

La mouche tsé-tsé sous haute surveillance

Cartographie des paysages épidémiologiques de la maladie du sommeil par télédétection et analyse spatiale

■ Dominique LAFFLY & Jean-Pierre HERVOUËT

La maladie du sommeil – Trypanosomiase Humaine Africaine (THA) – est une pathologie à transmission vectorielle qui sévit dans la zone intertropicale en Afrique. Elle est transmise par une glossine communément appelée mouche tsé-tsé. Les systèmes de santé ne parviennent plus à assumer leur rôle préventif bien que la situation soit très préoccupante. Alors que seulement 30 000 nouveaux cas sont notifiés chaque année, l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) estime à plus de 500 000 le nombre de malades sur les soixante millions d'individus concernés potentiellement. Dans ce contexte alarmant – où il ne faut pas confondre absence de données sur la maladie avec absence de la maladie elle-même – il est impératif de pouvoir préciser là où il est prioritaire d'agir en identifiant les foyers potentiels afin de mettre en place les stratégies sanitaires adaptées. Des facteurs de risque ont été mis en évidence soulignant l'adéquation entre la fréquence et la qualité des contacts homme/vecteur et les taux de prévalence de la maladie. Sous certaines conditions, nous pouvons envisager de traduire en termes d'indicateurs géographiques – paysagers – une partie de ces facteurs pour produire des cartes de probabilités des risques. Pour cela nous nous appuyons sur une chaîne de traitement de l'information géographique faisant appel aux relevés de terrain, à la télédétection et à l'analyse spatiale. L'exemple que nous développons ici s'instruit de recherches menées en Côte d'Ivoire.

■ MOTS CLES

Trypanosomiase humaine africaine, paysage, système d'information géographique, global positioning system, télédétection, analyse spatiale.

Une situation alarmante

La Trypanosomiase Humaine Africaine (THA) est aujourd'hui "reviviscente" dans de nombreux pays d'Afrique tropicale humide. D'après l'OMS, 30 000 nouveaux cas sont notifiés chaque année dans les 36 états situés au sud du Sahara concernés par cette maladie où 60 millions de personnes sont exposées au risque. Parmi celles-ci, 3 à 4 millions, seulement, sont sous surveillance effective ; au total, 500 000 d'entre elles seraient actuellement infectées et vouées à une mort certaine en l'absence de prise en charge et de traitement.

Contrairement à une idée couramment admise, la maladie ne se développe pas seulement là où elle a déjà sévi. En Côte

d'Ivoire, par exemple, les plus gros foyers des dernières décennies se sont implantés dans des espaces jusque-là indemnes (Hervouët, Laffly, Cardon 2000). Le Programme National de lutte ne peut donc pas s'appuyer sur la cartographie des anciens foyers pour asseoir une surveillance efficace et le problème majeur d'un tel programme est de préciser "où agir en priorité" en l'absence d'informations médicales fiables et précises. De plus, les structures de soins en place ne peuvent ni jouer un rôle de sentinelles, ni participer valablement au contrôle de la maladie du sommeil.

Vaincre la maladie du sommeil implique alors que l'on puisse disposer de données permettant d'apprécier

l'étendue réelle, la gravité de l'endémie et la localisation des cas. Aujourd'hui, la plus grande partie des malades dépistés l'est là où interviennent des équipes de recherche venant en appui aux structures nationales. La distribution des cas qui en résulte traduit plus l'activité de ces équipes que la répartition réelle de la maladie. Par suite, le risque de confondre absence d'information sur la maladie et absence de la maladie du sommeil elle-même est grand. Il est donc illusoire, en termes de prévention et de santé publique de s'appuyer sur ces données pour organiser la lutte.

La situation serait désespérée si la maladie du sommeil était une pathologie "inéluçtable" dès lors que vecteur, parasite et réservoir de ce dernier cohabi- ■■■

■■■ taient dans un espace donné, permettant au "complexe pathogène" (Sorre, 1933) de s'exprimer. Heureusement, le développement de cette maladie traduit l'inadéquation des modalités de gestion d'un milieu par les populations aux potentialités épidémiques de celui-ci (Hervouët & Laveissière, 1987). De ce fait, les foyers de THA présentent des "signatures spatiales" identifiables. L'analyse des facteurs de risques autres que géopolitiques, médicaux, entomologiques ou génétiques (inaccessibles ou inexistant), permet de dégager des "indicateurs géographiques de risque" opérationnels. Dans ces conditions, télé-détection et analyse spatiale doivent permettre, d'une part, de caractériser les faciès épidémiologiques et de hiérarchiser les espaces à risques, et, d'autre part, de prédire l'apparition de nouvelles zones à risques afin de pouvoir placer les services de santé publique à l'amont de la maladie.

Des facteurs aux indicateurs de risque

Le parasite responsable de la maladie est un protozoaire (*Trypanosoma brucei gambiense* en Afrique occidentale et centrale, *Trypanosoma brucei rhodesiense* en Afrique orientale et australe) transmis d'un homme infecté à un homme sain par une mouche hémato-phage - la mouche tsé-tsé- dont certaines espèces seulement sont vectrices (en Afrique Occidentale, il s'agit de *Glossina palpalis* et de *Glossina tachinoides*) (Carrier et al. 1980). En forêt primaire, du fait de l'absence de ces espèces, les conditions permettant la transmission ne sont pas réunies (Laveissière et Kienon, 1979). C'est l'activité humaine qui les crée à travers les modifications écologiques profondes qu'elle entraîne. *Glossina palpalis*, espèce particulièrement adaptative et à tendance anthropophile se répand alors dans l'ensemble des aires d'exploitation humaine (Hervouët et Laveissière, 1988). En Afrique Occidentale et Centrale, cette mouche ne peut s'infecter que sur un homme parasité et cela uniquement lors de son premier repas, pris peu après sa naissance, ce qui limite ses risques d'infestation. Devenue ensuite infectante, la mouche le restera

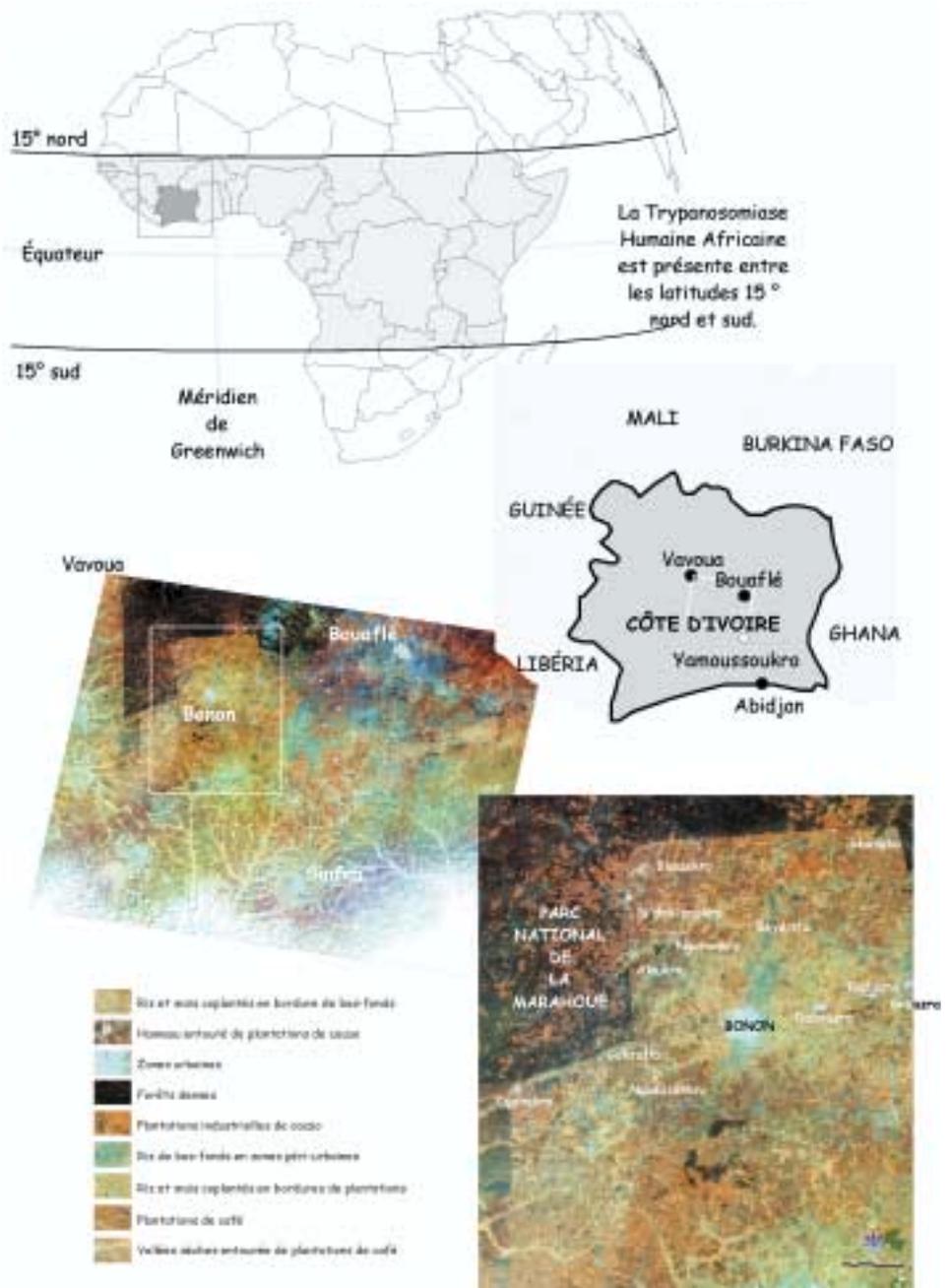


Figure 1 : les aires de répartition de la maladie du sommeil

Les espaces soumis à la maladie du sommeil sont constitués par les régions où la part de population résidant en campements est la plus grande. Pour l'ensemble de la zone forestière ivoirienne, seulement 18 % de la population réside en campements, mais cette proportion monte à 34 % dans le Centre Ouest abritant les foyers de Vavoua, Bouaflé, Zoukougbeu, Sinfra... (fig. 1). Dans les foyers eux-mêmes, cette proportion dépasse presque toujours 50 % pour atteindre parfois 75 % (fig. 2).



Rivière, lieu de vie



Une cabosse, le fruit du cacaoyer



Femmes et enfants aux champs



Bas-fond en milieu de forêt dégradée



Aire de séchage dans un hameau



Paysage ouvert entre forêt et plantation



Le village de Bonon



Aux abords des plantations



Sur l'aire de séchage d'un hameau



Champ de maïs en forêt dégradée



Séchage du cacao dans un campement



Case en construction dans un campement

Photos : © Dominique Laffly

Figure 2 : différents niveaux de perception des paysages : les paysages vus du dedans

toute sa vie, le trypanosome se reproduisant par scissiparité. L'ensemble de ces considérations entomologiques et parasitologiques ne permet cependant pas de rendre compte des disparités existant dans les distributions de la maladie, et surtout pas en fonction d'une classification simple des divers faciès botaniques.

Le risque n'existe que dans la mesure où l'homme fréquente les gîtes à glossines mais la "transmission de la THA n'est pas strictement liée à l'abondance des tsé-tsé [...] de petites populations

de glossines entretenant des relations intimes, fréquentes et presque exclusives avec l'homme, font plus de ravages que des populations importantes [...] inféodées à d'autres hôtes que l'homme" (Laveissière et al., 1997).

La conjonction des contacts homme/glossine, des déplacements de populations à l'intérieur de leurs aires d'activité et des possibilités d'introduction du parasite rend compte des risques encourus par les diverses catégories sociales des différents groupes ethniques (Hervouët, 1992). On sait par

ailleurs que, en Côte d'Ivoire forestière,

- La THA contemporaine suit un boom démographique considérable alimenté par une très forte immigration. Dans les foyers, le taux de croissance annuel de la population est passé de 2,2 % l'an entre 1955 et 1963 à 6 % entre 1963 et 1975 pour atteindre 7 % entre 1975 et 1988. Il en est résulté des situations sociales bien particulières et cela place la Côte d'Ivoire dans une situation spécifique par rapport à d'autres foyers d'Afrique Occidentale – Guinée Forestière et littorale – ou de l'Afrique Centrale.



Photos : © Jean-Pierre Hervouët



Campement et plantation de café



Aire de séchage



Sentier en zone de plantation

Figure 2 : différents niveaux de perception des paysages : ...et les paysages vus du dessus

- ■ ■ ● Les espaces soumis à la maladie du sommeil sont constitués par les régions où la part de population résidant en campements est la plus grande. Pour l'ensemble de la zone forestière ivoirienne, seulement 18 % de la population réside en campements, mais cette proportion monte à 34 % dans le Centre Ouest abritant les foyers de Vavoua, Bouaflé, Zoukougbeu, Sinfra... (fig. 1). Dans les foyers eux-mêmes, cette proportion dépasse presque toujours 50 % pour atteindre parfois 75 %.
- Ces campements, nombreux, sont petits et installés au cœur de plantations dépassant rarement 8 à 10 ha (fig. 3).
- La maladie du sommeil est liée également aux densités de population. Ainsi, elle ne se développe pas ou peu en dessous d'un seuil démographique situé aux alentours de 10/20 hab./km utilisés, pas plus qu'elle n'est fonctionnelle lorsque ces densités dépassent 80 à 100 hab./km².
De fait, la maladie du sommeil est essentiellement présente dans des espaces en recomposition foncière et sociale où mobilités, partages des lieux – comme les points d'eau – entraînent des contacts homme/vecteur denses et réguliers. Ces espaces traduisent des liens intimes et complexes et un mode de fonctionnement systémique que nous assimilons à des paysages épidémiologiques se différenciant en deux modes : des paysages socialement fermés aux risques réduits en opposition

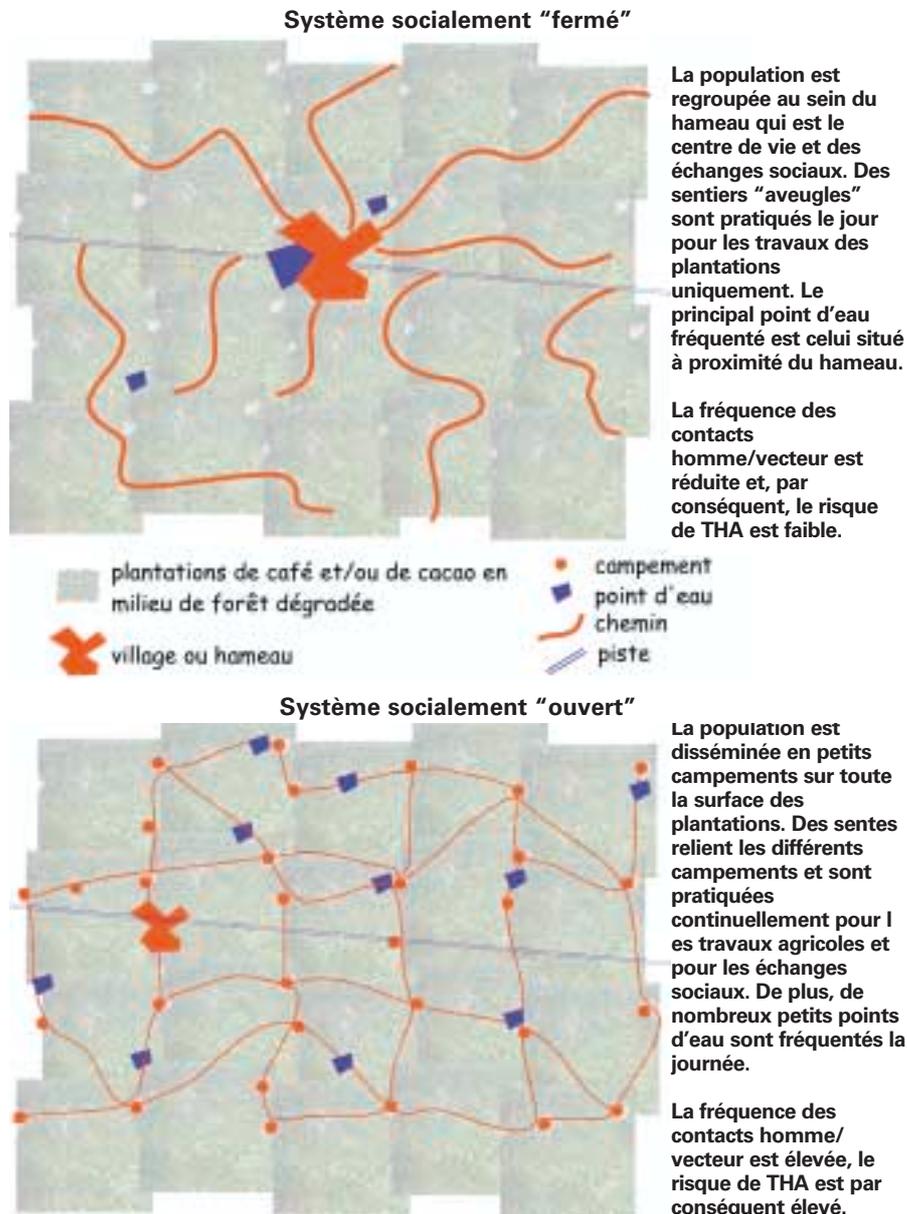


Figure 3 : schéma théorique des paysages épidémiologiques en milieu forestier

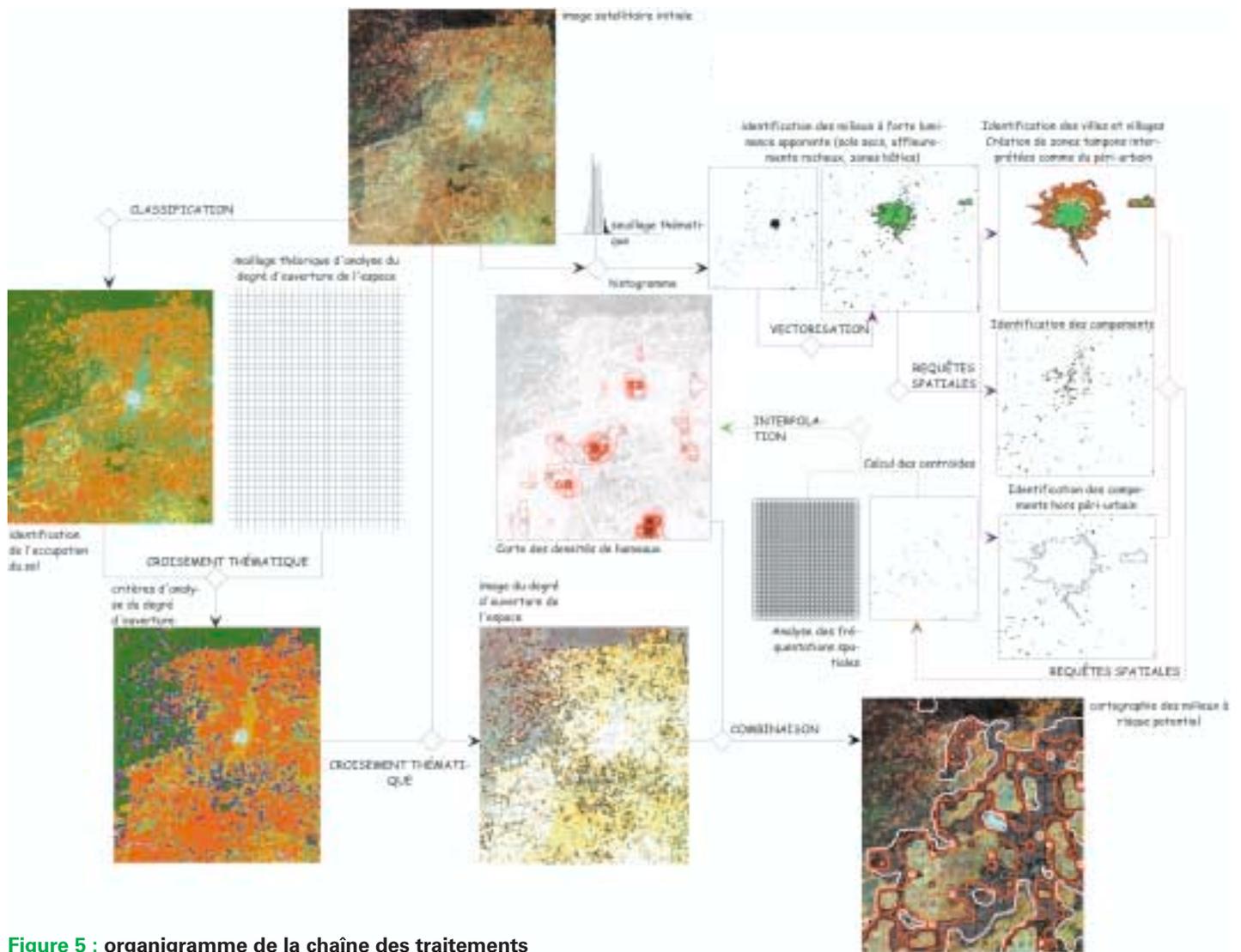


Figure 5 : organigramme de la chaîne des traitements

■ ■ ■ l'image) nous mettons en place un traitement particulier afin de tenter d'isoler ce qui est campement et hameau des autres thèmes potentiels. Dans ce but nous faisons appel à différentes fonctions de vectorisation, de création de zones tampons et de croisement de couches vectorielles. Tous les objets dont la surface est inférieure à 1 600 m² (4 pixels), dont la forme n'est pas linéaire (éviter les confusions avec les routes et pistes) et distants au moins de 300 m d'objet de même type (espaces construits et autres thèmes associés) dont la surface est supérieure à 40 000 m² (ce que nous supposons être un village ou une ville) est considéré comme campement ou petit hameau non situé en zone péri-urbaine (où les facteurs de risques sont différents). D'autre part, la production de cartes de densités de population fait appel à une analyse particulière (fig. 6). Il s'agit, à partir d'un semis de points (localisation

des campements), de générer une surface continue à partir d'une valeur associée à chaque point. Ce traitement d'interpolation ou d'extrapolation spatiales est couramment utilisé en analyse d'images, d'ondelettes et autres données spatialisées. Cependant, selon les modes de calcul (linéaire, polynomiale, spline...) les résultats se différencient nettement et, pour un même mode de calcul ils sont encore radicalement différents selon la logique avec laquelle le calcul a été appliqué (fig. 7). Nous retenons une méthode associant la création d'un semis de points régulièrement répartis qui serviront de cellules élémentaires à partir desquelles sera calculée une densité selon un cercle de fréquentation (ce cercle se déplace de cellules en cellules, le calcul est réitéré à chaque nouvelle position). Une image en isolignes (interpolation) sera obtenue in fine à partir des valeurs associées à chaque cellule (par exemple,

densité de campements, de malades, de populations...).

Dans le secteur de plantations de café et cacao en forêt dégradés nous avons retenus une répartition des cellules élémentaires tous les 500 m et un cercle de fréquentation de l'ordre du kilomètre de rayon. Ces paramètres sont déduits empiriquement des connaissances des spécialistes et des différents essais de calcul.

Enfin, la combinaison de tous les résultats obtenus nous permet de présenter la cartographie recherchée : identification des zones à risque de la maladie du sommeil (fig. 8). Entendons bien qu'il ne s'agit pas d'une carte présentant les secteurs où il y a forcément des malades mais de secteurs dont le paysage (interface homme/nature) est identifié comme potentiellement à risque. C'est-à-dire que les probabilités de fréquences de contacts réguliers ■ ■ ■

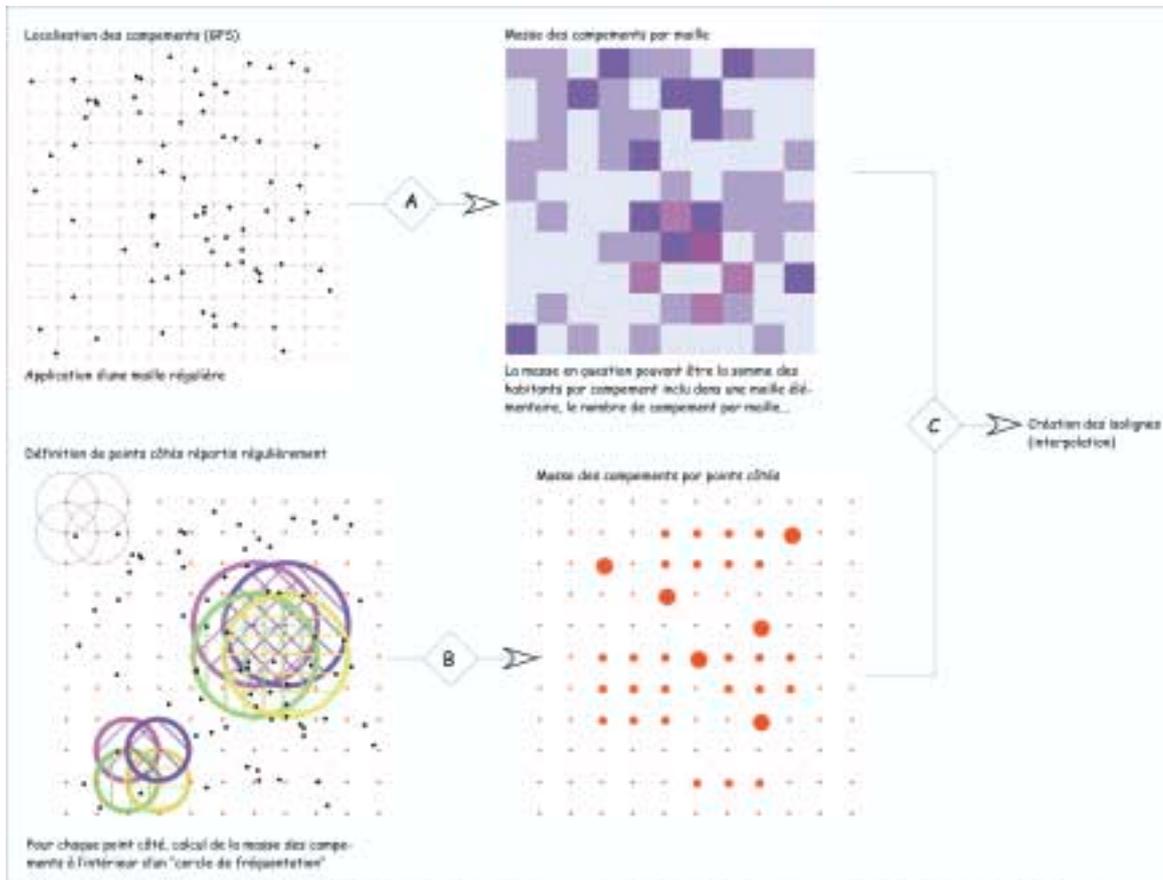


Figure 6 : Du point à la surface, différentes méthodes pour prendre en compte la "fréquentation" de l'espace géographique

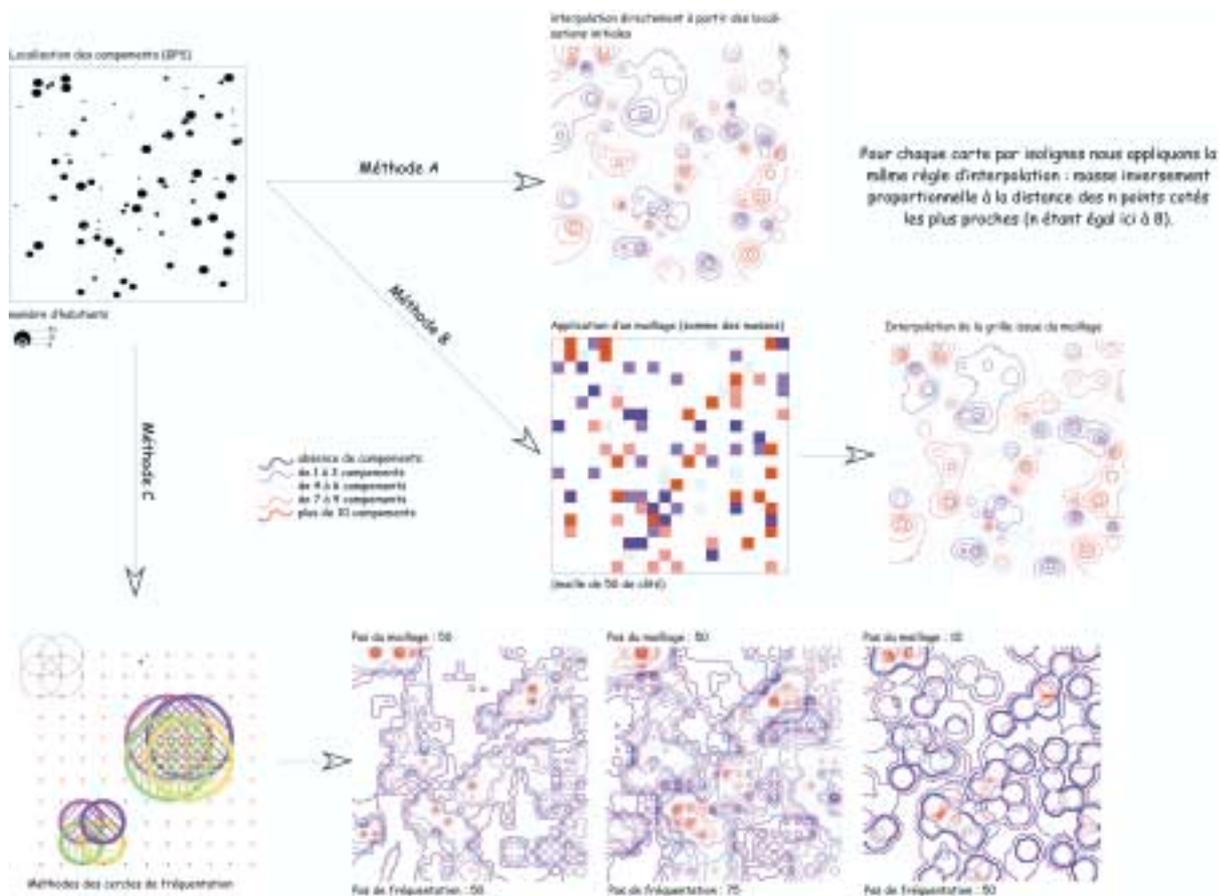


Figure 7 : Le choix d'une méthode de spatialisation

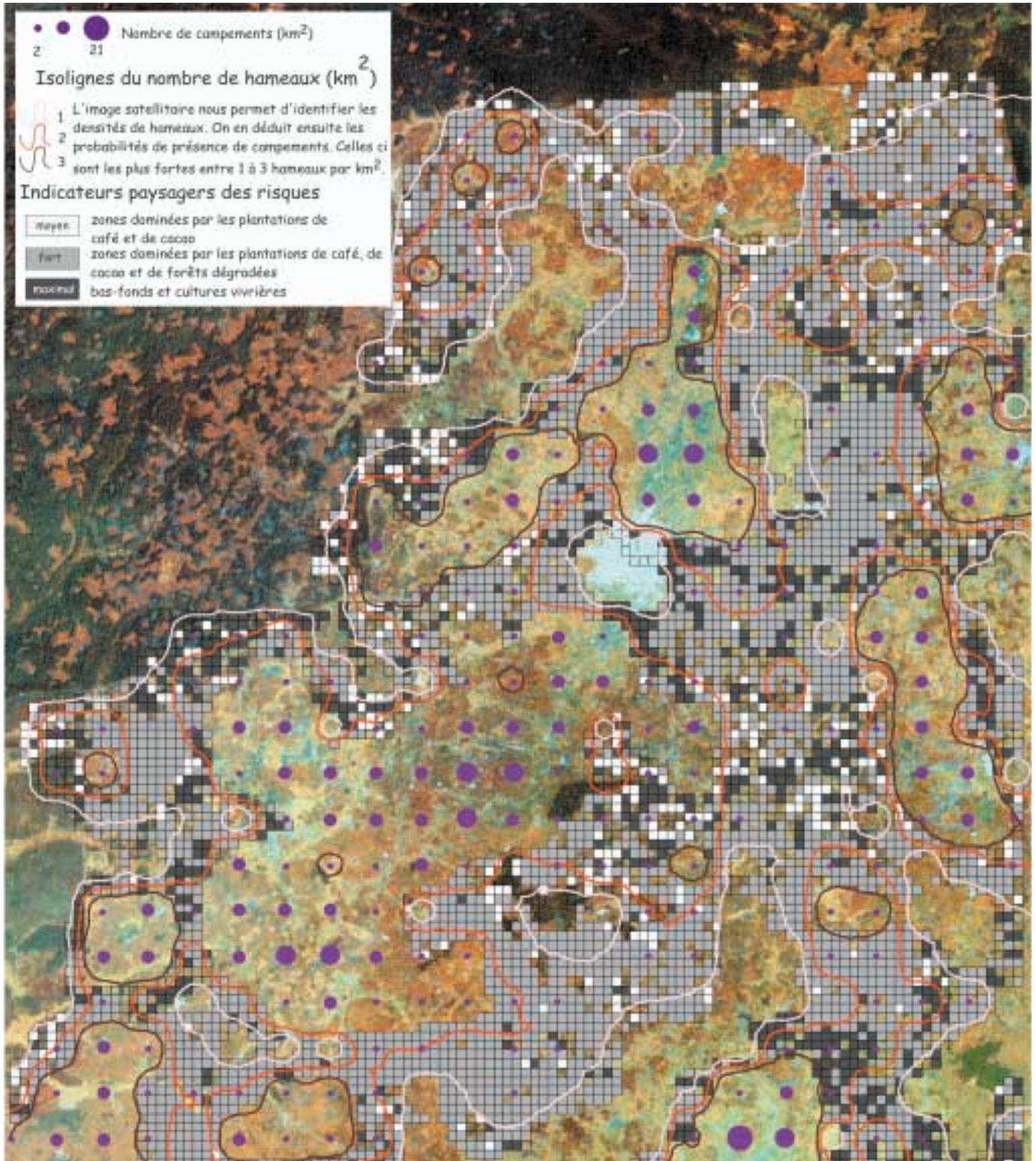


Figure 8 : Cartographie des zones à risques potentiels de THA

■ entre la mouche tsé-tsé est l'homme y sont fortes.

Les perspectives

Les résultats obtenus nous semblent intéressants et prometteurs bien que la

méthode présentée demande à être améliorée. Nous envisageons pour cela d'avoir recours à des images satellitaires de meilleures résolutions spatiale et spectrale (combinaison XSP d'images Spot XSI, par exemple) tout en affinant les données de terrain. Un GPS avec trai-

tement différentiel sera utilisé au cours des prochaines missions afin d'obtenir une localisation plus précise des pistes et campements parcourus. En parallèle nous poursuivrons nos enquêtes auprès des populations locales afin de mieux identifier leurs pratiques de l'espace et

tenter de dégager de nouveaux facteurs de risque traduisibles en indicateurs pay-sagers opérationnels. Cependant, n'oublions pas qu'en matière de politique de santé publique, toute opération de veille sanitaire est motivée par les volontés – donc les financements – clairement annoncées. Ce qui est loin d'être le cas actuellement à la différence de ce qui se passe pour les recherches sur la Trypanosomiase Animale (de La Rocque et al.) : il est vrai que l'on peut mieux évaluer la valeur économique d'un troupeau que celle d'un enfant et de sa mère, perdus dans une plantation forestière. ●

Contact

SET UMR 5 603 CNRS
Avenue du doyen Poplawski
64 000 Pau
dominique.laffly@univ-pau.fr
jean-pierre.hervouet@univ-pau.fr

Références bibliographiques

Baudouhat M.-J., Diomandé Y., Hussard A., N'guessan-blé S., Hervouët J.-P. & Vessier M., 1998, "Un SIG pour la lutte contre la maladie du sommeil", F. Blomac éd. Hermes, Paris, pp. 53-54

Carrié J., Challier A., Durant B., Duvallat G. & Laveissière C., 1980, "La Trypanosomiase Humaine à *Trypanosoma (Trypanozoon) gambiense* Dutton et ses vecteurs en Afrique Occidentale et Centrale", Études médicales n°1, 59 p.

de La Rocque et al. 2001, *Le risque trypanosomien : une approche globale pour une décision locale : du satellite au microsatellite.* CIRAD/CIRDES, Montpellier/ Bobo Dioulasso, 151 p.

Hervouët J.-P., 1995, "La lutte contemporaine contre la maladie du sommeil : un SIG outil indispensable à la décision", actes du colloque AfricaGIS'95, pp. 521-523.

Hervouët J.-P. et Laveissière C., 1987, "Facteurs humains de la maladie du sommeil", La medicina Tropicale nella Cooperazione allo Sviluppo, 3, (2), pp. 72-78.

Hervouët J.-P. et Laveissière C., 1987, "Les grandes endémies : l'espace social coupable", Politique Africaine, (28), pp. 21- 32.

Hervouët J.-P. et Laveissière C., 1988, "Écologie humaine et maladie du sommeil en Côte d'Ivoire forestière", Cah. ORSTOM, sér. ent. méd. et Parasitol., 25, (sp), pp. 101-111.

Hervouët J.-P., 1992, "Environnement et grandes endémies, le poids des hommes", Afrique contemporaine, (161), pp. 155-167.

Hervouët J.-P., et Vessier M., 1998, "Analyse spatiale et représentation des phénomènes épidémiologiques. Adaptation d'une méthode géographique ancienne", Note méthodologique. N°04/IPR/SHS/DOC 1998, 11 p. 15 cartes.

Hervouët J.-P., Laffly D., Cardon L., 2000, "La maladie du sommeil en Côte d'Ivoire : à la recherche d'indicateurs de risque", Espace Population Société, (2) pp. 20-30.

Laffly D. & Hervouët J.-P., 2000, "Une mouche dans le capteur. Identification de facteurs de risque de la Trypanosomiase Humaine Africaine par télédétection et analyse spatiale", Espace Population Société, (2) pp. 35-45.

Laveissière C et Kienon J.-P., 1979, "Effets de l'accroissement des activités humaines sur la forêt du sud ouest de la Côte d'Ivoire", Enquête sur les glossines de la forêt de Taï, OCCGE/Centre Muraz/ENT/79, pp. 1-8.

Laveissière C., Sané B., Dialla P.B., Truc P. & Méda A.H., 1997, "Le risque épidémiologique dans un foyer de maladie du sommeil en Côte d'Ivoire", Trop. Med. Intern. Health, 2, (8), pp. 729-732.

OMS, 1996, "Trypanosomiase Africaine, Rapport Annuel", Genève, 32 p.

Sorre M., 1933, "Complexes pathogènes et géographie médicale", Annales de géographie n° 235, pp. 1-18

ABSTRACT

KEY-WORDS : african human trypanosomiasis, landscape, geographical information system, global positioning system, remote sensing, spatial analysis.

Sleeping sickness African Human Trypanosomiasis is a vectorial transmission pathology in African's intertropical area. It's transmitted by a glossine called tse-tse fly. Even if the sanitary situation is worrying sanitary organization are not yet able to assume their preventive role. Even when only 30,000 new sick are notified for a 60,000,000 potentially population concerned more than 500,000 sick are really estimated by international health organization. In that alarmist situation it's important to not confuse absence of sickness information with absence of the sickness. It's particularly necessary to indicate where it's priority to look for sickness center to supply sanitary field strategy. Some risk factors have been observed they illustrate links between quality and frequency of human/vector contacts and the prevalence rate of sickness. For particular conditions we able to translate in terms of geographical indicators a part of these factors to produce probability maps of risk. For that we follow an methodological chain that combine field data, remote sensing and spatial analysis. We present in that paper some results obtained from research in Ivory Coast.