

^rÉpidémiologie des trypanosomoses africaines

Analyse et prévision du risque dans des paysages en transformation

par Stéphane de La Rocque

CIRAD, BP 5035, 34032 Montpellier cedex 1
Stéphane. de_la_rocque@cirad.fr

L'OMS estime qu'en Afrique, 60 millions de personnes sont soumises au risque de trypanosomose humaine ou « maladie du sommeil ». Depuis 1995, la maladie est en augmentation constante, les estimations récentes avançant 300 000 cas par an, chiffre certainement sous-estimé du fait de la rareté des campagnes de dépistage. Certains pays, actuellement en crise, sont dans des situations particulièrement graves, des localités de la République démocratique du Congo étant infestées à plus de 70% avec les taux de mortalité dépassant ceux liés au SIDA. En fait, la situation est aujourd'hui jugée pire que dans les années 1920.

Dans le domaine vétérinaire, les trypanosomoses animales restent une des contraintes pathologiques majeures pour le développement de l'élevage en Afrique sub-saharienne, en gênant ou en empêchant les productions animales sur près de 7 à 8 millions de kilomètres carrés qui offrent pourtant de fortes potentialités fourragères et agricoles. Selon certains experts, les pertes économiques dues à l'ensemble des pathologies animales au sud du Sahara s'élèveraient à 6 milliards d'euros par an, dont le quart est attribuable aux seules trypanosomoses (De Haan et Bekure, 1991). En zone infestée par les glossines, la perte de production de viande est de 30%, celle de lait de 40%, un paysan élève environ 2 fois moins d'animaux de trait et cultive 3 fois moins de surface (Swallow, 1998).

En Afrique, les principaux vecteurs des trypanosomoses sont les glossines ou mouches tsé-tsé (Diptères, Glossinidés). 31 espèces ou sous-espèces de glossines ont été répertoriées, chacune ayant ses propres exigences écologiques qui définissent ses habitats, sa distribution et son abondance (Itard, 1986). Hématophages dans les deux sexes, les glossines acquièrent les parasites en se nourrissant sur un animal infecté, assurent leur multiplication et leur maturation dans leurs organes

digestifs et les transmettent à des hôtes naïfs lors de repas ultérieurs.

La lutte anti-vectorielle reste la méthode de choix pour contrôler les trypanosomoses. Elle repose essentiellement sur la pose de pièges et d'applications épicutanées de formulations insecticides sur le bétail (Cuisance *et al.*, 1994). Les méthodes sont simples, écologiquement satisfaisantes, et peuvent diminuer significativement les densités de vecteurs. Cependant, pour être supportable à la fois techniquement et financièrement par les populations rurales, elle doit être ciblée localement autour des sites majeurs de transmission.

Une étude, menée récemment au Burkina Faso, a permis de développer des méthodes permettant de révéler ces sites dangereux à partir d'indicateurs issus notamment de l'imagerie satellitale à haute définition. Ce travail a été réalisé dans la zone agropastorale de Sidéradougou, située au sud de la ville de Bobo Dioulasso. Représentative de la zone soudano-guinéenne, elle est soumise depuis une dizaine d'années à une forte pression humaine due à ses potentialités agricoles notamment pour la culture cotonnière.

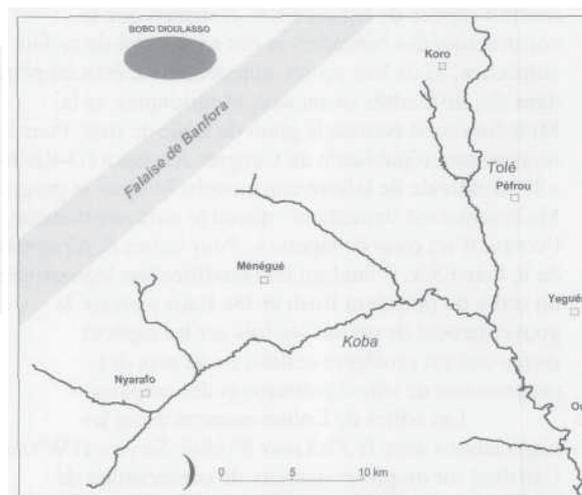


Figure 1. Carte de situation

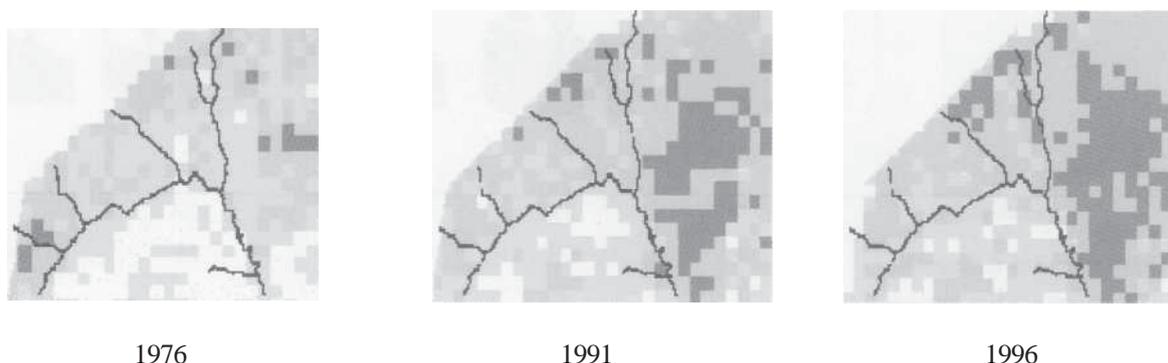
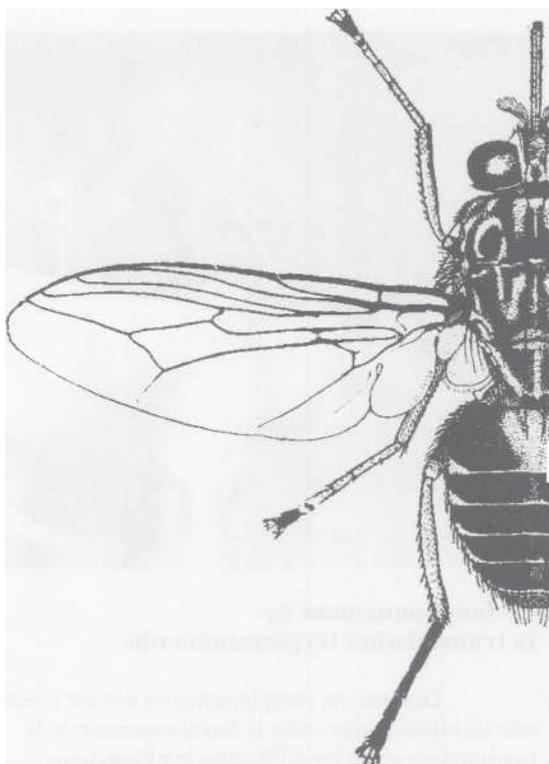


Fig 2. Évolution de l'occupation agricole entre 1976 et 1996 dans la zone de Sidéradouguou

Évaluation à partir d'images de télédétection de différentes dates (LANDSAT MSS, mars 1976, résolution : 57 x 79 m ; SPOT, décembre 1991 et 1996, résolution : 20 x 20 m). Le parcellaire agricole a été cartographié directement sur les images satellites brutes, numérisé puis agrégé à l'intérieur d'une trame dont la maille élémentaire représente 400 ha. Le blanc et les 3 niveaux de gris représentent respectivement les valeurs 0%, moins de 10 %, de 10 à 30 % et plus de 30 %.

Entomologie et paysages

Une vaste prospection entomologique a été menée durant la saison sèche 1996. Un millier de pièges ont été déposés de manière systématique et ont capturé plus de 3 600 glossines, appartenant à deux espèces

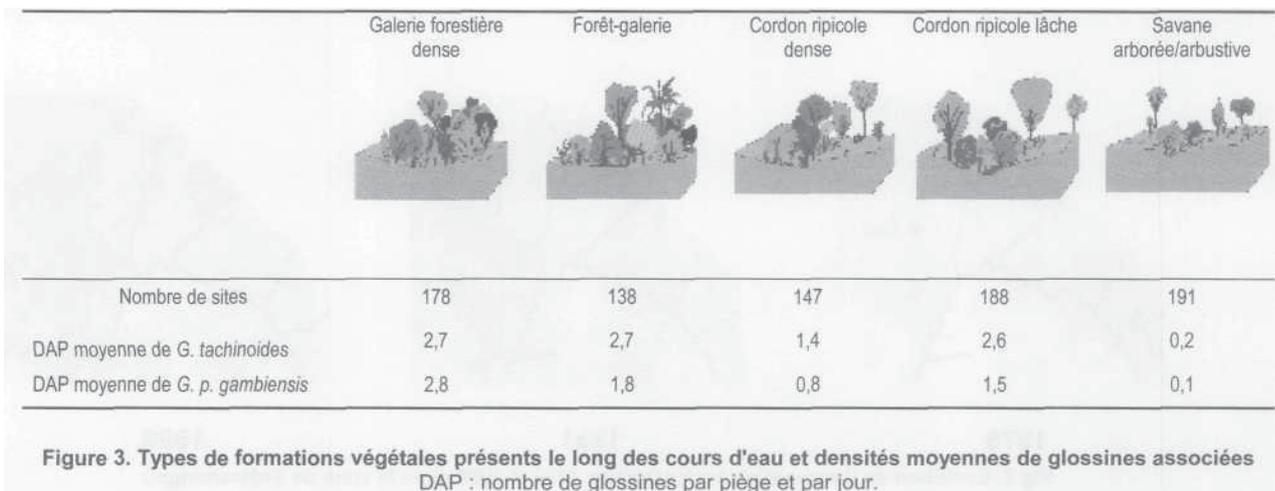


vivant dans les galeries forestières, le long des rivières *Glossina tachinoides* et *G. palpalis gambiensis*. La première a été trouvée sur l'ensemble du réseau hydrographique, la seconde uniquement sur le cours d'eau majeur.

Lors de la pose des pièges, des informations concernant la structure de la végétation, l'état du cours d'eau et la fréquentation du site par les animaux et les hommes ont été relevées. Des typologies ont été réalisées pour décrire les formations végétales, les architectures de cours d'eau et la fréquentation des sites de piégeage, permettant de résumer la variabilité des structures écologiques rencontrées dans la zone. La figure 3, ci-après, présente l'exemple des résultats portant sur les structures végétales.

Une scène SPOT couvrant la zone d'étude a été acquise. Elle a été choisie en saison sèche froide, période où le compromis est le meilleur entre le contraste entre les formations ligneuses et herbacées et la perturbation du signal par la poussière de l'harmattan. Cette image a été traitée par classification dirigée selon le maximum de vraisemblance, par référence à des sites d'apprentissage étudiés sur le terrain.

Toutefois, la taille des formations ligneuses riveraines est souvent proche de celle des pixels de l'image (20 m), ce qui rend incertaine leur discrimination du fait de la dilution du signal dans les pixels voisins. De plus, leur réponse spectrale peut se confondre avec celles de certaines formations végétales ayant une activité photosynthétique comparable au moment de la prise de vue (prairies de bas-fond, savanes denses). Pour supprimer ces ambiguïtés, une approche paysagère a été adoptée. Les unités cartographiques ne sont plus alors considérées comme des entités propres, mais comme des éléments structurant des paysages de vallée, traduisant les caractéristiques hydrologiques, géomorphologiques ou même anthropiques des bassins versants (Rougerie et Beroutchachvili, 1991). 8 types de paysages ont été jugés représentatifs et ont été sélectionnés comme entités d'apprentissage pour une classification paysagère réalisée avec le logiciel PAPRI mis au point au CIRAD. Pour des raisons techniques, l'analyse a été limitée à une zone tampon large de 600 m de part et d'autre du réseau hydrographique.



Confrontées à la répartition des glossines, trois classes de paysages se sont révélées favorables à celles-ci, dont une de manière très significative.

Des glossines plus ou moins dangereuses selon leur environnement

Sur les 3 600 glossines capturées, la moitié ont pu être disséquées pour rechercher les trypanosomes dans les différents organes où les parasites se multiplient : les pièces buccales, l'intestin moyen et les glandes salivaires. 16,5% de ces glossines ont été trouvées infectées. Les résultats des dissections ont également montré des situations épidémiologiques très différentes selon les zones de capture. Deux parties du réseau hydrographique se distinguent plus particulièrement par leur taux élevé d'infection, une à l'ouest (zone de Nyarafa-Ménégué), l'autre à l'est (zone de Yéguéré).

Différentes espèces de trypanosomes sont pathogènes pour le bétail (*Trypanosoma vivax*, *T. congolense*, *T. brucei brucei*). Au microscope, ces parasites ne peuvent être directement reconnus, et leur identification nécessite des analyses ultérieures par PCR (Solano *et al*, 1996). Le taux d'identification a été ici variable selon l'espèce de glossine : 29% pour *G. p. gambiensis* et 64% pour *G. tachinoides*. Les amorces ADN disponibles actuellement étant considérées spécifiques des différents trypanosomes pathogènes circulant dans la sous-région, les infections non identifiées sont attribuées à des parasites de reptiles tels que *T. grayi*-like ou *T. varani*. Ces analyses ont alors indiqué que, dans ces deux zones, les vecteurs n'hébergent pas les mêmes parasites. La nature de ces infections est à rapprocher de l'analyse des repas sanguins des vecteurs, les glossines riveraines ayant en effet un comportement alimentaire opportuniste et s'alimentent sur les vertébrés localement disponibles.

Dans les zones faiblement occupées par l'homme (partie ouest, Nyarafa-Ménégué), les repas sanguins prélevés sur des reptiles (varans, crocodiles) sont majoritaires et les glossines ne portent que peu de trypanosomes pathogènes. En revanche, dans les zones fortement anthropisées (partie est, Yéguéré), les vecteurs

se nourrissent essentiellement sur les bovins et les suidés, et sont infectés par des parasites pathogènes. Ramenés à la population totale et à la superficie de chacune des zones, ces résultats indiquent que la densité de glossines porteuses de trypanosomes reconnus pathogènes est de 2,5 individus par kilomètre de réseau hydrographique dans la zone de Nyarafa-Ménégué, et de 7 individus par kilomètre dans la zone de Yéguéré. Ces deux sites ne sont pourtant distants que d'une dizaine de kilomètres (de La Rocque, 1997).



Le fonctionnement de la transmission trypanosomienne

Des travaux complémentaires ont été menés afin de mieux comprendre le fonctionnement de la transmission selon les différentes configurations d'environnement et l'utilisation de l'espace par les bovins.

Deux groupes d'animaux sentinelles, appartenant à des systèmes d'élevage contrastés, ont été suivis durant 2 ans (de La Rocque *et al*, 1999). Le premier est détenu par des éleveurs Peuhl, localisés dans

la partie pastorale au sud-ouest de la zone (près de Nyarafo). Le second est constitué d'animaux appartenant à plusieurs agriculteurs d'ethnie Bobo installés dans une zone fortement occupée par l'agriculture (terroir de Péfrou).

Les troupeaux ont été prélevés mensuellement pour estimer la pression parasitaire. Pour juger de la régularité des contacts entre les bovins et les glossines, les parcours journaliers ont été appréciés par des suivis réalisés à différentes périodes de l'année et des pièges ont été disposés le long de transects allant du point d'abreuvement le plus proche jusqu'au village.

Chez les Peuhl, les animaux sont généralement confiés à un jeune bouvier qui quitte le campement toute la journée et guide le troupeau dans les savanes. En fin de saison sèche (juillet), période de la préparation des cultures, ils doivent éviter les aires cultivées et leurs déplacements sont orientés vers un site d'abreuvement, généralement au niveau d'un point d'eau pérenne du réseau hydrographique (Landais, 1983 ; Lhoste *et al.*, 1993). Au mois de septembre, les pluies ont créé de nombreuses mares temporaires, l'espace pastoral se libère après les premières récoltes et les animaux pénètrent dans les champs pour profiter des résidus de cultures. Les parcours sont alors plus restreints et centrés autour du campement.

La dispersion des mouches dans les savanes est maximale durant la saison des pluies. Lors du suivi entomologique, *Glossina tachinoides* a été capturée régulièrement à différents niveaux du transect de piège, et jusque dans le village de Nakaka pourtant distant de 2 km du réseau hydrographique. Cette dispersion est favorisée par la situation du village, localisé dans une zone peu anthropisée et le long d'une dépression humide où la végétation arborée est dense. Dans ce troupeau, les incidences mensuelles de l'infection à *T. vivax* se situent pratiquement toute l'année entre 5 et 10%, avec des pics jusqu'à 20% en saison sèche chaude. Celles de *T. congolense* sont centrées sur la fin de saison sèche chaude et la saison des pluies, période où les densités de glossines sont élevées.

Ainsi, à Nyarafo, dans un milieu peu modifié et avec des pratiques d'élevages traditionnelles, les animaux sont en permanence soumis à une pression parasitaire. En saison sèche, la transmission des trypanosomes est assurée par un contact étroit et régulier entre les bovins et les glossines au niveau des points d'abreuvement situés dans la galerie. En saison des pluies, les bovins ne fréquentent plus le réseau hydrographique mais les mouches se dispersent dans les savanes et peuvent infecter les animaux jusque dans le village.

Les pratiques d'élevage observées chez les agriculteurs de Péfrou sont très différentes. Les troupeaux sont de petite taille (une ou deux paires de bœufs, auxquelles s'ajoutent éventuellement quelques animaux de reproduction). Confiés à un enfant de la famille, les animaux restent en périphérie de la

concession, même durant la période de culture. Après les récoltes, le troupeau est mené sur les parcelles pour consommer les résidus de culture et assurer la fertilisation organique du sol.

Lorsque le campement se situe à proximité du cours d'eau, les animaux sont abreuvés au niveau des puisards creusés dans le lit de la rivière. Le contact avec les glossines est alors fréquent. Les courbes d'incidences parasitaires obtenues chez les animaux issus de campements localisés à moins de 500 mètres de la rivière indiquent que la pression de transmission est intense et régulière tout le long de l'année.

Lorsque les campements sont plus éloignés du cours d'eau, les enfants extraient l'eau du puits familial. Les animaux ne fréquentent alors pas le réseau hydrographique, et restent éloignés des biotopes des glossines. Par ailleurs, les mouches tsé-tsé ne se dispersent pas ou peu dans ces savanes densément occupées par l'agriculture. L'absence de contact entre le bétail et les glossines se traduit par des incidences parasitaires quasiment nulles.

Ces résultats révèlent la diversité des situations épidémiologiques à l'échelle de quelques kilomètres, selon les pratiques d'élevage, l'utilisation de l'espace par les animaux et les hommes, l'intensité des contacts avec les vecteurs.

Les espaces pastoraux

Ces résultats ont amené à s'intéresser à la répartition du cheptel et à sa fréquentation des espaces occupés par les glossines. Un recensement exhaustif du cheptel bovin a été réalisé dans la zone. Plus de 800 concessions, rassemblant environ 16 500 bovins, et les points d'eau fréquentés par les animaux ont été répertoriés et positionnés. Une étude typologique a mis en évidence trois principaux systèmes d'élevage. Le premier type correspond aux éleveurs Peuhl, propriétaires de grands troupeaux, sédentarisés ou plus récemment arrivés. Le deuxième type regroupe les agropasteurs allochtones, propriétaires de quelques bœufs de trait et, pour les plus anciens, d'un petit troupeau de reproducteurs. Le dernier type correspond aux agriculteurs d'ethnies locales, dont les troupeaux ne dépassent généralement pas 5 bovins.

Les parcours quotidiens des troupeaux varient selon les saisons, les modes d'élevage et l'effectif. En saison sèche, ils sont essentiellement dictés par la recherche de points d'eau. Une démarche modélisatrice prenant en compte ces différents paramètres a permis d'affecter des espaces pastoraux à chacun des campements. Le modèle crée autour de l'axe entre le parc de nuit et le point d'eau une zone de présence probable ou « zone d'usage », représentée par un polygone dont la surface dépend de la taille du troupeau et de la distance entre ces deux points (Michel *et al.*, 1999).

La projection des zones d'usage sur un maillage géographique et la sommation des effectifs associés ont permis d'établir une carte de densité. De sa comparaison avec la carte de l'emprise agricole, il ressort que la corrélation entre densité animale et densité de culture est positive et significative dans les zones fortement cultivées, traduisant l'importance des animaux de labour et de la thésaurisation des revenus agricoles dans l'élevage, et confirmant que les fortes emprises agricoles n'empêchent pas le développement de l'élevage. En revanche, dans les parties plus pastorales, cette relation n'est plus significative, et l'occupation agricole ne peut pas servir d'indicateur pour prévoir la densité de cheptel.

L'identification des sites de transmission

L'espace des glossines étant caractérisé par les paysages de bas-fond les plus favorables aux insectes, celui des bovins étant représenté par la carte des zones d'usage du cheptel, une grille de risque a été établie pour rechercher les combinaisons les plus favorables à la transmission. La démarche révèle alors que, sur les 126 km du réseau hydrographique concerné, 15 km appartiennent à la classe de risque maximum, 8 km à la classe de risque moyen, et 16 km à la classe de risque faible. Les 87 km restants représentent un risque négligeable.

La pertinence de ces résultats a été validée par les données de PCR obtenues chez les glossines capturées lors de la prospection. Il apparaît que le pourcentage de glossines infectées par des trypanosomes pathogènes est, pour les 3 espèces de parasites, d'autant plus important que la zone a été décrite comme dangereuse. À l'inverse, le taux de trypanosomes non identifiés est plus élevé dans les zones où le risque est considéré comme faible ou négligeable. Les cartes de prévalences confirment également la forte liaison entre les zones de risque maximum et la présence de parasites ou d'anticorps chez les bovins. La fréquentation d'une zone à risque entraîne une augmentation d'un facteur 3 à 4 de la prévalence parasitologique.

Une lutte antivectorielle très ciblée sur ces points épidémiologiquement dangereux est actuellement en place. Dans 3 sites identifiés dangereux par le modèle et séparés de plusieurs kilomètres, un nombre très limité d'écrans imprégnés ont été disposés sur quelques centaines de mètres. Des applications de formulations insecticides «pour-on»¹ ont été effectuées durant la saison pluvieuse sur les troupeaux sédentaires résidant à proximité. Ce dispositif minimum a permis de diminuer rapidement la densité des populations locales de glossines, malgré les recolonisations par les zones adjacentes. Le suivi de troupeaux sentinelles a mis en évidence une rupture des cycles parasitaires. Les résultats

¹ Qui assurent une diffusion cutanée de la matière active. La préparation est généralement appliquée sur la ligne de dos de l'animal.

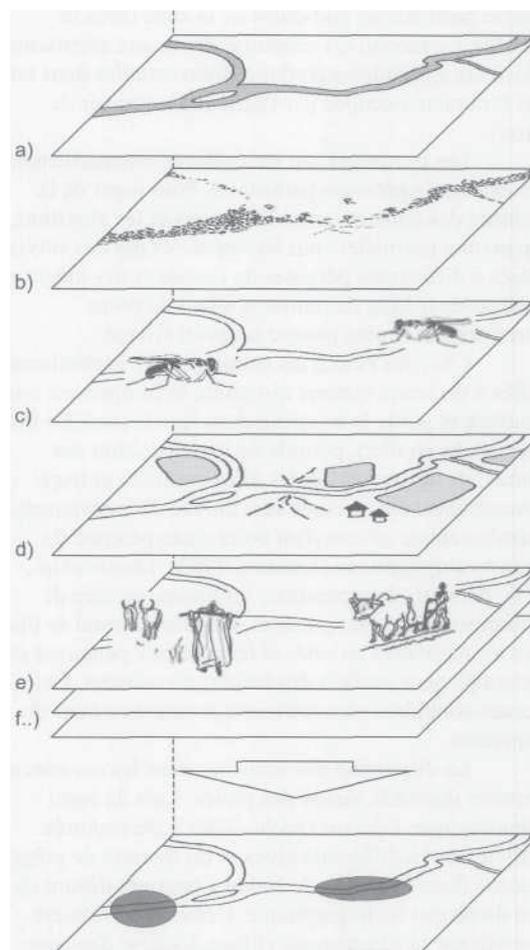


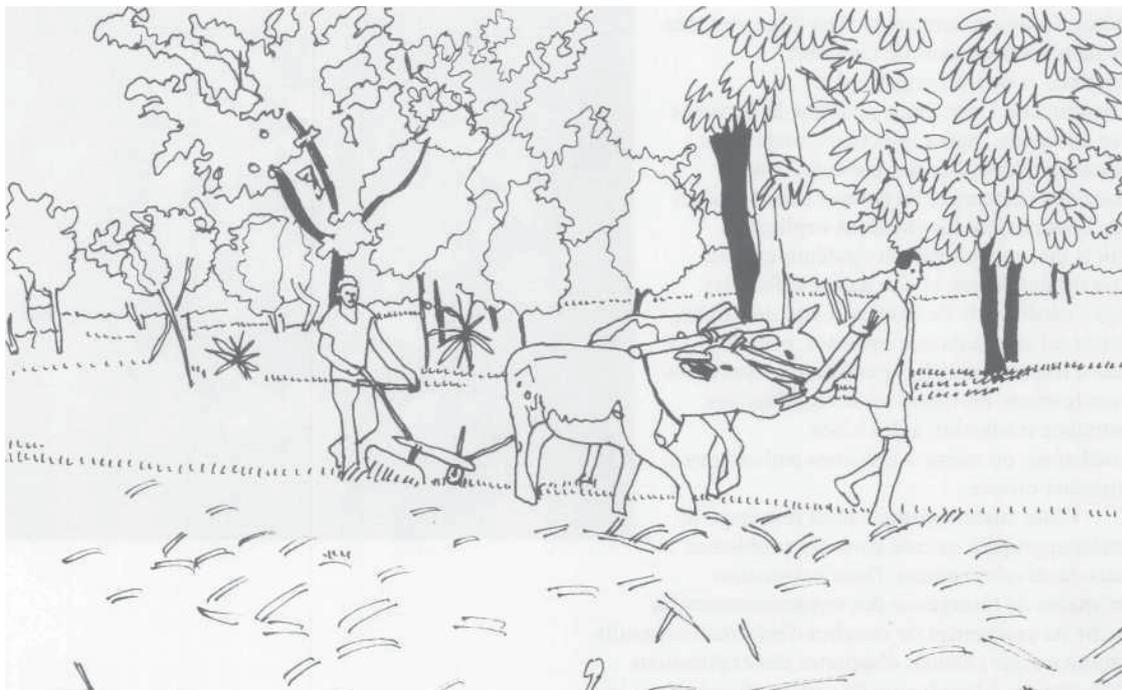
Figure 4. Superposition d'informations au sein du SIG pour révéler les sites de transmission

a) réseau hydrographique - b) végétation naturelle
- c) distribution et abondance des glossines
- d) occupation agricole - e) densité de bovins, systèmes d'élevage - f) physiographie, densité humaine...

obtenus sur un site témoin, situé à plusieurs kilomètres des sites de lutte, indiqueraient en outre un effet à distance du dispositif. La légèreté de ce dispositif et son efficacité ont été des éléments déterminants pour la prise en charge de la lutte par les populations locales qui, moyennant quelques ajustements techniques, se sont organisées et appropriées les méthodes et les acquis.

Comprendre les dynamiques environnementales pour apprécier le risque sanitaire

L'Afrique connaît actuellement une croissance démographique de l'ordre de 3 % par an. Cet accroissement de population, associé aux changements climatiques des trente dernières années et aux



bouleversements politiques et économiques du continent, modifie les paysages africains. Le développement agricole tend à intégrer de manière croissante la traction animale et à privilégier les systèmes agro-pastoraux. En parallèle, les éleveurs traditionnels diminuent l'amplitude de leurs transhumances lorsque leurs zones d'accueil sont suffisamment pourvues en ressources hydriques et pastorales, et tendent à se sédentariser. De profondes modifications dans l'occupation des terres se produisent, transforment l'environnement et affectent la biodiversité. La végétation arborée et la faune sauvage régressent face à l'augmentation des surfaces cultivées, les paysages naturels se fragmentent puis s'uniformisent, avec une composante anthropique croissante. Les contextes épidémiologiques des trypanosomoses s'en trouvent modifiés, et les modalités de transmission évoluent.

Dans la littérature, le risque trypanosomien pour le cheptel est classiquement relié à l'importance quantitative des vecteurs (Milligan, 1990 ; Rogers, 1985). Cette relation entre les densités de glossines et la pression de transmission est bien admise avec des mouches de savanes qui ont une distribution large et des capacités de dispersion saisonnière rapides et amples, amenant à considérer leur répartition spatiale comme homogène.

Dans le cas des glossines riveraines, étroitement inféodées aux formations végétales riveraines, les zones de contact entre les vecteurs et les bovins sont très circonscrites. Le risque n'est pas lié seulement aux

densités de glossines, mais à l'intensité des interfaces spatiales et temporelles entre le bétail et les vecteurs. Une faible population de glossines fréquemment au contact des animaux domestiques (ou des hommes) au niveau des points d'abreuvement peut assurer une transmission intense et régulière. Des systèmes épidémiologiques très différents se succèdent à quelques kilomètres de distance, selon les milieux naturels (faune sauvage, végétation, cours d'eau) et humains (agriculture, parcours des animaux, pratiques d'élevage).

L'évaluation du risque impose alors de replacer le fonctionnement du système de transmission dans l'environnement global de la zone considérée, d'étudier l'évolution et l'impact des différents facteurs environnementaux notamment sous l'effet anthropique, et d'avoir alors une approche multidisciplinaire et systémique des différents processus écologiques, biophysiques et sociaux qui façonnent des paysages épidémiologiques et donnent naissance aux systèmes « éco-socio-pathogènes » (Amat-Roze et Gentilini, 1995).

En conclusion

L'originalité de ce travail a été d'appréhender de façon nouvelle, à la fois le système parasitaire lui-même mais aussi des facteurs agroécologiques (formations végétales, morphopédologie, hydrologie, paysages, etc.) et socio-économiques (occupation par l'homme, bétail, pratiques, gestion, etc.), qui entretiennent, exacerbent ou

atténuent les risques de transmission des parasites aux hôtes. L'environnement au sens large n'est pas neutre dans les processus de maintien, d'émergence et de réémergence des trypanosomoses. Cette étude souligne la nécessité de bien connaître l'agent infectieux, mais aussi l'importance d'identifier des indicateurs de présence des vecteurs et de contact avec les hôtes afin qu'apparaissent les éléments explicatifs essentiels du fonctionnement épidémiologique dans un milieu donné, et que soient définis les paysages générateurs de risques. Cette démarche, appliquée ici aux glossines ripicoles, peut être étendue à d'autres maladies parasitaires liées à des vecteurs (comme les tiques ou divers Diptères d'importance médicale), à des hôtes intermédiaires, ou même à certaines pathologies à transmission directe.

Cette étude constitue aussi une étape de recherche appliquée, ancrée dans des problèmes concrets de développement. Dans la situation préoccupante de résurgence des trypanosomoses, la démarche de croisement de couches d'informations multi thématiques a des chances d'apporter des explications supplémentaires à l'explosion de certains foyers, dont les causes restent encore mal définies .



Photographies de l'auteur
dessin de Claire Brenot

Références bibliographiques

- AMAT-ROZE J.M., GENTILINI M., 1995. La santé en carte. In E. Morlin : *Penser la terre, stratège et citoyens, le réveil des géographes*. Éditions Autrement, Paris, 119-137.
- CUISANCE D., BARREN., DE DEKEN R., 1994. Ectoparasites des animaux : méthodes de lutte écologique, biologique, génétique et mécanique. *Rev. sci. tech. Off. int. Epiz.*, 13, 1305-1356.
- DE HAAN C., BEKURE S., 1991. Animal health services in Sub-Saharan Africa : initial expériences with new approaches. *World bank, Washington*.
- LA ROCQUE S. DE, 1997. *Identification des facteurs discriminants de la présence de glossines dans une zone agropastorale du Burkina Faso. Intérêt pour l'évaluation du risque trypanosomien. Thèse doct. Sci., univ. Montpellier II*, 162 p.
- LA ROCQUE S. DE, BENGALY Z., MICHEL J.F., SOLANO P., SIDIBÉ I., CUISANCE D., 1999. Importance spatiale et temporelle des interfaces bovins-glossines dans la transmission de la trypanosomose animale en Afrique de l'Ouest. *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux*, 52, 215-222.
- ITARD J., 1986. *Les glossines ou mouches tsé-tsé*. ENV, Maisons-Alfort, 155 p.
- LANDAIS E., 1983. *Analyse des systèmes d'élevage sédentaires du nord de la Côte-d'Ivoire*. IEMVT-CIRAD, Maisons-Alfort, 759.
- LHOSTE P., DOLLE V., ROUSSEAU J., SOLTNER D., 1993. *Manuel de zootechnie des régions chaudes : les systèmes d'élevage*. Ministère de la Coopération, Paris, 288 p.
- MICHEL J.F., MICHEL V., LA ROCQUE S. DE, TOURÉ L., RICHARD D., 1999. Modélisation de l'occupation de l'espace par les bovins. Applications à l'épidémiologie des trypanosomoses animales. *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux*, 52, 25-33.
- MILLIGAN P.J.M., 1990. Modelling trypanosomiasis transmission. *Insect Sci. Applic*, 11, 301-307.
- ROGERS D.J., 1985. Trypanosomiasis "risk" or "challenge" : a review. *Acta Tropica*, 42, 5-32.
- ROUGERIE G., BEROUTCHACHVILI N., 1991. *Géosystèmes et paysages. Bilan et méthodes*. 1991. Armand Colin, Paris, 302 p.
- SOLANO P., REIFENBERG J.M., AMSLER-DELAFOSSÉ S., KABORÉ I., CUISANCE D., DUVALLET G., 1996. Trypanosome characterization by polymerase chain reaction in *Glossina palpalis gambiense* and *G. tachinoides* from Burkina Faso. *Med. Vet. Entomol.*, 10, 354-358.
- SWALLOW B., 1998. Impact of trypanosomosis on African agriculture. PAAT position paper, FAO-OMS-IAEA-OAU/IBAR, 47 p.