

## Approche géographique dans la lutte contre le paludisme dans la région des Hautes Terres Centrales à Madagascar

Rakotomanana F<sup>1</sup>, Jeanne I<sup>1</sup>, Duchemin JB<sup>1</sup>, Pietra V<sup>2</sup>, Raharimalala L<sup>1</sup>, Tombo ML<sup>2</sup>, Arieu F<sup>1</sup>

**RESUME** Depuis la réinvasion des Hautes Terres Centrales par *Anopheles funestus*, ayant entraîné l'épidémie meurtrière du paludisme à partir de 1986, la lutte antipaludique, à Madagascar, associe la lutte antivectorielle et la chimiothérapie précoce. Des opérations de pulvérisation intra-domiciliaire de DDT pm 75 ont été menées depuis 1988 sur les Hautes Terres, d'abord entre les altitudes de 1000 à 1500 mètres, puis dans les foyers épidémiques déclarés par les postes sentinelles de surveillance épidémiologique (PSSE) implantés par la Coopération Italienne. L'objectif de ce système d'alerte est surtout de prévenir de nouvelles épidémies. Le recours à d'autres outils, tels les Systèmes d'Information Géographique (SIG) et la télédétection, semble alors intéressant pour compléter cette stratégie. Ils contribuent à la détermination des gîtes larvaires très productifs d'*An. funestus*, essentiellement les rizières. Cette étude permettra d'élaborer un modèle prédictif qui peut servir à cibler les zones à pulvériser. Ainsi, les SIG constituent des outils d'aide à la décision.

La surveillance de la résistance aux antipaludiques est une autre forme de stratégie de lutte contre le paludisme. Plusieurs facteurs interviennent dans l'évolution de cette résistance. La constitution des SIG sur la résistance visera à intégrer des données spatiales et temporelles qui peuvent mieux faire comprendre cette évolution.

Les données obtenues grâce aux SIG et à la télédétection, lors de cette étude, peuvent être utilisées dans les programmes de luttés contre d'autres maladies à transmission vectorielle existantes à Madagascar. Il faudra alors tenir compte des facteurs environnementaux spécifiques de chaque maladie.

**Mots-clés** : Paludisme - Programme de lutte - Système d'Information Géographique - Madagascar.

**ABSTRACT** "Geographic Information System as a supplementary tool in malaria control in Madagascar" : Following the severe malaria outbreak in the central highlands in Madagascar in 1986, a vector control program by use DDT pm 75 house-spraying has been implemented to operate in areas located at altitudes between 1000 and 1500 m. Early treatment with chloroquine has also been incorporated in the control program. To detect areas at particular high risk for malaria outbreak the Geographic Information System (GIS) has been applied and tested. The study has shown that the system can be used in malaria surveillance in order to identify areas in which an intense distribution of *Anopheles funestus* can be anticipated and, hence, targeted in spraying campaigns. The system may also be used to monitor changes in anti-malarial drug resistance, in addition, to control of other vector-borne diseases.

**Key-words** : Malaria - Control program - Geographic Information System - Madagascar.

### INTRODUCTION

L'histoire du paludisme à Madagascar est marquée par des épisodes épidémiques sur les Hautes Terres Centrales (HTC), zone de paludisme instable. La population y est dépourvue de prémunition. Des épidémies y ont été décrites en 1878, puis en 1885 et la dernière remonte aux années 1980 [1]. La lutte contre le paludisme était constituée par une lutte antivectorielle : des opérations de pulvérisation intra-domiciliaire de DDT avaient été effectuées dans les années 1950. Elles recouvraient

presque toute l'île. Elles ont été arrêtées en 1975. Cette lutte antivectorielle était associée à une chimioprophylaxie des enfants (nivaquinisation), instaurée en 1949, et abandonnée en 1979. L'effondrement des structures sanitaires, associé à la réinvasion des HTC par *Anopheles funestus* ont entraîné les épidémies meurtrières de 1986 et des années suivantes.

Les pulvérisations intra-domiciliaires de DDT ont été reprises en 1988. La reprise s'est fait d'abord sur les principaux foyers. Puis les campagnes ont été étendues à la plupart des communes rurales situées entre 1 000 et 1 500 m d'altitude, strate généralement considérée à paludisme instable. Le nombre d'habitants protégés

<sup>1</sup> Institut Pasteur de Madagascar, BP 1274 - 101 Antananarivo - Madagascar.

<sup>2</sup> Coopération Italienne c/o Direction de Lutte contre les Maladies Transmissibles, BP 460 - 101 Antananarivo - Madagascar.

a été évalué à 720 000 en 1988-1989, à 380 000 en 1989-1990, à 480 000 en 1990-1991 et, à 2 400 000 en moyenne entre 1993 et 1997, période pendant laquelle ces campagnes ont été dénommées opération de pulvérisation intra-domiciliaire de DDT (OPID) [1]. L'insecticide utilisé était le DDT *pm* 75%, à la dose de 2 g/m<sup>2</sup> [2,3]. Le financement de l'OPID était assuré par des crédits de la Banque Mondiale. Il a été estimé à 1 million de dollars par an.

À l'arrêt de l'OPID en 1997, un système d'alerte clinique a été mis en place avec l'appui financier de la Coopération Italienne. Il est constitué de postes sentinelles de surveillance épidémiologique (PSSE) ayant pour objectif de prévenir les épidémies. Le choix des zones à pulvériser est basé selon les alertes épidémiques déclarées l'année précédente. De même, les résultats de l'étude parasitologique transversale effectuée en 1998 (*Rapport n°3 du Programme National de Lutte Antipaludique*) ont été considérés [4]. La campagne d'aspersion intra-domiciliaire (CAID) prend donc le relais de l'OPID en 1999. Elle est étendue sur les marges des Hautes Terres, jamais traitées tout en gardant les zones considérées comme des foyers résiduels à risque.

## METHODE

Avant l'apparition des systèmes d'information géographique (SIG) informatisés vers les années 1980, la cartographie a déjà été utilisée dans le domaine de la santé [2]. Il s'agit principalement de la représentation géographique de la distribution d'une maladie, dans l'espace, à un moment donné. La cartographie se définit alors comme un "ensemble des études et des opérations scientifiques et techniques intervenant dans l'établissement des cartes ou des plans à partir des résultats d'observations directes ou de l'exploitation d'une documentation préexistante" [3].

Le progrès de la cartographie informatisée a entraîné l'utilisation de la cartographie dans des domaines variés de la santé publique. La cartographie, améliorée, ne se limite plus à l'épidémiologie descriptive de la distribution spatiale d'une maladie. Par contre, elle offre des perspectives dans la recherche, d'où la constitution d'une base de données beaucoup plus complexe mais bien structurée et facile à gérer.

Le SIG est un système informatisé de collecte, de gestion, d'analyse et de représentation de données à référence spatiale. Certains auteurs les décrivent comme : "*un système informatique de matériel, de logiciels et de processus conçu pour permettre la collecte, la gestion, la manipulation, l'analyse, la modélisation et*

*l'affichage de données à référence spatiale afin de résoudre des problèmes d'aménagement et de gestion*" [5].

La constitution d'un SIG consiste en la création, la gestion et l'exploitation d'une base de données à caractère spatial et thématique, sa gestion, son exploitation. Un SIG peut intégrer plusieurs composantes tels les systèmes de gestion de base de données, de saisie numérique (cartes), de représentation cartographique, de traitement d'image (télé-détection), d'analyse spatiale, et d'analyse statistique. La modélisation découle des fondements logiques et théoriques résultant des analyses effectuées. Elle implique la création d'un programme informatique spécifique [6].

Le SIG est un outil au même titre que l'outil statistique, et ils ne peuvent pas être dissociés des personnes qui les utilisent. Il aide à penser et à prendre des décisions. Les études sur terrains sont aussi indispensables, d'abord pour vérifier les coordonnées des thèmes à étudier sur les images satellitaires acquises par la télé-détection, ensuite pour valider le modèle ainsi obtenu.

Le paludisme est une maladie à transmission vectorielle dont les vecteurs se développent dans un environnement bien déterminé géographiquement. L'abondance des vecteurs est conditionnée par des facteurs environnementaux favorables à leur développement. Les modèles de distribution de *Plasmodium falciparum* proposés pour l'Afrique sub-saharienne [7] prennent généralement en compte la température et la pluviométrie en tant que facteurs limitant ou favorisant la transmission du parasite. Dans la lutte antivectorielle, l'utilisation du SIG et de la télé-détection permettra d'intégrer ces paramètres environnementaux, les données épidémiologiques, entomologiques et climatologiques dans un système de base de données structuré et facile à gérer. L'étude de la corrélation spatiale de ces différents composants permettra d'établir un lien entre les modes de distribution des vecteurs, le type d'environnement, et le risque d'épidémie.

Des SIG ont été utilisés dans des programmes de lutte ou d'éradication de certaines maladies à transmission vectorielle de pays africains comme la dracunculose au Mali, la trypanosomiase au Gabon, l'onchocercose au Cameroun [5]. Ils ont contribué à la détermination de zones cibles pour des interventions rapides. Cet outil n'est pas encore développé dans le domaine de la santé publique à Madagascar, son application dans la lutte contre le paludisme devrait permettre une meilleure orientation de la stratégie de lutte.

Du fait que le principal vecteur des HTC, *An.*

*funestus* se développe dans des gîtes larvaires permanents comme les rizières, donc moins dépendantes des précipitations, leur reconnaissance semble essentielle pour la détermination du risque d'épidémie. Dans un village, l'abondance d'*An. funestus* est d'autant plus importante que la superficie des rizières, dans un rayon de 1 km, est plus grande [8]. Le recours aux SIG et à la télédétection constitue alors un atout majeur dans la détermination des zones à haute transmission.

La riziculture entretient d'une façon constante les gîtes larvaires des *An. funestus*. Les gîtes préférentiels des larves d'*An. funestus* sont les plans d'eau peu profonds des rizières, avec la végétation dressée des épis de riz avant la moisson [9,10]. L'étude de l'état des rizières permettrait donc de déterminer la potentialité de reproduction de vecteurs.

Les rizières sont en évolution permanente durant une année. La densité de la végétation change au fur et à mesure que le riz pousse en fonction de la qualité de la production. De même, la température de l'eau des rizières varie avec la saison et la baisse de l'ensoleillement due à l'ombrage des épis qui mûrissent. Chaque rizière n'offre donc pas les mêmes potentialités de reproduction des vecteurs [11].

Pour différentes raisons (variations des précipitations, possibilité d'irrigation, insécurité), la surface cultivée change d'une année à l'autre : augmentation de 3,4% entre 1992 et 1993, diminution de 24,5% entre 1993 et 1997 sur la superficie rizicole de la province d'Antananarivo (Source : *Services des Statistiques Agricoles*). Mais quand les surfaces rizicoles diminuent, on assiste au développement d'autres larves, telles celles d'*An. gambiae* sl.

Tous ces facteurs rendent plus difficile encore l'évaluation de la superficie des rizières. Il est difficile et trop lourd de pouvoir prospecter toutes les régions. Le recours à la télédétection constitue alors un atout pour visualiser les zones éloignées, en repérant les rizières à partir des images satellitales. Elle permettra ainsi d'évaluer les surfaces cultivées, et de là, les zones à pulvériser en fonction du risque encouru. Elle permet aussi d'étudier l'extension ou la contraction de la superficie rizicole en comparant des images à des moments différents. L'exemple en est l'étude de l'évolution des zones humides des secteurs semi-arides en Anatolie [12].

## DISCUSSION

La cartographie a souvent été utilisée dans l'épidémiologie descriptive bien avant son

application dans la recherche. La représentation géographique de la distribution spatiale d'une maladie a toujours procuré une meilleure visualisation de l'ensemble du problème.

La distribution de la résistance à Madagascar pourrait être étudiée de la même manière. La chimiothérapie précoce a été instaurée pour lutter contre l'épidémie du paludisme en 1988. Seulement, elle est souvent conduite de façon abusive et irrationnelle. Elle présente à la fois un avantage et un inconvénient en matière de lutte antipaludique. L'automédication associée au sous-dosage du médicament a toujours été évoquée comme principale cause de la résistance [13,14,15]. A Madagascar, des études de la sensibilité de *P. falciparum*, entreprises dans certaines régions de la côte Est et des HTC, ont montré une augmentation de la résistance à la chloroquine. Cette évolution à bas bruit est quand même à redouter si aucune mesure n'est prise pour la prévenir. Pour éviter son extension, ce problème implique une approche plus précise de la stratégie de lutte.

## CONCLUSION

Cette approche géographique de la lutte contre le paludisme, sur les Hautes Terres à Madagascar, n'est pas sans limite. Une carte thématique peut apparaître comme un document de base définitif. Elle ne représente qu'un état transitoire qui implique une répétition de l'étude dans le temps afin d'obtenir une série de documents comparatifs moyennant le prix des images satellitales. Une prise de vue doit être programmée dans les meilleurs délais pour avoir une bonne qualité d'image représentant d'une façon précise le thème à étudier, au moment voulu. Tout retard dans l'acquisition des images peut reculer une étude d'une année au moins.

L'utilisation de SIG va devenir de plus en plus prépondérante dans la lutte contre le paludisme. La détermination des zones à risque d'épidémie, repose plus particulièrement sur l'étude des rizières. Un SIG ne doit pas rester au stade de recherche. L'objectif est, surtout, de créer des modèles qui permettront de mieux choisir les zones de pulvérisation et d'utiliser les moyens de lutte à bon escient. Par ailleurs, la cartographie permet d'avoir des éléments descriptifs des différents indicateurs épidémiologiques telle que la résistance. Les bases de données construites pourraient également être utilisées pour lutter contre d'autres maladies à transmission vectorielle qui sont très nombreuses dans les pays tropicaux comme Madagascar. Il faudra alors tenir compte de la particularité de

chaque maladie et de l'environnement favorable au développement de son vecteur.

Un SIG n'est pas seulement une représentation de résultats. Il constitue un instrument de recherche appliqué à la santé publique. C'est une méthode d'approche des problèmes épidémiologiques en établissant des documents synthétiques et corrélatifs. Les SIG et la télédétection sont des outils qui ne sont pas encore développés dans le domaine de la santé. Ils promettent beaucoup dans les définitions des stratégies de lutte antivectorielle, notamment dans le choix des zones à pulvériser. Ceci est valable dans d'autres perspectives comme la surveillance de la résistance aux médicaments antipaludiques, surtout à la chloroquine qui reste encore le médicament de première intention à Madagascar.

## REFERENCES

- 1- **Randriantsimaniry D.** Lutte antivectorielle dans l'épidémie des plateaux de Madagascar. *Sante* 1995; **5** : 392-396.
- 2- **Lepers JP, Fontenille D, Andriamangatiana-Rason MD, Deloron P, Coulanges P.** Facteurs écologiques de la recrudescence du paludisme à Madagascar. *Bull Soc Pathol Exot* 1990; **83** : 330-334.
- 3- **Openshaw S.** Geographical information systems and tropical diseases. *Trans R Soc Trop Med Hyg* 1996; **90** : 337-339.
- 4- **Direction de la Lutte contre les Maladies Transmissibles/Service de Lutte contre le Paludisme.** Evaluation de l'Opération de Pulvérisation Intra-Domiciliaire de DDT (OPID). In : DLMT/SLP. Rapports 1993-1997. Antananarivo : MINSAN, 1998.
- 5- **Nuttal I, O'Neill K, Meert JP.** Systèmes d'information géographique et lutte contre les maladies tropicales. *Med Trop* 1998; **58** : 221-227.
- 6- **Dedet JP.** Rôle de la cartographie en épidémiologie. Principes généraux. Modalité d'application. *Med Mal Infect* 1977; **7** : 178-186.
- 7- **Graig MH, Snow RW, Le Sueur D.** A climate based distribution model of malaria transmission in Sub-Saharan Africa. *Parasitol Today* 1999; **15** : 105-111.
- 8- **Jeanne I.** Paludisme et schistosomoses : deux exemples d'utilisation des systèmes géographiques et de la télédétection à Madagascar. *Bull Soc Pathol Exot*, 2000; **93** : 208-214.
- 9- **Laventure S, Mouchet J, Blanchy S, Marrama L, Rabarison P, Andrianaivolambo L, Rajaonarivelo E, Rakotoarivony I, Roux J.** Le riz source de vie et de mort sur les plateaux de Madagascar. *Sante* 1996; **6** : 79-86.
- 10- **Blanchy S, Rakotonjanabelo A, Ranaivoson G.** Surveillance épidémiologique du paludisme instable. *Sante* 1993; **3** : 247-255.
- 11- **Wood BL, Beck LR, Washino RK, Palchick SM, Sebesta PD.** Spectral and spatial characterization of rice field mosquito habitat. *Int J Remote Sensing* 1991; **12** : 621-626.
- 12- **Gramond D.** Evolution actuelle des zones humides en secteur endoréique semi-aride : l'exemple de la plaine du Sultansalzigi (Anatolie intérieure, Turquie). *Secheresse* 1999; **10** : 191-197.
- 13- **Deming MS, Gayibor A, Murphy K, Jones TS, Karsa T.** Home treatment of febrile children with antimalarial drugs in Togo. *Bull WHO* 1989; **67** : 695-700.
- 14- **Ruebush TK, Kern MK, Campbell CC, Oloo AJ.** Self-treatment of malaria in a rural area of western Kenya. *Bull WHO* 1995; **73** : 229-236.
- 15- **Snow RW, Peshu N, Forster D, Mwenesi H, Marsh K.** The role of shops in the treatment and prevention of childhood malaria on the coast of Kenya. *Trans R Soc Trop Med Hyg* 1992; **86** : 237-239.