètre carré, du nombre de bovins par troupeau, du nombre de propriétaires par troupeau, du pourcentage de propriétaires issus du monde rural et finalement du pourcentage de ces propriétaires du monde rural étant cultivateurs.

Les données relatives aux races sont exprimées sous forme de pourcentage d'introgression zébu, c.-à-d. le pourcentage d'animaux au phénotype zébu et/ou croisé zébu × taurin par rapport à la population bovine totale. Les cartes produites (carte 7 a-d) montrent l'introgression zébu au niveau du cheptel total (en 11 et 3 catégories) ainsi qu'au niveau des femelles (génisses + vaches). Une dernière carte représente l'introgression zébu au niveau des mâles reproducteurs (taurillons + taureaux) en tenant compte du «rayon d'action» potentiel d'un géniteur, circulant librement, défini par LANWI (1994) comme étant de maximum 14 km dans la situation donnée du Togo. La carte est obtenue en appliquant un lissage par champs de 3 × 3 carrés du même type que celui utilisé pour les vecteurs et le parasite.

5.2.3. *Validation de la carte d'introgression zébu*

Les cartes décrivant l'introgression zébu sont basées sur le phénotype observé. L'approche a été validée en comparant ce phénotype aux génotypes des animaux. Ceci a été fait en étroite collaboration avec le Département de Génétique du «Trinity College» de Dublin (Irlande). La méthode utilisée consiste à identifier la fréquence de neuf marqueurs zébu spécifiques, nommés microsattellites (génotype), au niveau de l'ADN, extrait du sang, d'un échantillon stratifié de 800 animaux venant de 17 carrés à différents niveaux d'introgression zébu (phénotype observé). Des résultats préliminaires ont déjà été présentés (BRADLEY 1996, HENDRICKX *et al.* 1996). La figure 10 montre la relation démontrée entre le génotype mesuré et le phénotype observé.

5.2.4. *Analyse des résultats*

Les données obtenues sur l'introgression zébu permettent d'établir la relation (analyse de régression) entre la prévalence totale de la maladie et l'hématocrite (variables décrites au chapitre précédent) à trois niveaux d'introgression: 0 %, 0-30 % et > 30 %. Les meilleurs résultats ont été obtenus en utilisant les données

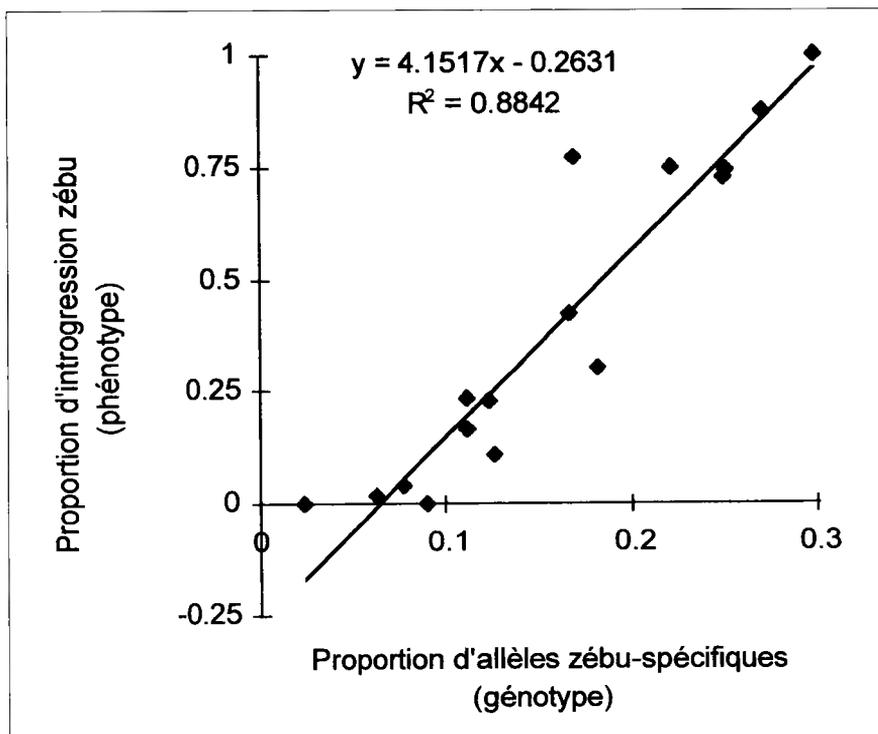


Fig. 10. — Relation entre le génotype et le phénotype ($n = 17$, $p < 0,0001$). Relation basée sur un échantillon de 800 bovins répartis (échantillon stratifié) dans 17 carrés représentatifs des différentes situations rencontrées au Togo. Le génotype est exprimé en proportion d'allèles spécifiques zébu dans l'échantillon (les populations zébu «pures» en Afrique de l'Ouest présentent normalement un maximum de 30 % d'allèles zébu spécifiques). Le phénotype est exprimé en termes d'introgression zébu, c.-à-d. proportion des animaux ayant des caractéristiques physiques zébu ou croisé zébu-taurin.

brutes (c.-à-d. sans transformation) de la maladie sans adaptation aux saisons ni lissage dans l'espace (fig. 11 a-c).

Les corrélations linéaires ont été calculées entre les données sur l'introgression zébu (carte 7) et les données sur le bétail (carte 6). Les résultats sont reproduits au tableau 11.

Un exercice statistique de classification ascendante hiérarchique (*cluster analysis*) a été appliqué aux cinq variables de la carte 7 en vue de produire une carte de types d'élevage au Togo. Pour éviter une trop grande variabilité et pour leur donner un poids égal dans l'analyse, chaque variable a été classée en trois catégories (faible = 1, moyen = 2, élevé = 3). Les limites des classes ont été établies en calculant la valeur moyenne de chaque variable, plus ou moins un demi-écart type. L'algorithme utilisé est le même que celui utilisé pour la classification des variables écoclimatiques à forte composante saisonnière au chapitre 2. Les

Tableau 11

Relation entre le degré d'introggression zébu et les variables liées à l'élevage
(% du cheptel sous influence zébu)

	Total	Femelles	Mâles*
Bovins par troupeau.	0,425	0,390	0,406
Propriétaires par troupeau.	-0,342	-0,331	-0,438
% des propriétaires du monde rural.	-0,475	-0,492	-0,378
% de ces propriétaires ruraux étant cultivateurs.	-0,529	-0,543	-0,494

*Mâles = données obtenues après lissage 3 × 3.

résultats obtenus (carte 8) sont repris sous forme de cartes pour deux et huit catégories. Les valeurs moyennes des variables ayant participé à l'analyse et du taux d'introggression zébu sont reprises, par catégorie, au tableau 12. La différence entre les catégories a été testée en utilisant un test adapté pour des échantillons de populations n'ayant pas la même variance (PARKER 1991).

5.3. RESULTATS

Les cartes d'introggression zébu (carte 6) montrent que la race taurine reste bien représentée au centre du pays. Deux pôles de métissage existent, liés au nord à la pression des zébus venant du Sahel et au sud au passage de troupeaux, composés de zébus mâles, destinés à l'abattoir de Lomé. La carte des mâles reproducteurs (carte 6. c) montre que quasiment aucun carré n'est plus à l'abri du métissage zébu. Des neuf carrés où les géniteurs possibles sont toujours à 100 % taurins, huit sont situés aux frontières, de l'autre côté desquelles la situation nous est peu connue. Les résultats de l'analyse génétique (fig. 11) montrent que 88 % de la variation observée au niveau du phénotype est causée par le génotype. Les résultats de l'analyse de régression entre la prévalence et l'hématocrite (fig. 11) montrent qu'il n'existe pas de relation entre les deux variables dans les carrés au phénotype taurin pure (introggression zébu = 0 %). Dans les deux autres cas, par contre, l'hématocrite baisse significativement avec l'augmentation de la prévalence. Il existe une différence significative entre les pentes des droites de régression des cas 5.4.a (0 %) et 5.4.b (0-30 %, $p < 0,05$) et des cas 5.4.a (0 %) et 5.4.c (> 30 %, $p < 0,01$). Celle-ci n'existe pas entre les cas 5.4.b (0-30 %) et 5.4.c (> 30 %) malgré une tendance observée à ce que l'hématocrite soit plus influencé par la prévalence dans les carrés à forte introggression zébu (> 30 %).

Le tableau des corrélations entre les différentes variables (tab. 11) montre que l'introggression zébu va de pair avec des troupeaux de plus grande taille, un nombre moins important de propriétaires par troupeau et un pourcentage plus faible des propriétaires venant du monde rural. Finalement, de ces derniers, un

Tableau 12

Valeur moyenne et erreur type (entre parenthèses) des variables par groupe résultant de la classification ascendante hiérarchique des données sur l'élevage (carte 8)

	Bovins/ km ²	Bovins/ troupeau	Propriétaires/ troupeau	% proprié- taires ruraux	% cultiva- teurs des propriétaires ruraux	Introgres- sion zébu (mâles lissés 3 × 3)
A	6,1 (0,64)	43,6 (1,66)	3,7 (0,22)	92,6 (0,74)	77,8 (1,27)	16,7 (1,70)
B	4,3 (0,68)	82,9 (6,87)	1,7 (0,12)	48,3 (4,42)	16,4 (2,21)	47,7 (4,45)
P _{A-B}	0,05	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
A1	7,8 (0,93)	38,6 (1,59)	4,7 (0,25)	91,8 (0,87)	77,4 (1,4)	9,4 (1,81)
A2	2,2 (0,32)	47,7 (3,15)	1,5 (0,11)	94,2 (1,45)	79,2 (2,7)	19,4 (3,67)
P _{A1-A2}	0,001	0,02	0,001	N.S.	N.S.	0,001
B1	1,1 (0,18)	74,9 (10,7)	1,6 (0,4)	21,1 (4,32)	12,5 (3,31)	51,1 (7,34)
B2	1,7 (0,54)	70,3 (10,7)	1,0 (0,04)	92,9 (3,79)	14,7 (4,66)	44,1 (8,01)
B3	10,8 (1,4)	108,7 (13,3)	2,0 (0,18)	50,4 (5,11)	24,6 (3,87)	52,8 (8,03)
P _{B1-B2}	N.S.	N.S.	0,001	0,001	N.S.	N.S.
P _{B1-B3}	0,001	N.S.	N.S.	0,001	0,05	N.S.
P _{B2-B3}	0,001	0,05	0,001	0,001	N.S.	N.S.

N.S. = non significatif.

pourcentage plus faible est agriculteur. Toutes les corrélations montrées sont fortement significatives ($p < 0,001$).

Les résultats de la classification hiérarchique (carte 8, tab. 12) montrent deux modes d'élevage dominants au Togo. Un premier groupe (A, bleu) surtout caractérisé par des plus petits troupeaux et un nombre plus élevé de propriétaires liés à plus de 90 % au monde rural. La race taurine y est encore fortement représentée. Ce groupe correspond à un mode d'élevage traditionnel. Le deuxième groupe (B, rouge) représente la situation inverse et est lié à une introgresion zébu nettement plus importante. Il correspond à un mode d'élevage à vocation plus commerciale plutôt lié au monde urbain. Il se rencontre surtout au sud du pays avec un pôle au nord dans la région de Mango ainsi qu'à Kara et à Guérin Kouka. La subdivision du premier groupe montre que le centre de gravité de l'élevage traditionnel se trouve au nord du pays (A₁) avec des densités de bétail les plus élevées. Vers le sud (A₂), par contre, l'élevage traditionnel, bien que toujours très fortement lié au monde rural, évolue vers un nombre de propriétaires moins important par troupeau et une plus forte introgresion zébu. Quatre (4) carrés n'ont pu être assignés à une de ces deux catégories. La subdivision du groupe B révèle trois classes. Les différences se situent surtout au niveau des densités de bétail et des liens avec le monde rural. La classe B₂ montre encore un fort pourcentage de propriétaires liés au monde rural. De ceux-ci, contrairement au groupe A, un faible pourcentage se dit agriculteur, la majorité indiquant

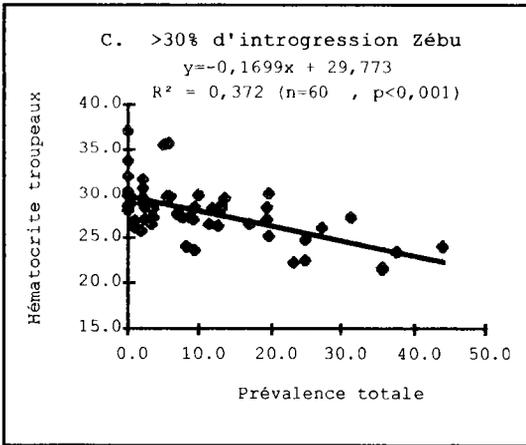
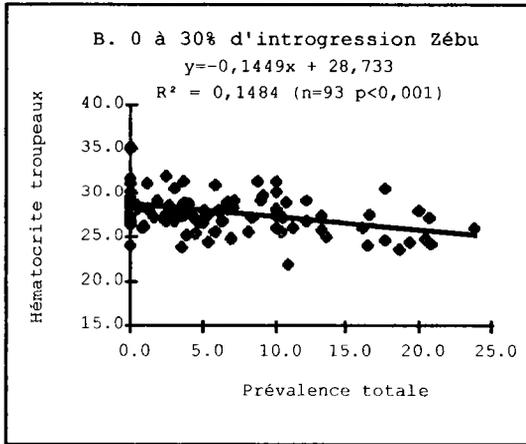
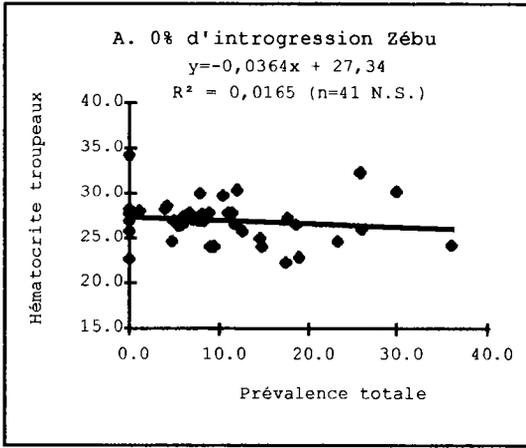


Fig. 11. — Relation entre la prévalence de la trypanosomose et l'hématocrite établie par classe successive d'introgession zébu (voir texte pour détails). Pour la prévalence et l'hématocrite, les données crues sans adaptation aux saisons ni lissage dans l'espace ont été utilisées.

«éleveur» comme profession. La classe B₃ regroupe les (grands) troupeaux de type périurbain au sud et au nord du pays. Trois (3) carrés n'ont pu être assignés à une de ces classes.

5.4. DISCUSSION

La relation démontrée entre le phénotype et le génotype laisse peu de place au doute que les cartes produites de l'introgression zébu correspondent à une réalité génétique. Le lien entre celles-ci et l'expression de la trypanotolérance, caractéristique principale des races taurines (STEWART 1951), est beaucoup plus complexe à établir. La trypanotolérance est caractérisée par la capacité du bétail à contrôler la parasitémie et l'anémie suite à une infection trypanosomienne (MURRAY & DEXTER 1988). De ces deux caractéristiques, c'est la deuxième qui reflète le mieux le niveau de trypanotolérance, définie en termes d'aptitude à produire en milieu infesté de glossines (TRAIL *et al.* 1991). Les résultats produits, montrant le lien entre la prévalence et l'hématocrite à différents niveaux d'introgression zébu, suggèrent un meilleur contrôle de cette anémie dans le groupe à introgression de 0 % par rapport aux autres groupes. Dans ce cadre, il est intéressant de noter l'origine différente des droites de régression qui correspond en ordre croissant d'introgression, respectivement à un hématocrite moyen de 27,3, de 28,7 et de 29,8 pour une prévalence de 0 %. Ceci est probablement dû à une série de facteurs. D'une part, la méthode de diagnostic utilisée ne permet pas de déceler les faibles parasitémies. Etant donné qu'une des caractéristiques de la trypanotolérance est le contrôle de la parasitémie, il est plus probable qu'une prévalence mesurée de 0 % corresponde véritablement à un risque 0, et donc à un «stress» minimal sur l'organisme, dans le cas d'une forte introgression zébu que dans le cas contraire. Un deuxième facteur est la gestion des troupeaux. Celle-ci tend à être nettement plus rudimentaire, c.-à-d. avec un suivi vétérinaire et zootechnique très limité, dans le cas de bétail trypanotolérant que dans le cas de bétail zébu ou croisé, influençant pour d'autres raisons, par exemple les traitements médicamenteux et la nutrition, la valeur moyenne de l'hématocrite.

Les résultats de la classification ascendante hiérarchique (carte 8 et tab. 12) montrent que les variables sélectionnées permettent de bien définir les modes dominants d'élevage au Togo et que ceux-ci sont étroitement liés au phénomène d'introgression zébu. Le premier souci de l'éleveur à vocation plus commerciale est d'augmenter le format de ses animaux. Il est intéressant de noter que les zones où l'élevage est de ce type, correspondent en majeure partie à des zones à faible densité de bétail comparées aux zones d'élevage traditionnel. Ceci est important dans l'optique du contrôle de la trypanosomose où deux axes principaux d'action devront être envisagés. D'une part, une approche de type quantitatif permettant de toucher le plus grand nombre et, d'autre part, une approche de type qualitatif visant les troupeaux à potentiel commercial établi.

6. Définition des zones prioritaires d'action

6.1. INTRODUCTION

Actuellement, suite à l'évolution des mentalités et à un certain nombre de contraintes, la méthode participative est considérée comme une approche de choix pour l'application d'activités de contrôle de la trypanosomose (*cf.* introduction générale). Une telle approche offre, *a priori*, le plus de chances de succès dans des zones où les densités de bétail sont suffisamment élevées et les contraintes imposées par la maladie suffisamment importantes, générant rapidement des bénéfices palpables et entretenant la motivation des bénéficiaires (ALSOP 1993). Cette situation offre le plus de chances d'exister dans des systèmes agro-pastoraux et mixtes agriculture-élevage. Très récemment, la FAO a initié une série d'études basées sur ces critères pour définir, à l'intérieur des zones infestées de glossines, des zones aux bénéfices potentiels élevés et donc prioritaires (par ex. ROGERS & WINT 1997). Une autre série d'études menées à l'ILRI (REID & ELLIS 1995) ont tenté de mesurer l'impact que le contrôle de la tsé-tsé et de la trypanosomose a eu sur l'environnement dans différents sites en Afrique et de prédire, pour le continent, les zones où le contrôle provoquera une augmentation de la production agricole et où l'intégrité de l'environnement est le plus menacé.

Dans ce chapitre nous décrivons, en nous basant sur les variables présentées aux chapitres précédents, une méthode permettant de définir des zones prioritaires d'action. L'approche proposée tient compte de l'aspect qualitatif et quantitatif du problème ainsi que de l'aspect des pertes causées et bénéfices potentiels. Elle fait suite à des résultats préliminaires déjà publiés (HENDRICKX *et al.* 1995). Après avoir défini ces zones, des propositions sont faites quant à l'approche de contrôle intégré qui y est applicable.

6.2. MATERIEL ET METHODES

6.2.1. Approche générale

La figure 12 montre la chaîne logique de décision servant de base au raisonnement suivi. Le premier facteur est la présence du vecteur (carte 3. d) et de la maladie (carte 5. c). Il définit les zones où une intervention serait *a priori* nécessaire (présence) et qui doivent donc être prises en considération. Excepté dans la zone relativement réduite des plateaux (4 % de la superficie nationale), aucune zone n'est indemne de la maladie et de ses vecteurs au Togo.

Les zones de types d'élevage ayant été définies (carte 8 et tab. 12), il nous faut donc maintenant établir les cartes définissant des niveaux de priorité, c.-à-d. faible - moyen - élevé, du point de vue qualitatif et du point de vue quantitatif. Dans les deux cas l'approche analytique est la même; ce sont les variables utilisées qui changent. Les différentes étapes sont:

- Sélection des variables à analyser et élaboration de cartes en trois catégories, faible (F = vert) - moyen (M = jaune) - élevé (E = rouge), par variable. Les seuils des différentes catégories peuvent être attribués de deux manières. La première permet d'obtenir des classes standardisées divisant la population en trois catégories plus ou moins égales tenant compte de leur distribution: $F = <$ (moyenne variable - 1/2 écart type), $M =$ (moyenne variable \pm 1/2 écart type), $E = >$ (moyenne variable + 1/2 écart type). La deuxième repose sur un choix empirique basé sur des critères de terrain reconnus et adaptés à chaque variable.
- Sélection d'une paire de variables pour débiter l'analyse. Attribution d'un score (F-M-E) à chaque combinaison possible entre ces deux variables et regroupement de ces scores sous forme de matrice. Tout comme au point précédent, les scores peuvent être attribués d'une façon systématique (par ex. carte 9-A) ou empirique (par ex. carte 9-B).
- Comparaison des deux variables dans l'espace, c.-à-d. carré par carré, et attribution du score correspondant à chaque situation. Le résultat, obtenu sous forme de carte, représente une nouvelle variable qui participera au niveau suivant de l'analyse, en la combinant à la prochaine variable, jusqu'au résultat final.

6.2.2. Variables utilisées

Les variables utilisées sont toutes basées sur des variables présentées aux chapitres précédents, excepté dans le cas des densités de populations humaines qui ont été interpolées en se basant sur la carte produite par le PNUE, *Global Resource Information Database* (1991), et dans le cas de la définition des zones d'accueil de transhumants (Ministère de l'Agriculture, de l'Elevage et de la Pêche). Elles incluent: la carte d'occupation des sols (carte 1. c), la carte des zones «saisonnnières» définies par classification ascendante hiérarchique (carte 1. d), les densités de *G. tachinoides* (carte 2. b), la carte résumant la distribution des glosines (carte 3. d), la prévalence totale de la trypanosomose (carte 5. c), l'hémato-crite moyen des troupeaux (carte 5. d), le niveau d'introgession zébu (carte 7. a-b), le nombre de bovins par km² (carte 6. a) et la carte des types d'élevage (carte 8).

6.2.3. Autres éléments permettant de définir les méthodes de contrôle à utiliser

En vue de définir le type de contrôle intégré à adopter dans les deux cas, une série d'informations complémentaires doivent être utilisées (fig. 12). Elles concernent principalement les résultats de différents essais pilotes de lutte, d'une campagne

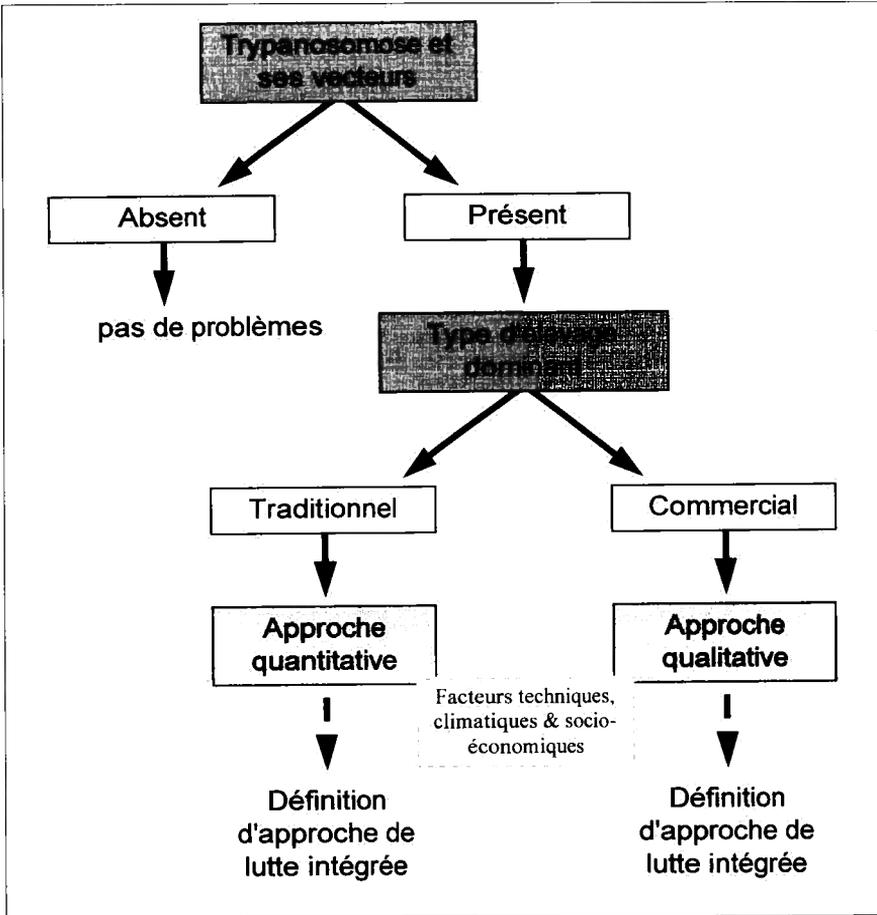


Fig. 12. — Chaîne de décision pour l'élaboration d'un plan national de lutte basé sur des zones prioritaires d'action.

nationale de sensibilisation et de promotion de la pratique vétérinaire rurale (résultats GCP-TOG-013-BEL, en préparation), tous axés prioritairement sur la prise en charge du contrôle par les bénéficiaires. Sans rentrer dans le détail, une série de conclusions importantes en ressortent:

— Bien qu'il soit relativement aisé de convaincre les éleveurs de l'application d'un suivi zosanitaire adapté à leur type d'élevage, y compris le paiement des produits utilisés, les éleveurs traditionnels sont nettement plus réticents à financer les frais de déplacement «réels» et la prestation de service de l'agent vétérinaire.

Tableau 13

Résumé de l'expérience acquise concernant les deux méthodes applicables de lutte contre le vecteur au Togo

	Ecrans insecticides	Insecticide appliqué sur le bétail (<i>pour-on</i>)
Résultats techniques:	Bons	Bons
Complexité technique d'application (besoins en encadrement):	Elevée: <ul style="list-style-type: none"> • matériel, confection, imprégnation d'insecticide • décision des lieux de placement • entretien 	Simple: <ul style="list-style-type: none"> • traitement individuel d'animaux sans dilution nécessaire du produit • suivi principal nécessaire: approvisionnement en produits
Acceptabilité par les bénéficiaires:	Peu favorable: <ul style="list-style-type: none"> • problèmes d'organisation • trop intensifs en travail 	Favorable: <ul style="list-style-type: none"> • organisation simple • peu intensifs en travail • autres effets: tiques, autres insectes piqueurs
Perspectives de prise en charge:	Mauvaises: <ul style="list-style-type: none"> • qui paye quoi? 	Bonnes: <ul style="list-style-type: none"> • un traitement = un paiement (250 à 300 FCFA)
Applicabilité à petite échelle:	Applicable quand îlot de végétation cible bien défini.	Applicable dans zones où les conditions de saison sèche réduisent la dispersion des glossines principalement aux lieux de contact avec le bétail.

- Des deux méthodes de lutte contre le vecteur applicables, écrans insecticides et insecticide sur bétail, la deuxième est la plus réalisable tant du point de vue technique que pratique (tab. 13).
- La prise en charge par les bénéficiaires suppose la notion de choix et de refus. Ceci implique qu'une méthode de lutte utilisée doit rester efficace quand elle est appliquée, à petite échelle, par une partie des éleveurs. Les résultats d'essais pilotes dans ce sens sont résumés en bas du tableau 13 (applicabilité à petite échelle).

6.3. RESULTATS

6.3.1. Approche qualitative

Le but visé par l'approche qualitative est de définir différents degrés d'impact de la maladie, et donc d'intervention nécessaire, au niveau d'animaux individuels ou de troupeaux, indépendamment du nombre total d'animaux présents. Tout

d'abord, la prévalence totale de la trypanosomose et l'hématocrite des troupeaux sont combinés (carte 9-A). Les limites des classes ont, dans les deux cas, été calculées de façon systématique. Elles sont respectivement de 6,5 % - 11 % - > 11 % pour la prévalence et de 26,9 % - 28,3 % - > 28,3 % pour l'hématocrite. La matrice des scores est établie de façon systématique en allouant un poids croissant égal aux deux variables (compte tenu du fait qu'un hématocrite «élevé» est signe de bonne santé et non l'inverse). La carte produite est une mesure des problèmes rencontrés en santé animale. Cette carte est ensuite combinée à la carte d'introgession zébu (carte 9-B) basée sur les trois classes définies au chapitre précédent: 0 %, 0-30 %, > 30 % (carte 7. b). La matrice des scores est adaptée en vue de donner un maximum de poids à la variable décrivant la santé animale. La carte produite (carte 9-C) divise le pays en niveaux d'intensité requis de suivi zoosanitaire et est également une mesure des pertes causées par la trypanosomose.

6.3.2. Approche quantitative

L'approche quantitative vise à introduire la notion de coûts et bénéfices du point de vue du développement rural intégré en tenant compte de la loi du plus grand nombre. Elle cherche à répondre à la question: où l'impact d'opérations de lutte sera-t-il maximal sur l'élevage et sur son intégration à l'agriculture? Tout d'abord, le niveau d'occupation des sols est combiné aux densités de populations (carte 10-A). Dans les deux cas, les limites des classes ont été établies de façon empirique; elles sont respectivement de 15 %, 50 % et de > 50 % pour l'occupation des sols et de 5/km², 50/km² et > 50/km² pour les densités de population humaine. La matrice des scores est standardisée allouant un poids croissant égal aux deux variables. Le résultat obtenu, décrivant la relation entre la population et l'agriculture, est ensuite combiné à la carte des densités de bétail (carte 10-B) dont les limites des classes, établies de façon empirique, sont respectivement de 3/km², 10/km² et > 10/km². La matrice des scores est adaptée par l'introduction d'un filtre quantitatif favorisant les zones où la densité de bétail est moyenne ou élevée. Ce résultat est finalement combiné au résultat de l'approche qualitative (carte 10-C), c.-à-d. la mesure des pertes (coûts) causées par la maladie. La carte finale produite (carte 10-D) montre les zones où, d'un point de vue quantitatif, le contrôle de la maladie est le plus justifié.

6.3.3. Combinaison des deux approches

La carte 11 combine les résultats obtenus ci-dessus en tenant compte des modes d'élevage définis au chapitre précédent: commercial = qualitatif, traditionnel = quantitatif. Ceci est visualisé au niveau des cartes encadrées (carte 11. a-b). La première (a) reprend les résultats de l'approche qualitative uniquement dans les zones où l'élevage est à dominance commerciale (zones B₁₂₃, carte 8. b), y compris la zone d'élevage de type intermédiaire (A₂, carte 8. b). La seconde (b) montre les résultats de l'approche quantitative uniquement dans les zones où

Tableau 14

Nombre de carrés et pourcentage relatif par classe pour les différents résultats obtenus

	Faible	Moyen	Elevé	Total ¹
Qualitatif - Togo Carte 9-C	62 (29 %)	48 (22 %)	104 (49 %)	214 (100 %)
Qualitatif - Commercial Carte 11-a	43 (38 %)	23 (20 %)	48 (42 %)	114 (100 %)
Quantitatif - Togo Carte 10-D	66 (31 %)	73 (34 %)	75 (35 %)	214 (100 %)
Quantitatif - Traditionnel Carte 11-b	19 (19 %)	25 (25 %)	56 (56 %)	100 (100 %)

¹ le nombre total de carrés n'inclut pas les carrés sans bétail (97 pour la totalité du Togo)

l'élevage est à dominance traditionnelle (zone A₁ de la carte 8. b). Dans la composition de la carte récapitulative, uniquement les carrés ayant le score «Elevé» ont été repris, respectivement en rouge pour l'approche qualitative et en bleu pour l'approche quantitative. Les limites des zones protégées, y compris celles rétrocedées de fait et à risque élevé de pénétration, ainsi que des zones d'accueil de transhumance, sont également mentionnées. Le tableau 14 montre, en nombre de carrés, la superficie respective par classe des différents résultats obtenus.

6.3.4. Méthodes de contrôle

En intégrant à ces résultats les éléments fournis au point 6.2.3., concernant les méthodes de lutte, ainsi que les éléments fournis au chapitre 5, concernant les zones d'élevage, nous pouvons proposer une approche globale à préconiser par zone:

- Zones d'approche quantitative: accent des activités de contrôle mis sur la lutte contre le vecteur, à petite échelle, appliquée et prise en charge par les bénéficiaires organisés. Ceci permet l'amélioration globale de la situation zoonositaire des troupeaux en évitant un suivi vétérinaire trop intensif et jugé trop onéreux par les éleveurs. La forte composante trypanotolérante des troupeaux est un appui important à cette approche. Le métissage zébu appliqué par des éleveurs motivés permettra la production de bœufs de trait. A terme, ces derniers devraient former des noyaux permettant une approche plus qualitative.
- Zones d'approche qualitative: accent mis sur le suivi zoonositaire de troupeaux individuels avec l'appui régulier d'un agent vétérinaire qualifié pris en charge par les éleveurs. La lutte contre le vecteur peut en faire partie à condition

qu'elle soit applicable et économiquement rentable (par ex. zone de Mango en bordure de la faune de l'Oti au nord du pays). Le métissage zébu est un facteur important d'amélioration de la production.

Finalement, l'applicabilité de la lutte contre le vecteur, à petite échelle, mérite d'être abordée plus en détail. En dehors de facteurs techniques, telle la présence de bétail en quantité suffisante, et de son acceptabilité socio-économique, l'applicabilité dépend en grande partie de facteurs climatiques. La carte 12 (a-b) rappelle la situation au niveau des glossines. La carte 12. c tente de définir les zones où, climatiquement, l'insecticide sur bétail, appliqué à petite échelle, offre le plus de chances de réussite. Elle est basée sur les résultats de la classification ascendante hiérarchique des zones saisonnières (carte 1. d). Dans la zone nord, le cycle monoannuel de la végétation est dominant ($NDVI_{amp_1} / NDVI_{amp_2} = 5$). De bons résultats y ont été obtenus, en présence de *G. tachinoides*, au courant d'un essai pilote à Skribak. L'habitat des glossines y est limité en saison sèche aux lieux de contact avec le bétail. Ceci permet de toucher un maximum de la population des glossines durant cette saison et d'éviter leur dispersion en saison des pluies (BATAWUI *et al.* 1996). Dans le sud du pays, le rapport moyen entre les cycles tombe en dessous de 2. Un essai mené à Kpendele (K) y a eu des résultats médiocres (HENDRICKX *et al.* 1993), les pressions de réinvasion étant trop importantes tout au long de l'année. La limite d'applicabilité doit se situer dans la zone centrale (rapport moyen = 3,1) mais n'a pas encore pu être définie plus précisément. Il est à noter que les zones prioritaires d'action quantitative (carte 11) sont situées à l'intérieur de la zone de densités élevées de *G. tachinoides* (carte 12. b). Elles correspondent également en grande partie à la zone d'applicabilité «climatique» de la méthode (carte 12. c), le reste étant situé dans la partie nord de la zone où l'applicabilité reste à confirmer.

6.4. DISCUSSION

La méthode proposée permet la classification systématique, pas à pas, de paires de variables. Ceci contrairement à la classification ascendante hiérarchique telle qu'utilisée précédemment (carte 1. d & carte 8) qui est basée sur l'application d'un algorithme complexe sur la totalité des variables introduites. Plus que dans le cas de cette approche statistique d'analyse multivariée, elle repose en grande partie sur les connaissances de terrain de l'opérateur qui peut intervenir à chaque stade de l'analyse et plus particulièrement en décidant de l'ordre d'introduction des variables et des scores à attribuer aux différentes combinaisons entre deux variables. Le choix de la méthode de définition des limites des classes dépendra de la distribution de la variable concernée. En règle générale, quand la variable représente une distribution continue de la population, une approche systématique sera préférée, par exemple prévalence et hématocrite. Par contre, quand la variable

montre une distribution discontinue ou trop asymétrique, ou que certains seuils spécifiques méritent d'être introduits, par exemple la densité de bovins, une approche empirique sera préférée. L'intervention au niveau de la matrice des scores permet de moduler le poids relatif des variables, voire d'introduire un filtre à un niveau choisi. Cette grande flexibilité de la méthode en est tant la force que la faiblesse. Le risque existe que l'opérateur se laisse plutôt guider par un résultat «souhaité» que par une analyse objective.

L'expression de l'hématocrite est liée à la trypanosomose (chapitre 4). D'autres problèmes, tels les parasitoses gastro-intestinales, les maladies transmises par les tiques, des problèmes nutritionnels, peuvent également influencer l'hématocrite. En tenant compte, dans l'approche qualitative, non seulement de la prévalence de la maladie, mais également de l'hématocrite, le résultat produit inclut en grande partie ces autres facteurs. En introduisant le facteur «races», on ajoute un aspect de «fragilité», le zébu étant moins adapté au milieu subhumide-humide que le taurin. La carte produite est donc non seulement utile comme base d'une approche qualitative limitée à la trypanosomose, mais adresse le problème de santé et de production animale de façon plus générale. Elle est un outil puissant de planification pour les services vétérinaires permettant de définir les zones où une concentration des efforts est souhaitée. Ceci est particulièrement intéressant dans la situation actuelle, dominée par des ajustements structurels et des coupures de personnel. Pour la médecine vétérinaire privée, elle permet de guider l'installation de nouveaux vétérinaires et est une aide dans l'exercice de la pratique quotidienne. A notre connaissance, aucune carte de ce genre n'a été produite précédemment.

L'approche quantitative part d'un autre principe. Elle vise d'abord à définir les zones ayant un bénéfice potentiel élevé à court et moyen terme sur le plan du développement rural intégré en tenant compte du complexe homme - agriculture - élevage. Le résultat de cette partie de l'analyse (carte 10-Ca) montre les zones où l'intégration de l'élevage et de l'agriculture offre le plus de chances d'être renforcée par une intervention, dans le cas où celle-ci s'avère nécessaire. La combinaison de cette carte avec le résultat de l'analyse qualitative permet de justifier cette intervention en désignant les zones au bénéfice potentiel élevé subissant également d'importantes pertes, c.-à-d. au rapport coûts-bénéfices favorable. Ce résultat est un facteur de décision important dans l'élaboration d'une politique nationale de développement rural intégré.

La FAO a récemment initié une série d'études, limitées à la première partie de l'approche quantitative décrite ici, mais appliquées à grande échelle. Les variables utilisées sont une combinaison de banques de données continentales (souvent basées sur des extrapolations) et de prédictions basées sur des données satellites. Les résultats préliminaires dans les huit pays d'Afrique de l'Est (ROGERS & WINT 1997) sont prometteurs et des études similaires couvrant l'Afrique de l'Ouest et centrale ainsi que l'Afrique australe sont actuellement en cours. N'ayant pas de données sur la trypanosomose, l'aspect «coûts» y est abordé différemment.

A l'intérieur de chaque zone de système d'élevage prédéfini (*farming system*), la situation actuelle du bétail et de l'agriculture est comparée dans et hors des zones à présence de glossines. Ces résultats sont ensuite utilisés pour estimer le changement de ces paramètres en cas de lutte contre les glossines. Dans l'étude de l'ILRI (REID & ELLIS 1995), une approche différente est appliquée sur la totalité du continent. Elle vise à définir les zones en Afrique où le contrôle du vecteur et/ou de la maladie aura le plus grand impact sur le développement de l'agriculture ainsi que sur l'environnement. Basée sur une série d'hypothèses de travail, une différence est faite entre des zones d'extensification, c.-à-d. de mise en valeur de terres actuellement peu cultivées, et d'intensification, c.-à-d. d'augmentation de la production agricole. Ensuite, un lien est fait entre l'impact probable de ces actions sur l'environnement. La carte produite permet de définir les zones en Afrique où la lutte ne devrait pas être entreprise (haute intégrité des écosystèmes existants), où aucun frein, d'un point de vue environnemental, n'existe pour son application (intégrité des écosystèmes «irrécupérable») et finalement où toute intervention devrait être précédée d'études sur la situation de l'utilisation des sols et de leurs potentiels ainsi que sur la valeur des écosystèmes et leur état.

Les trois approches seront, après raffinement, probablement complémentaires. Celles appliquées à plus grande échelle préparant le terrain pour celle appliquée à plus petite échelle et décrite dans le présent travail.

L'analyse proposée ici est essentiellement statique, c.-à-d. qu'elle décrit la situation actuelle. Les résultats, résumés à la carte 11, montrent où les ressources disponibles méritent d'être dépensées prioritairement. En incluant les zones sans bétail dans le calcul, les zones prioritaires couvrent un tiers du territoire national (tab. 14). En tenant compte d'éléments techniques, climatiques et socio-économiques, fournis par d'autres sources, il est possible de proposer comment ces ressources peuvent être dépensées de la meilleure façon. Un aspect dynamique est introduit en superposant à la carte les zones connues à forte dynamique d'occupation des sols dont le statut administratif est actuellement imprécis (carte 11). Ce sont toutes des zones à danger potentiel élevé liées à la présence de glossines de savane (carte 12. a). Des situations de crise peuvent y apparaître nécessitant un apport extérieur important, au moins dans une phase initiale.

Grâce à la situation géographique du Togo (chapitre 2), l'approche développée est probablement reproductible dans une grande partie des pays côtiers ouest-africains. La situation climatique fort spécifique des pays sahéliens et les grandes différences de types d'élevage y nécessiteront une approche adaptée de l'approche. Ceci a été confirmé récemment au cours d'une mission préparatoire dans la sous-région où des résultats préliminaires satisfaisants ont été obtenus en ce qui concerne le Bénin, la Côte-d'Ivoire et le Ghana. Au Burkina Faso et au Mali par contre, ceux-ci étaient nettement plus mitigés (Hendrickx, non publié).

7. Conclusion générale

Actuellement, une série d'études qui s'adressent au problème de la trypanosomose en Afrique sub-saharienne, au niveau continental, sont en cours (FAO, ILRI, TALA-Oxford). Elles visent en priorité une meilleure compréhension et quantification des liens entre la trypanosomose et l'utilisation des sols. Elles sont basées sur des banques de données continentales combinées à des résultats de prédictions au niveau régional ou continental, gérées dans le cadre d'un SIG. La trypanosomose y est surtout intégrée par son aspect entomologique en utilisant les cartes de distribution des glossines produites par FORD & KATONDO (1977) et revues par KATONDO (1985) ou par d'autres auteurs. Ces études sont d'une grande utilité dans l'appréciation et la quantification du problème dans sa globalité. L'imprécision de certaines couches de données et le fait que le problème soit probablement défini par un set différent de variables dépendant des situations spécifiques, limiteront probablement leur utilité pour la prise de décisions concrètes au niveau du terrain. Le travail présenté ici s'adresse surtout à cette partie du problème en se basant sur un SIG intégrant les résultats d'une série d'études transversales exhaustives contemporaines. Il pourra probablement suivre le chemin inverse et servir de base à une banque de données couvrant la sous-région. Ce type de banque de données est actuellement en cours d'élaboration dans les pays d'Afrique australe dans le cadre du Programme Régional financé par la CEE (RTTCP 1997) et est prévu pour le programme similaire devant débiter dans les pays d'Afrique de l'Est.

Une série de travaux doivent encore être réalisés avant que l'approche proposée ne soit complètement reproductible et utilisable de façon routinière dans d'autres pays. Ceux-ci portent tant sur les variables utilisées que sur leur gestion. Ils incluent les points suivants:

- Les variables présentées décrivent différents aspects du problème: écogéographie, entomologie, protozoologie, élevage et occupation des sols. Deux aspects, partiellement inclus, devront être renforcés: la socio-économie et l'écologie. Le premier pour permettre de mieux définir les systèmes d'élevage ainsi que pour pouvoir suivre l'impact du contrôle sur le développement intégré. Le deuxième en vue de mieux comprendre la fragilité des écosystèmes et donc les charges maximales que de tels systèmes peuvent supporter en termes d'élevage et d'agriculture intégrés. De telles études sont actuellement menées par l'ILRI sur différents sites en Afrique (travaux de R. Reid et de B.M. Swallow et leurs équipes). Elles définiront les variables devant être intégrées au SIG. Au Togo, nous poursuivons actuellement l'étude de la structure de propriété des troupeaux et cherchons à intégrer des variables zootechniques au SIG.

- Dans le cadre de la gestion de la banque de données, il sera important de définir la «durée de vie» des différentes variables. Quand faut-il les remplacer? Peut-on les maintenir à jour de façon permanente ou faut-il envisager des enquêtes ponctuelles? Une mise à jour «permanente» peut-elle être envisagée dans le cadre d'un réseau d'épidémio-surveillance (Cuisance, communication personnelle)? A quel niveau de précision ces mesures doivent-elles être faites?...
- Le travail présenté est basé sur une série d'enquêtes exhaustives ayant une résolution élevée. Nous étudions actuellement les possibilités de les alléger tout en maintenant la résolution obtenue au niveau de la prise de décision. Ceci en combinant des techniques d'analyse multivariée et la valeur prédictive des données mesurées par télédétection (NDVI, Ch4, CCD). Ce type d'analyse a été initié par le groupe TALA d'Oxford et a donné de bons résultats dans le cadre de la prédiction de la distribution des vecteurs en Afrique de l'Est et d'Ouest (ROGERS & RANDOLPH 1993, ROGERS *et al.* 1996). Au Togo, des résultats préliminaires ont montré de bons résultats dans le cadre de la prédiction de la distribution et des densités des vecteurs ainsi que de la prévalence de la maladie (HENDRICKX *et al.* 1993, 1996; ROGERS *et al.* 1994). Par ces études, nous cherchons à définir la proportion de carrés à échantillonner dans une zone donnée capable de prédire avec un haut taux de fiabilité la situation dans les autres carrés de cette zone.
- Il faudra tester les possibilités et limites d'extrapolations vers d'autres zones. Celles-ci seront probablement plus aisées dans les pays côtiers d'Afrique de l'Ouest que dans les pays sahéliens. Ces derniers montrent des situations forts différentes de celles rencontrées au Togo. Comme exemple, nous citons la distribution linéaire nettement plus prononcée des vecteurs, les mouvements plus importants du bétail et les systèmes différents d'intégration de l'agriculture et de l'élevage. Dans ce cadre, nous envisageons d'étendre nos activités au Burkina Faso. Des collaborations avec le Bénin et le Ghana sont également engagées. Ces travaux permettront de valider l'approche, d'adapter les enquêtes aux nouvelles situations rencontrées et d'y déterminer les variables permettant la définition de zones prioritaires d'action.

Sur le terrain, nous appliquons les résultats obtenus. Les résultats de ces activités seront discutés autre part. Nous nous en limiterons ici à un (très) bref aperçu. Les activités sont centrées sur une prise en charge du contrôle par les bénéficiaires. Elles comprennent un volet encourageant l'installation de jeunes vétérinaires privés en milieu rural. Dans un premier stade, nous avons organisé une campagne de sensibilisation nationale des éleveurs basée sur la carte des niveaux de suivi vétérinaire requis (carte 9-C). Ceci a permis d'identifier des éleveurs particulièrement réceptifs qui acceptaient de financer le suivi vétérinaire de leur troupeau. Dans un deuxième stade, ces éleveurs servent de noyaux pour la poursuite des activités. Dans la zone à priorité d'approche qualitative, un suivi

zoosanitaire régulier de ces troupeaux est instauré en se basant au maximum sur les agents vétérinaires privés et/ou d'état du milieu. Dans la zone à priorité d'approche quantitative, ils servent de noyaux pour l'organisation de zones d'application d'insecticide sur le bétail. Avant la mise en œuvre de la lutte, des enquêtes préliminaires sont menées afin de mesurer le problème *ex ante*. Elles sont l'occasion d'approfondir la sensibilisation des éleveurs (par ex. démontrer la présence du parasite dans le sang) et de préparer leur organisation. Ensuite, des journées de démonstration sont organisées dans une zone où des résultats ont déjà été obtenus (stade actuel atteint). A cette réunion participent un représentant des propriétaires et des bouviers de chaque zone d'application. Elle est non seulement prévue comme démonstration de l'efficacité de la méthode, mais surtout pour mettre les éleveurs de différentes zones en contact et discuter de problèmes communs. Finalement, les activités de contrôle sont mises en œuvre. Les éleveurs s'approvisionnent en produits auprès des agents du milieu. La chaîne de distribution est basée sur un importateur privé, les vétérinaires privés et les agents d'état impliqués. Les éleveurs choisissent l'agent «d'encadrement» à leur convenance et se déplacent eux-mêmes. L'intérêt des privés est de considérer cette approche comme une base d'élargissement de leur clientèle. La méthode d'application utilisée est l'application d'insecticide sur le bétail en *pour-on*. Cette méthode est jugée acceptable par les éleveurs et est applicable dans la majeure partie de la zone d'application (chapitre 6). Elle a montré de bons résultats dans d'autres pays (BAUER *et al.* 1992, LEAK *et al.* 1995). Elle offre également l'avantage d'être plus facilement acceptée comme bien privé, et donc passible d'être prise en charge par les éleveurs. Ceci, contrairement à un bien publique (SWALLOW *et al.* 1995), tel que les écrans. Une grande différence par rapport aux travaux précités est que la prise en charge par les éleveurs se fait dès la première application, sans phase d'essais pilotes gratuits préalables. Ne participe que celui qui paye. Le succès de l'opération repose donc sur un grand effort de sensibilisation préalable.

BIBLIOGRAPHIE

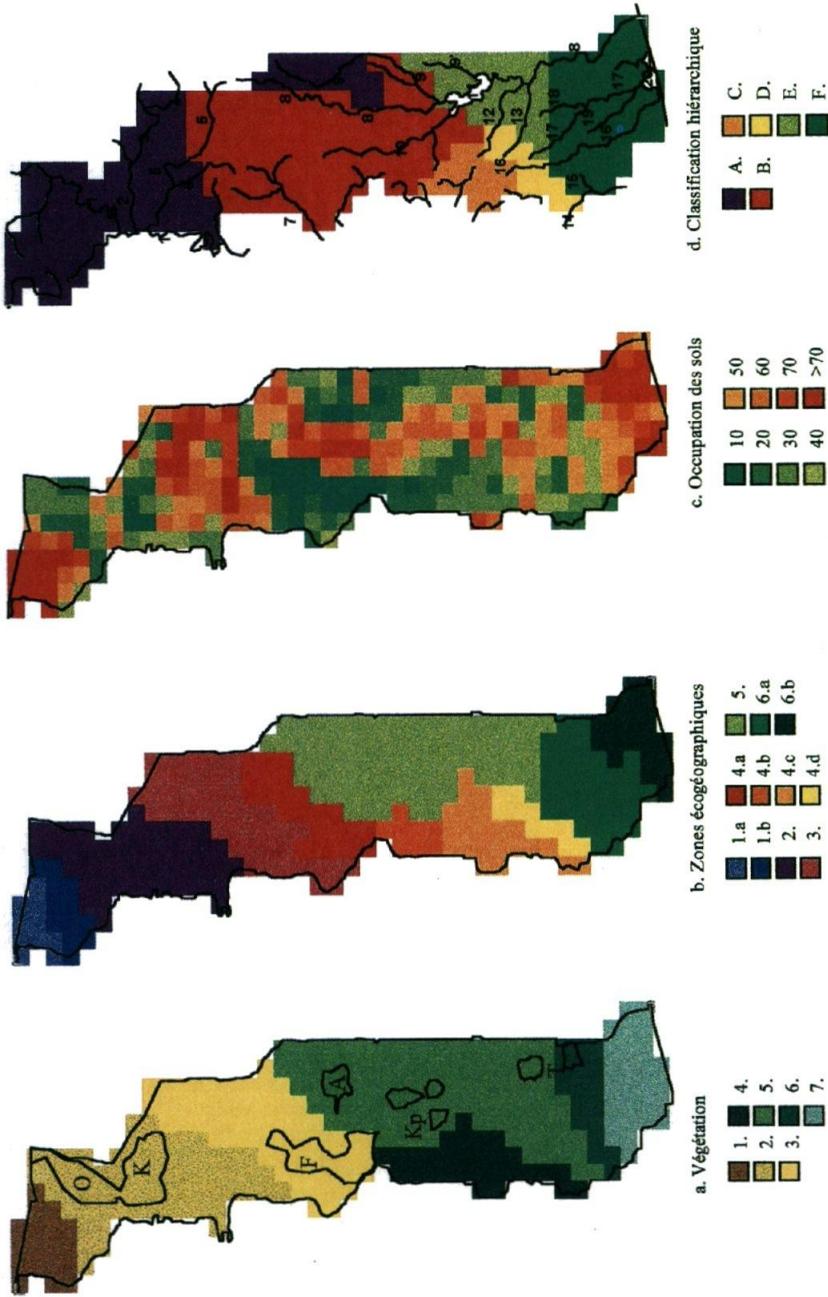
- AGYEMANG, K., DWINGER, R.H., LITTLE, D.A., LEPERRE, P. & GRIEVE, A.S. 1991. Interaction between physiological status in N'Dama cows and trypanosome infections and its effect on health and productivity of cattle in Gambia. — *Acta Trop.*, **50**: 91-99.
- AGYEMANG, K., DWINGER, R.H., TOURAY, B.N., JEANNIN, P., FOFANA, D. & GRIEVE, A.S. 1990. Effects of nutrition on degree of anaemia and live weight in N'Dama cattle infected with trypanosomes. — *Livest. Prod. Sci.*, **26**: 39-51.
- ALSOP, N.J. 1994. A review of recent approaches to sustainable control and an analysis of the potential of modern techniques for large-scale use. — *In*: A systematic approach to tsetse and trypanosomiasis control. FAO, *Ann. prod. health paper*, **121**: 149-166.
- ASHCROFT, M.T. 1959. The importance of African wild mammals as reservoirs of trypanosomiasis. — *East African Medical Journal*, **36**: 289-297.
- BATAWUI, D. 1999. Effet sur les glossines et l'épidémiologie de la trypanosomose bovine de l'application séquentielle d'insecticide sur le bétail par la méthode Electrodyn. — Mémoire de DEA de l'Institut Prince Léopold de Médecine Tropicale, Anvers (en préparation).
- BATAWUI, D., NAPALA, A., HENDRICKX, G. & DAO, B. 1996. Essais d'une nouvelle approche d'application d'insecticide sur le bétail par la méthode ELECTRODYN au Nord-Togo. — *In*: VII^e Journées Scientifiques de l'Université du Bénin, Lomé (Togo), 20-23 mai, 1996 (sous presse).
- BAUER, B., KABORE, I., LIEBISCH, A., MEYER, F. & PETRICH-BAUER, J. 1992. Simultaneous control of ticks and tsetse flies in Satiri, Burkina Faso, by the use of flumethrin pour-on for cattle. — *Trop. Med. Paras.*, **43**: 41-46.
- BRADLEY, D. 1996. Rapport final d'accord de services contractuels – étude génétique de l'introgession zébu au Togo. — FAO, Rome, 17 pp.
- BRUNHES, J., CUISANCE, D., GEOFFROY, B., HERVY, J.P. & LEBBE, J. 1994. Logiciel d'identification, Glossine Expert. — Ed. ORSTOM, Paris. Logiciel et manuel, 159 pp.
- BUXTON, P.A. 1955. The Natural History of tsetse flies. — *Memoirs of the London School of Hygiene and Tropical Medicine*, Lewis, London, No. **10**, 739 pp.
- CHALLIER, A. & LAVEISSIERE, C. 1973. Un nouveau piège pour la capture des glossines (*Glossina*: Diptera, Muscidae): description et essais sur le terrain. — *Cah. ORSTOM, sér. Ent. Méd. Parasit.*, **11**: 251-262.
- CHALLIER, A., GOUTEUX, J.P. & COOSEMANS, M. 1983. La limite géographique entre les sous-espèces *Glossina palpalis palpalis* (Rob.-Desv.) et *G. palpalis gambiensis* (Vanderplanck) (Diptera: Glossinidae) en Afrique occidentale. — *Cah. ORSTOM, sér. Ent. Méd. Parasit.*, **21**: 207-220.
- CLAIR, M. & LAMARQUE, G. 1984. Répartition des glossines dans le nord de la Côte-d'Ivoire. — *Rev. Elev. Méd. Vét. Pays Trop.*, **37** (n° spécial): 60-83.
- CLAXTON, J.R., LEPERRE, P., RAWLINGS, P., SNOW, W.F. & DWINGER, R.H. 1992. Trypanosomiasis in cattle in Gambia: incidence, prevalence and tsetse challenge. — *Acta Trop.*, **50**: 219-225.
- DAO, B. 1998. Trypanosomose et Trypanotolérance au Togo: contribution du Système d'Information Géographique (SIG) à l'étude de l'introgession zébu. — Mémoire de DEA de l'Ecole Inter-Etats des Sciences et Médecine Vétérinaire, Université de Dakar, Dakar, 56 pp.
- DAO, B., NAPALA, A., HENDRICKX, G. & BATAWUI, D. 1996. Ecologie de *Glossina longipalpis*, analyse préliminaire de la distribution spatiale dans la forêt d'Abdoulaye au

- centre du Togo. — *In*: VII^e Journées Scientifiques de l'Université du Bénin, Lomé (Togo), 20-23 mai, 1996 (sous presse).
- DEHOUX, J.P. 1992. Contributions à l'étude de la trypanosomose bovine africaine au nord-est Bénin. — Rapport d'étude N° 3. PNUD/FAO/BEN/88-012: 51 pp.
- DOMINGO, A.M. 1976. Contribution à l'étude de la population bovine des Etats du Golfe du Bénin. — Thèse, Ecole inter-Etats des Sciences et Médecine vétérinaire de Dakar, Sénégal, 148 pp.
- DWINGER, R.H., RAWLINGS, P., JANNEH, L., ZURCHER, G., FAYE, J. & MAXWELL, J. 1992. Etude des paramètres zootechniques de la race N'Dama en milieu traditionnel villageois en Gambie. — *Rev. Elev. Méd. Vét. Pays Trop.*, **45** (1): 55-62.
- FAO 1980. Training manual for tsetse control personnel. — *In*: POLLOCK, J.N. (Ed.), FAO, Rome (2 volumes).
- FAO 1991. Programme for the control of African animal trypanosomiasis and related development, ecological and technical aspects. — FAO Ann. Health Prod. Paper, **100**, 203 pp.
- FAO 1993. A systematic approach to tsetse and trypanosomiasis control. — FAO Ann. Health Prod. Paper, **121**, 195 pp.
- FORD, J. & KATONDO, K.M. 1977. The distribution of tsetse flies in Africa. — OUA, Nairobi. Cook, Hammond & Kell, London, 3 maps.
- GOUTEUX, J.P. 1990. Current considerations on the distribution of *Glossina* in West and Central Africa. — *Acta Trop.*, **47**: 185-187.
- Groupe Chadule 1987. Initiation aux pratiques statistiques en géographie. — Masson, Paris, 189 pp.
- GU-KONU, Y.E. 1981. Atlas du Togo. — Ed. Jeune Afrique, Paris, 64 pp.
- HARGROVE, J.W. 1988. Tsetse: the limits to population growth. — *Med. Vet. Ent.*, **2**: 203-217.
- HAY, S.I. 1993. An investigation into the utility of raw waveband AVHRR GAC data in relation to tsetse fly distribution mapping and abundance monitoring. — Marine Biological Laboratory Woods Hole, MA: NASA Planetary Biology Internship Program.
- HAY, S.I., TUCKER, C.J., ROGERS, D.J. & PACKER, M.J. 1996. Remotely sensed surrogates of meteorological data for the study of the distribution and abundance of arthropod vectors of disease. — *Ann. Trop. Med. Parasit.*, **90** (1): 1-19.
- HENDRICKX, G., MEGHEN, C., NAPALA, A., MACHUGH, D.E., BRADLEY, D.G. & DAO, B. 1996. Microsatellite allele frequencies correlate strongly with phenotypic designations of Togolese cattle. — *In*: Proceedings of the XXVth International Conference on Animal Genetics, Tours (France), June 1996 (in press).
- HENDRICKX, G. & NAPALA, A. 1993. Résultats préliminaires des effets de différentes méthodes de lutte contre la trypanosomiase animale africaine: commentaires concernant leur coût, bénéfice et faisabilité au Togo. — *In*: Proceedings of 22nd Meeting of the ISCTRC, Kampala (Uganda), October 25-29, 1993. O.A.U./S.T.R.C., **117**: 310-311.
- HENDRICKX, G. & NAPALA, A. 1995. Un projet innovateur de lutte contre la trypanosomiase au Togo. — *Revue Mondiale de Zootechnie*, **83** (2): 68-70.
- HENDRICKX, G., NAPALA, A., DAO, B., BATAWUI, K., BASTIAENSEN, P., DE DEKEN, R., VERMEILEN, A., VERCRUYSSSE, J. & SLINGENBERGH, J.H.U. The area-wide epidemiology of bovine trypanosomosis and its impact on mixed farming in subhumid West Africa; a case study in Togo. — (submitted).
- HENDRICKX, G., ROGERS, D.J., NAPALA, A. & SLINGENBERGH, J.H.W. 1993. Predicting the distribution of riverine tsetse and the prevalence of bovine trypanosomiasis in Togo using ground-based and satellite data. — *In*: Proceedings of 22nd Meeting of the ISCTRC, Kampala (Uganda), October 25-29, 1993. O.A.U./S.T.R.C., **117**: 218-227.

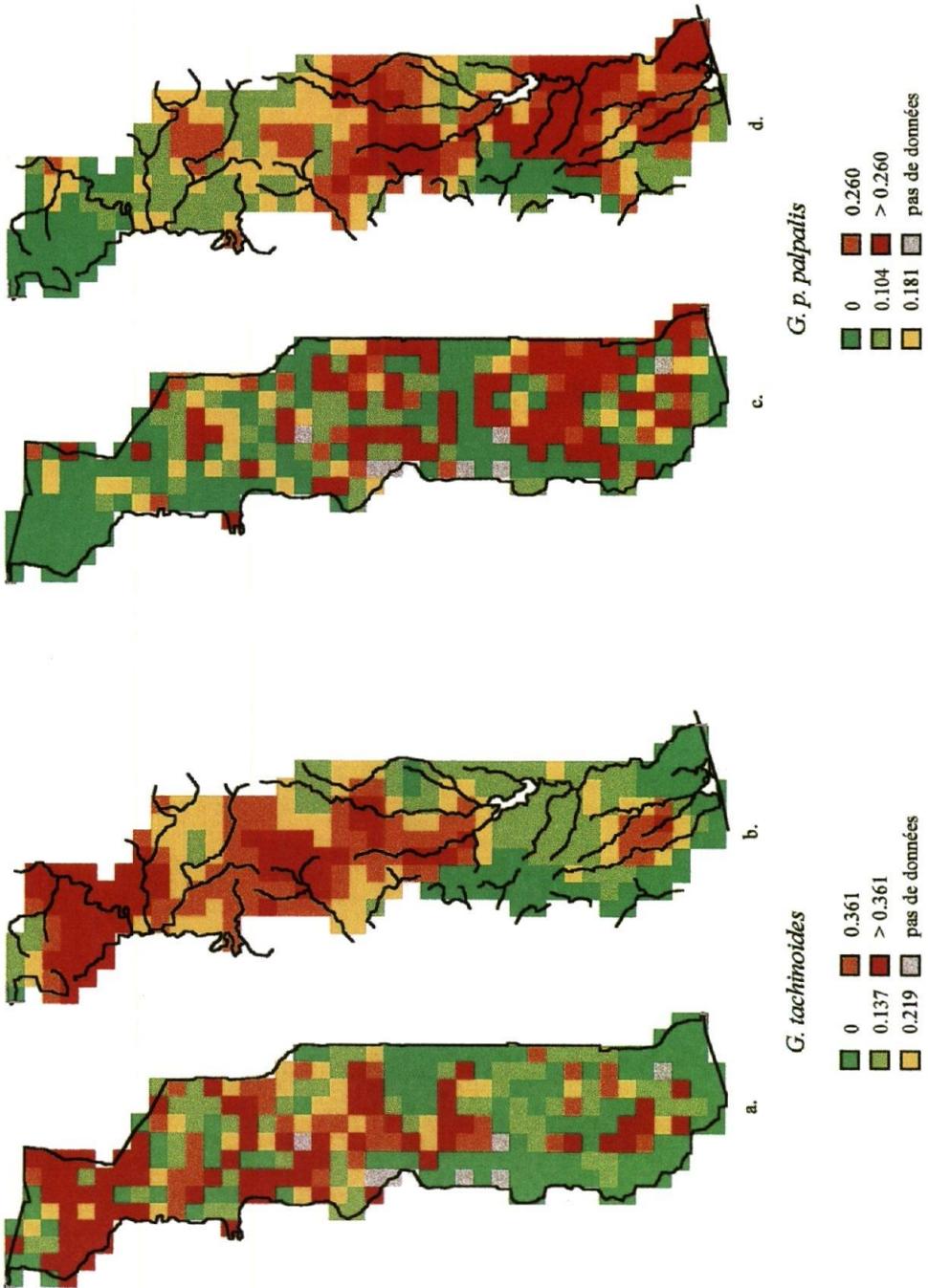
- HENDRICKX, G., NAPALA, A., ROGERS, D.J. & SLINGENBERGH, J.H.W. 1996. Contribution des satellites à la lutte contre la trypanosomose animale africaine. — *In: Proceedings of the International Conference on Tropical Climatology, Meteorology and Hydrology*, Brussels (Belgium), May 22-24, 1996 (in press).
- HENDRICKX, G., NAPALA, A., SLINGENBERGH, J.H.W. & PALMER, H.B. 1995. Facteurs affectant le contrôle de la trypanosomose au Togo. — *In: Proceedings of 23rd Meeting of the ISCTRC, Banjul (The Gambia)*, September 11-15, 1995 (sous presse).
- HMSO 1983. Tables of Temperature, Relative Humidity, Precipitation and Sunshine for the World, Part 4. — HMSO, London.
- HOSTE, C. 1992. Contribution du bétail trypanotolérant au développement des zones affectées par la trypanosomiase animale africaine. — *Rev. Mond. Zootech.*, **70-71**: 21-29.
- HOSTE, C., CHALON, E., D'ETEREN, G. & TRAIL, J.C.M. 1998. Le bétail trypanotolérant en Afrique occidentale et centrale. Vol. 3. Bilan d'une décennie. — Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture, Etude FAO Production et Santé animales, **20** (3), 286 pp.
- ILCA 1985. Proceedings of network meeting (Nairobi, December 1985), 46 pp.
- JAHNKE, H.E., TACHER, G., KEIL, P. & ROJAT, D. 1988. Livestock production in tropical Africa, with special reference to the tsetse-affected zone. — *In: Livestock production in tsetse affected areas of Africa*. Ed. ILCA/ILRAD, Nairobi, pp. 3-21.
- JUSTICE, C.O., MARKHAM, B.L., TOWNSHEND, J.R.G. & KENNARD, R.L. 1989. Spatial degradation of satellite data. — *Int. J. of Rem. Sens.*, **10**: 1539-1561.
- KATONDO, K.M. 1984. Revision of second edition of tsetse distribution maps. An interim report. — *Ins. Sci. Applic.*, **5** (5): 381-388.
- KAUFMANN, J., DWINGER, R.H., HALLEBEEK, A., VAN DIJK, B. & PFISTER, K. 1992. The interaction of *Trypanosoma congolense* and *Haemonchus contortus* infections in trypanotolerant N'Dama cattle. — *Vet. Parasitol.*, **43**: 157-170.
- KIDWELL, K.B. 1995. NOAA Polar Orbiter Data Users Guide. — Washington, D.C.: National Oceanic and Atmospheric Administration.
- LANWI, P. 1994. La diffusion de géniteurs bovins trypanotolérants en milieu traditionnel: étude des contraintes techniques, économiques et socio-culturelles dans la région de la Kara. — Mémoire pour l'obtention du titre d'Ingénieur agronome en production animale. Ecole supérieure d'Agronomie, Université du Bénin, Lomé, Togo, 106 pp.
- LEAK, S.G.A., WOUDYALEW MULATU, ROWLANDS, G.J. & D'ETEREN, G.D.M. 1995. A trial of a cypermethrin 'pour-on' insecticide to control *Glossina pallidipes*, *G. fuscipes* and *G. morsitans submorsitans* (Diptera: Glossinidae) in southwest Ethiopia. — *Bull. Ent. Res.*, **85**: 241-251.
- LEAK, S.G.A., COLLARDELLE, C., COULIBALY, L., DUMONT, P., FERON, A., HECKER, P., D'ETEREN, G.D., JEANNIN, P., MINENGO, M., MINJA, S., MULATU, W., NANKODABA, G., ORDNER, G., ROWLANDS, G.J., SAUVEROCHE, B., TIKUBET, G. & TRAIL, J.C.M. 1990. Relationships between tsetse challenge and trypanosome prevalence in trypanotolerant and susceptible cattle. — *Ins. Sci. Applic.*, **11** (3): 293-299.
- LESSARD, P. Principles and methods of trypanosomiasis surveys. — ILRI, Nairobi, 14 pp.
- MAWUENA, K. 1988a. Données historiques et bibliographiques sur les glossines et les trypanosomiasés animales au Togo (1894-1972). — *Tryptol. & Prod. An.*, **5**: 101-105.
- MAWUENA, K. 1988b. Les glossines au Togo de 1972 à 1987: revue de la situation et synthèse. — *Tryptol. & Prod. An.*, **5**: 131-135.
- MAWUENA, K. & ITARD, J. 1981. Présence de *Glossina tachinoides* Westwood, 1850 (Diptera: Glossinidae) dans le sud du Togo. — *Rev. Elev. Méd. Vét. Pays Trop.*, **34** (1): 47-53.
- MILFORD, J.R. & DUGDALE, G. 1990. Monitoring of rainfall in relation to the control of migrant pests. — *Phil. Trans. of the Roy. Soc. of London, Series B*, **328**: 689-704.

- MOLOO, S.K. 1985. Distribution of *Glossina* species in Africa. — *Acta Trop.*, **42**: 275-281.
- MURRAY, M. & DEXTER, T.M. 1988. Anaemia in bovine African trypanosomiasis. A review. — *Acta Trop.*, **45**: 389-432.
- MURRAY, M., MURRAY, P.K. & MCINTYRE, W.I.M. 1977. An improved parasitological technique for the diagnosis of African trypanosomiasis. — *Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg.*, **71**: 325-326.
- NASH, T.A.M. 1937. Climate, the vital factor in the ecology of *Glossina*. — *Bull. Ent. Res.*, **28**: 75-127.
- NASH, T.A.M. 1948. Tsetse Flies in British West Africa. — HMSO, London, 77 pp., 15 maps.
- PAJOT, J. 1985. L'élevage en pays tropicaux. — ACCT, Paris, 525 pp.
- PARKER, R.E. 1991. Introductory Statistic for Biology. — Cambridge University Press, Cambridge, 122 pp.
- PEREGRINE, A.S. & MAMMAN, M. 1993. Pharmacology of diminazene: a review. — *Acta Trop.*, **54**: 185-203.
- PNUD 1983. Carte des zones écogéographiques du Togo. — Projet PNUD/FAO/TOG/89/001, Lomé, 28 pp., 1 carte.
- PNUD 1984. Atlas du développement régional du Togo. — Direction Générale du Plan, Lomé, 206 pp.
- PROPAT 1988. Rapport du recensement du bétail au Togo (3 vols).
- RAWLINGS, P., CEESAY, M.L., WACHER, T.J. & SNOW, W.F. 1993. The distribution of the tsetse flies *G. m. submorsitans* and *G. p. gambiensis* (Diptera: Glossinidae) in Gambia and the application of survey results to tsetse and trypanosomiasis control. — *Bull. Ent. Res.*, **83**: 625-632.
- REID, R. S. & ELLIS, J. E. 1995. The Environmental Implications of Controlling Tsetse-transmitted Trypanosomiasis. — Final Report to the Rockefeller Foundation. ILRI, september 1995, 48 pp.
- ROBINSON, T.P. 1996. Spatial and temporal resolution of coarse resolution products of NOAA-AVHRR NDVI data. — *Int. J. of Rem. Sens.*, in press.
- ROGERS, D.J. 1985. Trypanosomiasis 'risk' or 'challenge': a review. — *Acta Trop.*, **42**: 5-23.
- ROGERS, D.J., HAY, S.I. & PACKER, M.J. 1996. Predicting the distribution of tsetse flies in West Africa using temporal Fourier-processed meteorological satellite data. — *Ann. Trop. Med. Paras.*, **90** (3): 225-241.
- ROGERS, D.J., HENDRICKX, G. & SLINGENBERGH, J.H.W. 1994. Tsetse flies and their control. — *Rev. Sci. Techn. Off. Int. Epiz.*, **13** (4): 1075-1124.
- ROGERS, D.J. & RANDOLPH, S.E. 1991. Mortality rates and population density of tsetse flies correlated with satellite imagery. — *Nature*, **351**: 739-741.
- ROGERS, D.J. & RANDOLPH, S.E. 1993. Distribution of tsetse and ticks in Africa: past, present and future. — *Paras. Today*, **9** (7): 266-271.
- ROGERS, D.J. & WILLIAMS, B.G. 1994. Tsetse distribution in Africa: seeing the wood and the trees. — *In: Large-scale ecology and conservation biology. 35th Symp. of the Soc. for Conserv. Biol.*, University of Southampton, pp. 247-271.
- ROGERS, D.J. & WINT, W. 1997. Consultants report: towards identifying priority areas for tsetse control in East Africa. — FAO, Rome, 46 pp.
- RTTCP 1997. Report on a workshop on information management, Harare, 24-26 March, 1997. — RTTCP, Harare, 20 pp.
- SELLERS, P.J. 1985. Canopy reflectance, photosynthesis and transpiration. — *Int. J. of Rem. Sens.*, **6**: 1335-1372.
- SNIJDERS, F.L. 1991. Rainfall monitoring based on Meteosat data, a comparison of techniques applied to the Western Sahel. — *Int. J. of Rem. Sens.*, **12**: 1331-1347.
- STEWART, J.L. 1951. The West African Shorthorn cattle. Their value to Africa as trypanosomiasis-resistant animals. — *Vet. Rec.*, **63**: 454-457.

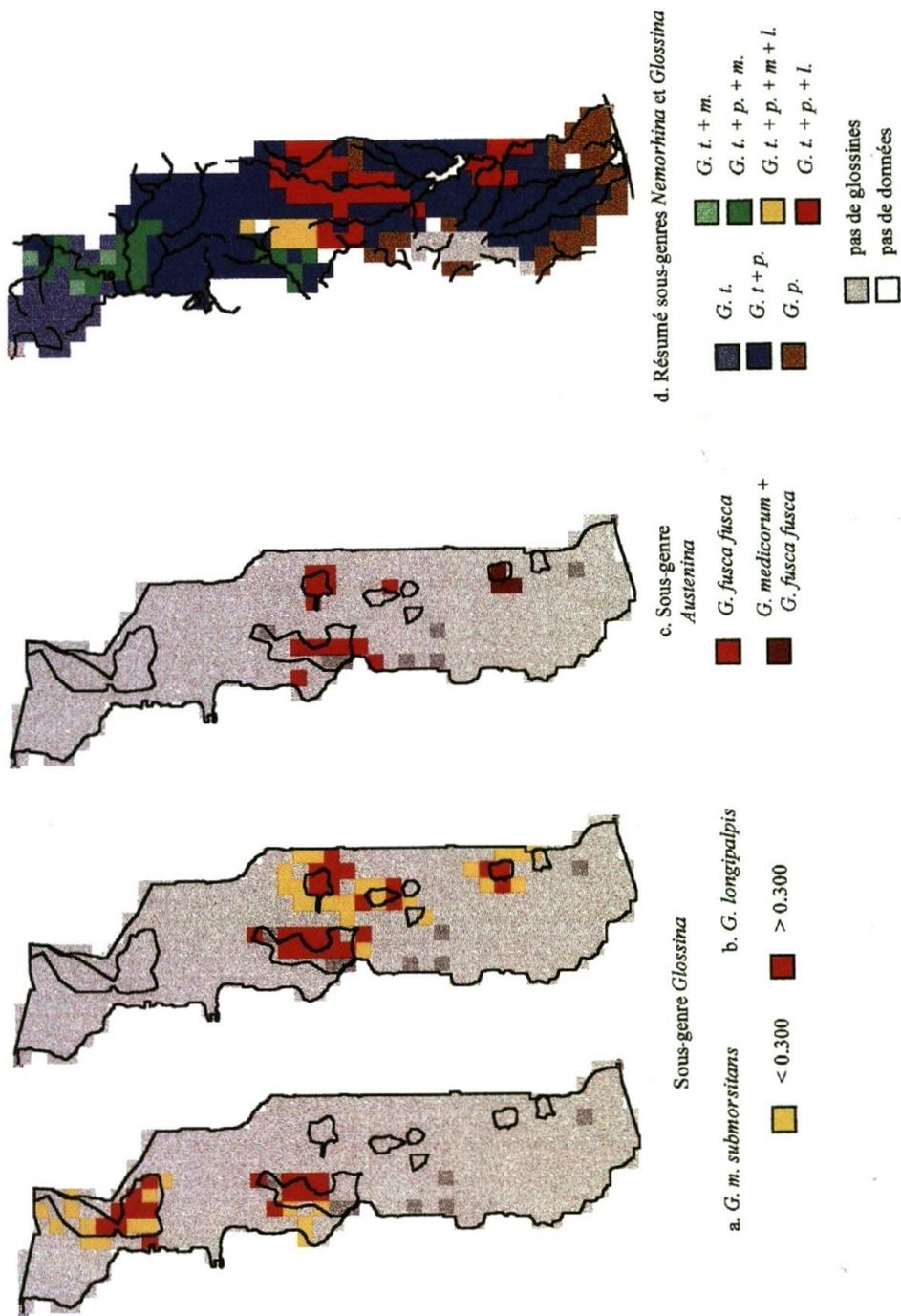
- SWALLOW, B.M., MULATU, B.M. & LEAK, S.G.A. 1995. Potential demand for a mixed public-private animal health input: evaluation of a pour-on insecticide for controlling tsetse transmitted trypanosomiasis in Ethiopia. — *Prev. Vet. Med.*, **24**: 265-275.
- TOURE, S.M. 1977. La trypanotolérance. Revue des connaissances. — *Rev. Elev. Méd. Vét. Pays Trop.*, **30** (2): 157-174.
- TRAIL, J.C.M., D'ETEREN, G.D.M., FÉRON, A., KAKIESE, O., MULUNGO, M. & PELO, M. 1991. Effect of trypanosome infection, control of parasitaemia and of anaemia development on productivity of N'Dama cattle. — *Acta Trop.*, **48**: 37-45.
- TUCKER, C.J., VANPRAET, C., BOERWINKEL, E. & GASTON, A. 1983. Satellite remote sensing of total dry matter production in the Senegalese Sahel. — *Rem. Sens. of Environ.*, **13**: 461-474.
- Winrock International 1992. Assessment of Animal Agriculture in Sub-Saharan Africa. — Winrock International Institute for Agricultural Development, USA, 125 pp.



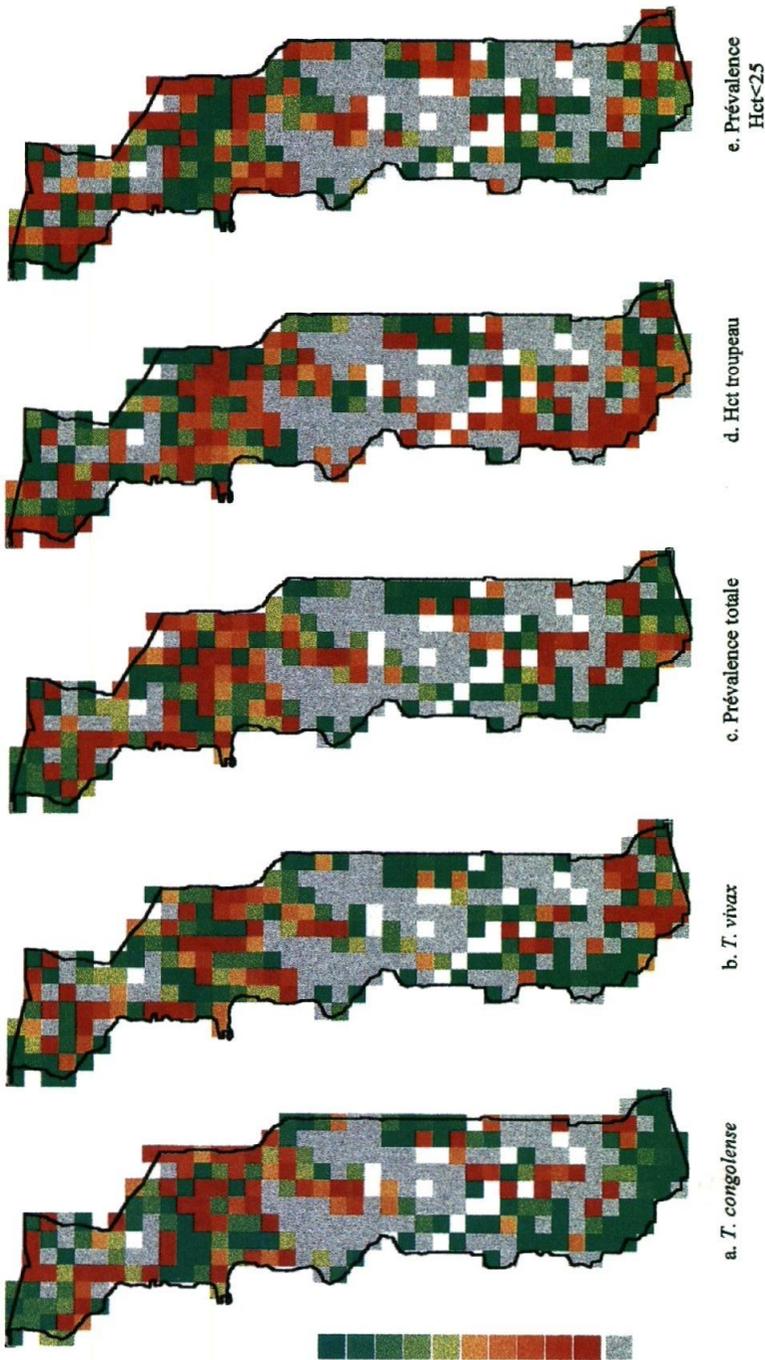
Carte 1. — Zones éoclimatiques et saisonnières au Togo. (a) Zone sèche: (1) savane sur grès, (2) savane soudanienne; Zone humide: (3) forêt sèche, (4) forêt mésophile, (5) savane guinéenne, (6) zone de transition, (7) terre de barre. Superposé: réserves de faune et forêts protégées (voir fig. 1. d dans le texte); (b) Zone sèche: (1) savane sèche continentale, (1a) péninsule septentrionale - (1b) cuesta et plateaux, (2) Bassin de l'Oti, (3) Atakora sec; Zone humide: (4) Atakora subhumide - (4a) Atakora moyen - (4b) Plateaux sud-atakorien subhumide - (4c) Piémont de l'Atakora méridional sub-humide, (5) Bassin du Mono, (6) zone littorale - (6a) terre de barre et milieu fluvio-lagunaire; (c) Intensité (%) d'utilisation des sols y compris les jachères; (d) Zones saisonnières obtenues par classification hiérarchique de variables sélectionnées mesurées au sol et par télédétection (voir texte pour plus de détails). Zone sèche: groupes A et B; cycle monomodal dominant. Zone humide: groupes C, D, E et F; cycle bimodal dominant. Superposé: les cours d'eau principaux (voir fig. 1. c) dans le texte.



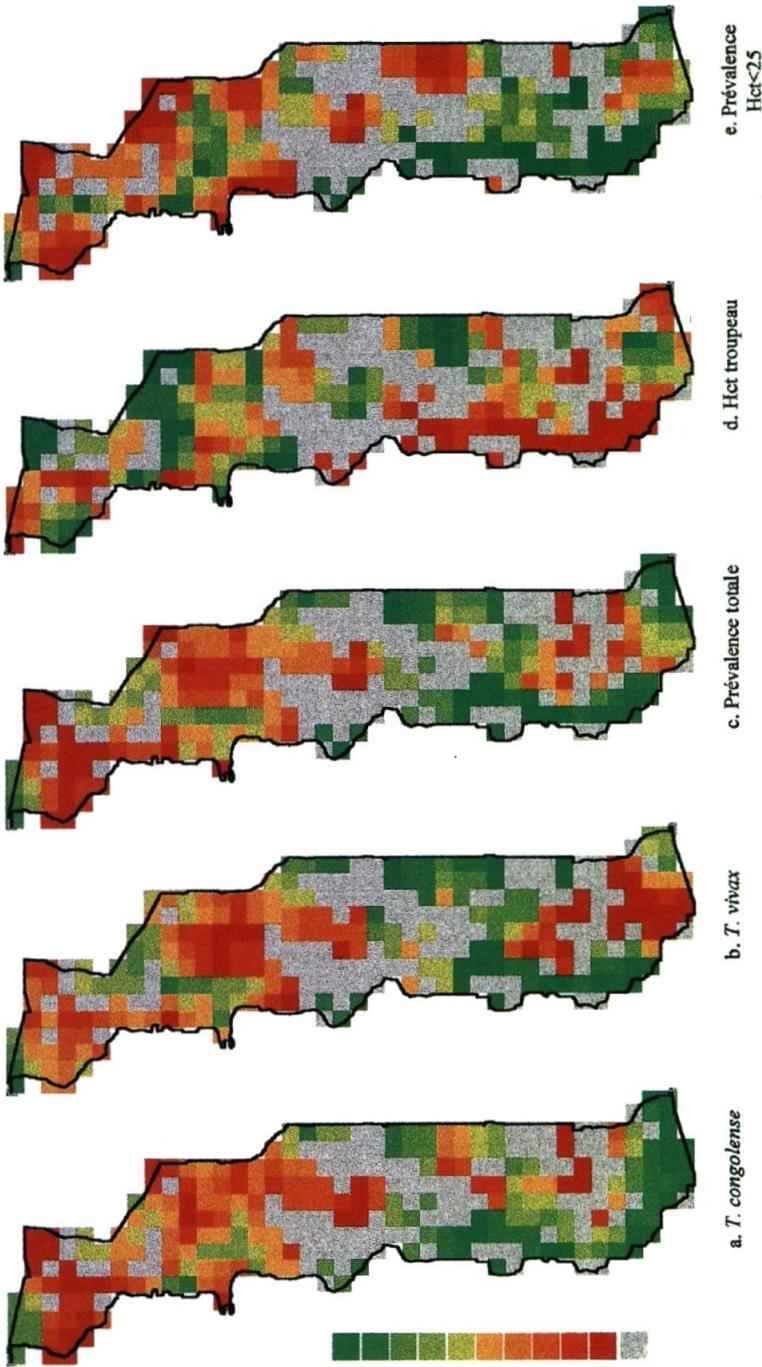
Carte 2. — Densités des glossines riveraines. Densités en cinq classes de taille approximativement égale. Toutes données transformées ($\text{Log}_{10}(\text{GPI}+1)$) et corrigées pour l'effet saisonnier. Cartes a = données brutes, cartes b = lissées dans l'espace (voir texte pour plus de détails).



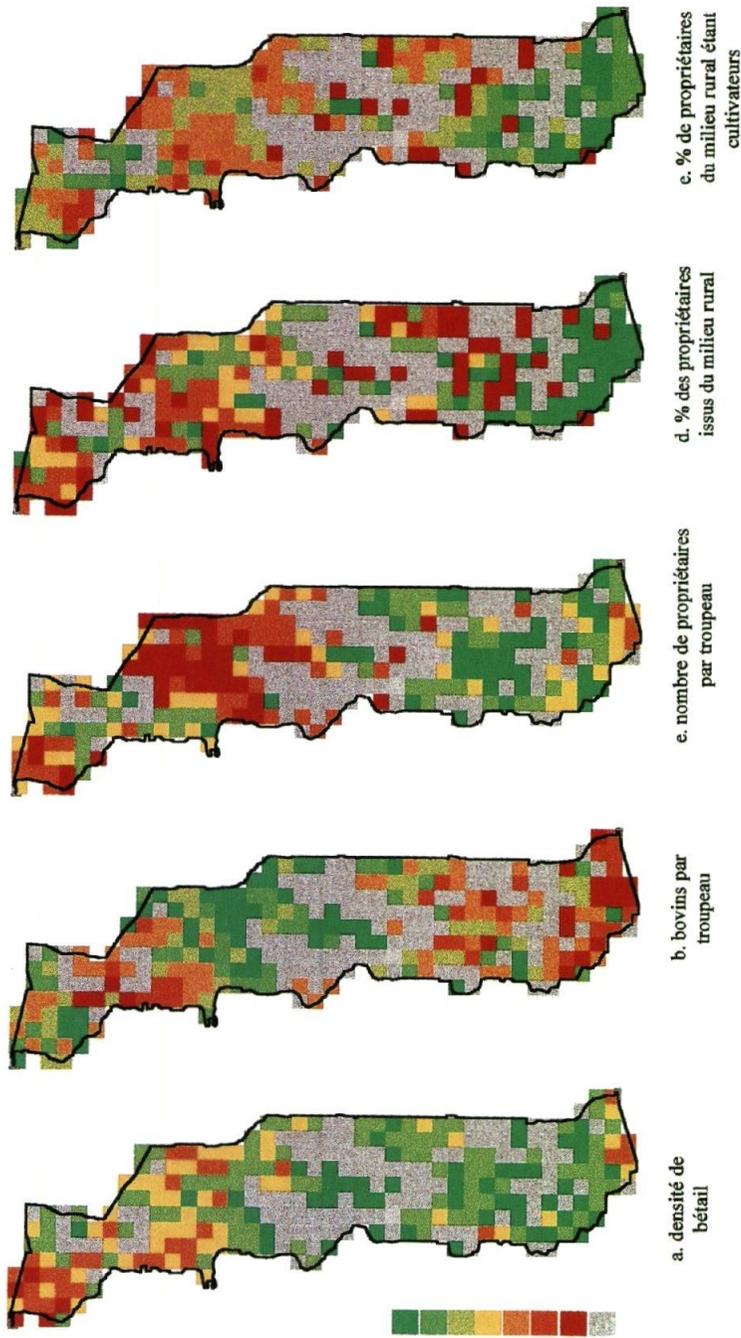
Carte 3. — Distribution des glossines de savane et forestières.



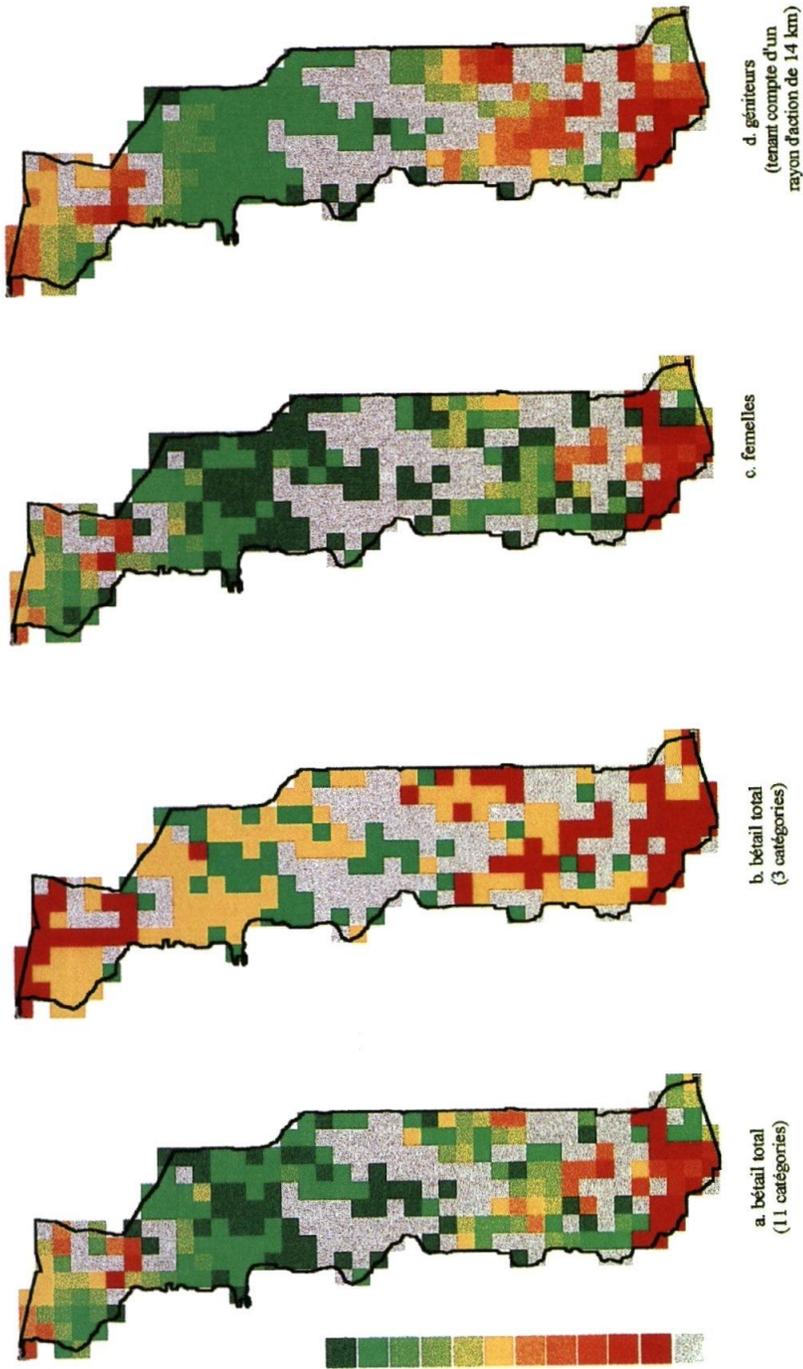
Carte 4. — Distribution et prévalence de la trypanosomose. Données corrigées pour l'effet des saisons sans lissage dans l'espace. Les variables présentées sont divisées en dix classes de taille approximativement égale. Les limites supérieures des classes sont en ordre croissant (du vert au rouge): (a) prévalence de *T. congolense*: 0,5 - 2,0 - 3,4 - 4,3 - 5,2 - 6,0 - 7,1 - 8,1 - 10,4 - 19,9; (b) prévalence de *T. vivax*: 1,2 - 1,9 - 2,7 - 3,1 - 3,5 - 4,2 - 4,9 - 6,0 - 6,9 - 11,2; (c) prévalence totale: 2,9 - 4,6 - 6,3 - 7,4 - 8,6 - 9,7 - 10,8 - 12,4 - 14,4 - 20,8; (d) hématoците moyen des troupeaux: 26,0 - 26,5 - 27,0 - 27,3 - 27,5 - 27,7 - 27,9 - 28,4 - 29,1 - 32,7; (e) prévalence des animaux avec un hématoците de moins de 25 %: 16,4 - 24,0 - 26,6 - 27,8 - 29,1 - 31,2 - 33,4 - 36,6 - 38,1 - 60,4.



Carte 5. — Distribution et prévalence de la trypanosomose. Données corrigées pour l'effet des saisons avec lissage dans l'espace. Les variables présentées sont divisées en dix classes de taille approximativement égale. Les limites supérieures des classes sont en ordre croissant (du vert au rouge): (a) prévalence de *T. congolense*: 0,5 - 2,0 - 3,4 - 4,3 - 5,2 - 6,0 - 7,1 - 8,1 - 10,4 - 19,9; (b) prévalence de *T. vivax*: 1,2 - 1,9 - 2,7 - 3,1 - 3,3 - 4,2 - 4,9 - 6,0 - 6,9 - 11,2; (c) prévalence totale: 2,9 - 4,6 - 6,3 - 7,4 - 8,6 - 9,7 - 10,8 - 12,4 - 14,4 - 20,8; (d) hématoците moyen des troupeaux: 26,0 - 26,5 - 27,0 - 27,3 - 27,5 - 27,7 - 27,9 - 28,4 - 29,1 - 32,7; (e) prévalence des animaux avec un hématoците de moins de 25 %: 16,4 - 24,0 - 26,6 - 27,8 - 29,1 - 31,2 - 33,4 - 36,6 - 38,1 - 60,4.

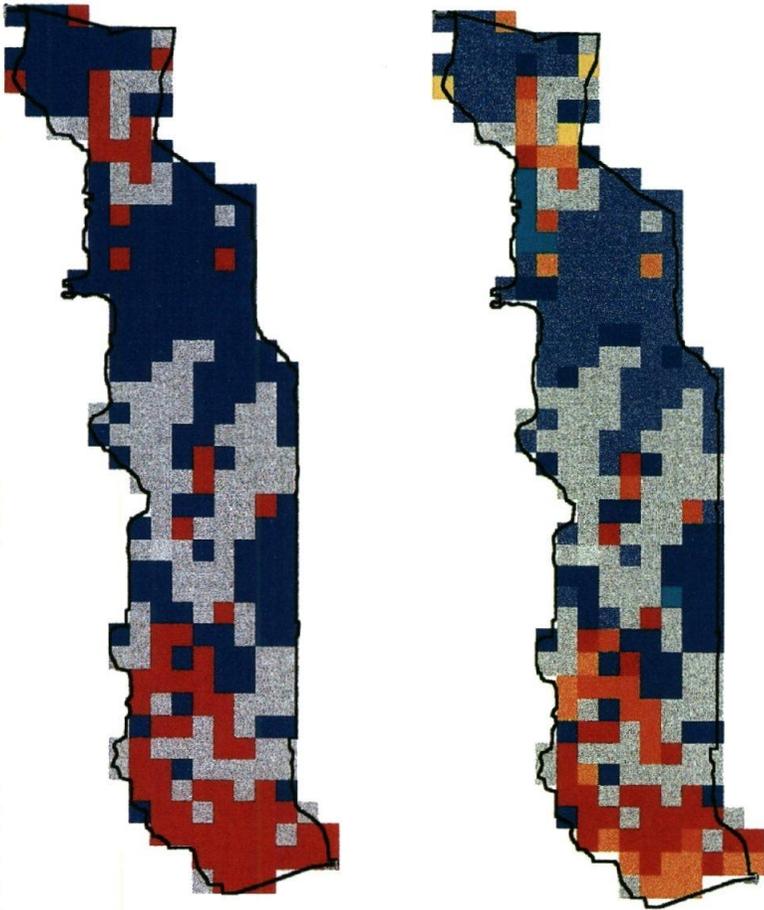


Carte 6. — Les bovins et leurs propriétaires. Limites supérieures des classes en ordre croissant de vert à rouge (gris = carré sans bétail sédentaire): (a) densité de bétail au km²: 1 - 5 - 10 - 25 - > 25; (b) nombre moyen de bovins par troupeau: 30 - 40 - 50 - 75 - 75; (c) nombre moyen de propriétaires par troupeau: 1 - 2 - 3 - 5 - > 5; (d) pourcentage des propriétaires issus du monde rural: 70 - 90 - 95 - 99 - 100; (e) pourcentage des propriétaires issus du monde rural étant agriculteurs: 0 - 50 - 75 - 90 - 99 - 100.



Carte 7. — Introgession zébu. Limites supérieures des classes en ordre ascendant (du vert au rouge, gris = carré sans bétail sédentaire): (a) (b) (d): pourcentage d'introgession zébu respectivement de la population bovine totale, femelle et mâle: 0 - 10 - 20 - 30 - 40 - 50 - 60 - 70 - 80 - 90 - 100; (c) *id.* pour la population totale en trois classes: 0 - 30 - > 30.

Note: la carte de distribution des mâles a été obtenue après lissage dans l'espace (9 × 9, voir texte pour plus de détails).



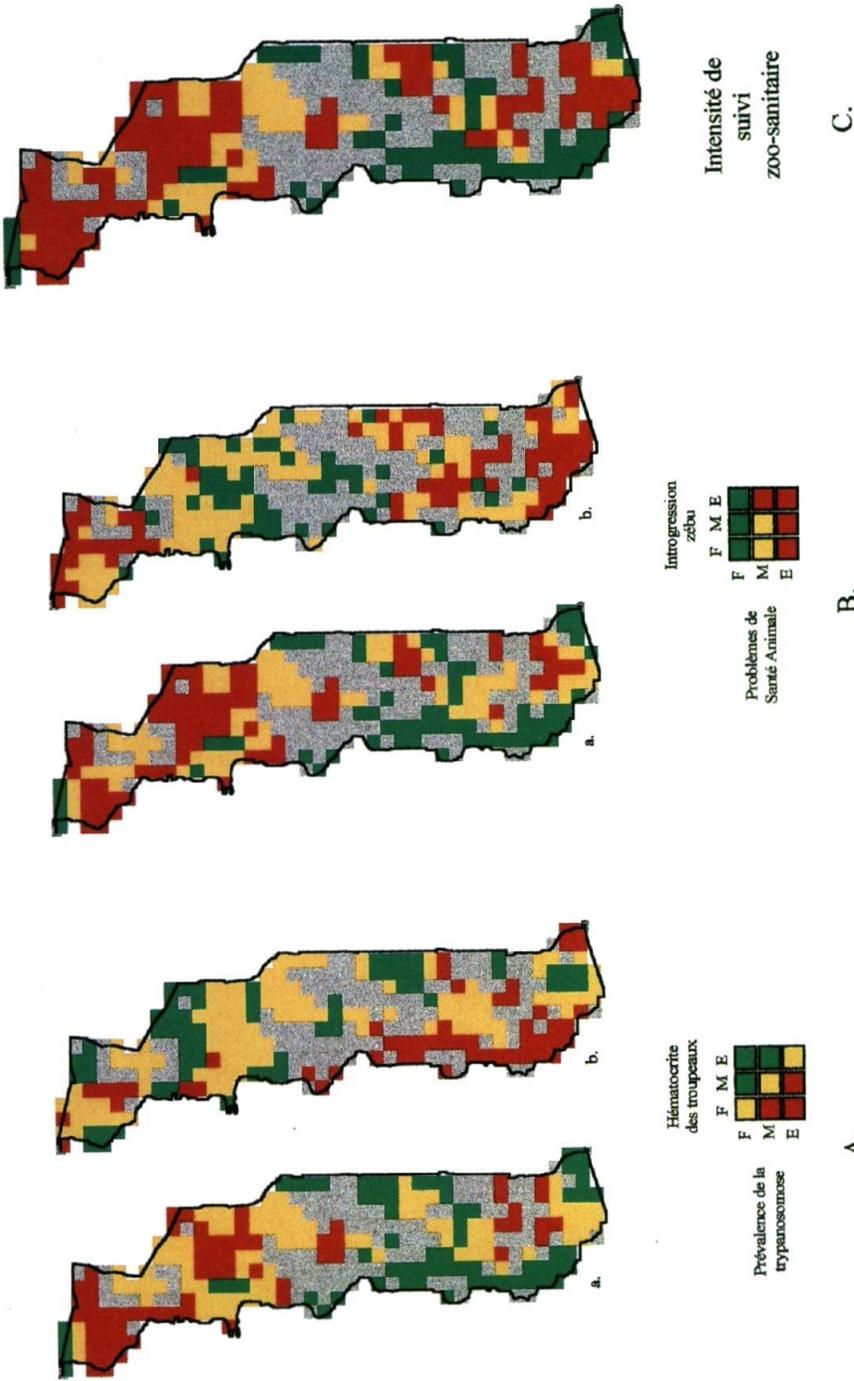
a. 2 catégories

■ A
■ B

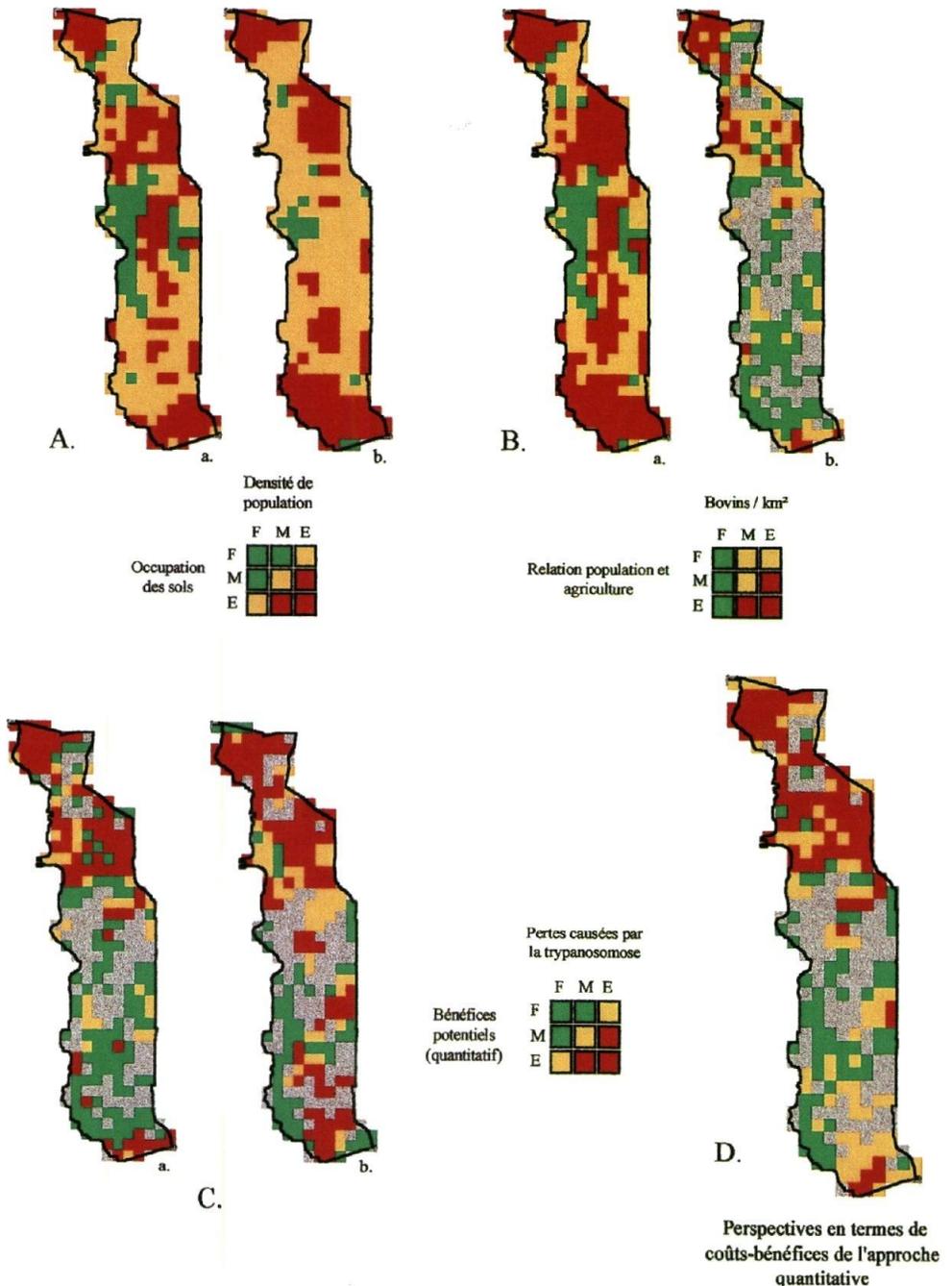
b. 8 catégories

■ A1 ■ B1
■ A2 ■ B2
■ autres(3-4) ■ B3
 ■ autres(4)

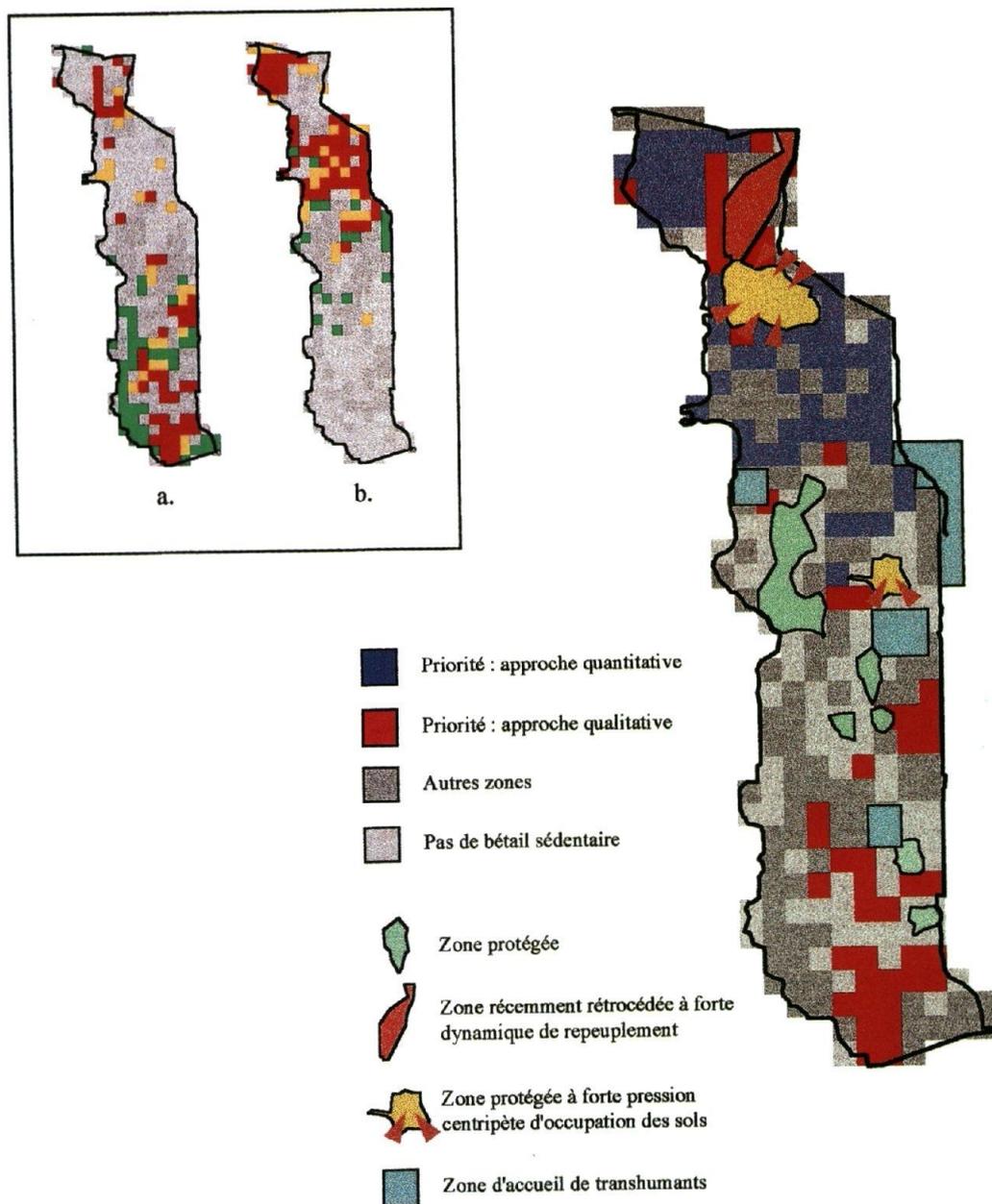
Carte 8. — Modes d'élevage dominants. Analyse de classification ascendante hiérarchique. Distribution des modes d'élevage au Togo obtenue après classification ascendante hiérarchique des cinq variables de la carte 6 divisées en trois classes (voir texte pour plus d'explications).



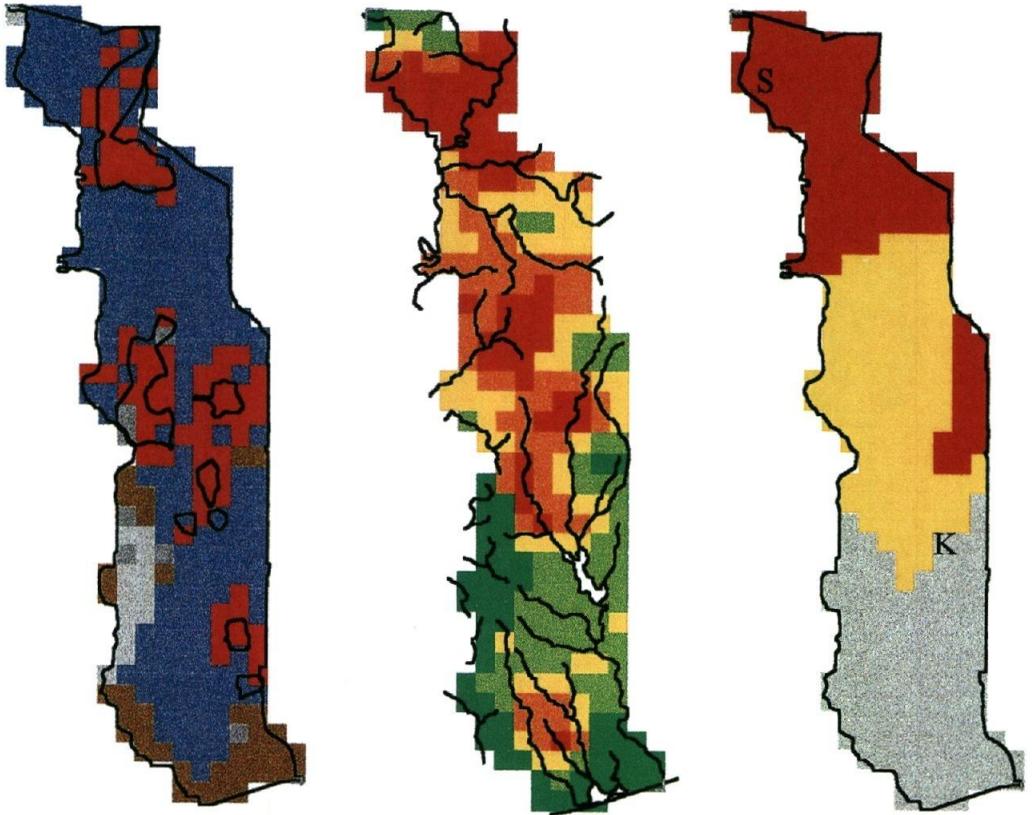
Carte 9. — Approche qualitative: définition des besoins en suivi zoot sanitaire. Combinaison de variables deux par deux (entre parenthèses les limites maximales établies par classe en ordre ascendant, vert (F = faible) - jaune (M = moyen) - rouge (E = élevé), gris = pas de bétail sédentaire). Les matrices montrent, par combinaison de deux variables, les scores attribués. A. Prévalence de la trypanosomose totale (6,5 / 11 / >11) et hématocrite moyen des troupeaux (26,9 / 28,3 / > 28,3). B. Résultat A (F / M / E) et le pourcentage d'intégration zébu de la totalité du cheptel (0 / 30 / > 30). C. Résultat B exprimant l'intensité de suivi vétérinaire nécessaire compte tenu des problèmes de santé animale et des races bovines présentes (F / M / E).



Carte 10. — Approche quantitative: coûts et bénéfices. Combinaison de variables deux par deux (entre parenthèses les limites maximales établies par classe en ordre ascendant, vert (F = faible) - jaune (M = moyen) - rouge (E = élevé), gris = pas de bétail sédentaire). Les matrices montrent, par combinaison de deux variables, les scores attribués. A. Pourcentage d'occupation des sols (15 / 50 / > 50) et densité de population humaine par km² (5 / 50 / > 50). B. Résultat A (F / M / E) et nombre de bovins par km² (3 / 10 / > 10). C. Résultat B (F / M / E) et résultat de l'approche qualitative (carte 9-C) (F / M / E). D. Résultat C montrant les perspectives en termes de coûts-bénéfices de l'approche quantitative (F / M / E).



Carte 11. — Zones prioritaires d'action. Carte résumant les zones d'action à priorité élevée au Togo. En encadré: cartes dérivées des cartes 9-C et 10-D. (a) Degré de priorité de l'approche qualitative, uniquement dans les zones à vocation commerciale et intermédiaire (B_{123} et A_2 , carte 8). (b) Degré de priorité de l'approche quantitative, uniquement dans les zones d'élevage traditionnel (A_1 , carte 8).



a. Distribution des glossines

- G. tachinoides*
- Sous-genre *Glossina*
- Uniquement *G. p. palpalis*
- Pas de glossines
- Pas de données

b. Densités de *G. tachinoides*

- 0
- 0 - 0,137
- 0,137 - 0,219
- 0,219 - 0,361
- > 0,361

c. Applicabilité d'insecticide sur bétail

- Acquise
- A confirmer
- Peu probable
- S** Zone Skribak
- K** Zone Kpendele

Carte 12. — Lutte contre le vecteur. Résumé de la situation des glossines. (a) Distribution des glossines d'après carte 3-d. (b) Densités de *G. tachinoides* exprimées en $\log_{10}(x+1)$. (c) Applicabilité de l'application d'insecticide sur bétail à petite échelle basée sur le résultat de la classification hiérarchique ascendante des variables à forte composante saisonnière (carte 1-d). S - K = Zones d'essais pilotes.

