METHODOLOGIE DE DETERMINATION DE ZONES A RISQUE DE MALADIE DU SOMMEIL EN COTE D'IVOIRE PAR APPROCHE SPATIALISEE

M. LOINTIER, P. TRUC, L. DRAPEAU, S. NANGA, M. TAREK

Med. Trop. 2001 ; **61** : 390-396

RESUME • Les technologies d'observation de la terre sont des domaines qui s'enrichissent tous les jours de nouveaux capteurs permettant l'exploitation d'informations spatialisées, mais les applications dans le domaine de la santé sont encore assez peu nombreuses. En effet, il est nécessaire de mettre au point des méthodes spécifiques d'utilisation de ces données, dans un contexte thématique particulier et disposant d'une base de données épidémiologiques. Ces conditions ont été réunies sur la région de Sinfra en Côte d'Ivoire, où de nombreux chercheurs travaillent depuis une dizaine d'années sur la trypanosomiase humaine africaine (THA). Dans ce travail, nous avons réalisé tout d'abord un système d'information géographique permettant de tester différentes relations spatiales, notamment entre la distribution de la densité des campements et la prévalence de la maladie avec différentes méthodes que permet la géostatistique. Une donnée du satellite Spot a été ensuite utilisée pour réaliser une cartographie des campements. La base de données a permis la validation du traitement en expliquant certaines erreurs dues principalement à la géolocalisation. Enfin, et à titre expérimental, nous présentons une première méthode de cartographie du risque de transmission de la THA étendue à toute la région de Sinfra qui s'appuie sur l'exploitation de l'information satellitale.

MOTS-CLES • Observation de la Terre - Système d'information géographique - Indicateurs spatialisés - Trypanosomiase Humaine Africaine.

METHODOLOGY TO DETERMINE RISK ZONES FOR SLEEPING SICKNESS IN COTE D'IVOIRE USING THE SPATIALIZATION APPROACH

ABSTRACT • Earth observation technology is a rapidly expanding field in which new outlets for sensor data are being found daily. However medical applications are still limited. The main obstacle is the lack of methods to link spatial data to an epidemiological data base within a given disease context. This obstacle was recently overcome in the Sinfra region of Cote d'Ivoire where a number of researchers have been working on human African trypanosomiasis (HAT) for over ten years. A geographical information system was developed to allow testing of various spatial relationships especially between the population density and disease prevalence using various methods of geostatistical analysis. Spot satellite data was then used to draw a map showing population density. The data base was used to validate processing by explaining the presence of errors due mainly to locality. Finally as a first experimental application for this methodology, a map showing the risk of HAT transmission over the entire Sinfra region was drawn based on satellite data.

KEY WORDS • Earth observation - Geographical information system - Satellite sensor data - Human African trypanosomiasis.

La maladie du sommeil ou trypanosomiase humaine africaine (THA), parasitose mortelle en absence de traitement, connaît une très forte recrudescence depuis le début des années 1960 (1). En effet, si l'épidémiologie de cette maladie est connue mais complexe, le vecteur, la glossine ou mouche tsé-tsé, s'est adapté aux changements de l'environnement dus à l'anthropisation. Si le contact homme-glossine, cause de la transmission de la maladie à l'homme et de l'infection des glossines saines, était relativement simple, ce contact a aussi évolué en fonction de l'évolution du biotope. Au début du siècle, les biotopes des glossines dépendaient du climat, de la présence d'eau et de végétation et de la disponibilité de repas de sang pour ces insectes hématophages. Pour *Glossina palpalis,* principal vecteur de la THA en Afrique de l'Ouest et Centrale, l'adaptation dans des biotopes différents est liée à l'activité humaine (2). Le nombre de glossines le plus élevé, constaté par piégeage, se situe à proximité des cours d'eau, des points d'eau et d'une manière générale où la population humaine est abondante, comme c'est le cas dans les plantations de café/cacao d'Afrique de l'Ouest (3). L'analyse des repas de sang des glossines montre qu'en Côte d'Ivoire par exemple, l'homme est l'hôte favori des glossines avec plus de 50 % des repas de sang humain

• *Travail de l'Unité Espace (M.L, L.D., Chargés de Recherche ; S.N., M.T., Stagiaires) Institut de Recherche pour le Développement (IRD), Montpellier, France et de l'Unité de Recherche 035 de l'Institut de Recherche pour le Développement (P.T., chargé de Recherches), Yaoundé, Cameroun.*

• *Correspondance : M. LOINTIER, IRD, US « Espace » Maison de la Télédétection, 500 rue J.F. Breton, 34093 Montpellier Cedex • e-mail : lointier@teledetection.fr•*

• *Article sollicité.*

analysé par le phénotype de la superoxyde dismutase (4).

Dans le cas particulier de la Côte d'Ivoire, le contact homme-glossine est essentiellement péridomestique et dans les plantations de café/cacao (5). Le risque d'être infecté par la THA dans les plantations est beaucoup plus élevé que dans d'autres biotopes. Cependant, les zones concernées sont très vastes et la mise en place d'un système de surveillance exhaustif semble irréaliste. Ainsi, sachant que le risque de contracter la THA augmente quand la densité de campements augmente dans les plantations (6), il était intéressant de tenter de déterminer les zones à risque par la densité de campements détectée par imagerie satellitaire et de développer une méthodologie intégrant les techniques spatiales pour tester et valider la possibilité d'établir une carte de risque de transmission de la THA.

Ces dernières années, la recherche en télédétection a consisté principalement à modéliser la réponse spectrale des capteurs, en fonction des caractéristiques instrumentales et des propriétés de l'espace géographique étudié. Ces efforts de modélisation ont connu des succès inégaux. En effet, les modèles, qui ne sont valides que sur des surfaces homogènes et de grande étendue, sont souvent mis en échec dès que l'organisation spatiale des paysages devient trop complexe, qu'il s'agisse de paysages naturels, agricoles ou urbains. Ces limites ont contribué à crédibiliser, depuis quelques années, des approches complémentaires, par exemple l'analyse multi-échelle ou la recherche de signatures indirectes ou indicateurs. C'est autour de cette approche spatiale par indicateurs (7) que nous avons construit une méthodologie qui permet une mise en relation de l'information satellite avec une problématique spécifique, dans l'objectif d'établir une surveillance sanitaire de qualité sur les zones à risque de maladie du sommeil, identifiées et hiérarchisées grâce à l'outil géomatique (télédétection et système d'information géographique).

La zone d'étude se situe dans la région de Sinfra entre les latitudes 6°22' et 6°40' (Latitude Nord) et les longitudes 5° 49' et 6° 08' (Longitude Ouest) dans la partie centre-ouest de la Côte d'Ivoire. C'est une région ne comprenant pas de relief notable. L'altitude moyenne se situe entre 200 et 300 mètres. Cette zone est drainée par les affluents de la Houda, principal cours d'eau qui traverse la zone dans le sens Nord-Sud avec des galeries forestières larges et denses. La région de Sinfra fait partie du secteur mésophile caractérisé par des forêts denses humides de type semi-décidu (chute quasi-simultanée des feuilles des grands arbres). Dans cette zone, le défrichement intense de la forêt, a permis la création de très nombreuses plantations de caféiers, cacaoyers et des champs de cultures vivrières. L'interpénétration primitive des savanes et des forêts donne à cette région son aspect caractéristique en mosaïque où alternent savanes incluses, plantations et lambeaux de forêts résiduelles. Le peuplement humain est extrêmement hétérogène. Au total, plus d'une quinzaine d'ethnies ont été recensées. A cette diversité de peuplement correspond une hétérogénéité de l'habitat. Le réseau routier est relativement dense, constitué de grands axes où sont rattachés des chemins d'exploitation difficilement carrossables et d'un lacis très dense de sentiers piétonniers rejoignant les plantations et les campements.

Les données de terrain représentent l'analyse de 118 campements qui ont été enquêtés chaque année, entre 1990 et 1997. Chaque campement a été localisé par GPS *(Global Positioning System)*. Les informations suivantes ont été recueillies : date, coordonnées GPS, chef de campement, village de rattachement, nombre d'habitants, total des malades pour chaque année, ethnie et origine géographique du groupe. Cette base de données permet une représentation spatiale de toutes les observations et de réaliser des requêtes par champs (logiciel Arcview®).

Deux objectifs ont conditionné l'acquisition des données satellites : le premier a été de se porter vers des données à haute résolution spatiale (SPOT panchromatique, résolution 10 m) pour trouver une méthode permettant d'identifier les campements et contrôler les éléments linéaires du paysage (rivières et routes) par rapport à la carte mise à jour précédemment et à moyenne échelle. Le second a été d'utiliser des données multispectrales (SPOT XS résolution 20 m) pour réaliser et actualiser l'occupation du sol et pour cartographier les différents types de plantations (café, cacao). Les données multispectrales ont été difficiles à exploiter, du fait de la présence de brume ou d'harmattan.

Ne pouvant disposer de nombreuses données satellitales sur la période considérée, l'analyse spatiale présentera un biais, puisque l'on compare des données à caractère instantané (images) à des séries de données temporelles (base épidémiologique). Enfin, le recouvrement des informations satellitales n'est pas complet sur toute l'étendue de la base de données épidémiologiques.

Les données du satellite ont été géocodées dans la projection UTM et le système géodésique WGS 84 qui permet une superposition satisfaisante avec les mesures au GPS sur le terrain dont l'erreur de positionnement est estimée à 50 m (mesures antérieures à la suppression de la dégradation du positionnement intervenue en 2000). Les éléments linéaires (pistes, routes, réseau hydrographique) ont été saisis à partir des cartes disponibles puis complétés par l'information satellite. Une fusion des données panchromatiques et multispectrales (P+XS) a été réalisée pour disposer d'une information thématique à haute résolution spatiale (Fig. 1).

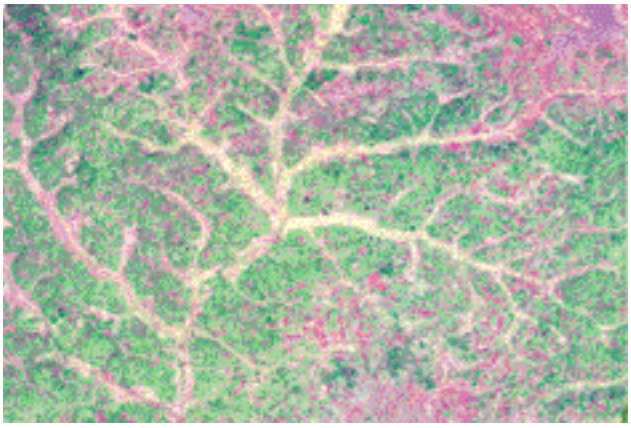

Figure 1 - Région de Sinfra (Côte d'Ivoire); fusion P+XS, en vert : végétation ; en rouge : terrains nus et centre urbains.© Cnes, 1994, 2000.

L'objectif de ce travail est d'obtenir une cartographie du risque de prévalence. Il s'agit donc de définir un ou plusieurs paramètres spatialisés de l'environnement qui seraient en bonne relation spatiale avec le nombre de malades. Ces « indicateurs » peuvent être issus soit de la base de données de terrain, soit extraits de l'information satellite, soit les deux. Le premier indicateur qui a été testé concerne le premier cas cité : une relation entre la prévalence de la maladie et la densité de campements qui sera recherchée dans les données de la base épidémiologique.

RELATION DENSITE DE CAMPEMENTS/DENSITE DE MALADES

L'exploitation de la base de données épidémiologiques permet d'évaluer la qualité spatiale de cette relation. Pour rapporter la répartition des campements de la base de données à une surface et en calculer une densité spatiale, une opération préalable est nécessaire pour déterminer, à l'aide de tests statistiques, les distances moyennes entre les campements et en tirer une valeur optimale du maillage qui sera utilisé utilisée pour le calcul de densité.

Distance moyenne entre les campements.

Pour un processus spatialisé, l'intensité joue un rôle similaire à celui de la moyenne pour un processus non spatialisé. L'analyse de la distribution spatiale des campements est un processus ponctuel non homogène dans l'espace (distribution de points). L'estimation d'une densité n'a de sens que localement (homogénéité locale) (8). La première étude consiste donc à déterminer quelle unité spatiale serait pertinente pour les analyses de corrélations ultérieures.

Cette détermination nécessite le calcul des plus proches voisins (ppv) pour chaque campement de la base d'enquêtes. La fonction de distribution empirique (fde) (9) des distances est présentée dans la figure 2. Elle présente la

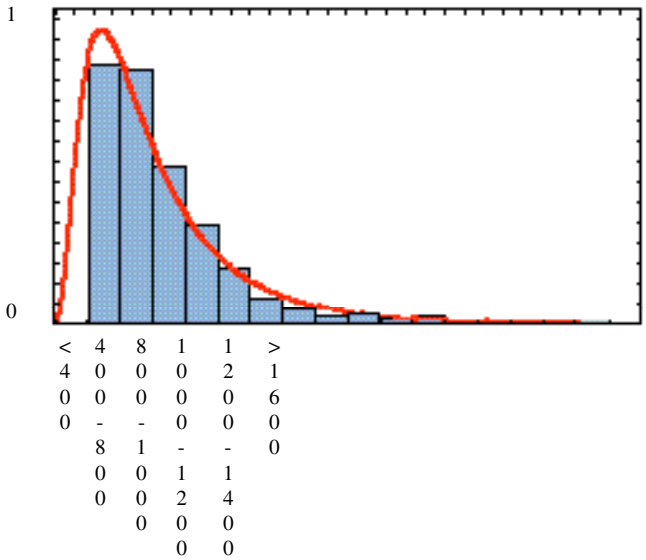

Figure 2 - Corrélation spaciale (abscisses : distances en mètre, ordonnées : pourcentage d'effectif).

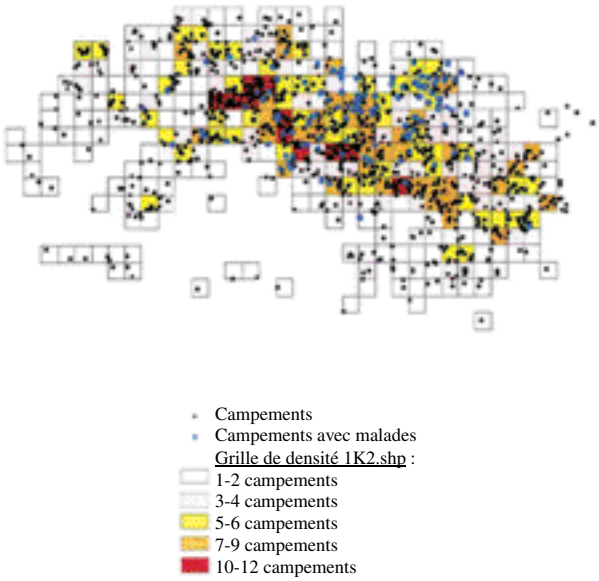

Figure 3 - Représentation des densités au Km² des campements enquêtés, en cinq classes et superposition des campements avec malades (en bleu) et sans malades (noir). maille de 1 Km².

proportion des campements pour différents voisinages. Plus de 90 % des campements sont espacés de moins d'un kilomètre. Le maximum de la fonction de corrélation caractérise la distance la plus fréquente parmi les plus proches voisins. L'existence d'un mode suggère une homogénéité autour de cette distance. Ces deux caractéristiques permettent de choisir un maillage de l'ordre du kilomètre pour une synthèse suffisante sans perte d'information (calcul réalisé avec ArcView® et le module Spatial Stat de Splus®).

Le résultat du calcul de densité sur une maille d'un kilomètre a été fait avec cinq classes de densité auxquelles il est superposé, pour une analyse visuelle, les données ayant servi au calcul, et les campements avec et sans malades (Fig. 3).

Relation densité de campement et prévalence de la maladie.

L'outil SIG permet de calculer les densités de malades sur le maillage choisi. L'espace d'étude a été restreint au domaine convexe des 118 campements. Pour chaque cellule appartenant à cet espace, les densités de campements au Km² et de malades sont calculées. La prise en compte d'entités spatiales ne comportant pas de malades, mais appartenant à l'espace d'étude, permet de mettre en évidence la présence d'un effet densité de campements sur la densité de malades.

Les distributions des villages et des malades sont ajustées aux lois normale et géométrique (discrète). L'analyse de variance (ANOVA) ne considérant que les entités possédant un nombre de malades non nul (Fig. 4) ne met pas en évidence un effet significatif du facteur densité de campements. L'analyse sur l'ensemble du domaine géographique et en introduisant la classe « sans malades », fait apparaître un effet de ce facteur (Fig. 5), pour les niveaux de densité supérieurs à 6 campements au Km². Cependant, la faible qualité du

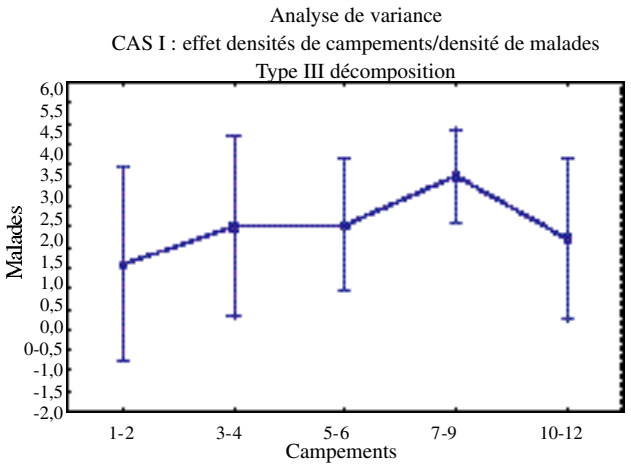

Figure 4 - Anova sans la classe «sans malades».

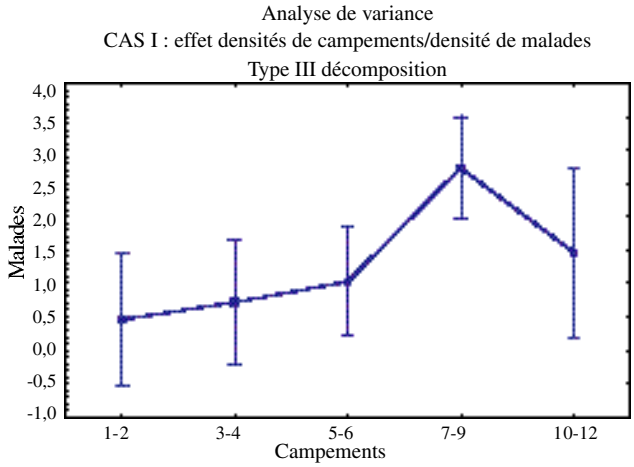

Figure 5 - Anova avec la classe «sans malades».

modèle (R=0,29) ne permet pas d'expliquer la distribution des malades sur ce seul critère et il ne s'agit là que d'une « tendance ».

L'analyse de l'adéquation du modèle testé, à savoir si la connaissance de la densité de campements est un bon indicateur de la densité de malades, indique que l'on peut expliquer à 30 % la variabilité de la densité de malades en ne considérant que le facteur densité de campements (classifié). La Loi F et la probabilité montrent une bonne significativité de l'explication de la variabilité de la densité de malades par la densité de campements. Il serait néanmoins nécessaire d'explorer, par une analyse multivariée, comment la variabilité peut expliquer cette relation de façon plus satisfaisante.

La distribution entre les densités de malades et celles de villages n'est pas ajustable par une loi linéaire, mais plutôt par une courbe en « cloche ». Ceci confirmerait les observations de terrain selon lesquelles au-delà d'un certain seuil de densité, ici 7-9 campements au Km^2, les conditions de survie des glossines ne seraient plus assurées (effet de « saturation »), entraînant l'arrêt de la transmission de la maladie, phénomène déjà décrit lors d'approches similaires sur la même zone géographique (6).

AUTRES METHODES DE CALCULS DE DENSITES

Il est possible d'utiliser les méthodes de lisseurs à noyaux (Kernel) pour étudier les densités des campements et celles des malades. Ces méthodes sont basées sur l'hypothèse d'une distribution des points selon une loi déterministe (quadratique, polynomiale) ou stochastique, bi-variée et le plus souvent gaussienne. Elles nécessitent une analyse de la distribution (variogramme) et souvent une démarche empirique pour la détermination des voisinages nécessaires aux calculs (10). ArcView® et Spatial Analyst® offrent une méthode d'évaluation des densités sur les campements et les malades avec la possibilité d'une superposition des iso-densités (Fig. 6). On observe en effet ici que les centres des deux cellules à forte densité de malades se trouvent en bordure des centres à forte densité de campements.

Cartographie de la densité de campements à partir de l'image SPOT.

L'analyse de l'image et la connaissance du terrain permettent de s'orienter vers une reconnaissance automatique des lieux de campements, qui sont en général sous forêt, par la détection des surfaces déboisées à proximité de ces campements pour procéder au séchage du café et du cacao. La résolution à 10 m de la donnée SPOT permet cette détection, basée sur des critères radiométriques (réponse spectrale), qui a été améliorée par la fusion P+XS. Le résultat a été transformé en données vectorielles pour s'intégrer dans la base de données du SIG (Fig. 7).

Une validation du résultat a été mise en œuvre en utilisant les réalités de terrain de la base de données. Les distances observées entre les campements identifiés sur l'image SPOT et ceux localisés par GPS ont été calculés avec le procédé du plus proche voisin. La distribution de ces écarts a ensuite été calculée. L'étude n'a été faite que sur la zone géographique commune. Il est nécessaire de raisonner sur des moyennes, puisque nous disposons d'une information GPS pour 118 campements enquêtés, alors que la donnée satellite nous permet d'avoir une cartographie exhaustive et comptabilise 722 campements sur la même zone.

Bien que l'écart type soit assez élevé, les valeurs trouvées sont relativement satisfaisantes. Les erreurs de positionnement GPS à l'époque des enquêtes (50 m), la distance entre la parcelle déboisée utilisée pour la détection satellite et son campement associé (20-50 m), l'incertitude sur le géocodage de l'image (2 pixels, soit 20 m), la dynamique propre des campements (nouvelles installations, déplacements sur 7 ans d'enquêtes), sont autant de facteurs explicatifs de l'écart moyen trouvé. Bien qu'importants, ces écarts sont dus en grande partie à des aspects techniques de géolocalisation et de résolution spatiale, qui sont déjà grandement améliorés pour le GPS aujourd'hui et pour les données satellites dans un très proche avenir (SPOT à 5 m et à 2,5 m). Ainsi, la méthodologie proposée conduira à des résultats de meilleure qualité à l'avenir, mais aussi à condition de valider ces résultats sur une zone test plus réduite, mais pour laquelle on disposerait de l'information GPS pour tous les campements.

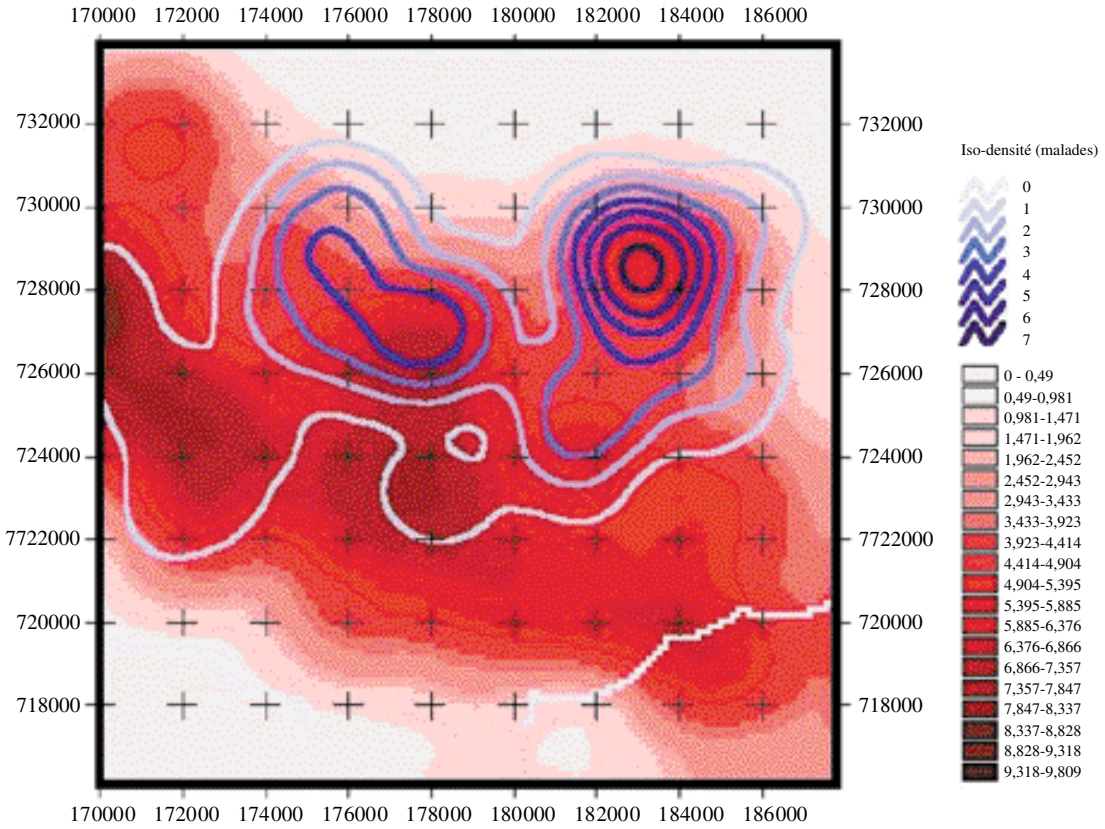

Figure 6 - Superposition des iso-densités des campements (rouge) et des malades recensés (bleu).

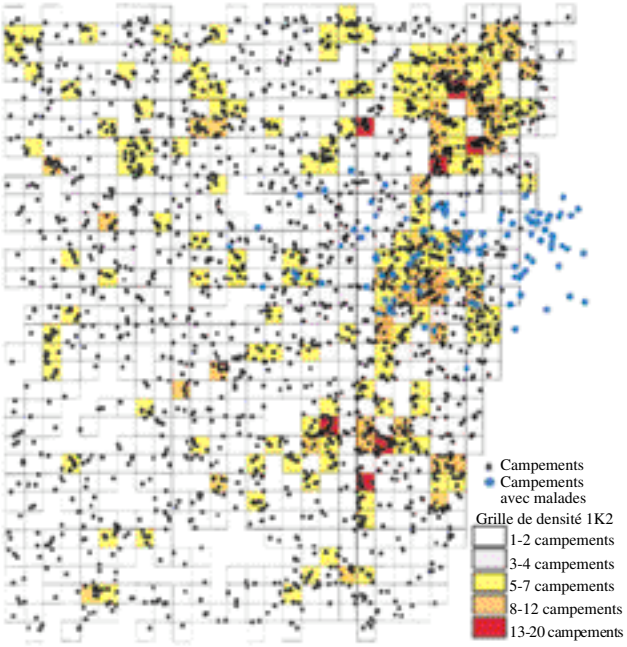

Figure 7 - Cartographie de la densité des campements détectés par satellite par rapport à une maille de 1 Km² et superposition des points utilisés dans le calcul de densité (noir) et des campements enquêtés avec malades provenant de la base de données épidémiologiques (bleu).

Cartographie du risque de THA à partir de l'information satellite.

Une bonne corrélation entre la densité de campements et la prévalence de la maladie permettrait d'utiliser l'information « campements » extraite de l'image SPOT pour la transformer en carte de risque épidémiologique sur toute la zone couverte par l'image. Il est évident que les paramètres liés à la prévalence de la THA sont plus nombreux, peut-être non spatialisables pour certains, et demandent encore une investigation pour étudier d'autres relations spatiales (distances aux rivières, voies de communications, trajets moyens quotidiens). De plus, une cartographie du risque est un document destiné à des utilisateurs (scientifiques, ONG, services de l'Etat, acteurs de la lutte contre la maladie) et il est nécessaire d'en donner aussi l'incertitude. Cette dernière condition demande donc des validations sur le terrain pour confirmer le bien-fondé d'une méthode qui se serait enrichie d'autres paramètres et surtout de solutions statistiques qui permettrait de rendre compte de cette incertitude graphiquement.

A titre méthodologique et de démonstration, nous avons choisi de présenter un document qui s'appuie sur la tendance révélée par les résultats de l'Anova (Fig. 5), en considérant un maximum de risque pour la classe 7 à 9 camps au Km², et une diminution du risque en dessous et au-dessus de ces valeurs. Cette cartographie s'appuie sur la répartition de la densité de campements obtenue par satellite, à laquelle nous avons appliqué la loi statistique citée (Fig. 8).

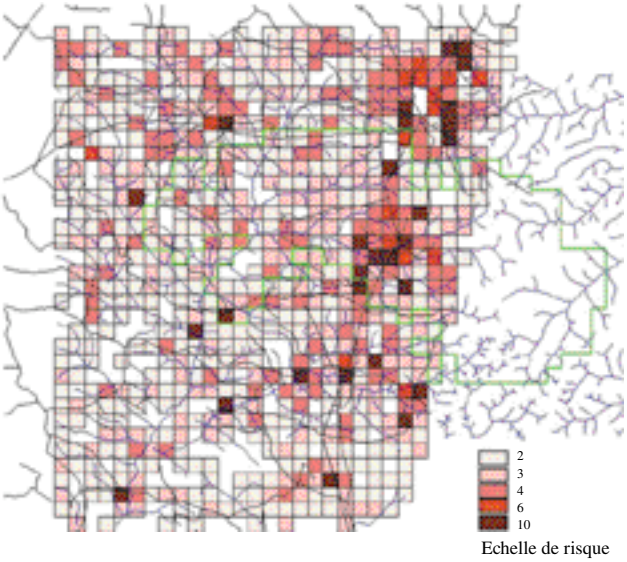

Figure 8 - Cartographie du risque de THA en fonction de la répartition des campements détectés par satellite, utilisant le modèle de répartition de l'Anova (Fig. 5) et selon une échelle normalisée de 0 (risque nul) à 10 (risque maximal). En vert : les limites de la zone enquêtée, en noir : les voies de communication, en bleu : le réseau hydrographique. Chaque carreau représente 1 Km².

Le résultat cartographique indique une probabilité du risque près du centre urbain de Sinfra et au centre de la zone enquêtée, validant le choix de cette zone pour l'étude de la THA. En effet, une forte densité de campements et d'habitations sont localisées à proximité de Sinfra. Par contre, de nombreux malades sont recensés et géoréférencés à leur domicile, qui n'est pas le lieu de transmission. En effet, ces derniers se rendent quotidiennement aux plantations et ils ont été infectés durant ce parcours ou aux points d'eau situés à proximité de leurs plantations. Cette donnée introduit en fait un biais dans la validité de la base de données épidémiologiques, puisque la localisation GPS du malade est souvent son lieu de résidence et non pas son lieu de contamination. Par ailleurs, les points d'eau (puits en particulier) ne sont pas identifiables sur l'image SPOT, alors que ce sont les sites à plus haut risque de transmission de la THA.

L'utilisation des produits d'observation de la terre devient possible et accessible aujourd'hui grâce à certains outils comme le SIG, la maîtrise du savoir-faire en traitement d'image, mais cette démarche nécessite une haute valeur ajoutée en méthodologie et en validation pour « assimiler » cette information spatialisée dans le domaine de la santé et l'adapter à une problématique spécifique comme la trypanosomiase en Afrique. En ce qui concerne les méthodes, la recherche de relations spatiales spécifiques pose aussi le problème de la stratégie de terrain qu'il faut redéfinir, compte tenu des besoins de la validation. La base de données spatialisée que nous avons élaborée dans ce travail est un outil à double usage : il permet de rechercher ou de préciser des relations spatiales entre l'environnement, le vecteur et l'homme, en mettant à la disposition de l'épidémiologiste un système intégré de représentation des connaissances, puis en second lieu, d'opérer un transfert de ces connaissances vers les utilisateurs.

L'utilisation de l'imagerie satellitaire a déjà donné des résultats prometteurs pour la trypanosomiase animale, ciblant la localisation de glossines vectrices par identification des zones de contact en relation avec la végétation (11, 12). Dans le cas de la THA, le faciès épidémiologique de la zone d'étude en Côte d'Ivoire est complexe. De nombreux facteurs conditionnant la transmission de la THA ne sont identifiables que par un travail de terrain (points d'eaux, groupes ethniques). L'identification des densités de campements par l'imagerie satellitaire semble cependant possible, mais les corrélations avec le risque de transmission de la THA doivent être vérifiés par des validations de terrain, par exemple par un dépistage non exhaustif de populations résidant dans ces fortes densités de campements. Un paramètre épidémiologique important est le caractère chronique de la maladie. En effet, une période de plusieurs mois à quelques années sépare la piqûre infectante de la glossine de l'apparition des symptômes cliniques ou de la possibilité d'effectuer un diagnostic de THA. Ainsi, si l'image satellite donne une situation à un temps donné, il est certain que les modifications du biotope, l'apparition et la disparition de nombreux campements pendant la durée d'incubation de la maladie (mois ou années) pour les malades qui sont dépistés dans la zone d'étude ne sont pas quantifiables sur l'image SPOT. Ce décalage est un facteur limitant pour notre approche.

CONCLUSION

Les technologies d'observation de la Terre et les méthodes actuellement disponibles d'intégration de données ne permettent pas d'envisager systématiquement le passage des données d'observation à l'opérationnel. La télédétection joue un rôle particulier comme source d'information spatialisée nouvelle. De nombreuses actions de recherche et de développement sont encore nécessaires sur l'information spatialisée, les méthodes de traitement, la validation, l'exploitation et les modalités de transfert des résultats. En ce qui concerne les problématiques de santé, les données spatialisées doivent être intégrées à d'autres connaissances notamment sur l'environnement et les sociétés. Pour appréhender la complexité de ces phénomènes et proposer des résultats directement utilisables, il apparaît essentiel de savoir mobiliser des compétences pluridisciplinaires et de s'investir sur des processus de transformation non linéaires de données en connaissances, d'expertises et de produits utiles aux décideurs. Aussi, des avancées conceptuelles doivent émerger de la confrontation aux réalités du terrain pour que la lecture de l'information utile ouvre la voie à de nouvelles perspectives scientifiques dans ce domaine ■

***Remerciements** • Ce travail a été financé par le Ministère français des Affaires Etrangères, Fonds d'Aide à la Coopération, le département de l'IRD, « Soutien et formation des communautés scientifiques du sud », directeur H. de Tricornot, pour le stage de Mohamed Tarek. par l'unité IRD « Espace » de la Maison de la télédétection de Montpellier, et par l'UR 035*

« Trypanosomoses Africaine » de l'IRD. Nous remercions particulièrement Claude Laveissière et Jean-Pierre Hervouet (IRD) pour la mise à disposition des données épidémiologiques, Pierre Peltre (IRD Bondy) pour la fourniture des cartes sur la région de Sinfra, le GDTA, Groupement pour le Développement de la Télédétection Aérospatiale (Toulouse) pour le financement du stage de DESS de Serge Nanga.

REFERENCES

1 - WHO/WORLD HEALTH ORGANIZATION - Control and surveillance of African trypanosomiasis. Report of a W.H.O. Expert Committee. WHO Technical Report Series 881, 1998, 123 p.

2 - GOUTEUX J.P., LAVEISSIERE C., BOREHAM P.F.L. - Ecologie des glossines en secteur pré-forestier de Côte d'Ivoire. 2. Les préférences trophiques de *Glossina palpalis* s.l.. *Cah. ORSTOM, Ser. Ent. Med. Parasitol.* 1982 ; **20** : 3-18.

3 - CHALLIER A., LAVEISSIERE C. - Un nouveau piège pour les captures des glossines *(Glossina : Diptera, Muscidae)* : description et essais sur le terrain. *Cah. ORSTOM, Ser. Ent. Med. Parasitol.* 1973 ; **11** : 251-262.

4 - DIALLO P.B., TRUC P., LAVEISSIERE C. - A new method for identifying blood meals of human origin in tsetse flies. *Acta Trop.* 1997 ; **63** : 61-64.

5 - LAVEISSIERE C., COURET D., STAAK C., HERVOUET J.P. - *Glossina palpalis* et ses hôtes en secteur forestier de Côte d'Ivoire. Relations avec l'épidémiologie de la trypanosomiase humaine. *Cah. ORSTOM, Ser. Ent. Med. Parasitol.* 1985 ; **23** : 297-303.

6 - LAVEISSIERE C., MEDA A.H. - Incidence de la maladie du sommeil et densité de campements de culture en fôret de Côte d'Ivoire : possibilité de prédiction des zones à risques pour la mise en place précoce d'un réseau de surveillance. *Trop. Med. Int. Health* 1999 ; **4** : 199-206.

7 - LOINTIER M. - Approche de processus hydrologiques par indicateurs spatialisés. Colloque d'hydrotechnie, 167e session, pub. *SHF* 2001 ; 63-70.

8 - MATHERON G. - Estimating and Choosing, 1989, Springer-Verlag ed., Berlin Heidelberg, New York.

9 - DIGGLE, PETER J. - Statistical Analysis of Spatial Point Patterns. Academic Press ed., 1983, London.

10 - VENABLES W. N., RIPLEY B. D. - Modern Applied Statistics with S-Plus. Springer-Verlag ed., New York, 1994.

11 - HENDRICKS G., NAPALA A., SLINGENBERGH J.H.W. et Coll. - The spatial pattern of trypanosomosis prevalence predicted with the aid of satellite imagery. *Parasitology* 2000 ; **120** : 121-134.

12 - ROGERS D.J. - Satellites, space, time and the African trypanosomiases. *Adv. Parasitol.* 2000 ; **47** : 129-171.

Un atelier de réflexion s'est tenu à Niamey, en février 2000, organisé par le Centre de recherche sur les méningites et les schistosomoses (Cermes). Ce livre rassemble toutes les communications qui y ont été présentées.

La première partie fait le point sur les méthodes et les stratégies de lutte applicables aujourd'hui en Afrique de l'Ouest, au regard de l'objectif visé qui reste la réduction de la morbidité bilharzienne. La deuxième partie de l'ouvrage est une mise à jour de la situation épidémiologique et des programmes nationaux de lutte dans les pays représentés à l'atelier. Chacun a exposé ses résultats et les difficultés rencontrées.

Dans une troisième partie, la synthèse des débats permet de préciser les besoins logistiques et financiers ainsi que les efforts à développer en termes de formation et de recherche pour optimiser les programmes de lutte. Les recommandations de cette rencontre font ressortir la nécessité de coordonner les actions entreprises dans les différents pays. Un réseau a été créé pour faciliter la diffusion de l'information et favoriser l'entraide entre les équipes nationales et les chercheurs concernés.