

**SYSTEME D'INFORMATION GEOGRAPHIQUE
POUR LA LUTTE CONTRE LA MALADIE DU SOMMEIL
EN COTE D'IVOIRE (SIG-THA)**

**Max-Jacob BAUDOUHAT*, Yatié DIOMANDE*, Kouadio KONAN*, Eric BAHINTCHIE*
Jean-Pierre HERVOUËT****

*Centre de Cartographie et de Télédétection (CCT)
Bureau National d'Etudes Techniques et de Développement (BNETD)
bahintch@bnetd.sita.net

**Institut Pierre Richet (IPR)
Organisation de Coordination et de Coopération pour la lutte contre les Grandes Endémies (OCCGE)
hervouet@bouake.ird.ci

Inter-technical Commission IC-24

ABSTRACT

In the course of the last few decades, some outstanding technics of fighting against sleeping sickness have been implemented. However, the situation related to this endemo-epidemic has never been so dramatic. Today, more than 55,000,000 people are exposed to the evil in 36 vulnerable sub-saharan Africa, particularly in Côte d'Ivoire. The World Health Organisation thinks that 300,000 people are stuck down by this deadly disease (1994 estimation). In addition, the dynamics of this pathology, in absence of detection and care, has a real danger hung heavily on the economies of the countries concerned and particularly on the plantation economies.

In order to allow the medical authorities to identify, to mark and to form into hierarchy the areas likely to be stuck down by the disease and thus to set up a proper medical supervision of this areas so as to minimize the risks, CCT and IPR have developed a geographical investigation system made up of the following four modules :

A descriptive module, whose objective is to make the medical authorities to be aware of the very existence of the disease in Côte d'Ivoire, thanks to the epidemiological research carried out by IPR and IRD on many known sources. In fact, due to lack detection capacity, this disease is most of the time said to be eradicated.

An Explanatory Module permitting, thanks to those data analysis in their geographical context cartographed at scale of 1: 50,000, to put into relief the correlation between the geographical topology (geo-type) of the areas concerned and the prevalence of the disease (like for example, camp density and the growth rate of the population, etc);

A predictive module, whose objectif is to pre-identify the risk areas and to quantify this risk, on the basis of the geo-type in the region of supervision; the risk factor which is simply based on five risk conditions that estimate exploits the pertinent geographical data from SPOT satellite pictures and data from population and housing a census.

And decision support module capable of facilitating the organization of the logistics and human means to be carried out so as to eradicate the disease (detection planning and organization, care, campaigns, etc).

The three first modules of the system have been developed with ESRI Arc View and its Spatial Analyst extension, and CartoMapFlux [SERTIT-France]. The decision support module is to be implemented in with ESRI Network analyst. A Microsoft ACCESS database contains the epidemiological and demographical information.

INTRODUCTION

Au cours des dernières décennies, des organismes de recherche ont étudié les grandes maladies qui minent l'Afrique et ont proposé des méthodes de lutte tout à fait remarquables. C'est ainsi que l'Institut Pierre Richet (IPR) en Côte d'Ivoire a découvert une nouvelle méthode, pour la lutte contre la Trypanosomiase Humaine Africaine (THA) ou maladie du sommeil. Cette méthode s'appuie sur des données géolocalisées et des données descriptives. L'IPR s'est, de ce fait, associé au Centre de Cartographie et de Télédétection (CCT) du BNETD en Côte d'Ivoire, pour mettre en œuvre un système exploitant cette nouvelle méthode. Le système a été baptisé "**Système d'Information Géographique pour la lutte contre la maladie du sommeil en Côte d'Ivoire**".

Le présent document va aborder les aspects d'origine et d'évolution de la maladie du sommeil en Côte d'Ivoire. Ensuite, il va s'attarder sur la conception de cette nouvelle méthode de lutte avant de donner des solutions pratiques pour sa mise en œuvre.

1. HISTORIQUE ET EVOLUTION DE LA TRYPANOSOMIASE HUMAINE AFRICAINE (THA)

1.1. Description de la maladie

Les trypanosomiasés sont des maladies parasitaires dues à des protozoaires flagellés du genre trypanosoma, transmises à l'homme par des insectes hématophages. On distingue :
la Trypanosomiase Humaine Africaine, connue sous le nom de maladie du sommeil, due à trypanosoma brucei gambiense et trypanosoma brucei rhodesiense (Afrique orientale), transmises à l'homme par la piqûre d'un insecte hématogène, la glossine ou mouche tsé-tsé, strictement africaine ;
la Trypanosomiase Américaine ou maladie de Chagas. Le parasite trypanosoma cruzi est transmis à l'homme par les piqûres des réduves (sorte de punaise). Jusqu'ici, cette maladie n'a pas été signalée en Afrique.

La maladie du sommeil est une maladie parasitaire, le plus souvent mortelle si elle est mal ou tardivement traitée. Lorsque le parasite responsable appelé trypanosome a pu pénétrer dans le corps humain, il reste cantonné dans le sang pendant une période indéterminée, pouvant aller jusqu'à plusieurs années, sans que le porteur présente de symptôme de la maladie.

Plus tard, la pénétration du trypanosome dans le liquide céphalo-rachidien provoque une altération générale du patient. Le malade commence à ressentir une fatigue chronique et des maux de tête, tandis que des ganglions importants se forment au niveau de la base du cou. La conséquence directe est l'incapacité du patient à travailler normalement. **Néanmoins, ces symptômes ne sont pas spécifiques à la maladie si bien que la maladie n'est pas aisée à détecter pour un non-spécialiste.**

Si le malade n'est pas correctement soigné, sa situation ne peut qu'empirer. Troubles du sommeil et perturbation des instincts s'associent à des troubles psychiques. Puis, le cerveau commence à présenter des lésions telles que le malade devient grabataire et peut difficilement se mouvoir. Dans la phase terminale, il sombre dans un état de déchéance organique avec sommeil comateux conduisant à une mort inéluctable.

1.2. Historique de la maladie en Côte d'Ivoire

Dès la fin du 19^e siècle, la maladie est détectée dans l'ouest du pays. Au début du 20^e siècle, l'ampleur de la maladie est minimisée afin de ne pas décourager l'installation d'éventuels colons. Néanmoins, les observations des médecins de l'époque confirment que la maladie est toujours présente en Côte d'Ivoire. A partir de 1932, grâce au Dr. Jamot, la lutte contre la maladie s'organise puis s'intensifie à partir de 1939. Cette année là, environ 118.000 personnes sont visitées, parmi lesquelles on trouve plus de 4.000 malades, essentiellement dans l'Ouest et le Centre Ouest du pays. Ce rythme se maintient jusqu'au début des années 60 où les campagnes de soins aux populations commencent à porter leurs fruits.

Cependant, après l'indépendance, on assiste à un affaiblissement des équipes mobiles chargées du contrôle de la maladie sur le territoire. Même si la maladie est toujours présente, le nombre de malades soignés diminue, du fait de la réduction des activités de contrôle.

A partir de 1975, les organismes de recherche tels que l'Institut Pierre Richet (IPR) entreprennent des prospections dans des zones géographiques déterminées. Ces opérations montrent que la maladie est toujours présente, même si elle n'est pas officiellement reconnue.

2. CONCEPTION D'UN SIG POUR RENFORCER LA LUTTE CONTRE LA THA

2.1. Origine de l'approche SIG

L'un des objectifs des organismes de recherche est de proposer aux autorités sanitaires du pays des stratégies de lutte adaptées, contre la maladie. Pour cela l'Institut Pierre Richet a mené de nombreuses campagnes de terrain destinées à mettre en évidence l'existence de malades mais aussi à en diminuer le nombre.

Les chercheurs de l'Institut Pierre Richet (IPR) ont mis en évidence des corrélations entre des variables géographiques et démographiques et des variables sanitaires, quantifiant ainsi le risque de certaines zones. A partir d'exemples de foyers connus, la mise en œuvre de l'analyse des données permet de prévoir le risque sanitaire dans une zone, en fonction de ses caractéristiques environnementales.

Ainsi, en utilisant des données environnementales, l'on pourrait identifier à l'aide d'un système informatique, des zones exposées à la maladie et planifier des campagnes de lutte, afin de contrôler la maladie. Ledit système devra gérer des données sur les caractéristiques de l'environnement. Ces données sont dans certains cas géolocalisées (habitat, végétation, etc.) et dans d'autres cas simplement descriptives (population, etc.). Les SIG sont par définition, des outils conçus pour gérer ces différents types de données.

2.2. Définition des objectifs principaux du SIG

Les objectifs principaux sont de :

- sensibiliser les autorités sanitaires à l'existence même de la maladie en Côte d'Ivoire, grâce aux données d'enquêtes épidémiologiques acquises par l'IPR et ses partenaires sur plusieurs foyers connus ;
- mettre en évidence, grâce à l'analyse de ces données, l'existence d'une corrélation entre la typologie géographique des zones concernées et la prévalence de la maladie ;
- quantifier le risque de l'existence ou du développement de la maladie dans certaines zones jamais prospectées et ce, compte tenu de leurs typologies géographiques ;
- développer, en conséquence, un outil opérationnel à l'échelle nationale, apte à préidentifier les zones à risque (classées selon une échelle de risque), et à faciliter l'organisation des moyens à mettre en œuvre pour endiguer la maladie.

Il convient donc, pour ce faire, d'utiliser un outil puissant capable de prendre en main l'exploitation et l'analyse des données tant géographiques qu'épidémiologiques. On fera par conséquent appel à un Système d'Information Géographique.

Pour répondre aux exigences énumérées dans les objectifs principaux et pour faciliter la mise en œuvre d'un produit final, il faut décomposer le projet en modules :

- le module descriptif : il permet de sensibiliser les autorités compétentes à l'existence de la Trypanosomiase Humaine Africaine. Il consiste essentiellement à représenter les différents foyers connus avec le nombre de malades recensés lors des différentes prospections ;
- le module explicatif : il met en évidence, de façon simple, le lien entre les caractéristiques du milieu et l'existence de la maladie ;
- le module prédictif : son objectif est d'identifier, sur des espaces non encore prospectés, les zones où tous les facteurs favorisant le développement de la maladie sont réunis ;
- le module d'aide à la décision : compte tenu des connaissances acquises en matière de prospection médicale en ce qui concerne la logistique et l'organisation, ce module évalue les besoins et les coûts des interventions dans les zones où les opérateurs sanitaires envisagent d'intervenir.

Les objectifs du SIG ayant été définis, il nous faut maintenant décider de l'organisation à mettre en place pour sa réalisation et définir nos besoins en données et en logiciels.

2.3. Planification de la mise en œuvre du SIG

L'organisation mise en place est pluridisciplinaire. Elle s'appuie sur des connaissances géographiques, informatiques et épidémiologiques. Les deux structures partenaires réunissent en leurs seins toutes ses compétences. Cependant, compte tenu du caractère innovateur et académique du projet, les développements informatiques ont été confié à un élève ingénieur, durant son stage de fin de cycle.

Les données nécessaires au SIG peuvent être classées en trois types, selon leurs origines :

- les données démographiques, issues du recensement général de la population et qui a lieu tous les 10 ans environ. Ces données décrivent la population (nombre d'habitants) rattachée à son habitat ;
- les données épidémiologiques, provenant des diverses prospections effectuées et des différents centres de santé. Ces informations nous renseignent sur les malades (nom du malade, ethnie, etc.), le stade de la maladie, le lieu et la méthode de dépistage (nom de l'hôpital, nom de la localité, etc.) ;
- les données géographiques, issues des cartes topographiques numériques à 1:50.000 du CCT. C'est un ensemble de thèmes qui sont regroupés par classes (réseau routier, hydrographie, végétation, etc.).

Le SIG, dans sa phase finale, devra être opérationnel sur l'ensemble du territoire ivoirien. Cependant, les différentes données n'étant pour le moment disponibles que dans certaines zones, nous avons décidé de monter le projet sur des zones pilotes où toutes les données sont actuellement disponibles. Ainsi pour le module Descriptif, la zone pilote est le Centre Ouest de la Côte d'Ivoire. Pour les modules Explicatif et Prédicatif, nous nous focaliserons essentiellement sur des foyers. Enfin, pour le module d'intervention, la zone pilote sera toute la zone forestière ivoirienne.

Le système à réaliser permet d'effectuer des requêtes simples, des analyses croisées sur les données démographiques et épidémiologiques. Il permet aussi, en plus des fonctionnalités standards des SIG, de manipuler et d'analyser des données spatiales, de présenter une interface personnalisée. Il permettra en sus, de choisir les itinéraires les plus opérationnels.

Au vue de ces contraintes, nous avons choisi d'utiliser le logiciel de ESRI ARCVIEW 3.0a sur WINDOWS 95, produit sur lequel le CCT possède une certaine expérience. Deux modules complémentaires de ARCVIEW, DIALOG DESIGNER et SPATIAL ANALYST, sont utilisés afin de répondre pleinement aux besoins spécifiés. Le module d'Intervention sera implémenté à l'aide du module NETWORK ANALYST. Les données épidémiologiques et démographiques étaient réparties dans plusieurs fichiers au format Excel et au format Texte. Nous avons choisi de regrouper ces données, dans une base de donnée relationnelle sous MICROSOFT ACCESS 97, qui fournit tous les outils nécessaires, pour faire les requêtes envisagées pour le système.

3. REALISATION DU SIG

Le projet étant découpé en modules, nous avons recherché des solutions techniques pour chaque module et ainsi, l'ensemble des solutions proposées constitue une solution pour tout le projet.

3.1. Solutions techniques retenues

Le projet est divisé en quatre modules et pour chacun de ces modules, nous allons décrire la solution technique retenue.

3.1.1. Module descriptif

Ici, on effectue une représentation des malades sur une carte de la Côte d'Ivoire, avec une légende appropriée. Les malades sont d'abord rattachés à des entités géolocalisées (campement, village, département, etc.). Ces entités sont ensuite représentées à l'écran, selon une légende qui est fonction du nombre de malades qui s'y rattache. Ces représentations vont permettre de montrer aux autorités compétentes que la maladie existe bien en Côte d'Ivoire.

Pour obtenir les représentations désirées, plusieurs tâches sont à considérer. Les données épidémiologiques et démographiques sont d'abord incorporées à la base de données qui a été réalisée sous MICROSOFT ACCESS 97. Ces données sont ensuite traitées selon la nature du document que l'utilisateur veut obtenir. Dans le cas, d'une représentation des malades par village par exemple, on fera, à partir de la table des malades, un regroupement sur le champ contenant le code identifiant le village du malade et on comptera chaque élément. En langage SQL, cette requête s'écrirait :

```
SELECT code_village, COUNT[identifiant_malade] AS nombre
FROM malade
GROUP BY code_village
```

Le logiciel de SIG ARCVIEW opère ensuite une jointure entre les données issues de la requête et les données géographiques. Cette jointure permet de faire correspondre à chaque entité géographique, les résultats de requêtes issues de la base de données. A partir de ces données, on affiche dans une vue, chaque entité selon une légende prédéfinie. Ces vues sont utilisées dans des cartes préparées qui peuvent être imprimées sur commande de l'utilisateur.

3.1.2. Module explicatif

Cette phase a pour but d'instruire. Elle met en évidence, de manière simple, les données environnementales (densité de campements, structuration des activités agricoles, etc.) qui conditionnent la maladie. Ce sont ces données que nous désignons par le terme indicateur de risque. On représentera donc, sur une carte, les différents indicateurs de risque avec le nombre de malades. Cette représentation permettra de faire un rapprochement entre la quantité de malades et les conditions environnementales.

En ce qui concerne la représentation des malades, l'organigramme suivi est le même que celui du module descriptif. Par contre, pour la représentation des indicateurs de risque, nous utiliserons l'extension SPATIAL ANALYST de ARCVIEW.

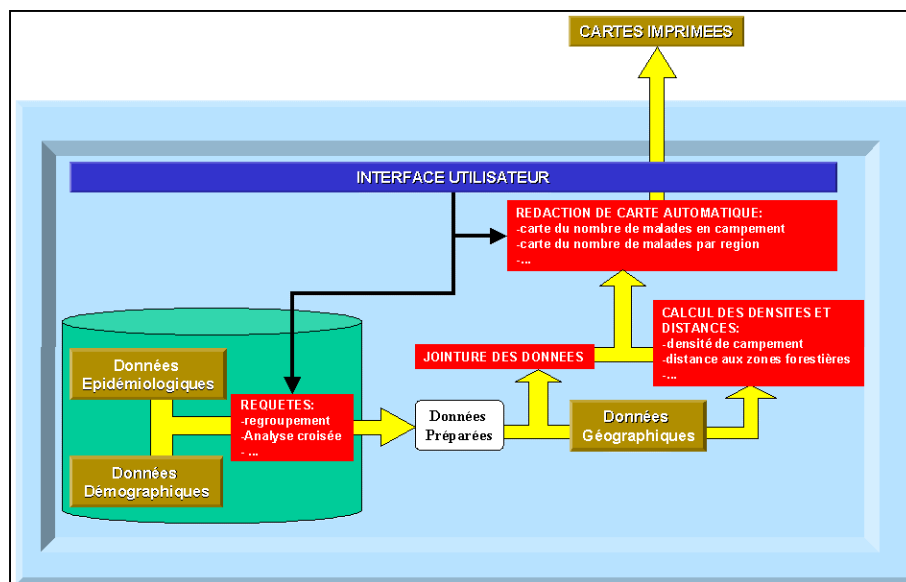


Figure 2. Organigramme du module explicatif

Cette extension utilise la notion grille pour ces calculs de densité et de proximité. Nous fixerons une longueur de un kilomètre (1Km), pour chaque cellule de la grille. Ainsi, à partir des données géographiques et après traitement sous SPATIAL ANALYST, on retrouve toutes les données environnementales qui conditionnent la maladie. Par exemple, pour avoir la densité de campements, à partir du fichier de point de campements, on demande à SPATIAL ANALYST de calculer la densité des points avec une cellule de longueur 1Km. Le résultat s'affiche alors à l'écran et en fonction de nos seuils identifiés, nous composons la légende.

3.1.3. Module prédictif

Le système doit prédire, pour toute la Côte d'Ivoire, le risque de la maladie grâce à la relation mise en évidence entre les données épidémiologiques et les données environnementales. Il va permettre de distinguer les espaces où le risque existe de voir se développer la maladie et celles où le risque n'existe pas. Ce risque doit être quantifié de façon à définir des priorités d'intervention.

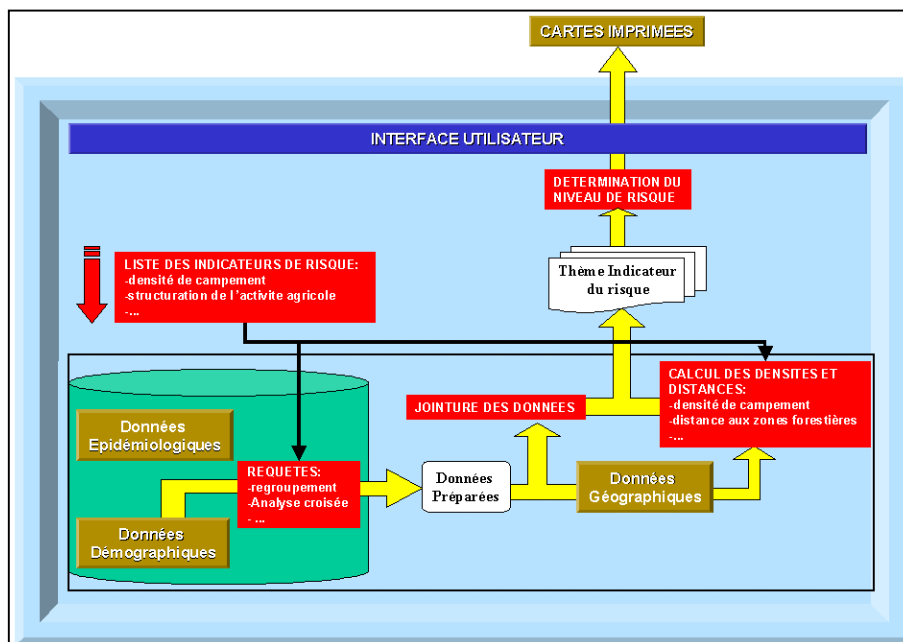


Figure 3. Organigramme du module prédictif

Le système crée et stocke, de façon autonome, des thèmes relatifs à chaque indicateur de risque. Par exemple, pour la densité de campement, le système, grâce à Spatial Analyst, crée un thème densité de campement avec des seuils prédéterminés. Il enregistre ce thème dans un fichier et passe à l'indicateur suivant. Une fois tous les thèmes constitués, le système, toujours grâce à SPATIAL ANALYST, crée un thème qui est la combinaison de tous les indicateurs. C'est ce nouveau thème qui indiquera, pour chacune de ces cellules, le niveau du risque de développement de la maladie, dans la zone considérée.

3.1.4. Module d'aide à la décision

Le système doit être capable d'évaluer les coûts des prospections et identifier, en fonction de plusieurs critères les zones les plus "faciles" à prospector.

Tous les paramètres qui ont une influence sur le coût d'une mission sanitaire (population à visiter, nombre de centres de santé aux environs, état des routes, etc.) sont indiqués à NETWORK ANALYST, soit par la base de données, soit par les données géographiques. NETWORK ANALYST évalue alors, au moyen de formules prédéfinies, le coût des missions dans les zones envisagées par l'utilisateur.

Une fois les solutions techniques choisies, elles sont implémentées sous Arcview et on procède à la collecte des données nécessaires. Ce travail est en cours et nous vous donnons, dans la section suivante, son état d'avancement.

3.2. Etat d'avancement du SIG

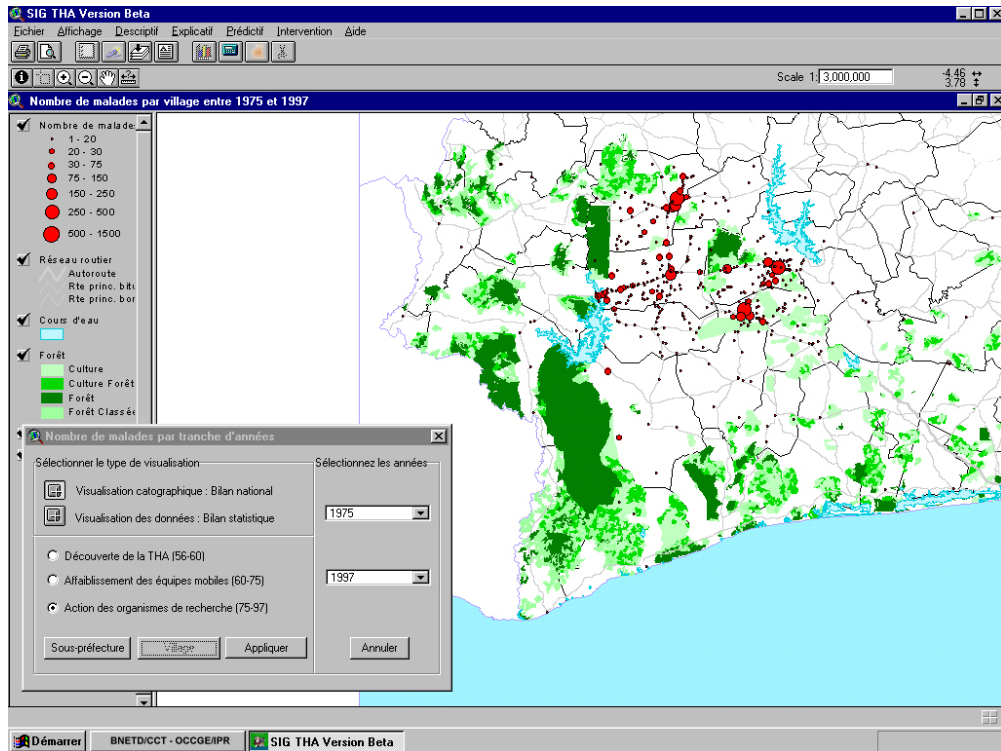


Figure 4. Module descriptif - nombre de malade par village entre 1975 et 1997

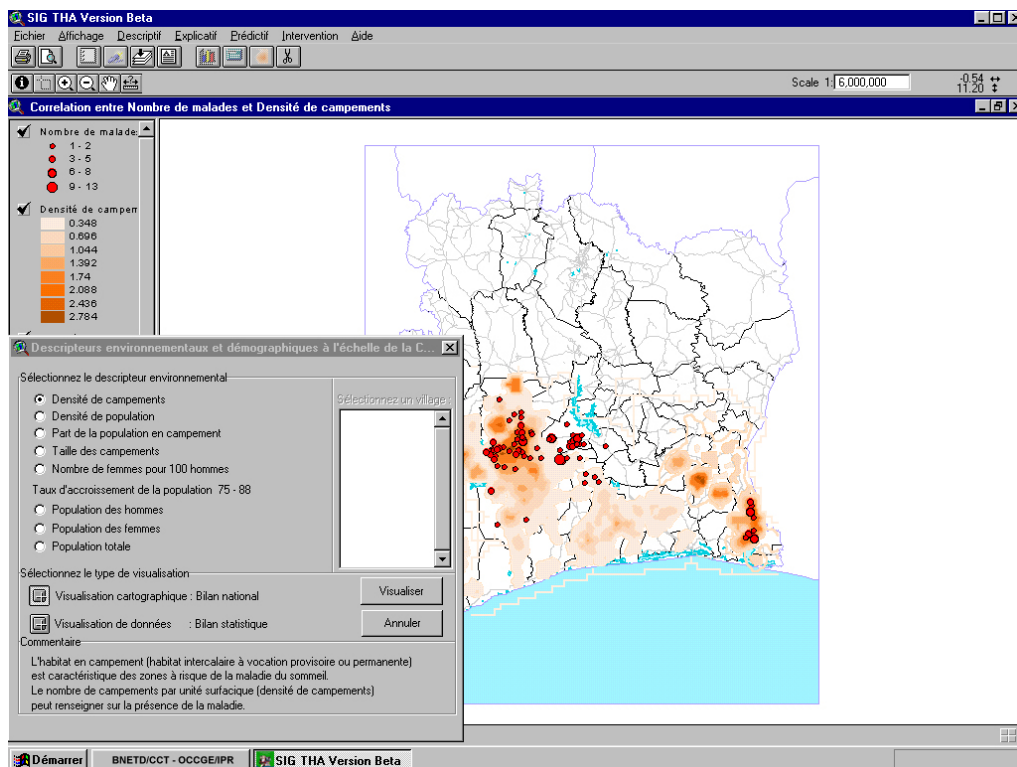


Figure 5. Module explicatif - Corrélation entre Nombre de malades et Densité de campements

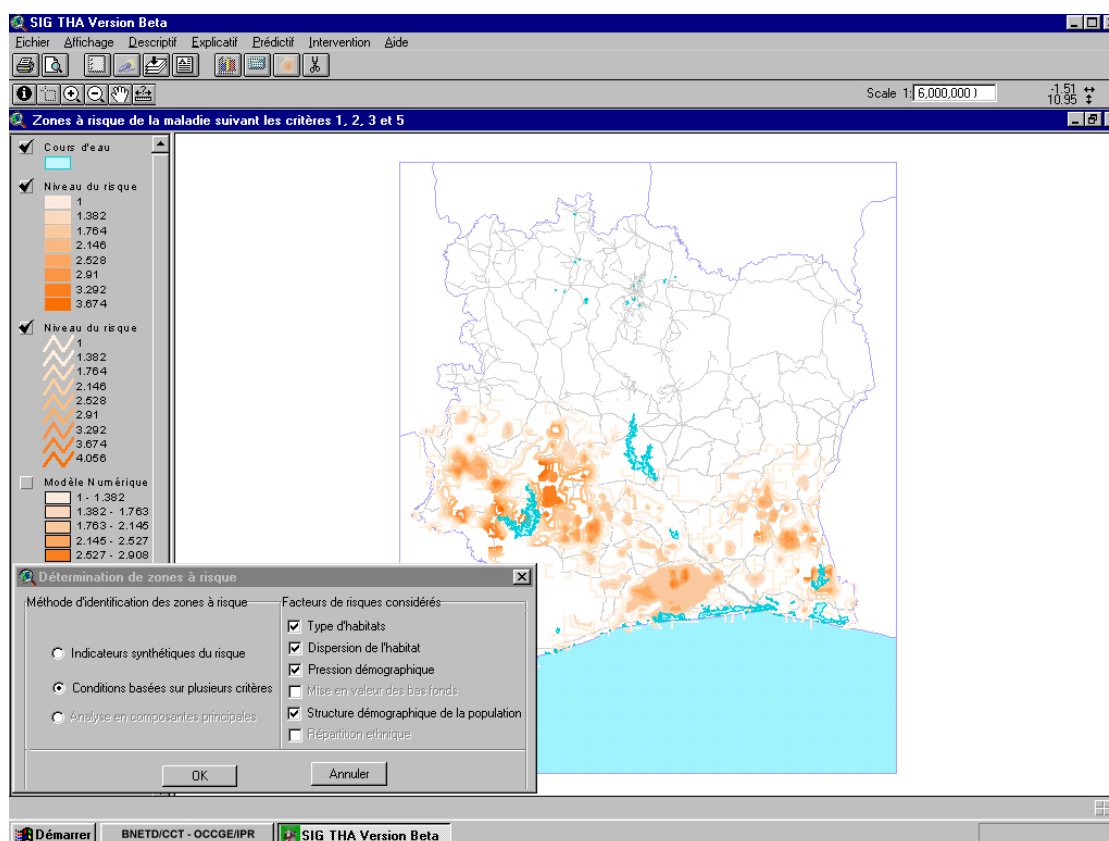


Figure 6. Module Prédicatif - Zones à risque de la maladie suivant les critères : Type d'habitats, Dispersion de l'habitat, Pression démographique et Structure démographique de la population.

Le SIG qui est en cours tourne autour d'un applicatif qui est développé sous Arcview 3.0.a. Bien sûr, la réalisation de cet applicatif n'implique pas celle du SIG, puisqu'il restera encore à acquérir les données géographiques utiles, sur toute l'étendue du territoire national, chose qui ne se fera pas avant l'an 2000. Cependant, suivre l'évolution de cet applicatif nous renseigne beaucoup sur l'évolution même du SIG.

Ainsi, en ce qui concerne les modules du projet, le module Descriptif est entièrement terminé, le module Explicatif et le module Prédicatif sont en cours de réalisation. Le module d'Intervention n'a pas encore été abordé. Une version Bêta test du S.I.G. en cours de validation, est mis à la disposition du partenaire.

CONCLUSION

L'utilisation d'un SIG pour lutter contre la maladie du sommeil est une approche nouvelle en Côte d'Ivoire qui se révèle très pertinente. En effet le SIG permet d'avoir simplement et à peu de frais, une surveillance précise et globale de la maladie du sommeil en Côte d'Ivoire, une anticipation sur les zones susceptibles de voir la maladie se développer et une optimisation des actions de lutte pour endiguer cette maladie. Ce système va ainsi permettre de sauver un grand nombre de personnes soumises au risque de la maladie du sommeil, tout en réduisant le plus possible, les efforts financiers des organismes de santé. Un tel outil devra, à la longue, être adapté aux conditions environnementales des autres pays africains, afin de les aider dans leurs luttes contre ce fléau. Ce système peut aussi servir de base, dans le principe, au contrôle d'autres maladies endémiques, émergentes ou ré-émergentes.