

## **THÈSE**

POUR OBTENIR LE GRADE DE

**DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ PARIS X NANTERRE**

Discipline : **GÉOGRAPHIE HUMAINE, ÉCONOMIQUE ET RÉGIONALE**

PRÉSENTÉE ET SOUTENUE PUBLIQUEMENT PAR

**HELEN DA COSTA GURGEL**

Le 19 mai 2006

**PALUDISME ET DYNAMIQUES ENVIRONNEMENTALES  
DANS L'ÉTAT DU RORAIMA  
AU BRÉSIL**



### **MEMBRES DU JURY**

Vincent DUBREUIL	Maître de conférences-HDR à l'Université Rennes II	Rapporteur
Jean-Marie FOTSING	Professeur à l'Université d'Orléans	Codirecteur
François-Michel LE TOURNEAU	Chargé de recherche au CNRS	Examineur
Jérôme MARIE	Professeur à l'Université Paris X	Examineur
Hervé THÉRY	Directeur de recherche au CNRS	Directeur
Jean-Marc ZANINETTI	Maître de conférences-HDR à l'Université d'Orléans	Rapporteur

N° attribué par la bibliothèque



*À ma chère famille,  
mon père Alcides,  
mes frères Marcio et Rafa,  
à mon éternelle mère,  
ceux à qui je dois tout.*

## REMERCIEMENTS

Quand on fait une thèse à l'étranger et dans un domaine aussi vaste, la liste de remerciements ne peut qu'être longue. Et les mots, qui manqueraient déjà dans ma langue maternelle, manquent davantage dans cette situation. À travers ces quelques lignes, je veux remercier tous ceux, amis et maîtres et parfois les deux, qui ont rendu la réalisation de cette thèse possible.

Tout d'abord, Hervé Théry, qui a accepté de me diriger, qui a accueilli mon projet et qui l'a soutenu tout au long de son développement, et qui m'a guidée dans mes premiers pas dans le nouveau monde que j'ai découvert, celui de la recherche française. Qu'il trouve ici l'expression de ma sincère reconnaissance. En m'ouvrant la porte de son Unité Mixte de Recherche IRD/Ens « Territoire et Mondialisation dans les Pays du Sud » (UMR-TEMPS), basée au département de géographie de l'École normale supérieure (Ens), Hervé Théry m'a permis de découvrir aussi la géographie française. J'en profite aussi pour remercier tous les membres des deux équipes : Fernand Verger, Sébastien Velut, Évelyne Mesclier, Jérôme Lombard, Philippe Waniez, Olga Odinetz et Pascale Barbier, ainsi que les élèves et les anciens élèves de cette institution : Annick, Linda, Ana, Romain, Yann, Guilhem, ...

Je souhaite aussi adresser un grand merci à Jean-Marie Fotsing, qui a accepté de me co-diriger à mi-chemin de ma thèse. Je lui adresse ma reconnaissance pour les longues séances de travaux, pour ses conseils et ses remarques. L'encouragement et l'aide qu'il a toujours su m'apporter ont été précieux tout au long de ces presque trois années de travail. L'accueil qu'il m'a offert au sein du pôle géomatique de l'US 140 ESPACE au centre IRD d'Orléans, qu'il coordonne, m'a fourni un support essentiel. J'en profite pour remercier à Frédéric Huyn, directeur de l'US 140 ESPACE d'avoir accepté que je fasse partie de cette dynamique équipe, et je remercie aussi pour leur appui logistique Monique et Isabelle. Je tiens à remercier aussi toute l'équipe de l'IRD d'Orléans qui m'a très bien accueillie : Jocelyne, Nathalie, Christophe, Christian, Claire, Luc, Emmanuel, Alexandre, ...

Un remerciement tout particulier et sincère à Yveline Poncet, géographe et directrice de l'IRD d'Orléans. Les longues discussions, ses conseils, ses remarques et ses corrections sans faille ont été primordiales pour la conclusion de cette thèse. Je veux aussi remercier Jean-Marc Zannineti pour son aide fondamentale dans le domaine de la statistique spatiale.

Merci à l'École Doctorale « Milieux, Cultures et Sociétés du Passé et du Présent » de l'Université Paris X – Nanterre et en spéciale à Jérôme Marie, responsable du DEA « Géographie et Pratique du Développement » et à Carole Fernandes, Christiane Marquis et Delphine Labainville.

Merci à ceux qui, en m'invitant et m'accueillant au sein de leur groupe de travail, m'ont fait partager leur expérience de la géographie et leurs connaissances sur le Brésil et surtout sur l'Amazonie : Martine Droulers, François-Michel Le Tourneau, Neli Aparecida de Mello, Vincent Dubreuil ...

Une mention spéciale à Laurent Durieux, Nadine Dessay et Henri Laurent que j'ai connus au Brésil, pendant mon master à l'Institut National de Recherche Spatiale (INPE) et qui ont cru en moi et m'ont encouragée dans l'aventurer d'une thèse en France. Ceux qui m'ont donné le goût de la France quand j'étais encore dans mon pays et qui ici m'ont guidée plaisamment pendant tout mon séjour.

Au Roraima, mes séjours sur le terrain n'auraient jamais été aussi profitables sans l'appui fondamental de Fabio Barros, Nildmar Honorio, Alessandra Peternella, Maristela Xaud, Ulisses Confaloniere, Alberico Santos, Stelio Tavares... et de toute l'équipe de l'ONG Urihi et du cours de géographie de l'Université Fédérale du Roraima. Ainsi que les colons et les Amérindiens qui m'ont aimablement parlé de cette terre et qui me l'ont fait découvrir. Sans vous je n'aurai jamais libéré mon esprit et mon regard, ce qui m'a guidée comme une espèce de fil conducteur pour construire cette thèse. J'en profite pour remercier aussi les chercheurs de l'INPE, Nelson Ferreira, Miguel Monteiro, Corina Freitas, ... et de l'Université Fédérale Fluminense (UFF), Ivan Pires, Edson Benigno, Ladjane Guimarães, ... ceux qui m'ont donné le goût pour la géographie et pour la recherche, qui ont cru en moi et qui toujours m'ont donné des encouragements essentiels.

Un merci plus que spécial à mes amis de l'IRD d'Orléans sur qui j'ai pu toujours compter, surtout dans les moments les plus difficiles de la thèse : Gervais, Tchansia, Pablo, Jean-François, Maxime, Kenji, Maureen, Raphaëlle, Nicolas, Sandra, Nathalia, Joachin ... et une pensée particulière pour Sébastien et Yann, courage à tous le deux pour la dernière étape.

Que mes familles d'accueil françaises, qui m'ont fait découvrir un pays avec une surprenante diversité culturelle et m'ont procuré de magnifiques souvenirs (familles Durieux, Nédélec, Grandemange-Carlué, Cuvillier, Boutin, Road-Ode et Bussafir), soient ici remerciées, avec une mention toute particulière à mes amis franco-brésiliens Florence et Vincent à qui je dois beaucoup.

À mes chers amis brésiliens en France qui m'ont aidée à supporter la *saudade* de mon pays et avec qui j'ai passé plusieurs moments spéciaux : Meri et Marcos, Marcia et Ricardo, Susana et Marcos, Mariela et Fabricio, Renata et Zé, Adriana et Ian, Laila, Marcos, Marcelo, ... Et aux amis que la France m'a donnés en cadeaux, Aia et Jinja, Masaru, Aki, Jaqueline, Claire, Dominique et Marion, Evelyne, Thao ... , l'équipe Matière Organique de l'ISTO...

Une mention plus que singulière à mon frère, Marcio, et à Annick, vos soutiens, patiences et amitiés ont été plus qu'importants, ils ont été fondamentaux, surtout dans les moments les plus difficiles de la fin du parcours. À mon cher père, Alcides, et à mon frère, Rafael, malgré la distance, vos encouragements et vos mots ont été toujours plus qu'essentiels pour que je réussisse à arriver jusque-là.

À ma famille et mes amis au Brésil qui ont su toujours m'encourager et m'appuyer dans les moments difficiles, même si beaucoup ne comprenaient pas ce que je faisais et pourquoi c'était si long. À la question mille fois posée : « alors tu n'as pas encore fini tes études, c'est quand que tu rentres au Brésil ? » je vais enfin pouvoir répondre.

Merci, à la fondation CAPES du gouvernement brésilien, qui m'a accordé une bourse pour ces quatre années de recherche (Proc. BEX 1481/00-2).

Enfin, vous tous et ceux que j'ai certainement oubliés, vu que la liste n'est pas du tout petite, je vous témoigne ici, du fond de mon cœur, mon plus grand **MUITO OBRIGADA**.

## SOMMAIRE

<b>INTRODUCTION GÉNÉRALE</b> .....	<b>11</b>
<b>CHAPITRE 1 – Un regard sur le paludisme à travers le temps et l'espace</b> .....	<b>18</b>
1.1 – Qu'est-ce que le paludisme ? .....	20
1.2 – La perception du paludisme à travers le temps et sa répercussion dans la lutte antipaludique.....	23
1.3 – Les programmes mondiaux de lutte antipaludique .....	26
1.4 – Le paludisme au Brésil : évolution et programmes de lutte.....	32
<b>CHAPITRE 2 – Les relations entre facteurs environnementaux, facteurs sociaux et politiques publiques sur le paludisme</b> .....	<b>46</b>
2.1 – Les facteurs liés au milieu naturel .....	49
2.2 – Les facteurs de la dynamique du paludisme liés à la population.....	62
2.3 – Les politiques publiques et la dynamique du paludisme .....	67
<b>CHAPITRE 3 – Analyser les relations entre environnement et paludisme à la fois dans l'espace et dans le temps : éléments de méthode</b> .....	<b>73</b>
3.1 – La géographie et la santé .....	74
3.2 – La géomatique et la santé .....	78
3.3 – Données et méthodologie générale d'analyse .....	85
<b>CHAPITRE 4 – L'évolution et la répartition des cas de paludisme au Roraima</b> ..	<b>97</b>
4.1 – Le paludisme dans l'histoire du Roraima.....	98
4.2 – La distribution spatiale du paludisme au Roraima .....	110
<b>CHAPITRE 5 – Diversité environnementale du Roraima et implications sur la dynamique du paludisme</b> .....	<b>122</b>
5.1 – Le climat du Roraima.....	124
5.2 – Le Roraima, une mosaïque de formations végétales.....	132
5.3 – L'analyse de la relation entre les dynamiques de la végétation et du climat par le NDVI.....	143
<b>CHAPITRE 6 – Population et paludisme au Roraima</b> .....	<b>158</b>
6.1 – Types d'organisation spatiale de la population : le paludisme, facteur d'intégration ? .....	159
6.2 – Les caractéristiques actuelles de la population.....	168
<b>CHAPITRE 7 – Le rôle des politiques publiques sur le paludisme</b> .....	<b>185</b>
7.1 – Santé publique et paludisme .....	186
7.2 – La lutte contre le paludisme au Roraima .....	191
7.3 – Rôle des structures de santé dans la dynamique du paludisme .....	198
<b>CONCLUSION GÉNÉRALE ET PERSPECTIVES</b> .....	<b>213</b>
<b>RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES</b> .....	<b>219</b>
<b>TABLE DES MATIÈRES</b> .....	<b>273</b>

## SIGLES ET ACRONYMES

- ACS** : *Agentes Comunitários de Saúde* – Agents Communautaires de Santé
- AIS** : *Agente Indígena de Saúde* – Agent Indigène de Santé
- ANA** : *Agência Nacional de Água* – Agence Nationale de l'Eau
- AVHRR** : *Advanced Very High Resolution Radiometer* – Radiomètre Avancé de Très Haute Résolution
- BIRD** : Banque Internationale pour la Reconstruction et le Développement
- BR** : Brésil
- CAPES** : *Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior* – Coordination de Formation de Personnel de Niveau Supérieur
- CBERS** : *Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres* – Satellite Sino-Brésilien de Ressources Terrestres
- CCPY** : Commission Pro Yanomami
- CEM** : *Campanha de Erradicação da Malária* – Campagne d'Éradication de la Malaria
- CIR** : Conselho indígena do Roraima – Conseille Indigènes du Roraima
- CNRS** : Centre National de la Recherche Scientifique
- DATASUS** : *Banco de dados do Sistema Único de Saúde* – Base de données du Système Unique de santé
- DATASUS** : *Banco de dados do Sistema Único de Saúde* – Base de Données du Système Unique de Santé
- DDT** : sigle du composé chimique Dichlorodiphenyltrichloroethane
- DEMA/RR** : *Departamento de Meio Ambiente do Estado de Roraima* – Département de l'Environnement de l'État du Roraima
- DSEI** : *Distritos Sanitários Especiais Indígenas* – Districts Sanitaires Spéciaux Indigènes
- EMBRAPA** : *Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária* – Entreprise Brésilienne de Recherche Agropastorale
- ENS** : École normale supérieur
- ETM+** : *Enhanced Thematic Mapper Plus*
- FIOCRUZ** : *Fundação Oswaldo Cruz* – Fondation Oswaldo Cruz
- FNS** : *Fundação Nacional de Saúde* – Fondation Nationale de Santé
- FUNAI** : *Fundação Nacional do Índio* – Fondation Nationale de l'Indien
- FUNASA** : *Fundação Nacional de Saúde* – Fondation Nationale de Santé
- GIMMS** : *Global Inventory Modeling and Monitoring Study* – Groupe d'Études de Surveillance et de Modélisation de l'Inventaire Global
- GPS** : *Global Positioning System* – Système de Positionnement Global
- GSFC** : *Goddard Space Flight Center* – Centre Spatial de Vol de Goddard des États-Unis

- IBAMA** : *Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis* – Institut Brésilien de l'Environnement et des Ressources Naturelles Renouvelables
- IBGE** : *Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística* – Institut Brésilien de Géographie et de Statistique
- INCRA** : *Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária* – Institut National de la Colonisation et de la Réforme Agraire
- INPA** : *Instituto Nacional de pesquisas da Amazônia* – l'Institut National de Recherche de l'Amazonie
- INPE** : *Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais* – Institut National de Recherches Spatiales
- IPA** : Indice Parasitaire Annuel
- IRD** : Institut de Recherche pour le Développement
- ITERAIMA** : *Instituto de Terras de Roraima* – Institut de Gestion des Terres du Roraima
- Landsat** : *Land Resource Satellite*
- MS** : *Ministério da Saúde* – Ministère de la Santé du Brésil
- MSF** : Médecin sans frontières
- NASA** : *National Aeronautics and Space Administration* – Aéronautique Nationales et Administration de l'Espace des États-Unis
- NDVI** : *Normalized Difference Vegetation Index* – Indice de Végétation par Différence Normalisée
- NOAA** : *National Oceanic and Atmospheric Administration* – Administration Nationale des Océans et Atmosphère des États-Unis
- OMS** : Organisation Mondiale de la Santé
- ONG** : Organisation non-gouvernementale
- OPAS** : *Organização Pan-Americana da Saúde* – Organisation Pan-Américaine de Santé
- PCIM** : *Plano de controle integrada da malária* – Plan de Contrôle Intégré de la Malaria
- PCMAN** : *Plano de controle da malária na Amazônia* – Plan de Contrôle de la Malaria en Amazonie
- PIACM** : *Plano de Intensificação das Ações de Controle da Malária na Amazônia Legal* – Plan d'Intensification des Actions de Contrôle de la Malaria en Amazonie Légale
- PIB** : Produit Intérieur Brut
- PNCM** : *Programa Nacional de Controle e Prevenção da Malária* – Programme National de Prévention et de Contrôle de la Malaria
- PNUD** : Programme des Nations Unies pour le Développement
- PSF** : *Programa Saúde da Família* – Programme de Santé Familiale
- RR** : Roraima
- RVB** : Rouge, Vert, Bleu
- SESAU** : *Secretaria de Saúde* – Secretariat de Santé de Roraima

**SIDA** : Syndrome d'Immunodéficience Acquis (AIDS - *Acquired Immuno-Deficiency Syndrome*)

**SIG** : Système d'Information Géographique

**SISMAL** : *Sistema de Informação sobre a Malária* – Système d'Information sur le Paludisme

**SIVEP** : *Sistema de Vigilância Epidemiológica* – Système de Surveillance Épidémiologique

**SMC** : Serviço de Malária do Nordeste – Service de Malaria du Nordeste

**SUCAM** : *Superintendência de Campanhas de Saúde Pública* – Superintendance de Campagnes de Santé Publique

**SUDAM** : *Superintendência de Desenvolvimento da Amazônia* – Superintendance de Développement de l'Amazonie

**SUFRAMA** : *Superintendência da Zona Franca de Manaus* – Superintendance de la Zone Franche de Manaus

**SUS** : *Sistema Único de Saúde* – Système Unique de Santé

**SVS** : *Secretaria de Vigilância de Saúde* – Secrétariat de Vigilance Sanitaire

**TM** : *Thematic Mapper*

**UFRR** : *Universidade Federal de Roraima* – Université Fédérale du Roraima

**UMR TEMPS** : Unité de Recherche Mixte Territoires et Mondialisation dans les Pays du Sud

**UNICEF** : Fonds des Nations Unies pour l'Enfance

**UPX** : Université Paris X

**UR** : Unité de Recherche

**US ESPACE** : Unité de Service Expertise et SPAtialisation des Connaissances sur l'Environnement

**USP** : *Universidade de São Paulo* – Université de São Paulo

## INTRODUCTION GÉNÉRALE

Les activités humaines sont signalées aujourd'hui comme responsables d'importants changements sur l'environnement. Ces modifications concernent le sol, l'eau, l'atmosphère, la biodiversité et même les populations humaines. La mise en lumière de ces transformations fait progresser les études sur les changements globaux et leurs effets, notamment dans le domaine des sciences de la nature. Ces études révèlent que ces changements ont de profondes implications sur les écosystèmes, les flux biochimiques et le climat (IGBP, 2005), et par conséquent sur la santé humaine. L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) estime que 25% du fardeau global des maladies sont dus aux facteurs de risque sanitaire liés à l'environnement et à ses changements. Près d'un tiers de ces maladies concernent les enfants de moins de cinq ans dans les pays les plus pauvres. Les maladies qui font partie de cette charge sont nombreuses, dont les maladies diarrhéiques et les maladies vectorielles qui constituent les deux principales causes de mortalité infantile et de morbidité dans le monde (EHP, 2004).

En Amazonie brésilienne qui constitue un enjeu international en ce qui concerne les changements globaux de l'environnement, l'influence des maladies transmissibles d'origine endémique-épidémique est frappante. Ces maladies y constituent un grand problème de santé publique. Parmi ces nombreuses maladies transmissibles, on doit souligner l'importance de celles qui sont transmises par des vecteurs (principalement des moustiques), telles que les leishmanioses cutanée et viscérale, la fièvre jaune, la dengue et surtout le paludisme.

Le paludisme, conjointement avec le SIDA et la tuberculose, fait partie des maladies qui enregistrent la plus grande morbidité dans le monde. Elles causent chaque année et de manière progressive la mort de millions de personnes. Ces maladies sont actuellement reconnues par la communauté internationale comme le principal problème de santé publique qui menace le développement de divers pays (OMS, 2004a et TGF, 2005). C'est en Afrique qu'on recense le plus grand nombre de cas et de décès dû au paludisme, avec 80 à 90% des totaux mondiaux. Ainsi, presque tous les regards des spécialistes du paludisme se portent sur ce continent où diverses actions de lutte antipaludique sont soutenues par des programmes mondiaux.

Aujourd'hui, près de deux milliards de personnes sont exposées au risque d'infection palustre, soit 40% de la population mondiale. Tous les ans, cette maladie contamine entre 150 et 300 millions de personnes. Par ailleurs, plus d'un million et demi de décès sont attribués chaque année au paludisme dont les principales victimes sont des enfants. D'après l'OMS, actuellement en Afrique principalement, une personne meurt de paludisme toutes les 15 secondes et 2500 enfants de moins de cinq ans en meurent quotidiennement. Ces statistiques placent le paludisme en seconde position des causes de mortalité sur ce continent après le SIDA.

L'Asie est le deuxième continent le plus frappé par le paludisme. Sur ce continent la maladie affecte essentiellement les régions forestières tropicales et les espaces de riziculture inondée. Le nombre de cas de personnes atteintes a considérablement augmenté dans des pays comme le Vietnam, le Cambodge, le Bangladesh et la Malaisie. Cette forte augmentation des cas s'explique par l'extension rapide des défrichements imputables aux exploitations forestières qui se sont surtout développées dans ces pays, au lendemain de la deuxième guerre mondiale.

En Amérique, c'est dans les zones forestières des pays du bassin amazonien qu'on enregistre plus de 94% des cas de paludisme du continent, plus spécifiquement au Brésil où l'on atteint 45% du total des cas. Suivent la Colombie (25% des cas), l'Équateur (11% des cas), et le Pérou (11% des cas).

Les facteurs qui influencent la dynamique du paludisme sont de natures très diverses. Selon les spécialistes et les organismes de santé ces facteurs se regroupent en quatre grandes catégories : facteurs biologiques (cycle vital des insectes vecteurs et des agents infectieux), facteurs environnementaux (végétation, climat, hydrologie), facteurs sociaux-démographiques (migrations, densité de la population), et facteurs médico-sociaux (état immunitaire de la population humaine, efficacité des systèmes locaux de santé et des programmes spécifiques de contrôle de maladies) (PAHO, 2003 et SVS, 2005).

Les études scientifiques sur les facteurs qui influencent le paludisme se concentrent principalement sur la biologie des vecteurs et des agents infectieux, ce qui explique l'exhaustivité de la bibliographie sur ces thèmes. Ces études menées sur les moustiques du

genre *Anopheles* et sur les parasites du type *Plasmodium* constituent les informations les plus utilisées dans les actions de lutte antipaludique. La séquençage récent du génome de l'*Anopheles gambiae* et de son parasite le plus mortel le *Plasmodium falciparum* permet de faire un grand pas dans ce domaine.

Malgré toutes ces avancées et tous les efforts entrepris, des programmes de lutte antipaludique connaissent des échecs à répétition et le paludisme ne cesse de faire des victimes dans le monde. Une des principales causes évoquées pour expliquer ces échecs est la complexité du processus infectieux de la maladie. Des cycles complexes de perpétuation et de dissémination caractérisent ce processus. En effet, les parasites dépendent non seulement du cycle biologique des vecteurs pour leur transmission, mais également de la dynamique environnementale et sociale, qui a une large répercussion dans leur dissémination.

L'Organisation Mondiale de la Santé invoque quant à elle le manque de connaissance approfondie sur la relation entre l'environnement, le vecteur et l'hôte du paludisme, comme l'une des principales entraves dans l'avancée de la lutte antipaludique (OMS, 2004a). Cependant, les études scientifiques dans ce domaine sont encore peu nombreuses et se concentrent principalement sur la relation du vecteur avec le milieu naturel. Les relations par contre de l'hôte humain avec son environnement naturel et social restent encore peu étudiées. Ainsi, comprendre le rôle des facteurs environnementaux et sociaux et leurs relations avec le paludisme peut permettre de comprendre le comportement de cette maladie dans des régions qui subissent de fortes transformations environnementales et sociales, à l'instar de l'Amazonie brésilienne.

En effet, cette région brésilienne est l'objet d'une forte pression anthropique depuis les années 1970 consécutive à l'implantation de projets de développement qui entraîne de profonds changements environnementaux et sociaux. À partir de ce moment, des épidémies importantes de paludisme commencent à se déclencher. On passe de 53 000 cas en 1970 à plus de 600 000 annuellement à la fin des années 1990 (FUNASA, 1999). Bien que la pression anthropique n'ait cessé d'augmenter durant les trente dernières années en Amazonie (Théry et Mello, 2004), le nombre de cas de paludisme y connaît une évolution en dents de scie, notamment au Roraima, notre zone d'étude.

Dans l'extrême nord de l'Amazonie brésilienne, l'État du Roraima (figure 1) est un bon exemple de la situation critique du paludisme dans cette région. Au-delà des explosions du nombre de cas et des variations très importantes d'une année à l'autre, cet État enregistre aussi le plus grand taux d'infection enregistré au Brésil au cours des dix dernières années. Les facteurs responsables de ces fluctuations et de la forte présence du paludisme au Roraima ne sont pas bien connus. Plusieurs événements sociaux et environnementaux se sont produits dans la région, pendant les dernières années. Notamment des sécheresses, de grands incendies forestiers, des installations de nouveaux projets de colonisation agricole, des ouvertures et fermetures de divers sites d'orpaillage et des changements de gouvernement et de politiques sanitaires. Outre ces changements, cet État présente aussi un environnement très diversifié, avec plusieurs types de couvertures végétales (forêt équatoriale, savanes et marais) et un gradient pluviométrique très marqué, du sud au nord-est de l'État (2600 mm à 1500 mm de précipitations annuelles).

Ce contexte nous mène à formuler un certain nombre de questions, telles que : Quels sont les facteurs, sociaux d'une part et environnementaux de l'autre, qui influencent la dynamique du paludisme au Roraima ? Les facteurs environnementaux seuls sont-ils réellement les plus déterminants pour comprendre la dynamique de la maladie ? Quel est le rôle et à quelle échelle s'expriment les facteurs touchant à la démographie et à l'aménagement du territoire, à la culture, au mode d'organisation et de financement du système de santé et de prévention du paludisme ? Ce travail se propose ainsi de répondre à ces questions, qui serviront de fil conducteur tout au long de ce mémoire.

Ces événements sociaux et environnementaux s'inscrivent dans une dimension spatiale qu'on peut appeler espace géographique. L'intérêt d'associer les problèmes de santé à cet espace a pris de l'ampleur au cours des dix dernières années, notamment avec la prise en compte de l'analyse de la distribution spatiale des questions de santé. La géographie, qui permet d'identifier les systèmes complexes d'interactions qui se produisent dans cet espace, participe ainsi à la compréhension, à la connaissance et à l'identification des zones à risque, ainsi qu'à la mise en place des activités de prévention et de promotion de la santé (SNGS, 2005).

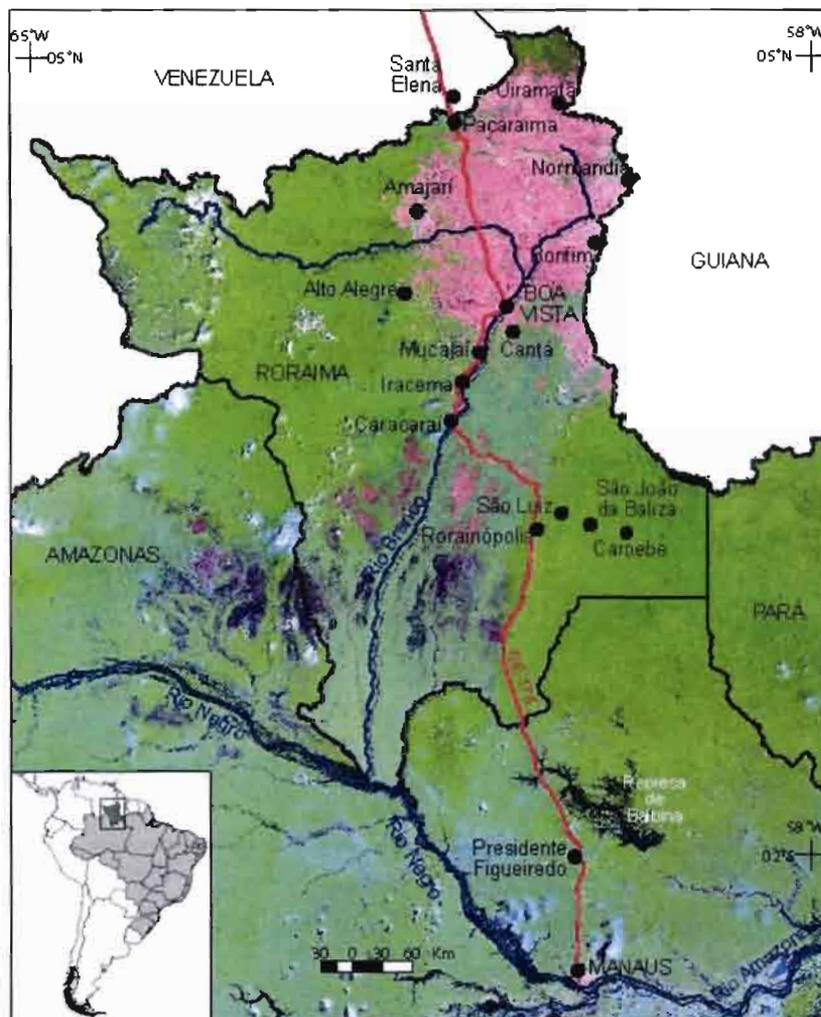


Figure 1 : Localisation du Roraima

Pour analyser les dynamiques des facteurs environnementaux et sociaux dans l'espace géographique, la géographie peut désormais avoir recours aux travaux de terrain et aux géotechnologies (télédétection, systèmes d'information géographique - SIG, GPS, etc.). De cette façon, savoir quels sont les impacts des événements socio-environnementaux et comment ils influencent la dynamique du paludisme dans la région du Roraima à partir des études de terrain couplés à la géotechnologie, pourrait apporter de nouvelles perspectives qui aideront à la mise en place de nouvelles voies dans la lutte antipaludique.

Dans cette optique, notre recherche affiche une double préoccupation à la fois thématique et méthodologique. Elle se propose de mettre en évidence la dynamique des facteurs socio-environnementaux en relation avec le paludisme au Roraima, en utilisant une méthode d'analyse fondée sur la spatialisation.

Cette recherche s'inscrit ainsi à l'interface de la géographie, de l'épidémiologie et de la géomatique. L'interdisciplinarité de ce travail nous pousse à avoir une vision générale des thèmes centraux de cette étude avant d'aborder plus particulièrement le paludisme au Roraima. De ce fait, ce mémoire ne s'organise pas en parties, mais il se structure en sept chapitres pour faciliter la fluidité et l'enchaînement de la thématique d'étude et la restitution des résultats (figure 2).

Le premier chapitre présente une vue générale du paludisme. Il a pour objectif de permettre une meilleure compréhension de cette maladie, le thème central de l'étude.

Le second chapitre décrit l'état actuel des connaissances sur l'influence des facteurs environnementaux et sociaux sur le paludisme. Son objectif est de proposer un regard sur ce qui a déjà été établi dans ce domaine et qui influe sur le paludisme.

Le troisième chapitre expose comment il est possible de mettre en évidence les facteurs environnementaux et sociaux et le paludisme à partir d'analyses spatio-temporelles. Il présente aussi les outils, les données et la méthodologie utilisés pour la réalisation de ce travail.

Le quatrième chapitre traite de la situation passée et actuelle du paludisme au Roraima. Cette analyse permet d'indiquer les principaux facteurs environnementaux et sociaux qui influencent le paludisme dans cette région.

Le cinquième chapitre tente d'expliquer la variabilité du paludisme par les facteurs liés au milieu naturel en utilisant les données de télédétection pour faire la liaison entre la végétation et la variabilité climatique au Roraima. Ces facteurs sont abordés conjointement aux cas de paludisme enregistrés entre 1965 et 2004.

Le sixième chapitre caractérise la population du Roraima et la manière dont elle s'organise. Le but étant de mettre en évidence les explications possibles de la variabilité du paludisme en rapport avec les facteurs sociaux dans cette région.

Le dernier chapitre aborde l'influence et le rôle des politiques publiques sur l'évolution de la maladie pour mettre en lumière le poids relatif de ces facteurs politiques par rapport aux facteurs sociaux et environnementaux au niveau régional.

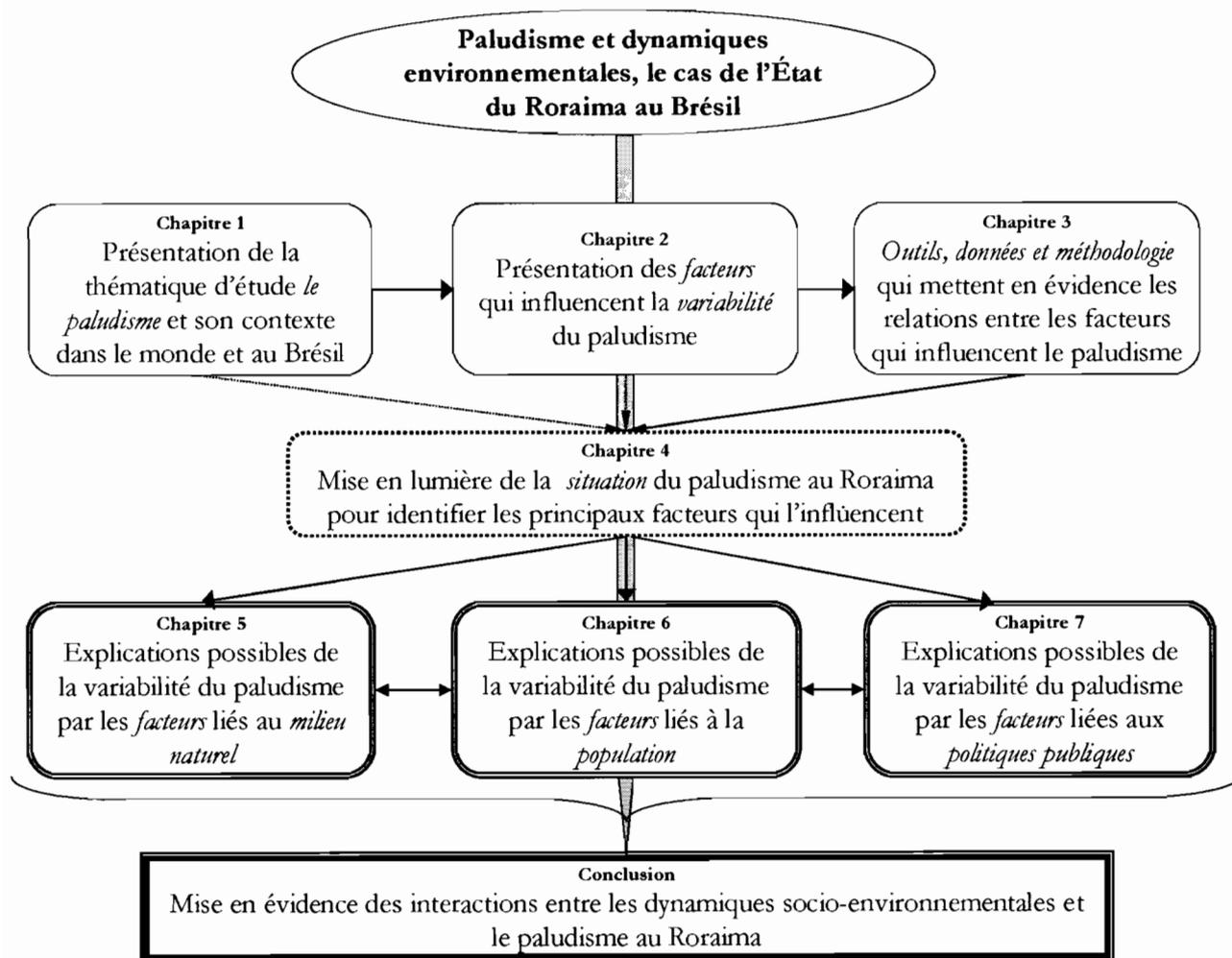


Figure 2 : Organisation des chapitres et cheminement de la thèse

## **CHAPITRE 1**

### **Un regard sur le paludisme à travers le temps et l'espace**

## ***Introduction***

Pour mieux comprendre le thème principal de ce travail, le paludisme, ce chapitre a pour objectif de proposer une vue générale de la maladie, sa dynamique, son importance et sa situation à travers le temps et l'espace. Pour cela, les questions abordées seront les suivantes :

- Qu'est-ce que le paludisme ?
- Comment la perception de la maladie à travers le temps se traduit-elle dans la lutte antipaludique ?
- Quels sont les programmes mondiaux de luttés antipaludiques et comment jouent-ils dans la lutte antipaludique au Brésil ?
- Quelle est la « cartographie » du paludisme au Brésil ? Pourquoi est-elle aujourd'hui limitée à l'Amazonie ?
- Quels sont les résultats de la lutte antipaludique au Brésil ? Quels ont été ses échecs et ses réussites ?

Ce chapitre tente d'apporter des éléments de réponses à ces questions à partir des événements actuels et historiques, afin d'approfondir les questionnements et la réflexion déclenchés dans l'introduction générale. Ainsi, après avoir montré ce qu'est la pathologie, on abordera la perception du paludisme et sa conséquence sur les mesures de lutte. Ensuite, on fera le point sur les programmes mondiaux de lutte antipaludique. Enfin, on abordera le paludisme au Brésil, ses programmes de luttés et ses conséquences sur l'évolution de la maladie sur le territoire.

## 1.1 – Qu'est-ce que le paludisme ?

### 1.1.1 – Définition et mode de transmission

Le paludisme, ou malaria<sup>1</sup>, est une maladie infectieuse, non contagieuse et à évolution chronique. C'est une maladie parasitaire potentiellement mortelle, transmise par des moustiques. C'est probablement l'une des maladies parasitaires les plus anciennes, déjà connue dans l'antiquité sous le nom de « fièvres ». Du fait de son caractère endémique, cette maladie a été responsable d'autant de morts que les guerres au cours de plusieurs périodes de l'histoire. Aujourd'hui elle continue de frapper et de tuer annuellement des millions de personnes dans les pays les moins développés (Fiocruz, 2002 et OMS, 2005).

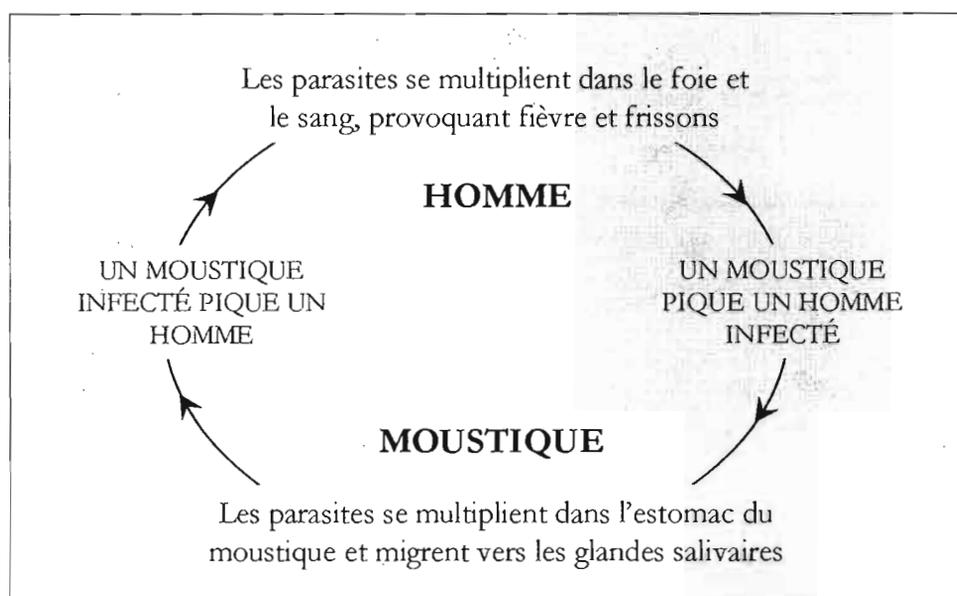


Figure 3 : Le cycle du paludisme. D'après l'OMS, 2005

Le paludisme est transmis à l'homme par la piqûre du moustique femelle du genre *Anopheles*, qui est le vecteur de la maladie. L'agent infectieux du paludisme, le *Plasmodium*, pénètre dans l'organisme de l'hôte humain lorsqu'un moustique contaminé fait un repas de sang, habituellement à l'aube et au crépuscule. Le parasite subit alors une série de transformations complexes au cours de son cycle de vie. Grâce à ces changements, les *Plasmodia* échappent au système immunitaire humain, contaminent le foie et les globules rouges, et prennent finalement une forme capable d'infester à son tour un moustique

<sup>1</sup> Actuellement le mot paludisme est davantage utilisé par les francophones et malaria par les anglophones, hispanophones et lusophones.

lorsque celui-ci pique une personne contaminée. Dans le corps du moustique, le parasite subit de nouvelles transformations jusqu'à ce qu'il soit capable de contaminer à nouveau un hôte humain lorsque le moustique prend son repas de sang suivant, 10 à 14 jours plus tard (figure 3). La transmission peut être également accidentelle, à travers la transfusion de sang contaminé ou par l'usage d'aiguilles et de seringues infectées, mais ce type de transmission est très rare.

### 1.1.2 – Formes de paludisme

Il existe quatre formes de paludisme humain, identifiées par des examens de laboratoire, causées par les agents infectieux suivants, trouvés dans le sang des malades : *Plasmodium falciparum*, *P. vivax*, *P. malariae* et *P. ovale*. Les plus fréquents sont le *P. vivax* et le *P. falciparum*. L'infection à *falciparum* cause la forme la plus grave de la maladie et peut entraîner la mort du patient. Il est très courant en Afrique subsaharienne, où le taux de mortalité du paludisme est extrêmement élevé.

Sur le continent américain le *P. vivax* est le parasite dominant, responsable en 2002 de 73% des cas, suivi du *P. falciparum* (28%), mais ses répartitions sont très inégales sur le territoire. En effet, dans les pays où la population est à majorité d'origine africaine, le *P. falciparum* est l'espèce prépondérante, avec plus de 70% des cas, comme en Haïti, en République Dominicaine, en Guyane Française et au Surinam. Au Brésil, le *P. vivax* est responsable de 75% à 90% des cas. Le *P. malariae* a une prévalence<sup>2</sup> très basse et parfois nulle à l'échelle du continent.

L'espace de temps entre la piqûre du moustique infecté et l'apparition des symptômes cliniques est de 9 à 30 jours, laps de temps qui varie selon l'espèce de l'agent infectieux (*P. falciparum*, de 8 à 12 jours ; *P. vivax* de 13 à 17 jours ; et *P. malariae* de 18 à 30 jours). Quand l'infection est due à une transfusion de sang, la période d'incubation peut atteindre jusqu'à deux mois. La période pendant laquelle l'hôte humain peut être source de transmission du paludisme varie aussi selon le type de *Plasmodium*. Une personne, si elle

---

<sup>2</sup> La prévalence est un indice de morbidité. Elle représente le nombre total de cas de maladie observés dans une population donnée à un moment précis (Picheral, 2001).

est mal soignée, peut être source d'infection de *P. falciparum* jusqu'à un an, de *P. vivax* jusqu'à trois ans et de *P. malariae* pendant plus de trois ans (MS, 2004).

### 1.1.3 – Syntones, traitement et prévention

En règle générale, le paludisme s'accompagne de forts frissons et de fièvre avec température corporelle élevée, maux de tête, nausées, douleurs articulaires, courbatures et forte sudation. Le paludisme peut aussi se manifester chez l'enfant par des troubles digestifs (douleurs abdominales, diarrhées, vomissements), ou des troubles de la conscience comme la somnolence, le délire ou le coma. Chez le bébé, il peut entraîner l'impossibilité de boire ou de téter. Ces symptômes se répètent selon des cycles journaliers, ou bien de deux ou de trois jours, et ils peuvent durer d'une semaine à un mois ou plus. Si le malade n'est pas correctement soigné, des rechutes peuvent survenir. Quand il y a un stress organique, elles peuvent persister pendant 50 ans. En l'absence de médicaments, ou en cas de résistance des parasites aux médicaments disponibles, l'infection peut évoluer rapidement et devenir mortelle. Le paludisme peut tuer en contaminant et en détruisant les globules rouges (anémie) et en obstruant les capillaires qui véhiculent le sang jusqu'au cerveau (paludisme cérébral) et vers d'autres organes vitaux. Il peut également causer des troubles rénaux ou encore un œdème aigu du poumon, presque toujours fatal (Fiocruz, 2002 et OMS, 2005).

La majeure partie des populations qui habite dans les zones de haute endémie développe plus ou moins rapidement une immunité progressive et temporaire au paludisme. Mais si le sujet est retiré de la zone d'endémie, il perd son immunisation au bout d'un certain temps, au moins partiellement. Par exemple, les ouvriers et étudiants africains originaires de régions endémiques et vivant en Europe présentent fréquemment des accès palustres à leur retour au pays (Mouchet, *et al.* 2004).

Des facteurs génétiques peuvent protéger du paludisme. En effet, certaines maladies génétiques sont considérées comme antipaludéennes, telles que la drépanocytose, qui est une modification dans la chaîne  $\beta$  de l'hémoglobine et qui entraîne une déformation des globules rouges, ou la thalassémie, qui est une modification des taux de synthèse des

chaînes de globines. Ces deux maladies empêchent le *Plasmodium* d'infester et de faire éclater les globules rouges du sujet atteint.

Tout accès de fièvre chez un individu qui vit ou qui vient d'une région endémique doit faire penser au paludisme et nécessite un diagnostic d'urgence. Il est possible de pratiquer des tests rapides et fiables, même en l'absence de laboratoire, par prélèvement d'une goutte de sang au bout d'un doigt, que l'on étale ensuite sur une lame dont la coloration révèle ou non la présence du parasite dans les globules rouges. Ce diagnostic précoce permet de mettre rapidement le malade sous traitement et d'éviter ainsi une évolution vers un paludisme plus grave; qui entraînerait la mort dans près de 30% des cas (MSF, 2005).

La science ne détient pas encore le remède miracle contre le paludisme, et beaucoup doutent de la découverte d'une solution unique. Il existe néanmoins quelques stratégies efficaces pour son traitement et sa prévention. On peut citer la réduction ou l'élimination des lieux de reproduction des moustiques par des travaux d'ingénierie sanitaire (drainage, canalisation des cours d'eau, etc.), l'usage d'insecticides, d'insectifuges, de moustiquaires imprégnées d'insecticide, et l'accès à des médicaments antipaludéens modernes et efficaces en zones endémiques. Il est également important de signaler la maladie auprès des autorités locales de santé, d'éviter le contact du malade infecté avec le milieu où évolue le moustique et de le soumettre immédiatement à un traitement spécifique.

## **1.2 – La perception du paludisme à travers le temps et sa répercussion dans la lutte antipaludique**

Dans l'antiquité, on pensait que le paludisme provenait des zones marécageuses à cause du mauvais air, ce qui a même été à l'origine du nom de cette maladie. « Paludisme » vient de l'ancien français « palud », dérivé du latin « palus », c'est-à-dire « marais »<sup>3</sup>. A cette époque le paludisme est connu sous le nom de fièvre intermittente. Ce n'est qu'en 1880 que les scientifiques découvrent la véritable cause de cette pathologie. Il s'agit d'un parasite unicellulaire appelé *Plasmodium*. Ils découvrent ensuite que le parasite est transmis

---

<sup>3</sup> Le mot malaria dérive de l'italien « mal » mauvais, « aria » air.

d'une personne à une autre par les piqûres d'un moustique anophèle femelle, qui a besoin de sang pour nourrir ses œufs (Fiocruz, 2002 et OMS, 2005).

Les premières mentions de fièvres intermittentes qui peuvent éventuellement être attribuées au paludisme, ont lieu en Mésopotamie, en Inde, en Chine et en Europe. On trouve l'une des premières traces de ces fièvres décrites dans l'*Illiade* vers 800 av J.-C. Le premier à décrire les fièvres bénignes et les fièvres quartes<sup>4</sup> est Hippocrate (V<sup>e</sup> siècle av. J.-C.). Il met en relation les fièvres des populations vivant à proximité des eaux stagnantes des marais et en déduit un lien de cause à effet. Il conseille alors de construire les villages près des ruisseaux et loin des marais pour éviter les fièvres (Froment, 2004 et Mouchet *et al.*, 2004). Ainsi, depuis l'Antiquité le paludisme fut-il ressenti comme une maladie liée à l'environnement.

Le paludisme était jadis bien plus répandu que de nos jours (figure 4). Pendant près de cinq siècles, il ravage une grande partie de l'Europe. Rome a été particulièrement touchée, comme en témoigne la mort de plusieurs papes due aux fièvres. Au Moyen-Âge, une grande partie de la population d'Europe est victime des fièvres, comme dans l'embouchure de la Tamise en Angleterre, en Flandre et aux Pays-Bas, dans les marais côtiers, la Camargue, les Dombes et la Sologne en France.

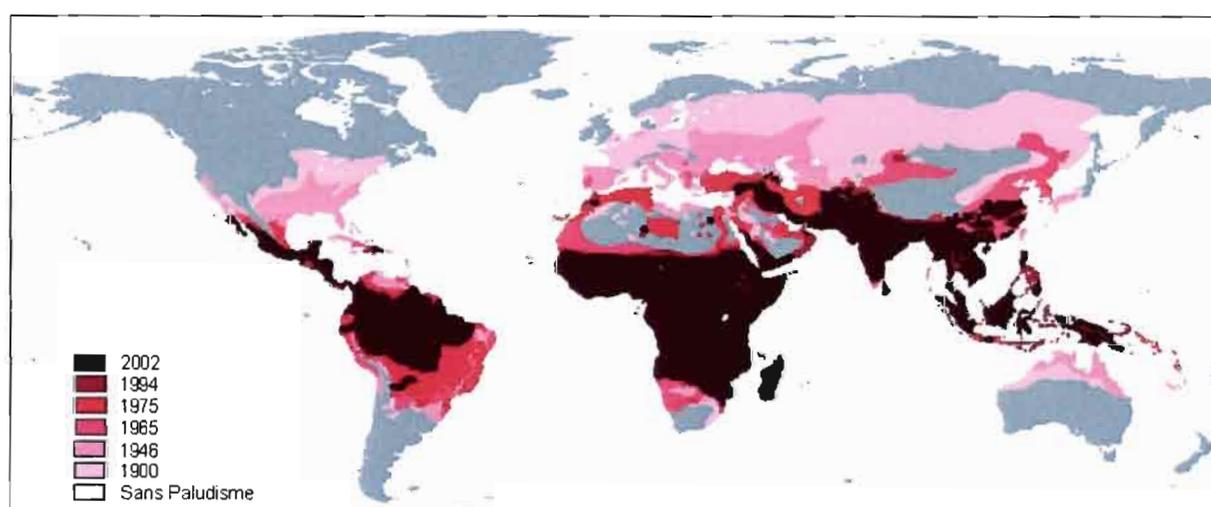


Figure 4 : Distribution dans le monde du paludisme de 1900 à 2002  
(d'après Hay *et al.* 2004, p. 328)

<sup>4</sup> Non sous lequel est connu le paludisme, jusqu'à aujourd'hui, en certaines régions du Brésil. La fièvre bénigne est causée par le *P. vivax* et la quarte par le *P. falciparum*.

À compter du XVIII<sup>e</sup> siècle, on constate un recul du paludisme dû à l'amélioration du niveau de vie, occasionnée par de nombreux facteurs tels que les progrès sanitaires des habitations, des travaux de drainage, des changements d'utilisation des sols, en particulier des pratiques agricoles (Hay, *et al.* 2004). Dès la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, on observe sa disparition complète en Angleterre et sa quasi-extinction en France continentale ainsi que dans de nombreux pays européens. Il est cependant encore présent en Italie, en Corse, en Grèce, dans les Balkans, en Hollande et en Allemagne jusqu'en 1945, et en URSS jusqu'en 1959 (Reiter, 2003).

Bien que le paludisme ait touché la population pendant longtemps, il n'existe pas de registre de modes de protection efficaces de la population au Moyen-Âge. La première grande découverte dans la lutte contre cette maladie a lieu en Amérique du Sud vers 1600. Il s'agit de la découverte des vertus curatives des écorces de quinquina. Bien plus tard, en 1820, Pelletier et Caventou ont réussi à isoler la quinine et à la synthétiser. Cette avancée a constitué une arme majeure de l'expansion coloniale. Ce n'est qu'en 1972, qu'un nouveau composé particulièrement efficace contre les crises de paludisme a été découvert en Chine. Il s'agit de l'artémisinine, extrait de la plante *Artemisia annua* et utilisée traditionnellement dans la pharmacopée chinoise. Son utilisation dans la lutte antipaludique ne sera recommandée qu'en 2002 par l'OMS.

Les premières grandes interventions dans la lutte contre le paludisme concernent le vecteur et son habitat. La découverte de l'importance du moustique anophèle dans la transmission du paludisme en 1898 engendre des combats contre les gîtes larvaires de ce vecteur. Cette lutte a commencé par les assainissements des villages et le traitement des gîtes avec des larvicides. Pendant la seconde guerre mondiale la découverte des insecticides de synthèse à effet durable, et la mise au point de nouveaux médicaments de grande efficacité et d'utilisation simple, ont renforcé la lutte contre le paludisme. Plusieurs campagnes de contrôle des moustiques dans le monde ont abouti à des réussites, comme l'éradication d'*Anophele gambiae* au nord-est du Brésil dans les années 1930 (Killeen *et al.*, 2002). Pourtant, c'est avec la découverte des propriétés insecticides du DDT<sup>5</sup> dans les années 1940 que la lutte contre le moustique a eu un effet notable, grâce à son prix peu

---

<sup>5</sup> DDT est le sigle du composé chimique Dichlorodiphényltrichloroéthane.

élevé et à sa longue rémanence (plus de six mois). Les traitements intradomiciliaires se généralisent dans le monde avec succès. À cette époque, les médicaments à base de chloroquine<sup>6</sup> commencent à être diffusés dans les régions impaludées. C'est dans ce contexte que commencent à s'organiser les luttes mondiales contre le paludisme. Les premiers programmes commencent avec la Société des Nations de 1920 à 1939, et après 1946 avec l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS).

### 1.3 – Les programmes mondiaux de lutte antipaludique

En 1954, grâce au DDT, le paludisme est éliminé des États-Unis, du Venezuela, d'Italie, de Corse, etc. Devant ces résultats et pour éviter que les moustiques ne soient résistants au DDT, étant donné que les premiers signes de résistances ont été signalés en Italie en 1951, l'OMS lance le « Programme Mondial d'Éradication du Paludisme » en 1955. Le principe de base est l'interruption de la transmission par des campagnes limitées dans le temps. Une stratégie des pulvérisations intradomiciliaires de DDT est développée. De nombreux pays adoptent la stratégie globale, parfois sans connaissance épidémiologique du problème et souvent sans les supports administratifs et professionnels adéquats (Najera, 1989 et 2001). En 1957, en raison de l'absence de connaissances sur les particularités des vecteurs locaux et aussi du manque de moyens et de personnels qualifiés, l'OMS décide que l'Afrique ne sera plus incluse dans le programme (Mouchet *et al.*, 2004). Mais à ce moment, celui-ci perd un peu de sa consistance, car l'Afrique est la région la plus frappée par le paludisme. Le programme n'est donc plus mondial et l'éradication ne sera plus globale.

Par ailleurs, dans les années 1960 des recherches scientifiques montrent que le DDT cause des anomalies chez diverses espèces animales. De ce fait, à partir de 1973 son utilisation est interdite dans la plupart des pays développés. Sans cette principale arme de lutte, la résurgence du paludisme devient une préoccupation importante dans les pays qui avaient éradiqué la maladie ou étaient en voie de le faire. Au début des années 1980, avec la

---

<sup>6</sup> La chloroquine (découverte en 1934), la quinine et la sulfadoxine-pyriméthamine (ou Fansidar, découverte dans les années 1960) sont les molécules les plus utilisées comme traitement antipaludique. Elles furent des armes très efficaces pour lutter contre le parasite du paludisme, mais leur usage sans contrôle a favorisé l'émergence de souches résistantes au parasite.

diminution du rythme de combat contre le vecteur, cette inquiétude se concrétise. Le paludisme commence à réapparaître notamment dans les pays du bassin amazonien, comme au Venezuela, au Brésil et en Guyana (ancienne Guyane Britannique).

Malgré ce semi-échec, le programme global d'éradication a eu plusieurs points positifs. Il demeure l'une des plus grandes opérations de santé publique qui ait été mise en œuvre. Il a entraîné une considérable réduction du paludisme dans le monde et la répartition géographique de la maladie s'en est trouvée largement modifiée. Elle se restreint actuellement aux régions tropicales et subtropicales, et concerne surtout l'Afrique où se concentrent autour de 90% des cas (figure 5). Il permet également une forte diminution de la mortalité liée au paludisme, de l'ordre de 70% à 100% dans certains pays, comme le Brésil. L'importance de ce programme a permis aussi que les activités de santé publique atteignent des régions périphériques et isolées qui n'avaient jamais été secourues auparavant (Mouchet *et al.*, 2004).

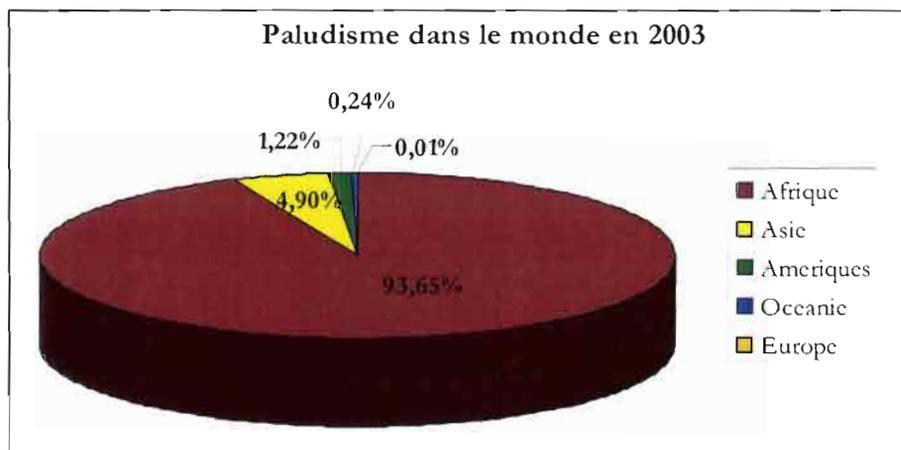


Figure 5 : La répartition de cas rapporté de paludisme dans le monde (source : Global Atlas, OMS, 2003a)

Une des leçons à retenir de la tentative d'éradication du paludisme est que dans une grande partie du monde où elle a été réalisée, elle paraît être plus liée à l'amélioration de la qualité de vie de la population (meilleures infrastructures sanitaires, plus d'accès aux soins, meilleur niveau d'information, etc.), qu'à l'application des mesures des programmes de contrôle qui ont toujours été basées sur le combat contre le vecteur (Forattini, 2002).

Dans ce contexte, l'idée d'éradication du paludisme est progressivement abandonnée au profit du « contrôle »<sup>7</sup>, et en 1978, à la 31<sup>ème</sup> assemblée mondiale de la santé, la stratégie de contrôle est entérinée. Dans les années 1980-1990 une forte augmentation de la mortalité par la maladie se produit. Cela est directement lié à l'augmentation constante des résistances aux médicaments antipaludiques, surtout à la chloroquine<sup>8</sup>. Pourtant, c'est seulement en 1992, 14 ans après, lors de la conférence ministérielle de l'OMS à Amsterdam, qu'est définie une nouvelle stratégie de lutte contre le paludisme. Les 4 points sur lesquels se base cette stratégie sont les suivants :

- Diagnostic précoce et traitement rapide des cas.
- Mise en route de mesures préventives viables y compris par la lutte antivectorielle.
- Vigilance pour la détection et le combat précoce de possibles épidémies.
- Renforcement des capacités nationales en recherche de base et potentiellement applicable, surtout en relation avec les facteurs déterminants d'origine écologique, sociale et économique.

La nouvelle stratégie de lutte de l'OMS consiste ainsi en une opération à long terme, couplée avec le développement de structures sanitaires, dont les résultats seront proportionnels aux actions développées. Cependant, le monde a dû attendre six ans encore, pour que la récente politique mondiale aboutisse en 1998 au lancement du programme *Roll Back Malaria* (« Faire Reculer le Paludisme »).

### 1.3.1 – Le programme actuel de lutte antipaludique

Le programme « Faire Reculer le Paludisme » est un partenariat mondial entre l'OMS, le PNUD (Programme des Nations Unies pour le Développement), l'UNICEF (Fonds des Nations Unies pour l'Enfance) et la Banque Mondiale, en collaboration avec les gouvernements, des organismes de développement, des ONG et des entreprises privées

---

<sup>7</sup> Contrôle vient de la traduction directe du mot anglais *control* qui veut évoquer lutte ou maîtrise. On doit faire attention à l'emploi de ce terme qui est susceptible de créer un faux-sens avec contrôle au sens de vérification.

<sup>8</sup> Selon Jean-François Trape (directeur de l'UR 77 de l'IRD) dans un entretien au journal *Le Monde* du 27.04.05 « Le paludisme, un tueur du tiers-monde »

comme les firmes pharmaceutiques Bayer, Novartis et GlaxoSmithKline, ou le groupe pétrolier Exxon. Ce programme s'efforce d'amoindrir les implications humaines et socio-économiques du paludisme pour réduire de moitié la charge de morbidité<sup>9</sup> et de mortalité due à cette maladie d'ici à l'an 2010. Pour cela la surveillance et l'évaluation constituent les éléments essentiels de ce programme. La surveillance sert à estimer la mise en œuvre de l'éventail des mesures stratégiques, et l'évaluation à mesurer le niveau de réalisation des objectifs fixés (OMS, 2003b et 2005).

Le sommet africain pour « Faire Reculer le Paludisme », qui s'est tenu à Abuja (Nigeria) le 25 avril 2000, a retenu cette date comme la Journée africaine et mondiale du paludisme. Chaque année, diverses manifestations sont organisées à cette date avec la participation des gouvernements, des organisations non gouvernementales et de la population locale dans les pays endémiques et non endémiques comme en France<sup>10</sup> par exemple. L'implication des acteurs de la vie sociale et économique a pour but de permettre une réelle prise de conscience de cette maladie longtemps ignorée par les pays riches. Elle permet également de développer les échanges sur les nouvelles découvertes effectuées, les risques, les dangers et les attentes liés à cette maladie.

Malgré une volonté politique plus forte au niveau international et la diminution dans diverses régions de la morbidité et de la mortalité dues au paludisme ces cinq dernières années, des doutes au sujet de l'efficacité du programme « Faire Reculer le Paludisme » existent, d'autant plus que le budget alloué à ce programme est d'une ampleur considérable (Narasimhan et Attaran, 2003 et Brierley, 2005). En effet, la commission de l'OMS pour la macro-économie et la santé a estimé qu'une injection immédiate d'au moins un milliard de dollars par an est nécessaire pour permettre au programme de continuer à avancer vers ses buts, et que ces sommes devraient être portées entre 1,5 et 2,5 milliards de dollars annuels d'ici 2007. Or, de récentes analyses ont montré que ces fonds sont encore loin d'être réunis (Hay *et al.*, 2004). Ces difficultés de financement

---

<sup>9</sup> La morbidité désigne le nombre (absolu ou relatif) des malades dans un groupe donné et pendant un temps déterminé (Le Petit Robert).

<sup>10</sup> Malgré l'inexistence de transmission du paludisme depuis longtemps en France métropolitaine, le nombre de cas enregistrés de cette maladie est d'environ 7 000 par an (Institut Pasteur, 2004).

mettent en évidence la fracture sanitaire qui désormais accompagne la fracture économique du sous-développement.

Le programme « Faire Reculer le Paludisme » a été lancé en octobre 1999 en Amérique du Sud et en novembre 2000 en Amérique Centrale. Il a contribué à l'augmentation des apports et des emprunts à hauteur de plus de 15% du budget des programmes de lutte contre le paludisme dans la majorité des pays américains frappés par l'endémie. Le budget en 1993 a été de 185,4 millions de dollars. Il a chuté jusqu'à 88,6 millions de dollars en 1998 pour remonter, en 2000, à 105,2 millions, grâce au programme « Faire Reculer le Paludisme ». Mais en 2002 cette somme chute une fois de plus et passe à 77,2 millions de dollars (OPAS, 2003). Ces grandes fluctuations ont une influence importante sur l'évolution des épidémies<sup>11</sup>, car elles signifient une diminution de la quantité de médicaments et du personnel disponible, et une réduction des contrôles des vecteurs.

Ajouté à ce manque d'investissement, la pharmacorésistance devient un des principaux problèmes de la lutte contre le paludisme. La résistance à la chloroquine, l'antipaludique le moins cher et le plus largement utilisé, est fréquente dans plusieurs pays. La résistance à la sulfadoxinepyriméthamine (SP), souvent considérée comme le premier substitut à la chloroquine, avance également. Face à cette situation l'OMS recommande l'utilisation des ACT (*Artemisinin-based combination therapy*: combinaisons à base d'artémisinine) à partir de 2002. Aucune résistance n'est pour l'instant répertoriée, son efficacité a déjà été prouvée et elle est sans effet secondaire. Le principal inconvénient reste son prix, inaccessible pour de nombreux pays en voie de développement. Produits en faibles quantités, les ACT sont plus chers que la chloroquine. Un traitement complet de première ligne chloroquine ou SP coûte actuellement entre 0,2 et 0,5 dollar alors qu'un traitement ACT oscille entre 1,2 et 2,4 dollars, soit cinq à six fois plus que des traitements classiques mais très peu efficaces (MSF, 2005). Seule une fabrication à grande échelle ou une aide financière très importante des pays plus développés pourra faire significativement baisser les coûts de production.

---

<sup>11</sup> Une épidémie est l'apparition souvent brutale d'un nombre excessif de cas de maladie aux dépens de populations limitées et sur un espace généralement limité. Elle peut prendre un caractère cyclique et saisonnier, avec des vagues ou des rémissions (Picheral, 2001).

Par ailleurs, les réapparitions récentes d'épidémies dans des pays considérés comme exempts du paludisme et qui ont survécu à des transformations politiques et sociales importantes au cours des dernières années causent de sérieuses inquiétudes. Comme la Turquie, la Corée et certains pays de l'ex-URSS (Arménie, Azerbaïdjan et Tadjikistan). Ces faits montrent une fois de plus que l'éradication du paludisme n'est pas totale et que la détérioration du niveau de vie des populations joue un rôle très important dans l'évolution de la maladie.

Alors que le combat contre le paludisme se perd dans les difficultés administratives, financières et politiques, la recherche semble y prendre une place prépondérante comme le démontre le séquençage du génome de *Anopheles gambiae* et de *Plasmodium falciparum* en 2002 (Holt *et al.*, 2002 et Gardner *et al.*, 2002). Ces évolutions récentes, bien que constituant le point de départ d'un long travail de recherche, renouvèlent les espoirs de découverte de traitements plus efficaces de cette maladie longtemps oubliée par les grands laboratoires pharmaceutiques. Ce désintérêt s'explique par le fait que la grande majorité des consommateurs des produits de ces recherches sont les pays pauvres. Cette situation est évidente au regard des statistiques, qui montrent que les recherches sur le paludisme reçoivent 1 000 à 10 000 fois moins de financements que les travaux sur le SIDA. Une étude britannique a montré qu'on a dépensé 3 274 dollars dans la recherche sur le SIDA pour chaque cas de décès dû à cette maladie contre seulement 65 dollars pour le paludisme. Ainsi, malgré les avancées de la recherche fondamentale, peu de progrès sont faits pour la mise au point de nouvelles molécules.

Aujourd'hui, il n'existe pas encore de vaccin contre le paludisme. Depuis 1998, une quarantaine de vaccins a fait l'objet de recherches. Plus de douze prototypes sont actuellement à l'étude, certains étant déjà en phase d'essais cliniques (MSF, 2005). Cependant, les chercheurs estiment que les résultats ne se traduiront pas en un vaccin avant au moins une quinzaine d'années. La lutte contre cette maladie a donc encore un long chemin à parcourir.

Le tableau 1 propose un résumé des politiques de contrôle depuis 1820 et démontre la lenteur de la prise de décision lors du dernier changement de stratégie. Un résumé

complet sur les principaux événements liés au paludisme se trouve dans l'annexe 1 (page 247).

**Tableau 1 : Les étapes de la lutte antipaludique de 1880 à 2004**

Périodisation des programmes	Principales dates	Techniques et stratégies
<i>Avant 1943</i> Lutte surtout en Amérique du Nord et dans le bassin méditerranéen	À partir de 1820 À partir de 1890 1930 1934	Traitement et prophylaxie par la quinine Traitement larvicide Assainissement spécifique Lutte imagocide par pyréthrine
<i>De 1943 à 1955</i> Expansion de la lutte imagocide Durée : 12 ans	1943 1955	Traitements intradomiciliaires au DDT, EUA Traitements intradomiciliaires au DDT, Bassin méditerranéen, Amérique du Sud, Asie du Sud-est, Inde, Moyen-Orient
<i>De 1955 à 1969</i> Programme mondial d'éradication Durée : 14 ans	1955 à 1969	Début de la politique d'éradication Mise en œuvre de l'éradication L'Afrique est exclue du programme
Mise au point des stratégies de contrôle Durée : 13 ans	1969 1972 1978	Fin de la politique d'éradication Révision des stratégies de contrôle. Abandon des pulvérisations, provoquant le retour du paludisme (doublement des cas de 1970 à 1985)
Application de la Stratégie de contrôle de 1992 Durée : 12 ans à ce jour	1992 à 2004	Conférence OMS d'Amsterdam Stratégie mondiale de lutte antipaludique <i>Roll Back Malaria</i> – Réactivation de la stratégie de contrôle

Source : d'après Mouchet *et al.*, (2004, p.347).

#### 1.4 – Le paludisme au Brésil : évolution et programmes de lutte

Dans un pays où une large part de la population vit toujours dans la pauvreté, la demande du marché international en produits tropicaux comme la canne à sucre, le café, le caoutchouc, le bois, et plus récemment le soja, a été tout au long de l'histoire du Brésil le déclencheur d'importants mouvements de population vers des régions encore inexplorées à la recherche de nouveaux espoirs et de meilleures conditions de vie. Bien qu'ancienne, la politique de colonisation des terres brésiliennes a des conséquences environnementales

qui, à leur tour, ont des implications sanitaires notamment sur l'expansion et l'évolution générale du paludisme dans les régions occupées du territoire brésilien. De cette façon, au cours de son histoire, le Brésil a mis en place et développé des programmes nationaux de lutte contre le paludisme (Gurgel et Fotsing, 2006). Parallèlement la maladie a connu des évolutions conséquentes que l'on peut classer en cinq grandes périodes.

#### 1.4.1 – L'expansion du café et les premiers fronts pionniers brésiliens

L'expansion du café au XIX<sup>e</sup> siècle, dans le Sudeste brésilien<sup>12</sup>, dynamise l'économie brésilienne, et les premiers fronts pionniers commencent à défricher les forêts de l'intérieur du pays. Le paludisme fait alors ses premiers dégâts importants au Brésil. Pendant la construction du chemin de fer São Paulo-Santos, on enregistre les premières actions de lutte contre le paludisme : Adolfo Lutz<sup>13</sup> suggère alors que les campements des ouvriers soient établis loin de la forêt (Barata, 1998).

Un peu plus tard, à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, on enregistre la première vague de migration en Amazonie, en rapport avec l'âge d'or du cycle du caoutchouc. Comme il n'y avait pas assez de travailleurs dans la région, plus de 300 000 personnes sont arrivées du Nordeste du Brésil, fuyant la misère et la sécheresse, notamment après la grande sécheresse de 1877 qui désola la région aride du Nordeste dénommée le *Sertão* (Droulers, 1995). Un des faits les plus marquants des dégâts du paludisme dans cette région à cette époque se situe pendant la construction du chemin de fer Madeira-Marmore, qui a été conçu pour transporter la production de caoutchouc. Plus de 40 000 ouvriers sont engagés dans les chantiers et 6 000 d'entre eux sont morts, la plupart à cause du paludisme. Les moustiques ont été considérés comme le pire ennemi pendant la construction des 360 km, qui a duré 40 ans (1872 à 1912). Pour se protéger, les travailleurs envoyés dans la forêt s'habillaient jusqu'aux poignets et aux chevilles pour ne pas être attaqués par les moustiques (Bartaburu, 2005).

---

<sup>12</sup> Une carte avec le nom des États et des régions brésiliennes est mise à disposition dans l'annexe 2, page 249.

<sup>13</sup> Adolph Lutz, médecin et scientifique brésilien, a développé la médecine tropicale au Brésil au début du XX<sup>e</sup> siècle. Il a identifié de nouvelles manières d'étudier et de combattre des maladies transmissibles comme le paludisme, la leishmaniose et la fièvre jaune. Actuellement, il est considéré comme le fondateur de la médecine tropicale et de la zoologie médicale au Brésil.

En 1922, des importantes études systématiques sur le paludisme sont initiées au Brésil<sup>14</sup>. Huit ans plus tard, en 1930, l'*Anopheles gambiae* fit son apparition dans la ville de Natal dans l'État du Rio Grande do Norte. Cependant, aucun effort à la lutte ne fut effectué dans cette région, ce qui entraîna le déploiement de la maladie dans tout le Nordeste brésilien, qui était pourtant une région considérée comme non impaludée auparavant.

L'expansion de ce moustique a occasionné l'une des plus grandes épidémies de paludisme jamais enregistrées en Amérique, avec plus de 14 000 morts en seulement huit mois. Après de longues hésitations, le Service de Malaria du Nordeste (SMC), en partenariat avec la fondation Rockefeller, décide d'éliminer l'*A. gambiae* en mobilisant d'importantes ressources financières et humaines. Grâce à une discipline rigoureuse et en traitant tous les cas de paludisme, ces institutions réussissent à éradiquer l'*A. gambiae* en moins de deux ans. Le plus surprenant est que cette réussite s'est faite avant même la découverte du DDT (Barata, 1998 ; Silveira et Rezende, 2001). Ce fait est devenu un symbole de l'éradication du paludisme dans le monde entier.

#### 1.4.2 – Les années 1940 : le paludisme partout au Brésil

Au début des années 1940, le paludisme est partout présent au Brésil et le contrôle de la maladie est appliqué à l'ensemble du pays. En 1945, le DDT et la chloroquine arrivent au Brésil, l'espoir de l'éradication est ainsi lancé. Le paludisme frappe environ six millions de Brésiliens par an dans toutes les régions du pays, et plus de la moitié des cas enregistrés le sont hors d'Amazonie. En 1956 est lancée la Campagne d'éradication de la malaria (CEM) qui suit les instructions de l'OMS. Les années qui suivent sont marquées par un effort intense de la lutte qui, conjuguée avec les changements sociaux comme l'urbanisation et l'élévation du niveau de vie, fait chuter spectaculairement la transmission de la maladie. Cette évolution modifie la cartographie des régions endémiques. Désormais les cas de

---

<sup>14</sup> Ces études sont mises en place par la fondation Rockefeller qui est une fondation privée nord-américaine créée en 1913. Elle est arrivée au Brésil en 1915, intéressée par les études sur les maladies tropicales telles que la fièvre jaune, le paludisme et la dengue, étant donné que les États-Unis connaissaient les mêmes menaces dans le sud de leur territoire. Elle a été très active au Brésil jusqu'aux années 1950. Pendant cette période, elle a élaboré l'ensemble des infrastructures nécessaires pour le combat de ces maladies. Pour cela, elle est intervenue dans le domaine scientifique, ce qui aboutira à la création de l'université de médecine de São Paulo, de l'institut de l'hygiène et des écoles d'infirmiers, dans les années 1920-1930. En 1950, elle part de l'Amérique Latine pour se consacrer à l'Afrique.

paludisme sont exclusivement présents en Amazonie, où se concentrent plus de 80% des cas brésiliens.

C'est en 1970 que l'on recense le nombre plus faible de cas de paludisme au Brésil. Dans certaines régions du Sud, du Sudeste et du Nordeste du pays, on a même enregistré une totale interruption de la transmission. La méthode de lutte antipaludique utilisée pendant cette campagne est basée sur le DDT. Il est efficace et adaptable là où les principes de base de l'éradication sont applicables :

- la transmission est intradomiciliaire ;
- le paludisme humain n'a pas de réservoir animal<sup>15</sup> ;
- l'utilisation de l'insecticide se fait par application sur les murs des maisons.

Toutefois ces mesures ne sont pas applicables à toutes les régions du pays, notamment à l'Amazonie où une grande partie des habitations n'a pas de murs. Cependant, durant cette période, l'Amazonie est encore presque vide d'habitants.

Les investissements et la création effective des colonies agricoles en Amazonie pendant les années 1950 provoquent une deuxième vague de migration dans la région. Cependant, c'est surtout le transfert de la capitale fédérale de Rio de Janeiro à Brasilia, en 1960, qui sera le véritable tremplin pour l'expansion des fronts pionniers en direction de l'Amazonie. L'implantation des routes fédérales reliant l'Amazonie au reste du pays (Belém-Brasília et Cuiabá-Porto Velho), et la création des organismes d'appui financier et fiscal comme la Superintendance de développement de l'Amazonie (SUDAM) et la Superintendance de la zone franche de Manaus (SUFRAMA), constituent les principales infrastructures des plans fédéraux pour la région à partir des années 1960.

---

<sup>15</sup> Dès que disparaissent les vecteurs, l'épuisement de la source d'infection humaine peut être obtenu naturellement à partir de traitements complets faits avec des médicaments spécifiques.

### **1.4.3 – Les années 1970 et 1980 : éradication du paludisme au sud et début d'expansion en Amazonie**

Le Plan d'intégration nationale lancé en 1970 constitue le point fort de la nouvelle politique de développement de l'Amazonie. Grâce aux infrastructures implantés, le gouvernement essaie de promouvoir la croissance économique de la région, non seulement par l'apport de ressources financières, mais aussi par le déplacement des populations d'autres États qui vivaient dans la misère (Barbosa, 1993). La colonisation de l'Amazonie constitue donc une alternative à la réforme agraire inévitable, en étant une tentative d'apaisement des conflits sociaux en vigueur dans les « anciennes » régions agricoles du Nordeste et du Sudeste du Brésil.

Dans ce contexte, depuis les années 1970, le développement des projets agricoles, la cueillette, les mines, la construction des routes et des barrages hydroélectriques, la demande internationale constante de bois et plus récemment l'extension de la culture du soja, ont provoqué le déboisement d'immenses étendues et déclenché d'énormes flux migratoires. Les agressions contre l'environnement, la désorganisation de l'espace habité et la concentration des individus dans des conditions sanitaires insatisfaisantes sont propices à la transmission de diverses maladies, dont le paludisme.

À partir des années 1970-1980, les projets de développement de l'Amazonie provoquent d'importantes migrations internes dans le pays. Celles-ci entraînent des modifications environnementales dans la région, exposant un grand nombre de personnes au paludisme. Cette situation va provoquer la dispersion de la maladie dans la région Nord et Centre-Ouest, avec une explosion du nombre de cas enregistrés. On passe de 53 000 cas en 1970 à plus de 500 000 occurrences annuelles à la fin des années 1980, soit une augmentation de 1 000% (FUNASA, 1999).

D'après *Loiola et al.* (2002), les principaux facteurs d'insuccès de la CEM en Amazonie sont les suivants :

- l'existence de la forêt équatoriale humide qui favorise le développement et la reproduction des vecteurs de la maladie ;

- la présence de groupes humains spécialement exposés au contact du vecteur : les chercheurs d'or, les exploitants forestiers, les agriculteurs des programmes de colonisations agricoles ;
- le grand nombre de cas de *P. falciparum* résistant aux antipaludéens ;
- le manque d'infrastructures sociales et de services permanents de santé dans la majeure partie des communes.

En 1970, la Superintendance des campagnes de santé publique (SUCAM) remplace la CEM. Certains programmes sont mis en œuvre pour essayer de contrôler le paludisme en Amazonie, comme le Plan de stratification épidémiologique déployé à partir de 1980. Il est basé sur l'enquête et la recherche des facteurs de risque qui font partie du processus de production de la maladie, surtout ceux qui sont en liaison avec la variabilité du nombre de cas de paludisme. En 1986, la SUCAM décide de réaliser en Amazonie une opération de grande ampleur et de courte durée, en mobilisant d'importantes ressources financières et du personnel. Cependant, les résultats obtenus ne sont que très ponctuels.

En dépit de ces mesures, le paludisme ne diminue pas dans la région amazonienne et les gouvernements locaux l'accusent de freiner le développement de l'Amazonie. Ainsi, en 1989, et sur financement de la BIRD<sup>16</sup>, entre en vigueur pour cinq ans (de 1989 à 1993) un projet à caractère spécial : le « Plan de contrôle de la malaria dans le bassin Amazonien » (PCMAN). Ses objectifs sont de :

- réduire le nombre de cas de paludisme ;
- promouvoir le développement de la SUCAM et des secrétariats régionaux de santé ;
- fortifier le contrôle du paludisme ;
- accorder une attention particulière à la santé des populations amérindiennes.

---

<sup>16</sup> Banque internationale pour la reconstruction et le développement - Banque mondiale. (*IBRD-International Bank for Reconstruction and Development*)

Toutefois, ces mesures n'apportent pas d'effets et le paludisme évolue de manière croissante (figure 6).

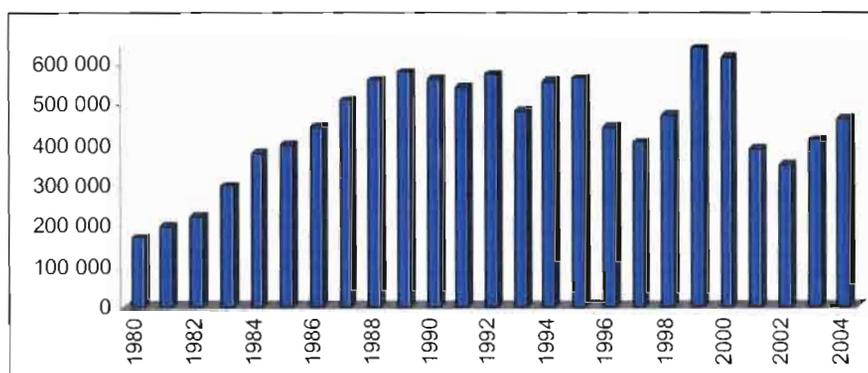


Figure 6 : Évolution du nombre de cas de paludisme au Brésil de 1980 à 2004.  
(source : MS, 2005)

#### 1.4.4 – Les années 1990 : instabilité politique et économique et explosion du paludisme

En 1991 se produit une profonde transformation administrative avec la création de la FUNASA (Fondation Nationale de Santé) qui remplace la SUCAM. Avec ce changement et l'absence de définitions claires des attributions du Ministère de la Santé et même celles de la FUNASA, le programme antipaludique PCMAN reste pratiquement paralysé de 1991 à 1993. Ce blocage entraîne sa prorogation jusqu'en 1996. Malgré ces problèmes, des résultats intéressants sont obtenus. Ce programme participe activement à la structuration de services locaux de santé, essentiellement en relation avec la capacité de diagnostic et de traitement du paludisme. Il est également impliqué dans la réussite de l'élargissement du processus de décentralisation des organismes de contrôle des endémies (Loiola, *et al.*, 2002). La conséquence immédiate est la réduction du taux de mortalité, qui passe de 7 morts pour 1 000 habitants en 1988 à 1,8 morts pour 1 000 habitants en 1995 (figure 7).

Par ailleurs, il faut souligner qu'en dépit de l'avance prise par le Brésil dans la mise en œuvre des préconisations de l'OMS décidées à la réunion d'Amsterdam de 1992, ni les modifications de contrôles, ni les résultats ne sont très tangibles. Les actions continuent à être les mêmes, la tradition ayant empêché l'innovation (Silveira et Rezende, 2001).

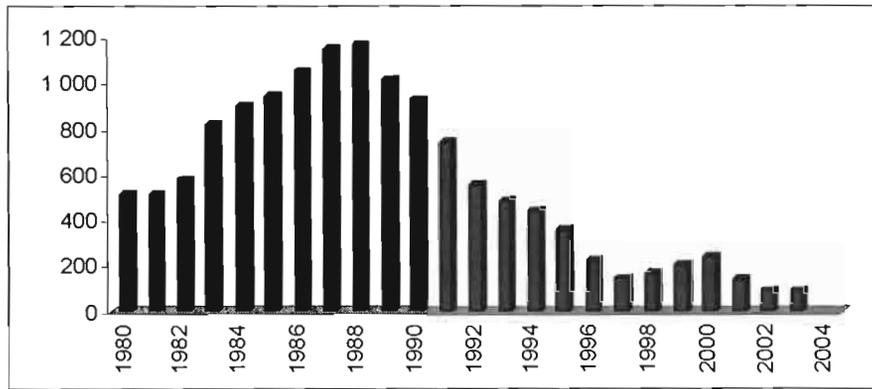


Figure 7 : Évolution du nombre de décès par paludisme au Brésil de 1980 à 2004.  
(source : MS, 2005)

En 1997 est lancé le Plan de contrôle intégré de la malaria (PCIM), avec des objectifs quasi-similaires à ceux du programme PCMAN et de la conférence d'Amsterdam. Le PCIM décentralise ces actions et confie certaines de ses responsabilités aux communes<sup>17</sup>. Par exemple, les moyens financiers sont envoyés directement aux mairies. Malheureusement, cette stratégie ne donne pas les résultats escomptés. Car certaines communes investissent les sommes reçues dans d'autres domaines que la lutte contre le paludisme, d'autres se transforment en simples intermédiaires pour la FUNASA, recrutant les fonctionnaires, achetant les matériaux et demandant ensuite à la FUNASA d'exécuter les opérations sur le terrain (Loiola, *et al.*, 2002). Ces difficultés d'engagement des gouvernements locaux et régionaux entravent considérablement l'efficacité du programme de contrôle. Le nombre de cas de paludisme enregistrés atteint alors son paroxysme en 1999, dépassant les 637 000 individus.

Quoi qu'il en soit, en dépit de l'augmentation continue du nombre de cas, les initiatives de contrôle du paludisme ont globalement donné d'importants résultats, notamment l'accroissement du réseau de diagnostic et de traitement, la réduction de l'incidence<sup>18</sup> du *P. falciparum*, la diminution du nombre d'hospitalisations dues au paludisme et un début de

<sup>17</sup> Au Brésil, la commune (*município*), qui se situe en dessous des unités fédératives (États), est la plus petite unité politico-administrative. Elle possède seulement deux pouvoirs : le municipal (l'hôtel de ville) et le législatif (chambre des conseillers municipaux). Généralement une commune se compose d'une ville, son siège social et le voisinage agricole. Mais elle peut présenter également quelques noyaux urbains à l'intérieur du territoire municipal. Actuellement, le Brésil compte 5 560 communes dans les 26 États qui le constituent.

<sup>18</sup> L'incidence est un taux de morbidité. Elle correspond à la fréquence des nouveaux cas de maladie survenus pendant une période donnée dans une population déterminée. S'exprime pour 1 000, 10 000 ou 100 000 habitants. Sa mesure périodique et répétée traduit la vitesse de propagation de la maladie dans le temps et dans l'espace. Ne pas confondre avec la prévalence (Pichreal, 2001).

participation des communes dans les programmes de lutte (Silveira et Rezende, 2001 et Loiola, *et al.*, 2002).

#### 1.4.5 – Le paludisme au début du XXI<sup>e</sup> siècle

Au début du XXI<sup>e</sup> siècle, avec l'augmentation vertigineuse du nombre de cas de paludisme et le souci de s'arrimer au programme *Roll Back Malaria* de l'OMS, le Brésil a mis en place en 2000 le Plan d'intensification des actions de contrôle de la malaria en Amazonie Légale» (PIACM) avec des objectifs à atteindre en 2002. L'Amazonie légale désigne les États brésiliens<sup>19</sup> dont les territoires sont occupés intégralement ou partiellement par la forêt amazonienne (figure 8). Les cinq éléments qui différencient le PIACM des précédents sont :

- un fort engagement politique assumé par le président de la République, les gouverneurs et les maires pour le contrôle du paludisme ;
- une approche sur les questions de développement régional, reconnaissant que le paludisme n'est pas seulement un problème de santé mais aussi un sérieux problème qui affecte le développement socio-économique ;
- l'importance de l'intégration inter et intra sectorielle dans le plan, avec la participation d'autres secteurs agissant en dehors de la santé, comme par exemple les ministères de l'environnement et de la réforme agraire ;
- un système de suivi et d'accompagnement par des évaluations périodiques ;
- la garantie de financements constants et réguliers des trois niveaux de gouvernement (fédéral, étatique et municipal) pour les actions de contrôle du paludisme (FUNASA, 2000).

---

<sup>19</sup> Font partie de l'Amazonie légale les États de l'Acre, de l'Amapá, de l'Amazonas, du Mato Grosso, du Pará, du Rondônia, du Roraima, du Tocantins et une partie du Maranhão.

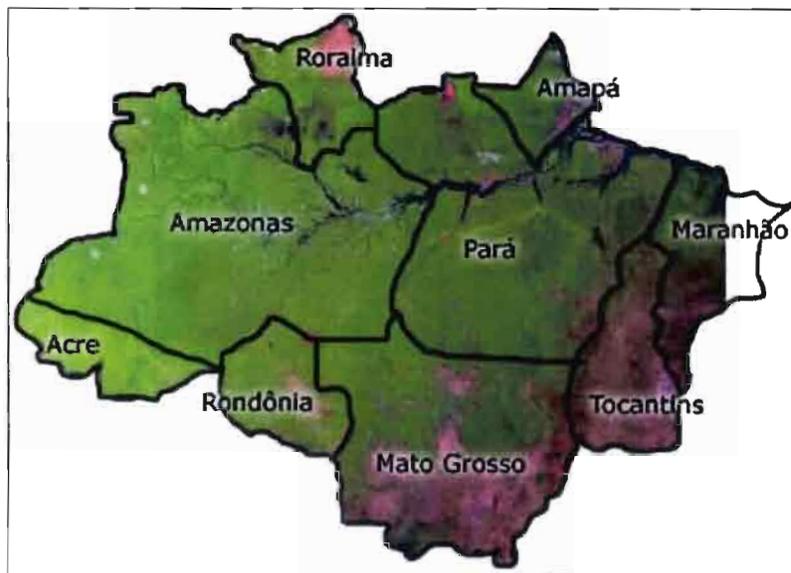


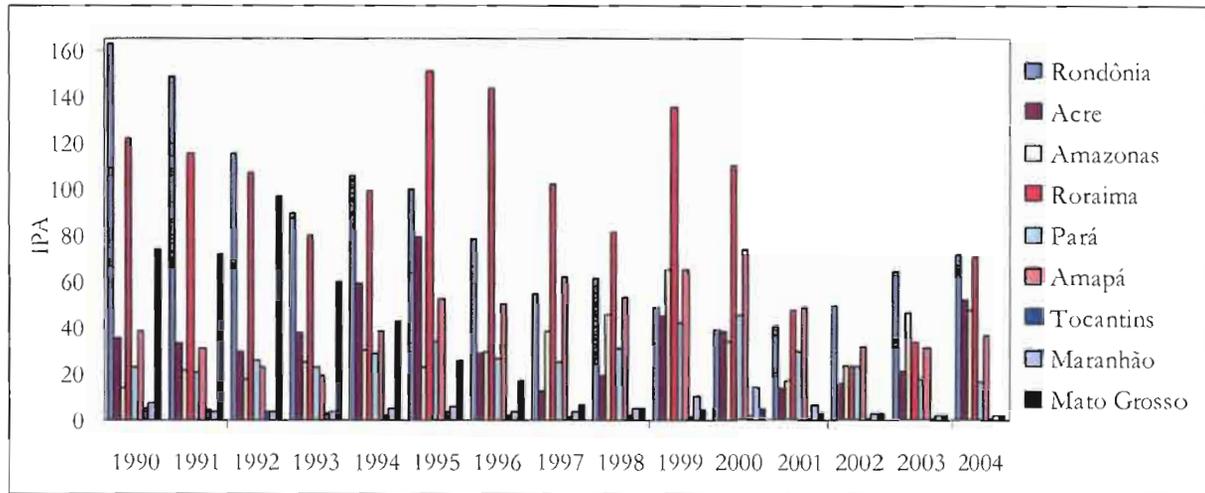
Figure 8 : L'Amazonie Légale

Les années 2001 et 2002 connaissent une très forte diminution du nombre de cas, presque 45% de moins qu'en 1999, mais cette réduction s'est faite de diverses manières selon les régions. L'État qui a enregistré la plus forte chute fut le Roraima avec 78% de baisse du nombre des cas, suivi du Maranhão avec 71%, les autres États ayant subi une diminution entre 35% et 55%. L'unique État qui a connu une augmentation fut le Rondônia, avec 12%.

Dans le prolongement du programme PIACM, le Programme national de prévention et contrôle de la malaria (PNCM) est mis en place en 2003. Il met l'accent sur le suivi des cas hors d'Amazonie, afin d'éviter de nouvelles propagations de la maladie dans des régions où elle a déjà été éradiquée et de réduire ainsi la mortalité due au paludisme dans ces régions. En effet, en dehors de la région endémique le pourcentage de morts est bien plus élevé, 16,45 pour 1 000 cas contre 0,37/1 000 dans la région amazonienne (SVS, 2003).

Cependant, le schéma de réduction du nombre de cas constaté entre 2001 et 2002 ne s'est pas répété en 2003 et 2004. Le paludisme a alors recommencé à augmenter dans presque tous les États amazoniens, avec une hausse de 30% en moyenne par rapport à 2002. L'Acre et le Roraima ont connu en 2004 une surprenante hausse de 240% et 220% de cas par rapport à 2002. Ces anciens Territoires Fédéraux sont les États les moins développés de la région et sont hautement dépendants du gouvernement national. Ce fait coïncide avec la démobilisation et la restructuration surtout administrative due aux récents

changements politiques nationaux (arrivée au pouvoir du Président de la République Lula da Silva et des nouveaux gouverneurs des États).



**Figure 9 : Incidence parasitaire annuelle (IPA) du paludisme (pour 1 000 habitants) dans les États de l'Amazonie légale de 1990 à 2004 (source : SVS, 2005)**

Les seuls États qui ont connu une diminution en 2004 par rapport à 2002 sont le Pará, le Tocantins, le Mato Grosso et le Maranhão, étant entendu que les trois derniers États présentaient déjà une diminution presque continue tout au long de la dernière décennie (figure 9). C'est le cas notamment du Mato Grosso, qui est passé de 200 000 cas en 1992 à un peu plus de 6 000 en 2004. Le paludisme se concentre aujourd'hui au nord de cet État (figure 10), encore considéré comme une région de fronts pionniers ; le reste de son territoire a connu de profondes transformations environnementales et socio-économiques. L'État du Mato Grosso est actuellement le plus grand producteur de céréales du pays. Sa participation au PIB<sup>20</sup> national a augmenté de 93,5% entre 1985 et 2002 la seconde plus forte hausse juste après Brasília avec 94%. Le phénomène qui s'est produit dans l'État du Mato Grosso concernant le recul du paludisme est probablement similaire à celui observé dans l'État de São Paulo dans les années 1950-1960, où l'interruption de la transmission du paludisme fut en grande partie liée au développement socio-économique de la région (Barata, 1998).

<sup>20</sup> Le PIB (produit intérieur brut) additionne à la valeur ajoutée intérieure la TVA (taxe sur la valeur ajoutée) et les produits des douanes, il mesure la différence entre la production et les consommations intermédiaires (Brunet *et al.*, 1993).

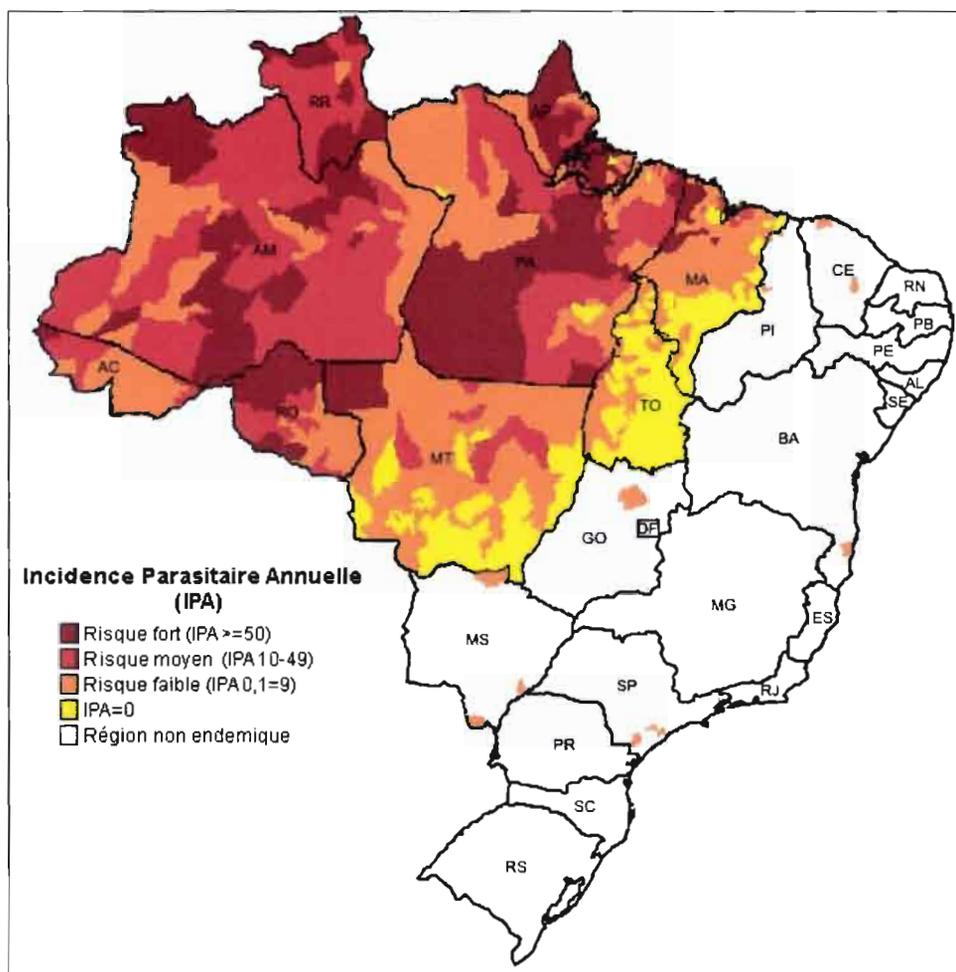


Figure 10 : Incidence parasitaire annuelle<sup>21</sup> (IPA) du paludisme pour 1 000 habitants dans les municipes du Brésil en 2002 (d'après SESPA, 2005)

Au Brésil, le paludisme est actuellement pratiquement limité à l'Amazonie légale (99,5% des cas), en particulier aux États de l'Amazonas, du Pará et du Rondônia, qui représentent ensemble près de 80% du total des cas enregistrés pour l'année 2004 (figure 9). Il s'agit des États qui subissent un déboisement continu avec les taux de défrichage parmi les plus élevés. Les cas observés dans les États des autres régions du pays correspondent à des infections importées, presque exclusivement de la région amazonienne ou d'autres pays où existe la transmission, spécialement des pays amazoniens voisins. Le Roraima présente un aspect particulier dans ce contexte : si à peine environ 5% des cas brésiliens de paludisme (figure 11a) sont enregistrés sur son territoire, c'est en revanche l'État qui a eu l'incidence parasitaire annuelle la plus élevée

<sup>21</sup> l'incidence parasitaire annuel (IPA) est un indicateur de la situation épidémiologique du paludisme. Il représente le nombre de cas de paludisme confirmés par examen microscopique observés en une année par unité démographique (OMS, 2000b).

pendant les dix dernières années (figure 11b), 150 cas pour 1 000 habitants en 1995, réduit à 70 cas pour 1 000 habitants en 2004.

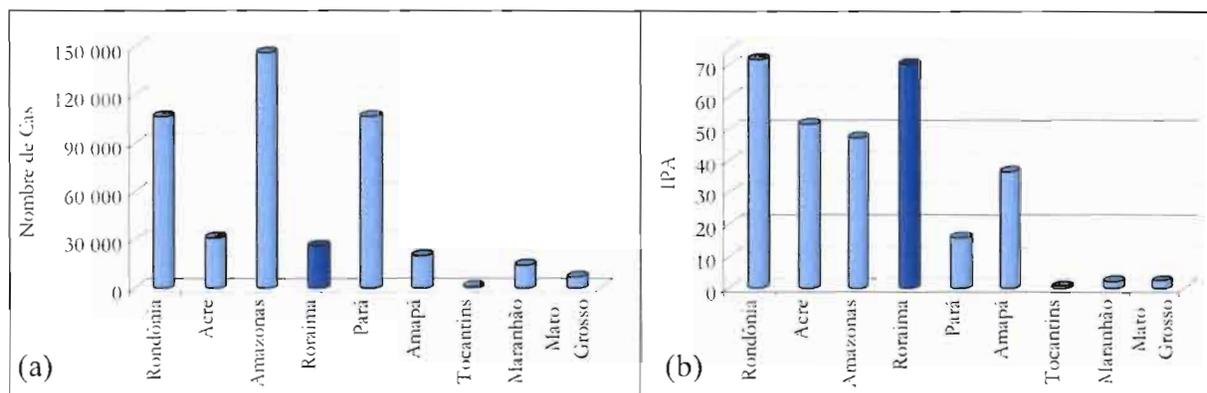


Figure 11 : (a) Nombre de cas de paludisme et (b) incidence parasitaire annuelle (IPA) du paludisme (pour 1 000 habitants) dans les États de l'Amazonie légale en 2004 (source : SVS, 2005)

### Conclusion

La brève description de ce qu'est le paludisme et de son évolution à travers le temps montre qu'il a toujours été perçu comme une maladie liée à l'environnement, et que presque tous les efforts pour le combattre sont basés sur cette perception. De plus, elle met en évidence le fait que le paludisme est assez dangereux, en dépit du fait qu'avec des soins adéquats, cette maladie peut causer moins d'impact sur l'homme et la société. Cependant, étant donné qu'actuellement c'est un fléau qui frappe majoritairement les plus pauvres, le paludisme n'est pas pris en compte par des structures susceptibles de mettre en place une véritable stratégie de lutte. Ce fait est assez clair quand on perçoit les écarts entre lesancements de programmes mondiaux de lutte contre le paludisme et les types d'échecs économiques et techniques qu'ils ont subis.

En outre, le bref historique de l'évolution du paludisme au Brésil met en lumière les fortes interactions entre le paludisme (la pathologie elle-même), l'environnement, l'économie, la société, la politique et la santé publique. Cela montre que ces enjeux peuvent déterminer la répartition, l'expansion, la rétraction et les fortes variations de la morbidité et de la mortalité dans le temps et dans l'espace. Ces faits nous indiquent également que les facteurs qui influencent le paludisme sont de diverses origines. Cela nous pousse à

chercher de quelle façon et jusqu'à quel point ces facteurs influencent la dynamique du paludisme.

..

## **CHAPITRE 2**

### **Les relations entre facteurs environnementaux, facteurs sociaux et politiques publiques sur le paludisme**

## **Introduction**

Le paludisme est une maladie parasitaire qui ne peut pas se transmettre d'homme à homme, sauf à de rares exceptions près, par des transfusions sanguines ou par transmission congénitale. La transmission nécessite ainsi trois éléments : le parasite (*Plasmodium*), le vecteur (*Anophele*) et l'hôte humain (l'homme). Ces trois éléments prennent place dans un cycle interdépendant et leurs actions réciproques ne se développent que dans un milieu favorable, avec des conditions naturelles et anthropiques spécifiques.

De ce fait, il existe un ensemble de facteurs qui interviennent dans la transmission de la parasitose et dans le développement des manifestations cliniques du paludisme. Selon Mouchet *et al.* (2004), il est quasiment impossible d'isoler chaque facteur déterminant de cette maladie. La prise en compte globale de ces facteurs devient ainsi indispensable pour envisager la compréhension de l'ensemble des événements qui interviennent dans le développement du paludisme.

Pour mieux identifier et analyser ces facteurs, certains scientifiques (Mouchet *et al.* 2004), les classent de la façon suivante :

- les facteurs biologiques intrinsèques, liés au parasite et à son cycle ;
- les facteurs de transmission, liés au comportement du parasite chez le vecteur ;
- les facteurs biogéographiques qui régissent la répartition des vecteurs et éventuellement des parasites ;
- Les facteurs climatiques tels que la variation des températures et des précipitations ;
- les facteurs environnementaux comme les modifications des couvertures végétales, les manipulations des eaux de surface, l'urbanisation et les pratiques culturelles et pastorales ;

- les facteurs humains de type anthropologique, démographique, occupationnel, migratoire ;
- les facteurs opérationnels, notamment le développement ou la cessation de la lutte antipaludique.

Il est donc possible de percevoir que les facteurs déterminants du paludisme sont très variés. Dans la mesure où l'objectif de ce travail est d'analyser les interactions entre la dynamique environnementale et le paludisme, seuls les quatre derniers facteurs cités seront abordés dans ce travail, et ils seront regroupés de la façon suivante :

- les facteurs liés directement au milieu, à savoir l'ensemble des facteurs climatiques et environnementaux, tels que les précipitations, température et variabilité climatique, les types de végétation, et les effets de l'anthropisation (déboisement, incendies, urbanisation, etc.) ;
- les facteurs liés à la population (facteurs sociaux et anthropologiques), comme les mouvements et la distribution de la population, la démographie, le rôle de la culture de chaque population (types de processus de production, types d'habitat, etc.) ;
- les facteurs liés aux politiques publiques, tels que les politiques de lutte antipaludique, les programmes de développement, l'impact de la maladie sur l'économie et sa prise en compte.

La figure 12 résume l'importance de la prise en compte du paludisme à partir de ces trois groupes de facteurs. De ce fait, ce chapitre a pour objectif de faire une mise au point sur les connaissances actuelles de ces facteurs à partir de la littérature scientifique, pour approfondir la réflexion de leurs impacts sur la dynamique du paludisme au Roraima. Pour cela, chaque groupe de facteurs est d'abord exploré individuellement, suivi ensuite d'une synthèse des rôles respectifs des principaux facteurs pour la mise en évidence de leur influence réciproque dans l'évolution de la maladie.

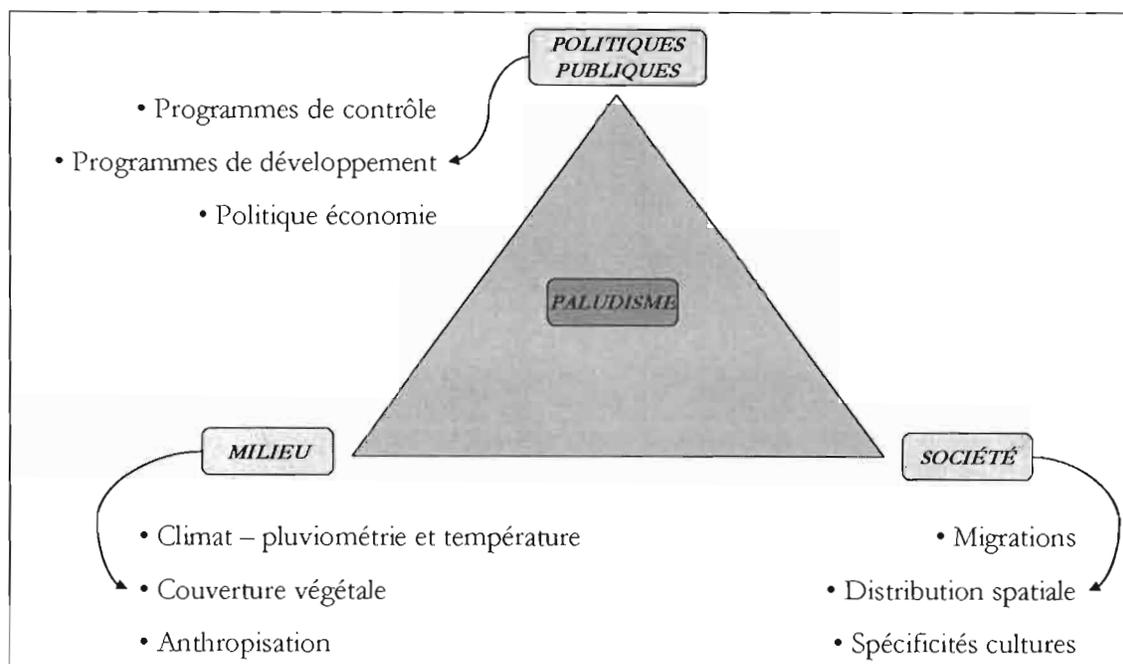


Figure 12 : Les principaux facteurs environnementaux, sociaux et politiques qui influencent la dynamique du paludisme

## 2.1 – Les facteurs liés au milieu naturel

Le milieu peut être considéré comme la scène où l'homme contracte le paludisme. Clarifier les interactions entre le milieu et le paludisme amène à la compréhension de son véritable rôle dans la dynamique de cette maladie. Il est possible de diviser les facteurs concernés en deux groupes. Les facteurs climatiques, comme la température et les précipitations, et les facteurs environnementaux comme la couverture végétale, le réseau hydrographique et toutes les modifications anthropiques auxquelles le milieu naturel est soumis.

### 2.1.1 – Le rôle des éléments climatiques : pluviométrie et température

Le climat, notamment la température et la pluviosité, sont indiqués comme des composantes principales dans le développement du moustique et du parasite. La production et le nombre de gîtes larvaires des anophèles dépendent de la présence de cours d'eau et de l'écoulement des eaux qui sont influencés par la dynamique climatique. Le fonctionnement des gîtes est lié aux précipitations qui influencent l'écoulement des cours d'eau et les accumulations d'eaux stagnantes de toutes tailles et de toutes origines. Inversement, la sécheresse, saisonnière ou prolongée, provoque le tarissement des gîtes.

Mais l'arrêt saisonnier des écoulements peut entraîner la formation de flaques d'eau résiduelles d'une grande importance épidémiologique (Mouchet *et al.*, 2004) et susceptibles de favoriser l'infection du paludisme.

L'infection de l'anophèle par le parasite dépend de températures spécifiques qui lui permettent d'effectuer son cycle. La durée du développement du parasite dans le moustique (le cycle sporogonique) varie entre des limites inférieures de 15°C pour *P. vivax*, 18°C et 19°C pour *P. falciparum*, et une limite supérieure de 35°C. L'optimum thermique est de 22°C pour *P. vivax* et 25°C pour *P. falciparum*. Au-dessous de cet optimum, la durée du cycle s'allonge, la proportion des spécimens atteignant l'âge épidémiologique diminue ainsi que la transmission. Cependant, elle augmente dès que la température s'élève au-dessus des minima de transmissibilité (Mouchet *et al.*, 2004). La variabilité de la température a une influence déterminante dans l'évolution de la transmission du paludisme.

La température et la pluviométrie sont, de ce fait, fréquemment évoquées dans toutes les rétrospectives et projections épidémiologiques sur l'évolution de la maladie comme les deux facteurs climatiques majeurs du paludisme. Un milieu humide et chaud paraît ainsi comme un endroit idéal pour le développement de la maladie. En conséquence, des études locales détaillées de ces variables sont indispensables pour une meilleure connaissance de la dynamique du paludisme dans les régions comme l'Amazonie brésilienne.

#### **2.1.1.1 – La variabilité climatique : El Niño, La Niña et le réchauffement global**

La variabilité climatique annuelle est bien déjà caractérisée. Elle possède un rythme pendulaire avec l'alternance de saisons chaudes et froides dans les zones tempérées, et sèches et humides dans les zones tropicales. Mais, à certaines périodes ce rythme se perd. À une échelle inter-annuelle et mondiale, se distinguent les phénomènes El Niño et La Niña. Ils sont caractérisés par des irrégularités de la température de la surface des eaux de l'océan pacifique, qui influencent la circulation atmosphérique et modifient les précipitations et la température ailleurs dans le monde (Trenberth, 1997). Ces événements ont généralement des conséquences de grande ampleur et se produisent à intervalles

irréguliers. L'origine de ces modifications est encore mal connue, et en conséquence sa prévision et son ampleur à long terme sont encore difficiles à évaluer.

L'événement d'El Niño de 1997-1998, par exemple, a été marquant par ses graves conséquences au niveau mondial, avec d'importants préjudices physiques et économiques (sécheresse, inondation, perte de productivité agricole, etc.) et des pertes en vies humaines. Malgré la difficulté à rassembler des données homogènes et complètes, le *Compendium of climate variability*<sup>22</sup> indique que près de 10 millions de personnes ont été affectées ou déplacées par les effets désastreux de ce phénomène (Sari Kovats, 2000). Des épidémies importantes de paludisme ont été enregistrées en plusieurs endroits du monde, comme au Pakistan, au Sri Lanka, au Vietnam et dans divers pays endémiques de l'Afrique et de l'Amérique Latine.

Depuis cet important événement d'El Niño, les épidémiologistes et entomologistes ont commencé à porter une attention accrue aux impacts des grands phénomènes climatiques sur la santé. L'OMS a même lancé un groupe d'étude spécifique sur ce thème en 1999 (OMS, 2004b et OMS, 2004c). Néanmoins, la plupart des études qui mettent en rapport le paludisme et cet événement sont menées à un niveau planétaire ou continental (Githeko *et al.*, 2000 ; Gagnon *et al.*, 2002 ; Basher et Cane, 2002 ; Thomson *et al.*, 2003) alors que les impacts d'El Niño sont très variables selon l'événement et les régions (Dessay *et al.*, 2004). Des études plus détaillées au niveau régional pour vérifier l'ampleur des impacts de ces événements sur la dynamique du paludisme manquent encore dans la littérature scientifique.

Un autre type de variabilité climatique est celui lié au réchauffement global du climat, thème fortement mis en avant dans l'actualité internationale, bien que ses causes et ses conséquences, encore mal connues, suscitent d'importantes discussions dans le milieu scientifique. Pourtant, la presse généraliste souligne que les conséquences de cette variabilité seront toujours catastrophiques. Les maladies à transmission vectorielle présentes dans les pays chauds apparaissent comme l'un des principaux problèmes de santé publique pouvant découler de cette possibilité de réchauffement. Dans la même ligne d'étude, plusieurs modèles mathématiques ont été construits afin de prévoir les

---

<sup>22</sup> *Compendium of climate variability* est une publication sur l'impact de l'événement El Niño 1997-1998 de la *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA).

conséquences de l'augmentation de la température sur le paludisme (Tanser *et al.*, 2003 et Hales et Woodward, 2003).

Cependant, la relation entre le climat et la transmission du paludisme est assez complexe et n'est pas toujours la même selon les endroits que l'on étudie (Reiter *et al.*, 2004). La plupart des modèles sont basés sur des données issues de quelques endroits seulement et sur quelques variables environnementales liées surtout aux vecteurs ou au *Plasmodium*, sans tenir compte des facteurs sociaux et politiques qui sont également importants dans la dynamique du paludisme. De plus, d'autres études ont montré que le pire moment des transmissions de cette maladie en Europe était lors d'une période beaucoup plus froide qu'aujourd'hui, pendant le Petit Âge Glaciaire au Moyen Âge (Reiter, 2003). Cette époque se caractérisait par des conditions sanitaires assez dégradées. De ce fait, une plus grande attention à la complexité des processus doit être portée par les chercheurs qui étudient ce sujet, principalement en relations avec les échelles d'études, avant d'affirmer que l'expansion du paludisme peut être causée par le réchauffement climatique global.

L'Amazonie brésilienne est fréquemment mise en exergue par la communauté internationale dans les questions des grandes variabilités climatiques, tant par rapport aux impacts des événements d'El Niño que du rôle des grands déboisements et incendies forestiers dans le réchauffement climatique global. Ces variabilités climatiques influencent directement la dynamique du vecteur du paludisme.

### **2.1.1.2 – L'écologie du vecteur du paludisme en Amazonie: l'*Anophele darlingi***

À partir de tout ce qui précède, on constate qu'une grande partie des relations entre l'environnement et le paludisme s'est basée sur son vecteur. Ainsi, pour mieux comprendre ces relations en Amazonie, il est important de connaître un peu plus en détail le vecteur de la maladie dans cette région.

Il existe près de 360 espèces d'anophèles répertoriées dans le monde, mais seules 13% d'entre elles sont capables de transmettre le paludisme. Des 52 espèces d'anophèles qui se trouvent au Brésil, six espèces sont identifiées comme les vecteurs les plus importants : l'*Anophele darlingi*, l'*A. albitalis*, l'*A. aquasalis*, l'*A. oswaldoi*, l'*A. marajoara* et l'*A. deaneorum* (Povoa *et al.*, 2001 ; Silva-Vasconcelos *et al.*, 2002). Parmi ces espèces, l'anophèle

considéré comme le plus efficace pour la transmission du paludisme dans la plus grande partie de l'Amazonie est *A. darlingi* (Deane, 1988 ; Oliveira-Ferreira *et al.*, 1990 ; Tadei *et al.*, 1998 ; Tadei et Dutary-Thatcher, 2000). On trouve cette espèce dans de nombreuses régions de l'Amérique Centrale et du Sud à l'est des Andes. Il a été établi depuis longtemps que les épidémies en Guyane, au Surinam, au Venezuela et au Brésil coïncident avec des cycles d'augmentation de la reproduction et de l'aire d'occurrence de l'espèce (Gabaldon, 1949 et Rachou, 1958).

L'*Anophele darlingi* est donc considéré comme le principal vecteur du paludisme en Amérique du Sud, parce qu'il possède une haute susceptibilité à l'infection du *Plasmodium* qui cause le paludisme. D'ailleurs, l'anophèle est un moustique anthropophile, qui préfère piquer les humains, et qui est endophile, il a ainsi l'habitude de vivre à l'intérieur des habitations et d'y rester, ce qui favorise la transmission de la maladie. En Amazonie brésilienne, il pique les personnes surtout dans les zones attenantes aux habitations, à la tombée de la nuit. Du moment qu'il rencontre un environnement propice à la reproduction, il s'adapte facilement aux zones urbaines et périurbaines. On peut aussi le rencontrer dans les zones où la forêt a été remplacée par l'agriculture, comme dans les périmètres de colonisation agricole où les espèces d'anophèles plus sylvestres disparaissent (Ferreira, 1996).

Succinctement, *A. darlingi* est considéré comme une espèce typiquement fluviale et dépendante du niveau de l'eau, comme *A. funestus* en Afrique (Charlwood, 1996). Les femelles de *A. darlingi* choisissent pour déposer leurs œufs des eaux limpides, avec une certaine profondeur, ombragées, à courant lent, avec une végétation flottante ou émergente et pauvre en matière organique. Les larves se fixent sur des amas flottants de débris végétaux (photo 1). Pendant la saison des pluies, il est possible de rencontrer des gîtes dans les dépressions de terrain, dans les fossés et les marais. Néanmoins, ce moustique est très sensible à la baisse du taux d'humidité, et disparaît de ces lieux dès que la pluviosité diminue. Les méandres et les obstacles (ponts, digues, etc.) sur les rivières constituent les endroits les plus propices pour la reproduction de ces moustiques, puisque la vitesse du courant de l'eau diminue et que les dépôts de végétation et de débris augmentent (Manguin *et al.*, 1996 et Forattini, 2002).



**Photo 1 : Gîtes larvaires de l'*Anophele darlingi* dans un igarapé<sup>23</sup> à proximité de la ville de Mucajaí au Roraima (clichés Helen Gurgel, octobre 2003)**

Au Brésil, on trouve habituellement l'*A. darlingi* dans les régions de basse altitude, avec une température de l'eau comprise entre 20°C et 28°C ; lorsque cette température tombe au-dessous de ce seuil, le développement des larves est mis en difficulté (Rachou, 1958). La longévité du moustique adulte dépend de conditions météorologiques optimales et surtout de la température et de l'humidité. La température optimale de l'air se situe entre 24°C et 27°C et le taux d'hygrométrie optimal entre 70% et 80% ; lorsque l'humidité tombe au-dessous de 70%, le taux de mortalité des moustiques augmente rapidement (Buralli et Bergo, 1988).

Certaines épidémies récurrentes de paludisme se produisent sur des cycles de deux à sept ans, ce qui reflète et coïncide avec des irrégularités météorologiques. Ces épidémies correspondent à des pluies plus fortes, des inondations ou des sécheresses prolongées, qui provoquent probablement l'augmentation de la survie et de la prolifération des vecteurs (Najera *et al.*, 1998). Malgré la bibliographie considérable sur les anophèles africains, l'impact du climat sur le cycle des anophèles en Amazonie est encore peu connu. La connaissance des types de transmission est encore très fragmentée, et la plus grande partie est limitée aux rapports sur la prévalence humaine du paludisme, ou à des études sur les moustiques adultes (Camargo *et al.*, 1996). Il existe peu d'information sur la dynamique des gîtes larvaires de l'*A. darlingi*, qui sont difficiles à localiser et à collecter car cette espèce est peu grégaire (Manguin *et al.*, 1996 et Roberts *et al.*, 2002). Tout ce qui on peut

---

<sup>23</sup> Voir glossaire, page 245

donc en dire, c'est que le vecteur du paludisme en Amazonie est fortement influencé par la dynamique de la pluviosité et de la température, ces facteurs ayant aussi un impact considérable sur la dynamique de la végétation.

### 2.1.2 – La couverture végétale

Le milieu forestier, généralement ombragé et humide, s'oppose à celui de la savane qui est clair et ouvert. Ces différences écologiques jouent un rôle très important dans la dispersion des diverses espèces d'anophèles transmetteurs du paludisme. Par exemple, les espèces du complexe *A. dirus* quittent peu le couvert forestier en Asie du sud-est, tandis que l'*A. gambiae*, d'Afrique, recherche la lumière solaire et ne se développe pas sous le couvert arboré. En Amérique, l'*A. darlingi* ne prolifère que dans les eaux proches des formations forestières. Ces différents habitats, associés à l'écologie des espèces d'anophèles vecteurs du paludisme, permettent d'identifier les régions plus ou moins favorables à la transmission de la maladie : en Afrique, le paludisme est plus présent en zone plus ensoleillée, comme la savane centre-africaine, et en Amérique du Sud en zone plus ombragée, comme la forêt amazonienne.

Cependant, les modifications de la couverture végétale jouent un rôle important dans la dynamique de la transmission de la maladie. En Afrique, le paludisme qu'on trouve en zone forestière est parvenu dans ce milieu à partir des corridors et clairières de défrichage, en continuité avec des plantations, des voies de communication et des villages. Ainsi à cause de ces modifications de la couverture forestière, l'*A. gambiae*, qui est une espèce héliophile, a commencé à occuper les villages forestiers, notamment en milieu forestier de l'Afrique Centrale, comme celle du Cameroun par exemple (Mouchet *et al.*, 2004).

En Amazonie, on a constaté que la présence de la végétation arbustive à proximité des habitations, favorise la présence de la femelle d'*A. darlingi* dans l'environnement y compris pendant la journée. Cette végétation facilite également la migration des insectes depuis leur lieu de reproduction (généralement dans les cours d'eau) jusqu'aux agglomérations urbaines ou périurbaines des villes amazoniennes. Les formations végétales continues, comme les allées bordées d'arbres qui se prolongent depuis les régions de gîtes naturels

jusqu'à la périphérie des villes et aux zones urbanisées centrales fonctionnent comme un pont naturel pour la migration des anophèles jusqu'aux quartiers les plus centraux (Oliveira-Ferreira *et al.*, 1992).

Sur le territoire du Roraima les études entomologiques sont rares. Celles qui ont été réalisées montrent que les espèces qui se trouvent dans la savane sont les mêmes que celles de la forêt, présentant cependant une plus faible diversité d'espèces dans la savane. L'*A. albicans* est l'espèce la plus courante dans la savane et l'*A. darlingi* dans la forêt. Dans la région des savanes, l'*A. darlingi* se rencontre plutôt dans les forêts galeries. Dans toutes les régions de l'État c'est l'*A. darlingi* qui présente le taux le plus élevé d'infection au *Plasmodium* du paludisme (Silva-Vasconcelos *et al.*, 2002 et Barros, 2005). Mais ces études ne permettent pas d'établir une dynamique saisonnière précise des anophèles.

### 2.1.3 – Les modifications anthropiques du milieu

Les changements environnementaux provoqués par l'homme sont chaque jour plus amples et importants. Ils ont souvent de forts impacts écologiques sur l'environnement local. Ainsi, à la suite d'un déboisement ou d'un incendie, on constate fréquemment une augmentation de la présence d'anophèles dans le secteur. Ce type de modification du comportement de l'anophèle peut être causé par la réduction ou la disparition de prédateur, qui occupent des niches écologiques spécifiques et qui possèdent de faibles capacités d'adaptation aux nouveaux environnements. Ceux-ci entraînent la propagation des espèces d'anophèles les plus opportunistes, avec des taux élevés de reproduction et de bonnes capacités de dispersion (Patz *et al.*, 2000). Le contraire peut se passer après la canalisation d'une rivière par exemple. Le redressement des méandres de la rivière, augmente la vitesse de l'eau, empêche l'accumulation des débris entraînant alors, la disparition des gîtes propices au développement du vecteur. Tous ces changements environnementaux ont donc des impacts sur le développement de la transmission du paludisme. Ainsi, on abordera certains de ces phénomènes, tels que le déboisement, les aménagements hydrauliques, les travaux de terrassement et l'urbanisation.

### 2.1.3.1 – Défrichement et déboisement

Depuis le milieu du XX<sup>e</sup> siècle, avec la forte demande mondiale en bois de construction et en pâte à papier, l'exploitation des forêts tropicales est devenue une activité très lucrative et croissante. Par conséquent, de vastes zones de forêts naturelles, surtout tropicales, sont exploitées et une bonne partie des superficies a été déboisée. Ces changements sont accompagnés d'intenses mouvements de populations qui investissent des lieux très propices pour le développement du vecteur du paludisme. Ceci a favorisé une forte expansion de la maladie dans des endroits où elle était auparavant contrôlée, causant d'importantes épidémies non seulement dans les pays du bassin amazonien, mais aussi en Indonésie, au Vietnam, au Cambodge.

Concernant l'Amazonie, nombreux sont les auteurs qui considèrent le déboisement comme l'une des principales causes du paludisme dans la région, étant donné que l'*A. darlingi* s'adapte très facilement à ce nouveau type de milieu. Cependant, les conséquences précises des déboisements et des changements d'usage de la terre sur le paludisme n'ont pas été clairement établies jusqu'à maintenant. Certains auteurs exposent que juste après un déboisement on assiste à un pic du nombre de cas, surtout lié aux mauvaises conditions de vie des premiers colons (photo 2), qui les rendent très vulnérables au vecteur du paludisme. Ensuite, la stabilisation de la population, avec la construction des maisons et l'amélioration de la couverture sanitaire, entraîne une baisse notable du nombre de cas (Barata, 1995).



Photo 2 : Exemples d'habitations des premiers colons à Iracema, au Roraima  
(clichés Helen Gurgel, octobre 2003)

Au Mato Grosso, on constate bien cette diminution du nombre de cas de paludisme associée à l'amélioration du niveau de vie. Dans cette région, l'occurrence de la maladie a été fortement réduite dans les dix dernières années (129 711 cas en 1993, 6 446 cas en 2004). Cependant, cet État présente une augmentation continue et très forte du taux de déboisement au cours de ces années (6 220 km<sup>2</sup> déboisés entre 1992 et 1993 et 10 416 km<sup>2</sup> entre 2002 et 2003) (Inpe, 2005). Par contre, on constate que dans d'autres régions de la forêt amazonienne, comme au Rondônia, où les fronts pionniers sont arrivés depuis longtemps et où les taux de déboisement sont moins forts qu'au Mato Grosso (2 595 km<sup>2</sup> déboisés entre 1992 et 1993 et 3 463 km<sup>2</sup> entre 2002 et 2003) (Inpe, 2005), le nombre de cas de paludisme continue d'être très élevé (111 298 cas en 1993, 106 634 cas en 2004), l'IPA restant l'un des plus élevés du Brésil (Camargo *et al.*, 1999 ; Povoá *et al.*, 2000 et Singer et Castro, 2001). Une attention particulière doit donc être portée au lien entre le déboisement de la forêt amazonienne et le paludisme. Les chiffres ne montrent pas de relation directe entre eux. D'autres facteurs notamment socio-économiques ont également un rôle déterminant dans la dynamique du paludisme dans cette région.

### 2.1.3.2 – Les aménagements hydrauliques

Comme la reproduction des anophèles est liée à l'eau la manipulation et l'aménagement par l'homme de cette ressource naturelle provoquent d'importants effets sur la dynamique du paludisme. Avec l'industrialisation et l'urbanisation croissantes, la demande en électricité croît constamment. Dans les pays où l'eau est abondante, les usines hydroélectriques ont été le moyen privilégié de la production d'énergie. Pourtant, pour produire de l'énergie électrique, de grands barrages ont été construits. Fréquemment, la construction de ces barrages a pour conséquence d'inonder d'immenses superficies, de villes, de champs et de forêts. Les impacts sur l'environnement sont immenses. Dans les régions les plus planes, plusieurs bras de rivières se forment, créant ainsi des gîtes potentiels très propices pour la reproduction des anophèles. Au Brésil, de nombreuses épidémies de paludisme ont éclaté à la suite de la mise en eau de barrages, comme à Tucuruí (Pará), à Itaipu (Paraná) et à Serra da Mesa (Goiás) (Koifman, 2001 ; Vasconcelos et Novo, 2003 ; Guimarães *et al.*, 2004 et Falavigna-Guilherme *et al.*, 2005).

Les constructions de barrages pour la reproduction de poisson ou pour le stockage de l'eau d'irrigation pour l'agriculture sont un autre type d'aménagement hydraulique courant dans les régions rurales. En Amazonie brésilienne, cette pratique est même très encouragée par les politiques de développement local. Pourtant, elles doivent faire l'objet d'une attention particulière car dans un milieu forestier donné la présence de barrages favorise l'apparition de gîtes favorables au vecteur du paludisme. Des études réalisées au Roraima montrent que des foyers de paludisme sont souvent observés dans les maisons à proximité immédiate de ces retenues d'eaux. Ces derniers sont fréquemment rencontrés dans des projets de colonisation agraire, comme dans les *assentamentos*<sup>24</sup> (zones de colonisation) de la région de Ronrainópolis (Barros, 2005). Les aménagements hydrauliques, comme les travaux de terrassement, sont autant de facteurs susceptibles de favoriser la dynamique du paludisme.

### 2.1.3.3 – Les travaux d'infrastructures

La construction de voies de communication et de mines impliquent des travaux de terrassement qui généralement causent d'importants changements environnementaux. La construction de routes demande des apports de matériaux prélevés dans des fossés d'emprunt, qui subsistent le long des voies de communication, créant des gîtes larvaires, d'abord sans végétation, puis qui se trouvent peu à peu encombrés par la végétation verticale (Mouchet *et al.*, 2004). Si l'on ajoute à cela les déboisements réalisés pour permettre l'implantation des routes et la présence d'un nombre élevé de travailleurs pour la construction généralement logés dans des habitations précaires, on assiste à d'importantes épidémies de paludisme lors de la construction de ces voies. Après leur construction, les fossés creusés le long des routes continuent d'être d'importants gîtes larvaires pour diverses espèces de moustiques vecteurs de maladies comme le paludisme et la dengue<sup>25</sup>. En Amazonie, il est courant d'observer ces sites, notamment sur la route BR-174 qui relie Boa-Vista à Manaus (photo 3). Pourtant, ils sont toujours ignorés par les autorités locales qui ne font rien pour les éliminer.

---

<sup>24</sup> Voir glossaire, page 245

<sup>25</sup> La dengue est connue aussi comme « grippe tropicale ». Les virus responsables de cette maladie sont transmis à l'homme par le moustique *Aedes*. Soixante à cent millions de personnes sont infectées chaque année dans le monde, et la forme grave de la maladie, la dengue hémorragique, en recrudescence dans plusieurs régions intertropicales, est responsable de plus de 20 000 morts annuelles (Institut Pasteur, 2004).



**Photo 3 : Fossés abandonnés le long de la route BR-174 à Caracarái, au Roraima  
(clichés Helen Gurgel, novembre 2003)**

En Amazonie, les immenses excavations creusées par les *garimpeiros*<sup>26</sup> (chercheurs d'or et de pierres précieuses) sont aussi à l'origine de la prolifération de l'*A. darlingi* dans plusieurs États, notamment au Pará. La forte exposition des mineurs, logés dans des abris précaires, augmente la transmission, mais les propriétaires ou gérants de mines traitent les ouvriers à la chloroquine ou par d'autres chimioprophylaxies dès les premiers symptômes, et la maladie reste souvent bénigne. Néanmoins, les chercheurs d'or passent pour être d'importants disséminateurs du paludisme vu qu'ils se déplacent souvent pour vendre leur récolte ou pour rendre visite à leur famille. Un grand nombre de ces mines d'or se trouvent en outre dans des réserves indigènes amazoniennes constituant ainsi une importante menace pour la population amérindienne locale. De nombreux rapports existent sur les déclenchements d'épidémies de paludisme dans les réserves indigènes à cause de l'arrivée des *garimpeiros*, comme dans les années 1980 et 1990 chez les Yanomami au Roraima et en Amazonas, chez les Cinta Larga au Rondônia et chez les Kaiapos au Pará (Buchillet, 1995 et Macmillan, 1995).

#### **2.1.3.4 – L'urbanisation**

Le développement urbain est un phénomène considérable qui a accompagné la croissance démographique au cours du XX<sup>e</sup> siècle dans les pays en voie de développement. Alors que le taux de croissance démographique annuel actuel est de 2% dans les pays du Sud, celui de la population urbaine est de 3% à 6% dans certains pays (UNFPA, 2004). En

<sup>26</sup> Voir glossaire, page 245

Amazonie, autrefois peu peuplée, la population urbaine a pratiquement triplé dans les vingt dernières années. Elle passe de 4,7 millions (45% de la population local) en 1980 pour 13,7 millions (69%) en 2000 (Barreto *et al.*, 2005). Ce mouvement ne s'est pas fait au détriment de la population rurale qui est restée stable, mais le surplus a été absorbé par les villes (Lutz, 2002).

L'urbanisation de la population a souvent pour conséquence des changements des conditions et des modes de vie, de travail et de statut social, de mentalité et de comportements, de modes de consommation, qui retentissent sur l'état de santé des citadins mais aussi sur leur perception par rapport à la santé. Dans les sociétés en développement où l'urbanisation est aujourd'hui très rapide, la constitution de zones d'habitat précaire aux conditions d'hygiène déplorables est propice aux épidémies ou à des situations endémiques graves (Picheral, 2001).

Les villes correspondent à une situation biogéographie particulière, c'est à dire à un territoire avec des écosystèmes (faune, flore, environnement) particuliers. Une partie importante de ce territoire est occupée par des infrastructures, des habitations, des bâtiments divers, des voies de communication, des effluents d'eaux, etc. La faune primitive d'anophèle pénètre plus ou moins le tissu urbain. D'une façon générale, on observe que l'abondance des anophèles, voire même leur présence diminue, de la périphérie vers le centre, à mesure que se densifient les infrastructures et que les eaux de surface sont remplacées par des effluents pollués que les anophèles ne supportent généralement pas (Mouchet *et al.*, 2004).

Selon le mode de transmission du paludisme en milieu urbain il est possible de distinguer deux types de cette maladie, « l'urbain » et « l'urbanisé ». Le paludisme « urbain » est caractérisé par la transmission de la maladie à partir d'anophèles que l'on rencontre seulement en ville. Tandis que le paludisme « urbanisé » est transmis par des anophèles que l'on peut rencontrer aussi bien dans un milieu urbain que dans un milieu rural environnant impaludé. Les uniques exemples de paludisme strictement « urbain » étudiés jusqu'ici dans la bibliographie sont ceux des villes de l'Inde du sud. Leur caractère le plus remarquable est l'absence de paludisme dans les zones rurales qui les entourent (Longstreth et Kondrachine, 2002).

Au Brésil, le paludisme urbanisé est en progression constante. Dans les capitales de l'Amazonie, comme Manaus et Porto Velho, la ville s'étend de plus en plus sur la forêt, ou plutôt sur ce qu'il en reste. Il en résulte une occupation spatiale apparemment désordonnée et chaotique, au milieu des *igarapés* (petits affluents des fleuves amazoniens). Dans cet environnement, l'*A. darlingi* s'est bien adapté et se rencontre maintenant dans les faubourgs, provoquant de fréquentes épidémies de paludisme au cours des dernières années (MS, 2005). Au Roraima, on observe depuis quelques années, dans les quartiers plus périphériques et plus pauvres, comme au Jardim Equatorial et au Distrito Industrial à Boa Vista, une certaine recrudescence du paludisme.

## 2.2 – Les facteurs de la dynamique du paludisme liés à la population

L'homme est l'une des trois clés du paludisme, car il en est l'hôte : sans l'homme le cycle de cette maladie ne peut pas être complet. De plus, les actions humaines tant au niveau individuel qu'au niveau collectif ont de fortes implications sur la dynamique du paludisme. Les aspects abordés précédemment ont des rapports plus ou moins étroits avec l'organisation économique et sociale. Ils sont liés à l'occupation du sol, à l'exploitation économique des ressources naturelles, aux activités de colonisation rurale et urbaine. L'organisation sociale influence et est réciproquement influencée par les migrations humaines, l'organisation spatiale, la culture et les modes de vie des populations. Comprendre comment ces derniers facteurs agissent sur le paludisme peut aider à mieux comprendre la dynamique de la maladie. Ces connaissances sont essentielles pour l'élaboration des programmes de contrôle du paludisme, puisque les hommes sont les principales acteurs et victimes de cette pathologie.

### 2.2.1 – Le rôle des déplacements de population

Les déplacements des populations, qui régissent la distribution des hommes, sont aussi responsables de la dispersion de diverses maladies comme le paludisme. Il est très difficile d'établir les connections entre ces migrations depuis la préhistoire et le paludisme. Néanmoins, des études montrent que le *P. falciparum* est originaire d'Afrique bien qu'il soit aujourd'hui présent dans toutes les régions impaludées. En Amérique, ce *Plasmodium* a été

apporté par les Européens et leurs esclaves pendant les grandes migrations à partir du XVI<sup>e</sup> siècle.

Les motifs, la durée et la distance des déplacements des populations sont multiples. Ils peuvent être causés par des guerres ou des conflits politiques et économiques, par des catastrophes naturelles, (sécheresse, séisme, sauterelles, etc.), par la recherche de terres cultivables ou d'emplois rémunérateurs, par le tourisme ou le pèlerinage. Les migrations peuvent être temporaires ou définitives. La distance parcourue peut être régionale, nationale, internationale, voire intercontinentale.

Grâce aux facilités modernes de locomotion, les déplacements sont chaque jour plus importants. Les distances de ces déplacements de population sont actuellement plus longues et sont effectuées beaucoup plus rapidement (Amat-Roze, 2004). Un bon exemple de conséquence des déplacements sur la dispersion des maladies sont les cas appelés de paludisme « d'importation », où la contamination se fait dans un pays endémique, et le développement de la maladie dans une région non endémique (Godet *et al.*, 2004). Les mouvements de populations présentent donc un double risque d'un point de vue sanitaire, d'une part pour les migrants eux-mêmes, et d'autre part pour la collectivité qui les reçoit. Ces risques varient considérablement suivant l'origine et la destination du migrant.

Les conséquences de ces déplacements de population sur la transmission et l'incidence du paludisme sont très différentes selon le lieu d'arrivée de la population migrante. Elles dépendent directement du niveau de développement sanitaire de ces lieux (Fischhoff, 2002). Dans les régions comportant un système de santé structuré et de bon niveau, la maladie peut être rapidement maîtrisée, ce qui empêchera des transmissions et des épidémies. C'est le cas du sud du Brésil qui présente une infrastructure sanitaire bien plus développée que celle du nord et qui reçoit chaque année des centaines de migrants (voyageurs, militaires ou immigrants surtout de la région nord) atteints du paludisme. Même si les moustiques transmetteurs sont toujours présents dans le sud, les épidémies sont assez rares. Dans l'État de São Paulo par exemple, dès qu'il existe des cas autochtones, on observe une grande mobilisation des autorités locales de santé, ce qui permet de maîtriser tout de suite la maladie (Alves *et al.*, 2000). Par contre, dans les

régions à niveau de vie très bas et généralement très peu équipé en structures sanitaires, des déclenchements d'épidémies sont presque certains, comme cela qui a eu lieu dans la région de Camaçari, dans l'État de Bahia, dans les années 1980 (Souza *et al.*, 1986).

Les mouvements massifs et brusques de populations sont souvent marqués par des épidémies de paludisme comme pendant les projets de colonisation en Amazonie brésilienne depuis les années 1970 (Gusmão, 2002), ou lors de la Transmigration des Javanais en Irian Jaya ou à Kalimantan en Indonésie dans les années 1980 (Baird *et al.*, 1993). La plupart des programmes de réinstallation des populations dans des zones endémiques est confronté à un risque palustre d'autant plus important que les colons sont originaires de régions non impaludées (Fischhoff, 2002), que ce soit en Asie, en Afrique ou dans les Amériques, comme cela a été constaté en Amazonie brésilienne.

### **2.2.2 – Le rôle de la distribution spatiale de la population**

La concentration de la population dans les centres urbains ou sa dispersion dans les campagnes peuvent agir sur la qualité d'accès aux soins et sur l'exposition à la maladie. De cette façon, la distribution de la population joue un rôle important pour la diffusion ou la limitation du paludisme.

Le paludisme a toujours été considéré comme une maladie rurale, car les lieux propices à la reproduction des anophèles se trouvent facilement dans ce milieu et sont au contraire plus rare à localiser dans les villes. Mais la situation dans les villes des pays du sud joue un rôle dual pour l'épidémiologie de cette pathologie. D'une part, la pression de la population sur l'environnement provoque des changements au milieu qui peuvent favoriser l'établissement de gîtes d'anophèles. Ces derniers s'adaptent ou s'introduisent dans les environnements urbains, comme cela a été vu dans la section 2.1.3 de ce chapitre. D'autre part, et *a contrario*, les infrastructures mises en place lors d'une phase d'urbanisation pourraient limiter l'augmentation du paludisme d'une façon générale (Bradely, 1999), comme cela a été le cas dans l'État de São Paulo dans les années 1960-1970 (Barata, 1998 et Alves *et al.*, 2000).

Les facteurs qui peuvent entraîner une réduction du paludisme sont étroitement liés à l'accès aux soins, à savoir la présence de médecins et d'hôpitaux. Ainsi la prévention et la

guérison sont plus aisées dans les communautés urbaines où les structures de santé sont largement plus présentes et d'accès plus facile. En Amazonie brésilienne, 67% des médecins et une grande partie des infrastructures de soins se concentrent dans les capitales de chaque État. Le coût des programmes de contrôle a également son importance. Dans les régions rurales, la difficulté d'accès et la dispersion de la population augmentent conséquemment le coût des mesures de contrôle. De plus, en ville le réseau d'information, le niveau éducationnel et culturel sont plus élevés qu'à la campagne. Dans la région Nord du Brésil, on constate que 35% de la population rurale est analphabète, contre 15% dans la population urbaine.

En plus de la modification de l'environnement, l'augmentation du paludisme en milieu urbain peut aussi être liée à la vulnérabilité de la population urbaine. En effet, cette population est plus faiblement immunisée contre la maladie et se trouve beaucoup plus vulnérable face aux migrants saisonniers et internationaux, qui peuvent transporter avec eux de nouveaux parasites avec plusieurs degrés de virulence et de résistance aux médicaments (Longstreth et Kondrachine, 2002).

### **2.2.3 – Le rôle des facteurs culturels**

Les habitudes et le mode de vie d'une société sont autant d'aspects du système culturel et économique auxquelles elle appartient. Ceux-ci jouent un grand rôle sur la qualité du niveau de vie et par conséquent sur la santé de la population. La perception des maladies et l'attention à la santé, le type d'activité professionnelle ou de loisir, la façon de construire les habitations, la proximité du bétail, par exemples, jouent fortement sur la vulnérabilité à la contamination et sur le développement des diverses maladies.

Pour le paludisme ces aspects peuvent influencer fortement la réussite des programmes de lutte. Le type d'habitation commun en Amazonie est sans murs continus, ce qui empêche la fixation des insecticides (photo 4). C'est ce qui a été considéré comme une des principales causes de l'échec de la campagne d'éradication du paludisme dans cette région à la fin des années 1970.



**Photo 4 : Habitations amazoniennes typiques au Roraima**  
(clichés Helen Gurgel, novembre 2003)

La cohabitation ou le proche voisinage des hommes avec des espèces d'anophèles plutôt zoophiles<sup>27</sup> ont également été observés dans le processus de transmission du paludisme. D'une part, le bétail est source de nourriture pour les moustiques participant ainsi au maintien de densités anophéliennes élevées ; mais d'autre part, de par son attractivité propre, il détourne les anophèles des humains. À Madagascar, l'épidémie de 1986 a été expliquée en partie par la stabulation du bétail au rez-de-chaussée des habitations pour empêcher les vols (Mouchet *et al.*, 1997). En Europe, l'amélioration de l'habitat humain et sa séparation des locaux de stabulation ont été considérés comme des éléments essentiels de la disparition spontanée de la maladie (Reiter, 2003). La proximité de la population avec des anophèles zoophiles n'est pas encore observée en Amazonie, mais cela doit être souligné dans les études sur le paludisme, d'autant plus que l'élevage gagne chaque jour plus de place dans la région.

L'activité productive, voir l'activité de loisir peut également influencer sur la vulnérabilité au paludisme. Les activités liées à la proximité de l'eau, la pêche par exemple, sont citées comme les principales responsables de la dissémination du paludisme dans les épidémies qui ont frappé la région du lac d'Itaipu au sud du Brésil dans les années 1990 (Ferreira, 1996).

La perception de la maladie, de son danger et de la nécessité d'un traitement complet ont aussi de forts impacts sur le paludisme. Dans les régions fortement impaludées, les

<sup>27</sup> Les espèces zoophiles manifestent une préférence pour le sang des animaux

résistances aux médicaments et les rechutes sont souvent liées à la façon dont la population considère la maladie. L'automédication est apparemment un fait courant dans une grande partie de ces régions. Quand une personne présente des symptômes de fièvre, elle est automatiquement considérée comme un cas de paludisme. Il lui est alors administré les médicaments nécessaires avant même d'effectuer les examens qui permettraient de confirmer la contamination. Ces pratiques ont un effet pervers, car elles non seulement peuvent entraîner une résistance au médicament due à son usage fréquent, mais aussi masquer d'autres maladies porteuses de symptômes proches de ceux du paludisme, entraînant d'importants dangers pour la santé de la population.

Dans l'Amazonie vénézuélienne, des études indiquent que le manque de conscience de la population face à la nécessité d'un traitement complet empêche un contrôle efficace du paludisme. Le malade cesse de prendre les médicaments dès que les symptômes disparaissent. Il les conserve alors en prévision d'une prochaine crise. Cependant, le *Plasmodium* reste toujours présent dans le sang de la personne contaminée, celle-ci continuant d'être un transmetteur potentiel du paludisme (Gauthier<sup>28</sup>, *com. pers.*, juillet 2004).

Toutes ces habitudes et influences d'ordre culturel sont négligées par la plupart des spécialistes et des études sur le paludisme. Ils se concentrent la plus part du temps sur l'implication de l'environnement, surtout liée à la dynamique des anophèles, sans tenir compte des conséquences des habitudes des hommes (Morra, 2004). Comme ce sont souvent ces spécialistes qui mettent au point les expertises pour les programmes de lutte, ces facteurs sont très peu pris en compte dans les politiques de contrôle du paludisme.

### **2.3 – Les politiques publiques et la dynamique du paludisme**

Au cours des précédentes sections les politiques de développement ont été évoqués à diverses reprises comme étant en partie responsable de la dissémination du paludisme et des échecs des politiques de contrôle de cette maladie. Ces actions de développement sont liées aux politiques étatiques ainsi qu'à la dynamique économique nationale et

---

<sup>28</sup> Céline Gauthier est doctorante en *génétique des maladies infectieuses*, et prépare une thèse sur le paludisme au Venezuela, dans le cadre de l'UMR 2724 CNRS/IRD Génétique et Évolution des Maladies Infectieuses de l'IRD à Montpellier.

internationale. D'ailleurs, dans les pays endémiques, le paludisme frappe une partie importante de la population, entraînant des effets considérables sur l'économie locale, voire même nationale, et de ce fait il doit donc être considéré par les gouvernements comme un important problème de santé, et d'économie publique. Mettre en lumière l'importance des aspects économiques liés à cette maladie, ainsi que le rôle des actions publiques sur le contrôle et la dispersion du paludisme, précisera les enjeux et les limites de la lutte antipaludique.

### 2.3.1 – Les politiques de contrôle entre échelles mondiale et nationale

De notre premier chapitre, il est ressorti que les premières politiques de contrôle du paludisme remontent à la Grèce antique, avec Hippocrate. Au fil du temps les politiques de lutte antipaludique ont incorporé les concepts d'insalubrité et d'état sanitaire, ainsi que ceux de prévention, de traitement, de suppression de la transmission, d'éradication et plus récemment de contrôle (maîtrise de la maladie). Les oppositions entre les tenants de l'intervention médicale directe et les tenants de la prévention de la maladie n'ont pratiquement jamais cessé, elles sont sous-jacentes à toutes les politiques sanitaires.

Les politiques nationales et internationales de santé, dans le domaine du paludisme, sont ainsi inspirées d'une part par les différentes « écoles » que l'on peut qualifier de « nationales » (italienne, anglaise, hollandaise et américaine) et d'autre part par les organismes internationaux, notamment l'OMS. Elles sont marquées par quelques bifurcations remarquables comme le remplacement du *Programme mondial d'éradication du paludisme* par la *Stratégie mondiale de lutte contre le paludisme* en 1992 (Najera, 2001).

La lenteur dans la prise de décision lors du dernier changement de stratégie a bien montré que les hésitations des politiques internationales ont été cruciales dans l'explosion des cas de paludisme dans le monde. De plus, la nouvelle stratégie mondiale (*Roll Back Malaria*) est très peu directive et les méthodes de lutte sont largement dictées par le contexte local. La politique nationale adoptée au sein de chaque gouvernement joue ainsi un rôle clé dans l'application et la mise en œuvre des programmes de lutte antipaludique (Brierley, 2005). Cela a été explicité dans l'évolution des politiques antipaludiques brésiliennes (cf. chapitre 1). Dans ce cadre, on observe que le développement économique et le paludisme sont liés

tout au long de l'histoire. Si le premier a souvent conditionné le second, l'inverse est vrai aussi. Dans cette nouvelle stratégie mondiale, ce sont les directives des politiques internationales et surtout nationales qui vont définir plus que jamais son succès ou son échec.

### 2.3.2 – Les programmes de développement et d'aménagement du territoire

Les États, pour améliorer l'économie de certaines régions, établissent des projets de développement et d'aménagement du territoire. Certains de ces projets sont basés sur le déplacement d'un grand nombre de personnes vers des endroits peu peuplés, avec un environnement fréquemment hostile et des infrastructures rudimentaires. Dans ces conditions, les nouvelles implantations causent d'importants changements environnementaux. Les projets de colonisation, de construction de routes, de barrages hydroélectriques, d'irrigation, d'exploitation des produits naturels (extractivisme), sont identifiés comme les responsables du déclenchement d'épidémies importantes de paludisme.

Au Sri Lanka pendant la mise en œuvre des projets d'irrigation et d'extraction de pierres précieuses soutenus par l'État dans les années 1970-1980, les gîtes du vecteur du paludisme se sont multipliés, ce qui a suscité d'importantes épidémies. Les mouvements de population ont provoqué la dispersion de la maladie dans des régions non endémiques du pays (Klinkenberg *et al.*, 2004 et Yapabandara et Curtis, 2004). Les mêmes processus ont été observés lors des projets de développement de la riziculture irriguée au Burkina Faso (Ouedraogo, 1992) et lors du projet de construction du réseau routier en Inde (Jotkar *et al.*, 1997).

Au Brésil, les exemples ne manquent pas, comme lors de la construction des chemins de fer dans l'État de São Paulo et de la Madeira-Maimoré, au sud de l'Amazonie, pendant l'âge d'or du café et du caoutchouc au XIX<sup>e</sup> siècle. Les projets de colonisation en Amazonie se présentent comme un emblème de ces politiques. Ces projets sont associés à l'extraction de minéraux et à la construction de routes, comme la Transamazonienne, et la construction de barrages hydroélectriques, comme celui de Tucuruí. L'ensemble de ces projets suscite un énorme flux de personnes, qui sont frappées rapidement par le

paludisme (Le Borgne-David, 1998). Sans aucune action directe de la part des autorités, cette migration a fait revenir la maladie dans des régions où elle avait déjà été contrôlée, comme au Paraná et à São Paulo (Barata, 1995).

Les exemples de propagation du paludisme causée par des projets de développement et d'aménagement ne sont pas rares dans le monde. Le point commun à tous est le manque d'attention, ou des mesures insuffisantes, concernant les questions de transmission de la maladie lors de la mise en œuvre des projets par les autorités concernées. Malgré cela, cette dimension n'est pas assez pris en compte par les spécialistes académiques du paludisme, qui se contentent fréquemment de décrire les événements sans se poser la question du vrai rôle de ces politiques et de leurs conséquences dans l'évolution du paludisme. De ce fait, les politiques de développement et d'aménagement, à toutes les échelles, ainsi que les politiques de santé publique doivent être considérées comme des facteurs essentiels dans la détermination du risque paludique.

### **2.3.3 – L'impact du paludisme sur les économies locales et régionales**

Le paludisme affecte la santé et la richesse des pays et des personnes. Il a des coûts directs et indirects mesurables, qui entravent sérieusement le développement économique. Dans les pays à forte transmission palustre, la croissance économique annuelle a toujours été inférieure à celle des pays sans paludisme. Les économistes attribuent à cette pathologie un déficit de croissance annuel pouvant atteindre 1,3% dans certains pays d'Afrique (Sachs et Malaney, 2002). Au fil des années, l'écart se creuse entre le PIB des pays selon qu'ils sont touchés ou non par le paludisme, et c'est la croissance économique de toute la région qui s'en trouve pénalisée.

Les dépenses individuelles et publiques pour le traitement et la prévention de la maladie font partie des coûts directs du paludisme. Les dépenses individuelles incluent les moustiquaires, les antipaludiques, le transport jusqu'aux services de santé, le soutien au malade et parfois à un membre de sa famille qui l'accompagne. Les dépenses publiques incluent la lutte antivectorielle, l'entretien des services de santé et les infrastructures sanitaires, l'éducation et la recherche du secteur public.

Le coût indirect du paludisme correspond à la perte de productivité ou de revenu associée à la maladie ou au décès. Il peut s'exprimer en termes de coût de journées de travail perdues ou d'absentéisme, et en termes de valeur du travail non rémunéré, accompli le domestique, par les hommes et par les femmes. En cas de décès, le coût indirect comprend le revenu futur attendu du décédé. L'effet du paludisme sur les ressources humaines ne se limite pas à une simple perte de revenu. La douleur et les souffrances humaines causées par la maladie sont un autre coût indirect, social et humain. Le paludisme entrave également la scolarisation et l'intégration sociale des enfants en raison de l'absentéisme et des atteintes neurologiques permanentes des accès palustres graves (OMS, 2005).

La simple présence du paludisme dans une collectivité ou un pays est aussi préjudiciable à la prospérité individuelle et nationale en raison de son influence sur les décisions sociales et économiques. Le risque de contracter le paludisme dans les zones d'endémie peut dissuader les investisseurs, nationaux et étrangers, et affecter les décisions personnelles ou familiales de nombreuses façons. Ceci a des effets négatifs sur la productivité et la croissance économique : stagnation de l'industrie du tourisme due à un manque de voyageurs disposés à se rendre dans des zones d'endémie palustre ; stagnation des marchés liée au refus des responsables commerciaux de se rendre dans les zones impaludées et d'y investir.

En Amazonie, bien que le budget pour les programmes de contrôle provienne presque entièrement du gouvernement fédéral, et que le nombre d'accès graves de paludisme soit moindre qu'en Afrique, le paludisme est identifié par les politiques locales comme l'une des principales causes du retard économique de la région actuellement. Le secteur touristique, considéré comme l'une des activités de l'avenir économique de la région amazonienne, est l'une des principales victimes de cette maladie.

### ***Conclusion***

Les conséquences des facteurs environnementaux, sociaux et politiques sur la dynamique du paludisme sont multiples, comme on l'a vu tout au long de ce chapitre. Afin de d'avoir

une vision d'ensemble des ces facteurs, un résumé de leurs impacts sur l'évolution du paludisme est présentée par la figure 13.

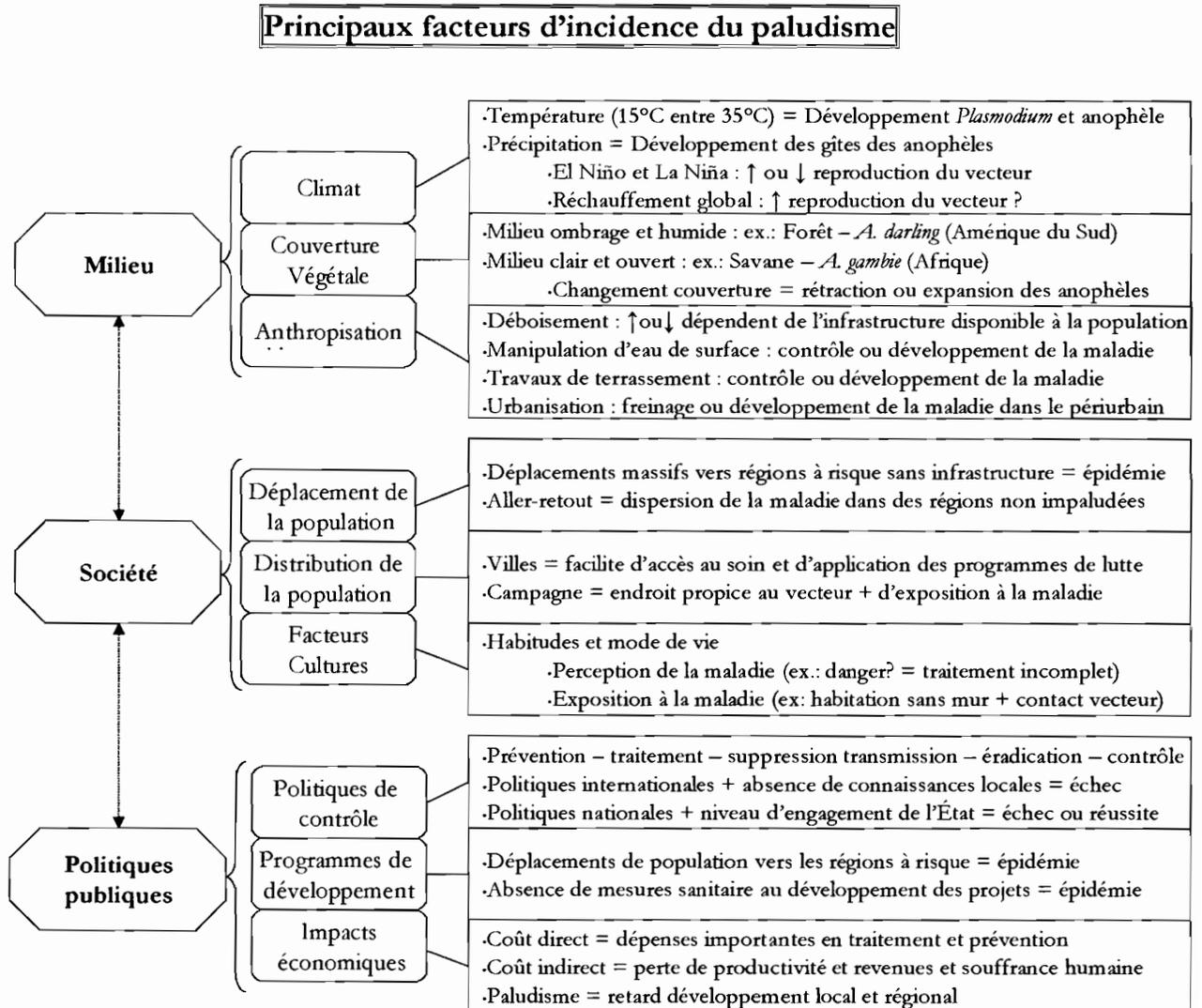


Figure 13 : Principaux facteurs et leurs conséquences sur l'incidence du paludisme

À partir de la mise en évidence des principaux facteurs qui influencent l'incidence du paludisme, il apparaît que ceux-ci se développent dans un cadre spatial et temporel étendu et en fonction d'enjeux sociaux, politiques, économiques et spatiaux complexes. Comprendre les interactions de ces enjeux dans l'espace constitue la pierre angulaire qui permettra de montrer le poids de chacun de ces facteurs et leur influence aux différentes échelles. Ainsi est soulevée la question de comment et avec quels outils et méthodes il est possible d'analyser les interactions entre ces facteurs et l'évolution du paludisme.

## **CHAPITRE 3**

**Analyser les relations entre environnement et paludisme à  
la fois dans l'espace et dans le temps :  
éléments de méthode**

## **Introduction**

Comme on l'a vu dans les chapitres précédents, évaluer les interactions entre les facteurs qui influencent le paludisme apparaît indispensable pour une compréhension plus large de la dynamique de la maladie. L'objectif principal de ce chapitre consiste à établir comment on peut analyser, à partir de l'espace et du temps, les relations et les interactions entre les facteurs qui peuvent agir sur l'évolution du paludisme. Pour aboutir à cela, les points abordés seront les suivants :

- Les contributions de la géographie aux études de santé et à la lutte contre le paludisme ;
- L'utilisation des outils de la spatialisation dans les études de santé ;
- Les éléments de méthode et des données utilisées pour réaliser l'analyse des interactions entre les dynamiques environnementales et le paludisme.

### **3.1 – La géographie et la santé**

Depuis longtemps, la géographie aborde les questions de santé, comme les maladies et leurs éléments déterminants, par rapport à leur organisation dans l'espace et à leurs distinctions selon les inégalités socio-économiques. Depuis Hippocrate jusqu'aux premiers épidémiologistes, la localisation et répartition des maladies a été l'objet d'un grand intérêt (Ménard 2002 ; Bousquat et Cohn, 2004). Le premier emploi de l'expression « géographie médicale » est attribué au médecin naturaliste allemand, Ludwing Finke, en 1772.

L'utilisation des cartes et l'intérêt porté à la distribution géographique des maladies sont aussi anciens. Le médecin écossais James Lind a publié en 1768 un livre intitulé « *An Essay on Diseases Incidental to Europeans in Hot Climate* » dans lequel il cherche des explications à la distribution de plusieurs maladies, mettant en évidence des régions géographiques spécifiques (Barrett, 2000). Par la suite, plusieurs travaux ont été publiés en géographie médicale, décrivant les variations géographiques de la distribution des maladies. L'une des études les plus classiques a été réalisée par John Snow sur l'épidémie de choléra à Londres

en 1854, dans laquelle ont été cartographiés à la fois les cas de choléra et les points d'accès à l'eau (figure 14), ce qui a permis de montrer le rôle de la contamination de l'eau dans l'apparition de la maladie (Scholten et Lepper, 1991).



**Figure 14 : Carte de cas de choléra (points) et localisation des fontaines d'eau (croix) à Londres en 1854 (d'après Tufte, 1983, p.24)**

Dans les années 1930, l'épidémiologiste russe Pavlovsky développe une théorie sur les foyers naturels des maladies transmissibles. Cette théorie s'appuie sur l'écologie et a eu pour mérite d'établir le concept selon lequel l'espace est le décor dans lequel l'agent infectieux circule. Cet espace est qualifié de « naturel », lorsqu'il est sans intervention de l'homme et d'« anthropologique » lorsqu'il est modifié par l'action de l'homme (Silva, 1997). À cette même époque, le géographe français Maximilien Sorre lance les fondements de la géographie médicale moderne en développant la notion de « complexe pathogène » (Sorre, 1933), où la maladie fait partie intégrante du milieu. Le grand apport de cette notion a été de dépasser l'importance donnée auparavant à la seule description du milieu physique. Sur ces fondements s'édifièrent de nouvelles recherches qui formulèrent des modèles biomédicaux, aujourd'hui intégrés dans la conception des systèmes épidémiologiques. Cette nouvelle approche a ouvert la voie à de nombreuses études qui consistent, pour l'essentiel, à utiliser des statistiques pour établir des corrélations entre

l'incidence de certaines maladies, le taux de mortalité et le fait de vivre dans certains lieux (Fleuret et Séchet, 2004).

Au Brésil, les épidémiologistes mettent en évidence l'œuvre de Samuel Pessoa comme précurseur de la géographie médicale dans le pays. Il s'inspire surtout des travaux de Pavlovsk et crée une école de géographie médicale dans le contexte de la médecine tropicale (Pessoa, 1960). Il étudie particulièrement les maladies à transmission vectorielle comme la schistosomiase, la maladie de Chagas, le paludisme et il s'appuie sur l'espace comme l'une des principales catégories d'analyse. L'œuvre de Lacaz *et al.* (1972), intitulée « Introduction à la Géographie Médicale au Brésil » est publiée dans ce contexte, mais en pleine période de dictature militaire. Cette œuvre n'a pas vraiment réussi à faire le lien entre la géographie et les aspects médicaux. Elle se résume à décrire séparément les facteurs géographiques, physiques et humains des maladies.

Actuellement, les concepts géographiques de Milton Santos constituent pour les épidémiologistes brésiliens une des principales références pour l'analyse des relations entre l'espace et la maladie. Pour cet auteur, l'espace est une unité indissociable des systèmes d'objets et des systèmes d'actions (Santos, 1997). Les réseaux techniques-scientifiques-informationnels du monde moderne traversent des contextes matériels et socioculturels divers et constituent des espaces de circulation et de diffusion des agents des maladies (Czeresnia et Ribeiro, 2000).

En revanche, en France la géographie a été mal perçue et peu appréciée dans le domaine de la santé, malgré les travaux de Sorre (Ménard, 2002). Les géographes estiment que la médecine souhaite trouver dans le discours des sciences sociales une assise humaniste, susceptible de lui offrir quelque philosophie dont elle se sentirait trop peu pourvue (Brillet, 1995 et Salem, 1995). Cependant, avec l'avancée des nouveaux outils de spatialisation et la possibilité d'offrir de nouveaux regards sur la santé, depuis la seconde moitié des années 1990, les géographes français semblent prendre un nouveau départ dans ce domaine (Tonnelier et Vigneron, 1999 ; Salem *et al.*, 2000 ; Vigneron, 2000 ; Picheral, 2001 ; Salem, 2002 ; Fromageot *et al.*, 2005). La géographie accepte de fournir des documents cartographiques aux décideurs mais non sans commentaires géographiques. De nos jours, la géographie se présenterait comme une approche globale et différenciée

d'un espace exploré, permettant de définir des systèmes de santé à partir de faits de santé, et non comme une banale juxtaposition de ces deux anciennes variantes (Salem, 1998).

La géographie commence donc à apporter à la santé un profil particulier à multiples facettes, comprenant et abordant toutes sortes de spécialités géographiques, aussi bien physiques qu'humaines. L'environnement observé par divers spécialistes en géographie constitue le cœur de ces analyses, passant par la géographie économique, politique, sociale et allant jusqu'à l'aménagement du territoire (Ménard, 2002). L'interprétation socio-spatiale de différents facteurs issus des milieux physique et humain éclaire le comportement de la santé des populations locales et révèle les risques sanitaires auxquels elles sont exposées.

De cette façon, la compréhension et l'identification des acteurs et des enjeux qui forment et qui agissent sur l'espace géographique apparaissent comme un des principaux apports que la géographie peut offrir au domaine de la santé. Dans ce contexte, les outils de spatialisation que les géographes maîtrisent le mieux, comme l'élaboration de cartes, apparaissent comme une ressource importante pour les études épidémiologiques et de santé publique.

Dans la lutte antipaludique, la géographie peut mener à la compréhension de l'ensemble des facteurs environnementaux, sociaux et politiques du paludisme, en analysant les relations qui existent entre eux dans l'espace géographique<sup>29</sup>. Ces analyses peuvent permettre d'identifier les principaux facteurs déterminants qui agissent dans les multiples espaces géographiques existants et aux multiples échelles spatiales et temporelles, apportant ainsi de nouvelles informations mieux rassemblées et plus visibles pour le décideur dans le contrôle et la prévention du paludisme. Ces approches sur le paludisme peuvent être réalisés à partir de divers outils de spatialisation, qui seront détaillés dans les lignes qui suivent.

---

<sup>29</sup> L'espace géographique est l'étendue terrestre utilisée et aménagée par les sociétés en vue de leur reproduction – au sens large : non seulement pour se nourrir et s'abriter, mais dans toutes la complexité des actes sociaux. Il comprend l'ensemble des lieux et de leur relations (Brunet *et al.*, 1992).

### 3.2 – La géomatique et la santé

Pour réaliser la spatialisation des informations les géographes utilisent davantage les cartes. Le point de vue spatial, permet l'intégration d'informations démographiques, socio-économiques et environnementales qui proviennent de différentes bases de données. De ce fait, il est fondamental qu'on puisse localiser spatialement ces informations, afin d'être en mesure de fournir une série organisée d'éléments pertinents pour expliquer les problèmes rencontrés sur le territoire, et d'améliorer l'aide à la décision pour mener à bien des actions inter-institutionnelles spécifiques (Souza *et al.*, 1996). De cette façon, la confection des cartès devient un moyen parmi d'autres de connaître en détail les conditions de santé d'une population, du fait qu'elle permet d'observer la distribution dans l'espace des situations de risque et des problèmes de santé (Carvalho *et al.*, 2000).

Depuis le développement de l'informatique, les cartes sont confectionnées au moyen d'ordinateurs. Il est désormais plus facile de superposer plusieurs couches d'information d'origines diverses. Les procédés et méthodes d'élaboration des cartes par ordinateur sont actuellement bien connus, ce sont ceux de la cartographie assistée par ordinateur ou cartomatique. Le développement plus récent des méthodologies, des procédures et des logiciels spécifiques pour le traitement des données géographiques de diverses provenances, a permis la réalisation d'analyses plus élaborées, tant du point de vue spatial que temporel : ce sont les outils spécifiques de la géomatique.

Les premières applications de la géomatique font leur apparition dans les années 1970. Elles gagnent en ampleur avec l'amélioration de la puissance des ordinateurs dans les années 1990 et le développement plus récent de l'Internet, qui permet les échanges d'un grand volume de données. Aujourd'hui la géomatique est considérée comme un puissant outil pour l'élaboration des travaux qui exigent une connaissance plus approfondie de la dynamique spatiale et temporelle des phénomènes et qui requièrent la manipulation, le stockage et la visualisation d'un gros volume de données (Fotsing, 2003). Nombreux sont les domaines qui utilisent ses applications, comme l'agriculture, l'environnement, la gestion des ressources naturelles, l'urbanisme, l'administration publique, la santé, le transport, la communication, le tourisme, le marketing, entre autres.

Le terme géomatique est vaste, il englobe plusieurs technologies de traitement et de manipulation de données géographiques, à l'aide de logiciels appropriés. Parmi ces technologies, on peut distinguer, au-delà de la cartographie par ordinateur, le Système de Positionnement Global (GPS - *Global Positioning System*), la télédétection, et les Systèmes d'Information Géographique (SIG). Une brève description de ces technologies et leur apport aux études sur la santé sont développés pour les paragraphes ci-après.

### 3.2.1 – Le système de positionnement global (GPS)

Le système de positionnement global (GPS - *Global Positioning System*) est un système de navigation par satellites destiné à fournir la position, la vitesse et l'heure n'importe où sur la surface de la Terre. Il a été créé et est contrôlé par le département de la défense nord-américain (*U.S. Department of Defense*) et il a actuellement des milliers d'utilisateurs civils du GPS à travers le monde. Sous prétexte de préserver la sécurité nationale, les Nord-américains ont inclus des erreurs aléatoires dans le signal des satellites et la précision du positionnement par GPS ne pouvait dépasser 100 mètres en temps réel. Cependant, à partir de 2000, le gouvernement nord-américain a interdit cette introduction d'erreur et les récepteurs ordinaires de GPS ont maintenant des erreurs maximales de 10 mètres (Carvalho *et al.*, 2000). À partir de ce moment et avec la chute du prix des récepteurs, l'utilisation de cette technologie s'est diffusée énormément.

Cette géotechnologie est d'utilisation facile et de grande utilité dans le domaine de la santé. Les recherches épidémiologiques gagnent ainsi un allié important qui permet d'acquérir des informations précises, rapides et peu coûteuses sur la localisation du domicile des malades, des gîtes vectoriels, des postes de soin, etc. En couplant ces mesures à d'autres outils de spatialisation, cette technologie aide dans la réalisation d'études plus précises dans la lutte contre plusieurs maladies, comme la dengue, le paludisme, la tuberculose, la maladie du sommeil (Barcellos et Bastos, 1996 et Barcellos et Ramalho, 2002).

### 3.2.2 – Les Systèmes d'Information Géographique – SIG

Les Systèmes d'Information Géographique (SIG ou GIS - *Geographical Information Systems*) est un ensemble de bases de données structurées et géoréférencées, traitées par ordinateur

avec des logiciels spécifiques disposant de fonctionnalités de gestion de bases de données et d'opérateurs géographiques afin de gérer, traiter et analyser l'information géographique (Zaninetti, 2005).

La technologie SIG intègre les opérations conventionnelles sur les bases de données, (comme la capture, le stockage, la manipulation, l'analyse et la présentation des données), avec des possibilités de sélection, de recherche d'information et d'analyse statistique, combinée à la possibilité de visualisation et d'analyse géographique offertes par la cartographie (figure 15). Ces propriétés des SIG expliquent leur utilité dans l'organisation des processus de compréhension de l'occurrence des événements, la prédiction et la simulation de situations et le développement de stratégies. Le SIG permet la réalisation d'analyses spatiales complexes, il permet des changements rapides de configuration, ce qui peut aider les aménageurs et les administrateurs pour la prise de décision. La spécificité de cette technique est d'améliorer l'efficacité opérationnelle et de permettre une bonne gestion des informations stratégiques, tant pour minimiser les coûts opérationnels que pour les intégrer plus rapidement dans le processus décisionnel (Burrough et McDonell, 1998).

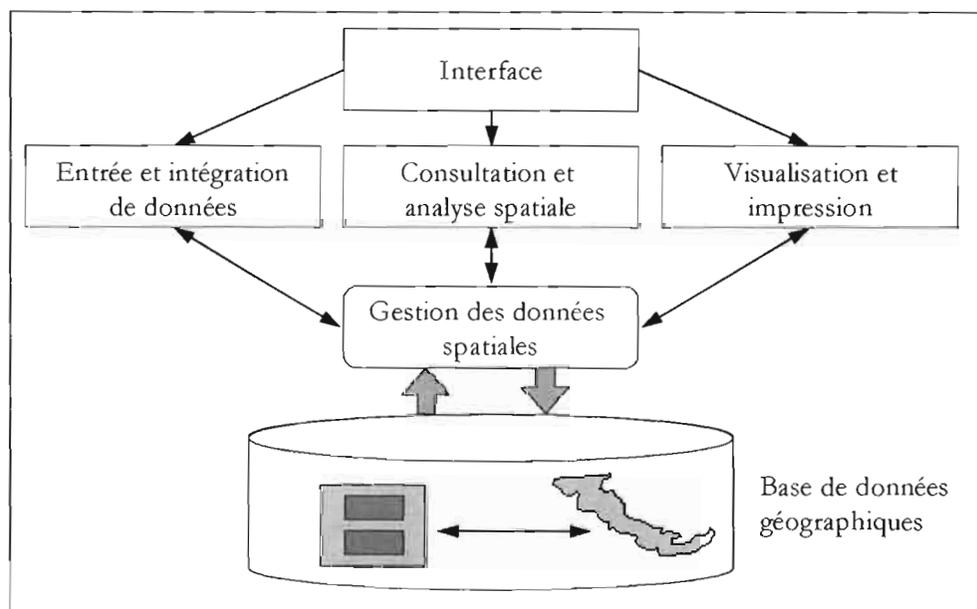


Figure 15 : Structure d'un Système d'Information Géographique (d'après Lopes, 2004)

En ce qui concerne la santé, l'utilisation de la technologie SIG permet d'intégrer les registres de bases de données sanitaires déjà existants, et de les mettre en relation avec de

multiples caractéristiques géographiques telles que la proximité de villes, rivières, bordures forestières, zones industrielles, altitude, densité de population, découpage administratif, etc. Il peut également être utilisé pour prévoir la localisation des futurs services de santé, aussi bien que pour la restructuration des services déjà existants (Waniez, 2000 et Kistemann *et al.*, 2002). Les applications des SIG en santé sont multiples et vont des études de distribution des maladies comme le cancer (Poulstrup et Hansen, 2004) ; des maladies de transmissions vectorielles, comme le paludisme (Sipe et Dale, 2003) et la dengue (Tran *et al.* 2004) ; des maladies contagieuses comme la tuberculose (Moonan *et al.*, 2004) ; à des études sur des intoxications par la pollution de l'eau (Dangendorf, *et al.* 2002), de l'air (Brauer, *et al.* 2003), en passant par des études sur l'agrochimie (Kaminska *et al.*, 2004) ou l'administration hospitalière (Mello *et al.*, 2001).

Les informations d'origines diverses peuvent être stockées et intégrées dans un SIG au moyen d'une base de données relationnelle, ce qui permet à l'utilisateur d'analyser et d'établir des liens entre plusieurs variables liées au contexte spatial et temporel (Fotsing, 2003). On peut élaborer et tester des hypothèses de recherche, surveiller et évaluer les interventions, ainsi que développer des modèles prédictifs pour aménager et programmer des opérations de prévention. Une grande partie de ces analyses sont réalisées à partir de méthodes de statistique spatiale (Zaninetti, 2005). Du fait de ces caractéristiques, le SIG peut devenir non seulement un outil pour l'analyse spatial des données, mais également pour le contrôle de l'information, ce qui est extrêmement utile pour la prise de décision dans les études d'épidémiologie et de santé (Camara et Monteiro, 2001 et Graham *et al.*, 2004). Une des sources d'information qui peut être stockée et intégrée dans un SIG sont les données obtenues par la télédétection.

### **3.2.3 – L'apport de la télédétection**

La télédétection peut être définie comme le processus qui permet de capturer des informations sur un objet à distance, sans avoir de contact avec cet objet, en utilisant des sondes qui peuvent être transportées à bord de satellites (capteurs orbitaux) ou à bord d'avions (photographies aériennes). L'objectif de la télédétection d'observation de la terre est d'étudier l'environnement terrestre, en analysant les interactions entre la radiation électromagnétique et les substances présentes à la surface de la terre. Cette technologie

fournit une grande quantité de données spatiales et temporelles sur les endroits les plus divers de la planète. Elle produit notamment d'importantes informations sur le climat et l'environnement terrestre. Lorsque ces données sont placées dans un contexte plus large, elles peuvent fournir des informations essentielles pour des études dans les domaines les plus divers, comme dans l'agriculture, la foresterie, la géologie, l'hydrologie, la couverture du sol, la météorologie, l'océanographie, etc.

Comme les facteurs environnementaux qui influencent les cycles de certaines maladies se produisent à différentes échelles spatiales et temporelles, les données de télédétection apparaissent comme une puissante source d'information. Les données obtenues par cette technologie peuvent ainsi être combinées avec d'autres informations épidémiologiques afin de contribuer à la spatialisation des processus de risque de transmission de certaines maladies (Graham *et al.*, 2004).

De ce fait, dans le domaine de la santé, les informations obtenues à partir des images satellites ont de vastes applications, surtout dans les études des maladies liées à l'environnement comme les maladies vectorielles. Ces données peuvent servir, par exemple, à identifier les sites où les recherches entomologiques devraient se concentrer. On peut ainsi déterminer les niches de reproduction des vecteurs pendant la saison sèche ou humide pour y effectuer les analyses des larves ou des refuges du vecteur, et pour comprendre la variabilité annuelle et inter-annuelle du nombre de cas. Ces informations sont très utiles pour lutter efficacement contre les vecteurs (Roberts et Rodriguez, 1996 ; Thomson *et al.*, 1996 et 1997 ; Rushton, 2003 ; Correia *et al.*, 2004)<sup>30</sup>.

Les applications les plus courantes de la télédétection dans le domaine de la santé se font sur les études des maladies vectorielles. Les principales informations environnementales qui peuvent être obtenues par des images satellites liées à ces maladies sont la température, l'eau, l'humidité du sol, l'état de la couverture de la végétation, le déboisement et les caractéristiques urbaines (Beck *et al.*, 2000).

---

<sup>30</sup> Pour mieux clarifier l'application de cette technologie dans le domaine de la santé, une brève description des caractéristiques, des types de données et des applications qu'il est possible d'obtenir par la télédétection est exposé dans l'annexe 3, page 250.

**Tableau 2 : Principales maladies et facteurs environnementaux obtenus par télédétection**

Maladie	Facteur Environnemental	Maladie	Facteur Environnemental
Paludisme	Type d'usage du sol ; densité du vert de la végétation ; déboisement ; forêts inondées ; inondation ; eau stagnante ; marécage ; humidité du sol ; canalisation de cours d'eau	Schistosomiase	Type d'usage du sol ; inondation ; eau stagnante ; marécage ; humidité du sol ; canalisation de cours d'eau
Choléra	Marécage ; couleur de l'océan (marées rouges) ; température de surface de la mer ; altitude de la surface de la mer	Maladie de Lyme	Type d'usage du sol ; densité du vert de la végétation ; écotones ; fragments de forêt ; humidité du sol
Maladie de Chagas	Type d'usage du sol ; déboisement ; caractéristiques urbaines	Leishmaniose	Type d'usage du sol ; écotones ; caractéristiques urbaines
Fièvre Jaune	Type d'usage du sol ; déboisement ; fragment de forêt	Peste	Type d'usage du sol ; densité du vert de la végétation
Hantavirus	Type d'usage du sol ; densité du vert de la végétation	Trypanosomiase	Type d'usage du sol ; densité du vert de la végétation
Onchocercose	Eau stagnante; canalisation de cours d'eau	Filariose	Eau permanente ; caractéristiques urbaines
Fièvre de la vallée du Rift	Densité du vert de la végétation ; inondation	Leptospirose	Caractéristiques urbaines ; inondation
Encéphalite	Marécage ; inondation	Ebola	Déboisement ; type d'usage du sol
Helminthiases	Humidité du sol	Dengue	Caractéristiques urbaines
Diverses maladies	Groupements humains		

Source : d'après Beck *et al.* (2000, p.233) et Correia *et al.* (2004, p.898).

Ces données peuvent être corrélées avec des processus de transmission des maladies en utilisant une gamme de modèles spatiaux. Une approche courante consiste à classer à partir de ces images les habitats des vecteurs de certaines maladies, comme ceux des anophèles pour le paludisme (Wood *et al.*, 1992), de la mouche tsé-tsé, le vecteur de la trypanosomiase (la maladie du sommeil) (Rogers, 2000), de la tique qui transmet la maladie de Lyme (Eisen *et al.* 2005) et l'encéphalite à tique (Randolph, 2000). Des méthodes qui relient la télédétection et l'écologie sont utilisées pour un large éventail de

maladies : l'onchocercose (Thomson *et al.*, 2000), la leishmaniose (Aparicio et Bitencourt, 2004 et Gurgel *et al.*, 2005), la fasciolose humaine (Fuentes *et al.*, 2001), la schistosomiase (Brooker, 2002 et Seto *et al.* 2002), le choléra (Lobitz *et al.* 2000), la fièvre de la vallée du Rift (Linthicum, *et al.* 1999), le virus ebola (Tucker *et al.*, 2002), et les hantavirus (Glass *et al.*, 2000). Le tableau 2 fait un résumé des facteurs environnementaux de plusieurs maladies qui peuvent être identifiés à partir des données de télédétection.

### 3.2.4 – Les applications de la géomatique aux études sur le paludisme

Divers travaux ont montré l'utilité de la géomatique pour l'identification et la surveillance des variables environnementales associées aux variations de fréquence du paludisme : il s'agit principalement des standards spatiaux et temporels, des types de végétation et de leur phénologie, de l'utilisation et de la couverture du sol, de l'hydrographie, de la localisation des habitats humains et de la distribution des cas de paludisme (Barrera *et al.*, 1998 ; Beck *et al.*, 1997 ; Thomas et Lindsay, 2000).

Les satellites météorologiques possédant une haute résolution temporelle, comme AVHRR/NOAA, présentent notamment l'avantage de rendre possible la réalisation d'études diachroniques. Ils accroissent aussi la possibilité d'acquisition d'images sans nuages ce qui constitue un vrai problème dans plusieurs régions, surtout équatoriales et tropicales. Ces avantages, ajoutés aux autres décrits précédemment, expliquent que ces satellites soient de plus en plus utilisés pour des études épidémiologiques, comme le montrent les travaux de Hay *et al.* (1998a) ; Snow *et al.* (1999) ; Omumbo *et al.* (2002) et Green et Hay (2002).

De nombreuses études sur l'utilisation de la télédétection et des SIG en épidémiologie du paludisme, ont été publiées in : Roberts *et al.* (1991 et 1996) ; Beck *et al.* (1994, 1997, 2000) ; Pope *et al.* (1994) ; Roberts et Rodriguez (1994) ; Thomson *et al.* (1996) ; Hay *et al.* (1996, 1997, 1998b, 2000) ; Connor *et al.* (1997) ; Sharma et Srivastava (1997) ; Miranda *et al.* (1998) ; Barrera *et al.* (1998) ; Schellenberg *et al.* (1998) ; Kitron (1998) ; Hay et Lennon (1999) ; Manguin et Boussinesq (1999) ; Hay (2000) ; Goetz *et al.* (2000) ; Jeanne (2000) ; Bergquist (2001) ; Claborn *et al.* (2002) ; Eisele *et al.* (2003) ; Masuoka *et al.* (2003) ; Diuk-Wasser *et al.* (2004) ; Kaya *et al.* (2004) ; Tatem *et al.* (2004) et Hakre *et al.* (2004).

En résumé, les outils de géotechnologie permettent d'intégrer des informations socio-environnementales et des données épidémiologiques qui proviennent des travaux de terrain et d'autres sources. Ils permettent d'effectuer des analyses multivariées de ces données et rendent possible des croisements de plusieurs informations en diverses échelles d'espace et de temps. Cela est notamment important pour les études sur le paludisme dans la région amazonienne car il est difficile de réaliser des études de terrain sur les variables environnementales associées à cette maladie à cause des difficultés d'accès, du coût élevé et des autres obstacles opérationnels.

### **3.3 – Données et méthodologie générale d'analyse**

Pour atteindre l'objectif principal de cette étude, l'analyse des interactions entre l'environnement et le paludisme au Roraima, deux grandes étapes ont été engagées. La première étape a été la collecte d'informations basée sur la recherche de données principalement dans les services spécialisés, diffusés sur Internet et sur le travail de terrain. L'étape suivante a été de faire les analyses des informations obtenues dans la première étape avec les outils de la géomatique.

#### **3.3.1 – Collecte d'informations et des données disponibles**

##### **3.3.1.1 – La recherche de bases de données existantes**

Il n'existe pas pour l'instant un SIG officiel et pertinent pour l'État du Roraima : le recueil des informations pour la constitution d'une base de données afin de réaliser les analyses spatiales géographiques est ainsi nécessaire. Cependant, lorsque l'on parle de base de données géographiques pour la réalisation d'un SIG, on doit toujours tenir compte de la complexité de l'acquisition des données nécessaires pour sa constitution. Pendant longtemps, les données géographiques ont été publiées sur format papier (cartes topographiques, catalogues des recensements, atlas, etc.). Cependant pour les utiliser actuellement dans l'élaboration d'un SIG, il est nécessaire que ces informations soient en format numérique. Pour cela, elles doivent être scannées ou digitalisées. Ce type de tâche peut être, selon les détails et la taille de la région d'étude, long et assez coûteux en énergie et en finances.

Heureusement, une grande partie des données sur la géographie brésilienne est déjà en format numérique et disponible gratuitement sur les sites Internet de diverses institutions gouvernementales et non gouvernementales du Brésil et d'ailleurs. Cela fait qu'actuellement on dispose d'immenses bases de données d'accès facile, rapide et gratuit qui peuvent être utilisées par la recherche scientifique pour la connaissance du territoire brésilien (Théry et Waniez, 2001). Cependant, les données disponibles sont dispersées dans plusieurs sites selon la spécialité de chaque institution. De plus, ils sont sous plusieurs formats numériques différents. Une bonne partie de notre travail de thèse a donc consisté à collecter et à organiser les données numériques disponibles qui pouvaient caractériser le milieu environnemental et social du Roraima, ainsi que les cas de paludisme. La liste des sites de ces institutions et le type de données disponibles se trouve dans l'annexe 4 (page 255). Les données obtenues par l'Internet et utilisées dans la thèse seront listées et commentées dans la section 3.3.2 (Données utilisées).

### **3.3.1.2 – Le travail de terrain**

Avec l'intention d'approfondir la connaissance de la région d'étude et de compléter les données manquantes qui n'étaient pas disponible via Internet, un travail de terrain a été réalisé pendant 5 mois, entre septembre 2003 et février 2004. Ce travail a été effectué en quatre grandes étapes, en parcourant quatre États du Brésil (Roraima, Brasília, São Paulo et Rio de Janeiro) pour la recherche des informations.

Nous avons séjourné pendant trois mois, au Roraima, entre septembre et novembre 2003. Pendant le séjour nous avons parcouru une grande partie de l'État en visitant plusieurs régions, toujours accompagnée d'une personne qui travaille ou étudie dans le domaine sanitaire. Les trajets ont été faits en voiture et en avion ce qui nous a permis d'avoir une vision générale de la région, depuis les zones humides du sud et les forêts équatoriales du centre-ouest, jusqu'aux savanes du nord-est, en passant par diverses réserves indigènes et colonies agricoles.

Une centaine d'entretiens non dirigés a été réalisée pendant notre séjour au Roraima. Dans le domaine de la santé, nous avons interviewé des médecins, des infirmières et des laborantins qui travaillent dans les postes de santé ruraux et indigènes. Nous avons

également entretenu les responsables des programmes de lutte antipaludique au niveau fédéral (Fondation National de Santé - FUNASA), au niveau de l'État de Roraima (Secrétariat de Santé - SESAU) et au niveau des organisations non gouvernementales (Urihi - Santé Yanomami, CIR - Conseil Indigène du Roraima, Diocèse de Roraima et SECOYA - Service de Coopération avec le peuple Yanomami). Nous avons aussi réalisé des entretiens avec des chercheurs et fonctionnaires des institutions publiques, tels que : l'Université Fédérale de Roraima (UFRR), l'Entreprise Brésilienne de Recherche Agropastorale (EMBRAPA), l'Institut National de la Colonisation et de la Réforme Agraire (INCRA), la Fondation Nationale de l'Indien (FUNAI), l'Institut Brésilien de l'Environnement et des Ressources Naturelles Renobables (IBAMA), l'Institut Brésilien de Géographie et Statistique (IBGE), l'Institut National de Recherche de l'Amazonie (INPA), le Département de l'Environnement de l'État du Roraima (DEMA-RR) et l'Institut de Gestion des Terres du Roraima (ITERAIMA). Des entretiens ont été aussi effectués avec des personnels des institutions non gouvernementales comme ; la Commission Pastoral de la Terra (CPT, association de lutte pour les droit des paysans), le Mouvement des Travailleurs Ruraux Sans Terre (MST) et la Commission Pro-Yanomami (CCPY, association de lutte pour les droit des amérindiens Yanomami). Des entretiens avec la population locale (paysans des colonies agricoles et habitants des villes, villages et des réserves indigènes) ont été réalisés pendant les déplacements dans l'État.

Pendant notre séjour au Roraima, plusieurs événements scientifiques et sociaux liés à la santé et à l'environnement ont eu lieu à Boa Vista, ce qui nous a offert une importante occasion de mieux connaître les problèmes et la situation socio-environnementale de l'État. Les événements auxquels nous avons participé ont été : le colloque « Ethno-écologie, biodiversité et réalités agrosylvipastorales dans les savanes de Roraima » organisé par l'UFRR, l'EMBRAPA et l'INPA ; le forum « Les peuples indigènes respectent l'environnement », préparé par des organisations non gouvernementales de lutte en faveur des droits des amérindiens du Roraima ; la « Pré-conférence nationale (section Roraima) sur l'environnement », organisée par le ministère de l'environnement ; et la « IV<sup>ème</sup> conférence de santé de Roraima » préparée par le secrétariat à la santé de l'État de Roraima et le ministère de la santé.

Enfin, pendant notre séjour au Roraima un nombre important de données géographiques et épidémiologiques sur le paludisme a été recueilli dans des organismes publics et non gouvernementaux de l'État. La liste complète de ces données et des organismes qui les ont produites et les ont mises à notre disposition figure dans la section 3.3.2 (Données utilisées).

Entre décembre 2003 et février 2004, des entretiens ont été aussi réalisés à Brasília, avec le responsable général du programme de contrôle du paludisme au Brésil, au siège de la FUNASA, au Ministère de la Santé. À Rio de Janeiro, nous avons eu des séances de travaux avec des chercheurs de géographie de la santé et du paludisme de la Fondation Oswaldo Cruz (FIOCRUZ, organisme similaire à l'Institut Pasteur en France). À l'Université de São Paulo (USP) et à l'Institut National de Recherches Spatiales (INPE) à São Paulo, nous avons eu aussi des séances de travail avec des chercheurs qui travaillent dans le domaine de la géomatique et de la santé et qui nous ont mis à notre dispositions des images satellites et des données géographiques sur le Roraima. En résumé, le travail de terrain réalisé au Brésil a été très important, pour l'acquisition des données manquantes qui ne sont pas encore disponibles sur Internet, d'une part, et d'autre part pour la connaissance que les entretiens et les visites sur le terrain ont apporté pour enrichir la réflexion de la problématique de la thèse.

### **3.3.2 – Données utilisées**

De nombreuses données multi-sources et multi-formes (rasters, vectorielles et alpha-numériques) ont été utilisées dans ce travail. Elles caractérisent le milieu physique (hydrographie, type de végétation, etc.), le milieu humain (limites administratives, décompte de la population, etc.) et la situation du paludisme au Roraima. Elles ont été organisées, archivées, analysées et traitées en utilisant les Systèmes d'Information Géographiques. Les données au format vectoriel sont regroupées spatialement sous l'aspect de formes géométriques (point, ligne et polygone) et sont représentées par une succession de coordonnées x et y. Les données au format « raster » ou image se présentent sous la forme de pixels et sont représentées par une matrice de point organisée en ligne et colonnes. Les données en format alpha-numériques sont organisées en tableau liées à partir de colonnes clés (nom de la commune, des secteurs de recensement ou de la

localité) avec les données vectorielles spécifiques (commune, secteurs de recensement ou localité) pour permettre leur spatialisation et leur analyse.

Les principales données utilisées dans le cadre de ce travail sont présentées dans le tableau 3 par types de données, origine institutionnelle, lieu d'acquisition, type de format et utilisation pour la suite de ce travail.

**Tableau 3 : Recensement des données utilisées**

Type	Origine	Mode d'acquisition	Format	Finalité
Cas de paludisme du Roraima de 1965 à 2004 par État et commune	FNS	Internet et Secrétariat de la Santé de RR et FNS à Brasília	Alpha-numérique	<ul style="list-style-type: none"> <li>Analyses de l'évolution du paludisme</li> </ul>
Cas de paludisme du Roraima de 1998 à 2002 au niveau de localité	FNS	Dans l'organisme d'origine	Alpha-numérique	<ul style="list-style-type: none"> <li>Analyses de l'évolution du paludisme</li> </ul>
Précipitations mensuelles du Roraima par station pluviométrique	ANA	Internet	Alpha-numérique	<ul style="list-style-type: none"> <li>Analyse de la distribution de la précipitation</li> </ul>
Localisation des foyers de chaleur du Roraima	INPE	Internet	Alpha-numérique	<ul style="list-style-type: none"> <li>Analyse et spatialisation des foyers de chaleur</li> </ul>
Recensement 2000 de la population du Roraima par secteurs de recensement	IBGE	Internet	Alpha-numérique	<ul style="list-style-type: none"> <li>Analyse de l'évolution de la population</li> <li>Analyse des infrastructures générales disponibles en RR</li> </ul>
Structures et professionnels de santé du Roraima	DATASUS	Internet	Alpha-numérique	<ul style="list-style-type: none"> <li>Analyse de l'évolution de la population</li> <li>Analyse des infrastructures sanitaires disponibles</li> </ul>
Mosaïque Landsat du Roraima	INPE	Dans l'organisme d'origine	Raster	<ul style="list-style-type: none"> <li>Spatio-carte pour analyse de l'utilisation du sol</li> </ul>
NDVI AVHRR/NOAA 1982 à 2000	GIMMS GSFC NASA	Internet	Raster	<ul style="list-style-type: none"> <li>Analyse de la variabilité climatique et du type de végétation</li> </ul>
Localisation des stations pluviométriques du Roraima	ANA	Internet	Vecteur	<ul style="list-style-type: none"> <li>Spatialisation des données pluviométriques</li> </ul>

Type	Origine	Mode d'acquisition	Format	Finalité
Formations végétales du Roraima	INPE	Internet	Vecteur	<ul style="list-style-type: none"> <li>Analyse de la couverture végétale du Roraima</li> </ul>
Limites des réserves indigènes du Roraima	DEMA-RR	Dans l'organisme d'origine	Vecteur	<ul style="list-style-type: none"> <li>Analyse de la configuration territoriale du Roraima</li> </ul>
Limites des projets de colonisation agricoles du Roraima	INCRA	Dans l'organisme d'origine	Vecteur	<ul style="list-style-type: none"> <li>Analyse de la configuration territoriale du Roraima</li> </ul>
Limites des aires protégées du Roraima	IBAMA	Internet	Vecteur	<ul style="list-style-type: none"> <li>Analyse de la configuration territoriale du Roraima</li> </ul>
Limites administratives (État et communes) du Roraima	IBGE	Internet	Vecteur	<ul style="list-style-type: none"> <li>Spatialisation des données : de paludisme, démographiques et sanitaires</li> </ul>
Limites des secteurs de recensements du Roraima	IBGE	Internet	Vecteur	<ul style="list-style-type: none"> <li>Spatialisation des données démographiques</li> </ul>
Localisation des villes principales du Roraima	IBGE et DEMA-RR	Dans l'organisme d'origine et par GPS sur le terrain	Vecteur	<ul style="list-style-type: none"> <li>Spatialisation des données de paludisme</li> </ul>
Localisation des villages amérindiens du Roraima	DEMA-RR, Urihi et CIR	Dans les organismes d'origine	Vecteur	<ul style="list-style-type: none"> <li>Spatialisation des données de paludisme</li> </ul>
Réseau routier du Roraima	IBGE et DEMA-RR	Internet et au DEMA-RR	Vecteur	<ul style="list-style-type: none"> <li>Enrichissement de la base de données cartographiques</li> </ul>
Réseau hydrographique du Roraima	IBGE et DEMA-RR	Internet et au DEMA-RR	Vecteur	<ul style="list-style-type: none"> <li>Enrichissement de la base de données cartographiques</li> </ul>
Photographies de terrain	Personnel	Sur le terrain	Numérique	<ul style="list-style-type: none"> <li>Interprétation et illustration des observations de terrain</li> </ul>

Un bref résumé descriptif sur les principales données utilisées et les types de traitement primaire effectués pour réaliser les analyses géographiques de cette étude seront présentés dans les paragraphes ci-après.

### 3.3.2.1 – Les données sur le paludisme

Les données sur le paludisme ont été obtenues à la Fondation Nationale de Santé (FUNASA - Ministère de la Santé) et au Secrétariat de Santé de l'État du Roraima. Ces

données ont été regroupées par État, par commune et par localités du Roraima. Les données regroupées par État couvrent la période de 1965 à 2004, par commune la période de 1986 à 2004 et par localité, la période de 1998 à 2002. Ces données sont disponibles sous la forme de statistiques mensuelles. Elles concernent la totalité des lames de sang examinées et des lames ayant obtenu un résultat positif et sont classées pour chaque type d'agent infectieux : *P. falciparum*, *P. vivax*, *P. malariae* et *P. falciparum* plus *P. vivax*. Comme la division des communes du Roraima a été modifiée en 1997<sup>31</sup>, les données par commune sont partagées en 8 communes pour la période de 1985 à 1996 et en 15 communes pour le période 1997 à 2004.

Les données par localités sont issues de la base de données appelée SISMAL<sup>32</sup> (*Sistema de Informação sobre a Malária*) qui est gérée par la FUNASA. Cette base met à disposition l'information mensuelle du nombre et des résultats des examens de paludisme réalisés dans 1 422 localités entre janvier 1998 et décembre 2002. Ces données sont organisées en quatre tranches d'âge (moins de 1 ans, de 1 à 4 ans, de 5 à 14 ans et plus de 14 ans) et par genre (homme et femme). Elles donnent aussi des informations sur le type d'agent infectieux des cas positifs de paludisme. Les localités sont classées par commune et par type (ville, quartier, village, colonie agricole, ferme (« *fazenda*<sup>33</sup> ») ou petite ferme (« *sítio*<sup>34</sup> ») et tribus amérindiennes (« *aldeia*<sup>35</sup> »)). Les données classées par commune donnent aussi l'information sur le lieu où a séjourné la personne 15 jours avant de réaliser l'examen, cela indique si le cas est autochtone ou non.

Cependant, la localisation précise des 1 422 localités existantes dans la base de données n'est pas disponible. Ainsi, pour spatialiser les données de cas de paludisme nous avons décidé d'utiliser les 51 localités dont nous avons réussi à obtenir les coordonnées exactes. Ces localités représentent 67% du total des cas de paludisme produit au Roraima entre 1998 et 2002. Les données des 1 422 localités ont été plutôt utilisées pour l'étude de la

---

<sup>31</sup> Une carte avec l'évolution des limites et nombre des communes du Roraima est présentée dans l'annexe 5, page 256.

<sup>32</sup> À partir de 2003 la base de données a été remplacée par le SIVEP (*Sistema de Vigilância Epidemiológica*), et gérée par la Secrétariat de Vigilance de Santé du Ministère de la Santé (SVS-MS)

<sup>33</sup> Voir glossaire, page 245

<sup>34</sup> Voir glossaire, page 245

<sup>35</sup> Voir glossaire, page 245

caractérisation de la distribution du paludisme dans la population du Roraima. Toutes les données de paludisme ont été traitées avec les logiciels Microsoft Excel et ArcGIS 8.2.

### **3.3.2.2 – Les données de précipitations**

Nous avons utilisé les données mensuelles de précipitations des 10 stations pluviométriques existantes au Roraima entre 1972 et 2004. Elles sont issues de la base de données de l'agence nationale de l'eau brésilienne (ANA) qui met aussi à disposition en format vecteur la localisation de ces stations. Des informations plus détaillées sur ces données se trouvent dans ANA (2002). Elles ont été traitées avec les logiciels Microsoft Excel et ArcGIS 8.2.

### **3.3.2.3 – Les données du recensement de la population de 2000**

En 2000 l'IBGE (Institut Brésilien de Géographie et Statistique) a réalisé le recensement décennal de la population brésilienne. À partir de ce recensement, il a mis à la disposition du public les données classées par État, commune et secteur de recensement, ainsi que leurs localisations en format vecteur. Les données de cette vaste base d'informations que nous avons utilisées concernent les caractéristiques de la population (nombre, âge, sexe et origine). Des informations complètes sur ces données se trouvent dans IBGE (2002). Elles ont été traitées avec les logiciels Microsoft Excel et ArcGIS 8.2.

### **3.3.2.4 – Les images de NDVI du NOAA/AVHRR**

Les images de NDVI utilisées dans cette étude ont été produites par le Groupe d'Études de Surveillance et de Modélisation de l'Inventaire Global - *Global Inventory Modeling and Monitoring Study* (GIMMS) du *Goddard Space Flight Center/National Aeronautics et Space Administration* (GSFC/NASA) qui les mises à disponibilité gratuitement sur Internet. Ces images sont des compositions mensuelles de NDVI obtenues à partir des images du capteur du satellite AVHRR/NOAA<sup>36</sup>. Elles sont fournies avec une résolution spatiale de 8 km x 8 km, et couvrent la période de 1982 à 2000, avec une exception pour l'année 1994, pour laquelle il n'y a pas de données disponibles. L'information complète sur ces

---

<sup>36</sup> Des informations détaillées sur ce satellite présentées dans l'annexe 3, page 250

données peut être trouvée dans Goddard (2002). Les données couvrent toute l'Amérique du Sud. Pour extraire et manipuler les informations concernant uniquement l'État du Roraima, on a réalisé un masque sur l'ensemble des 204 images. Le traitement des données a été fait avec les logiciels ENVI 4.0, Microsoft Excel et ArcGis 8.2.

### 3.3.2.5 – La mosaïque Landsat du Roraima

La mosaïque d'images Landsat utilisée a été produite par l'Institut National de Recherche Spatiale (INPE) à partir de dix-huit scènes du capteur ETM+ (1999) et de deux scènes du capteur TM (1992 et 1994) (tableau 4). La résolution des images a été dégradée à 60 X 60 m pour faciliter leur traitement à cause du grand nombre d'images utilisées. Elle a été mise à disposition du public sous forme d'une composition colorée fausse couleur RVB des bandes 5-4-3. Le traitement de cette mosaïque pour analyser l'utilisation du Roraima a été fait avec les logiciels ENVI 4.0 et ArcGIS 8.2.

**Tableau 4 : Liste des Images Landsat 7 ETM+ et Landsat 5 TM de la mosaïque de Roraima**

<b>Orbite/Point</b>	<b>Date</b>	<b>Orbite/Point</b>	<b>Date</b>
001/057	15.11.99	232/056	16.10.99
001/058	15.11.99	232/057	17.05.99
002/057	21.10.99	232/058	01.11.99
230/059	19.11.99	232/059	29.08.99
230/060	02.10.99	232/060	29.08.99
231/057	07.09.99	232/061	24.10.99
231/058	27.09.92	233/057	08.11.99
231/059	25.10.99	233/058	02.11.94
231/060	15.09.99	233/059	01.02.99
231/061	25.10.99	233/060	28.08.99

### 3.3.3 – L'analyse des données

La deuxième étape du travail de thèse a consisté dans l'analyse des données recueillies. Cette étape peut être divisée en quatre parties. La première partie a été réalisée sur les

données disponibles des cas de paludisme au Roraima. Elle se concentre sur la période 1945 à 2004 et est basée sur la statistique spatiale de cas, avec pour but de mettre en évidence les facteurs qui causent les principales influences sur le paludisme au Roraima. Les trois autres parties ont été basées sur les relations plus détaillées du paludisme avec le milieu, la société, et les politiques publiques du Roraima.

Dans la première partie, un bref exposé de l'histoire du Roraima et du paludisme dans cet État nous a paru nécessaire pour aider à la compréhension de la configuration actuelle du paludisme. Ensuite, nous avons illustré le rôle de l'ensemble des facteurs environnementaux, sociaux et politiques sur le paludisme au Roraima à partir des analyses de statistique spatiale sur l'incidence, la concentration et la distribution de cas des *P. falciparum* sur les 51 localités<sup>37</sup> entre 1998 et 2002.

Dans la deuxième partie, l'étude sur le milieu et le paludisme, nous nous sommes appuyés sur les analyses des données de précipitation, de végétation et des images satellites du Roraima, pour identifier les dynamiques spatiales et temporelles du milieu qui influencent l'incidence du paludisme. Dans la partie concernant le rapport entre la société et le paludisme, des analyses temporelles et spatiales sur l'organisation de l'espace (colonies agricoles, réserves indigènes et villes) et sur les données démographiques (densité de population, migration, ratio homme-femme et tranches d'âge) ont été réalisées pour connaître les caractéristiques de la population et leur rôle dans la dynamique des cas du paludisme.

Enfin, pour identifier le rôle des politiques publiques sur la dynamique du paludisme, une analyse sur la distribution des infrastructures sanitaires (nombre d'hôpitaux, de lits hospitaliers, de personnels de santé) a été produite. L'effort de l'État dans l'application des politiques de contrôle a été mesuré à partir d'une modification dans le calcul de l'Incidence Parasitaire Annuelle (IPA). La figure 16 illustre le développement des quatre parties qui analysent les interactions entre les dynamiques environnementales et le paludisme.

---

<sup>37</sup> Une carte avec le nom et la localisation des 51 localités se trouve dans l'annexe 5, page 256.

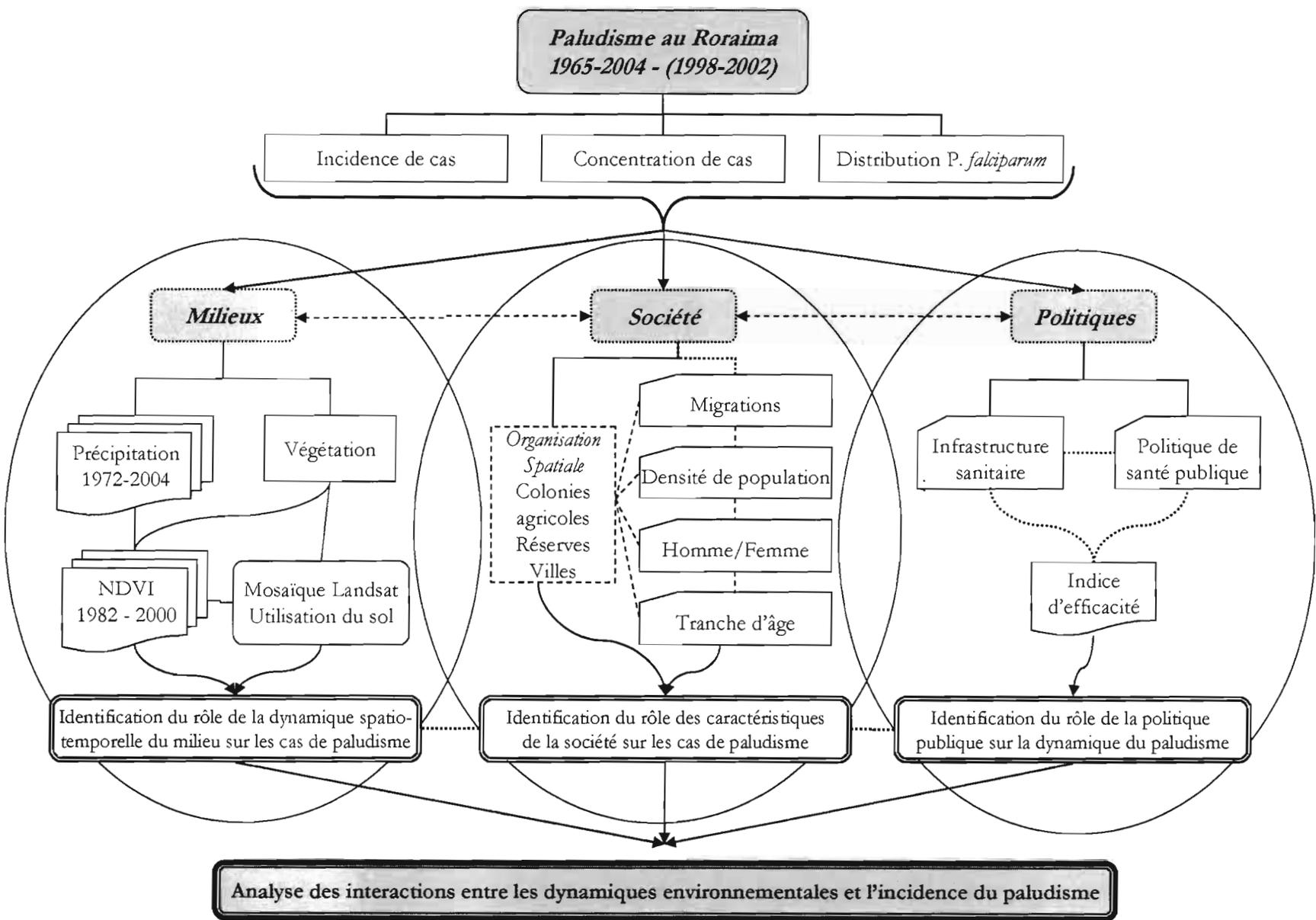


Figure 16 : Diagramme de la réalisation des analyses des interactions entre l'environnement et le paludisme.

La méthodologie et les outils spécifiques utilisés seront décrits en détail au fur et à mesure qu'ils seront appliqués dans chaque section du développement de cette thèse, ainsi que les critiques sur les données utilisés.

### ***Conclusion***

Au fil de ce chapitre nous avons pu percevoir que la géographie apparaît comme un bon support pour l'interprétation des interactions socio-environnementales dans l'espace et dans le temps, et la géomatique comme un important outil de traitement des données qui nous permettent d'observer ces interactions. De plus, les données géographiques et sanitaires disponibles sur le Roraima nous ont permis de réaliser une importante base de données pour la réalisation d'un SIG, qui nous sert pour analyser ces interactions socio-environnementales. Les entretiens et déplacements pendant le travail de terrain nous ont apporté des éléments pour approfondir la connaissance et les réflexions pour réaliser l'interprétation de ces analyses socio-environnementales et le paludisme. Aussi, ce cadre nous conduit à la recherche des principaux facteurs qui influencent l'évolution de la maladie au Roraima.

..

## **CHAPITRE 4**

### **L'évolution et la répartition des cas de paludisme au Roraima**

## **Introduction**

L'objectif de ce chapitre est de décrire la situation passée et actuelle du paludisme au Roraima afin d'identifier les principaux facteurs socio-environnementaux qui l'influencent. Pour aboutir à cela, les questions abordées seront les suivantes :

- Quelle a été la place du paludisme dans l'histoire du Roraima ?
- Quels sont les principaux événements qui ont influencé l'évolution du paludisme au Roraima ?  
..
- Où se localise le paludisme au Roraima actuellement et quelle est sa dynamique spatiale ?

### **4.1 – Le paludisme dans l'histoire du Roraima**

Le Roraima est l'État le plus septentrional du Brésil. Il s'étend sur 224 000 km<sup>2</sup>, ce qui représente 2,6% du territoire brésilien. Ce territoire est plus grand que des pays comme la Belgique, le Portugal ou la Grèce. De plus, le Roraima occupe une position stratégique puisqu'il fait office de frontière avec le Venezuela et la Guyana. Ce vaste territoire a une histoire marquée par des politiques de déplacement de populations pour garantir l'expansion territoriale brésilienne. Cette histoire a toujours été influencée par la présence du paludisme. Nous avons distingué cinq grandes périodes qui seront présentées dans les lignes suivantes.

#### **4.1.1 – Du XVII<sup>e</sup> siècle à la première moitié du XX<sup>e</sup> siècle : l'occupation de la vallée du Rio Branco**

Les premières informations concernant la région du Roraima viennent de la vallée du Rio Branco au XVII<sup>e</sup> siècle, lorsque les Portugais y ont mené une expédition dans le but de prendre possession de la capitainerie São José do Rio Negro récemment fondée. Ils rencontrent sur ces terres plusieurs peuples indigènes dispersés. À la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle, dans l'intention d'assurer la domination territoriale portugaise, trois grandes *fazendas nacionais* (appartenant à l'État brésilien) sont créées et les premiers troupeaux de bovins y

sont introduits. Cette stratégie des Portugais avait pour finalité de stimuler la fixation des colons et d'apporter la « civilisation » aux Amérindiens. Cependant, plusieurs conflits entre les Amérindiens et les hommes « blancs » marquent cette époque. La famine occasionnée par des pertes récurrentes de récoltes, les maladies apportées par le contact avec les colonisateurs, principalement le paludisme, ainsi que les mauvais traitements imposés par les dominateurs sont les principales causes des révoltes des Amérindiens mais aussi des échecs des tentatives de formation de noyaux urbains avec une présence indigène. Malgré ces difficultés, les terres de cette région passent sous l'autorité du pouvoir brésilien en 1822. Elles restent occupées par une petite garnison militaire et quelques centres de peuplement de faible densité (Barbosa, 1993a).

Les premiers chiffres de recensement de la population montrent qu'à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle 1 100 personnes environ habitent cette région. Il est intéressant de signaler que l'âge d'or du cycle du caoutchouc en Amazonie, qui se déroule à cette époque, n'a presque pas entraîné de migrations vers la vallée du Rio Branco comme cela s'est produit dans d'autres régions amazoniennes. Cette vallée n'est pas occupée car le latex produit dans ces forêts est de qualité médiocre et peu rentable. Par ailleurs le transport du caoutchouc par les fleuves de la région vers les centres de commercialisation est difficile (Silveira et Gatti, 1988).

À partir de la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle, la population indigène a progressivement perdu son espace de vie dans la région des savanes, d'une part à cause de l'élevage introduit par les premiers colons, d'autre part à cause de la présence constante de maladies, dont le paludisme, qui a contribué à l'affaiblissement de cette population (Barros, 2001). Les groupes des tribus Wapixana, Taurepang et Macuxi se sont réfugiés dans l'aire originale de l'ancienne *fazenda nationale* de São Marcos (Farage, 1991 ; Diniz, 1997 et Santilli, 1997), seule restante des trois fermes initiales. Depuis 1916, cette *fazenda* est devenue un domaine de la Fondation Nationale de l'Indien (FUNAI) et abrite aujourd'hui plusieurs réserves indiennes.

Les premiers recensements de la population faits par le gouvernement brésilien dans la région de Boa Vista, citent 7 424 habitants en 1920, et 10 541 en 1940, avec seulement 1 500 personnes habitant à cette époque la ville de Boa Vista. Malgré ce faible effectif de

population humaine, plus de 300 000 bovins sont recensés en 1920. L'élevage était la principale activité économique de la région. Comme il était extensif, il requérait très peu de main d'œuvre (Hemming, 1991 et Barros, 1999). Cette activité était concentrée dans la région des *lavrados*<sup>38</sup>, où les pâturages naturels sont considérés comme d'excellente qualité.

L'effondrement de l'activité du caoutchouc dans les années 1920 a entraîné une forte crise de l'emploi, en Amazonie accompagnée d'un taux de chômage très élevé. Une grande partie des Nordestins qui avaient migré vers la région pendant l'essor du caoutchouc, ainsi que la population locale qui survivait grâce à cette cueillette, sont parties vers les villes et les autres régions, à la recherche d'autres activités économiques. Du fait de ses réserves d'or et de diamants, le Territoire du Rio Branco fut une des régions d'attraction de cette population, notamment dans les années 1930 avec la découverte de diamants dans la Serra du Tepequém. Dans les années 1940, les activités minières représentaient presque 60% de la production économique du territoire, suivies par l'élevage qui en constituait 29%. À cette époque, la région de la vallée du Rio Branco, avec une population de 15 000 habitants seulement, restait peu accueillante, à cause de la difficulté d'accès à cette zone enclavée mais aussi à cause de la précarité sanitaire, avec la présence constante du paludisme (Holdridge, 1933 et Guerra, 1956).

#### 4.1.2 – Les années 1940 à 1960 : le Territoire Fédéral du Roraima

Au début du XX<sup>e</sup> siècle, les zones frontalières brésiliennes ont une très faible densité de population. Aussi en 1943, dans l'objectif de garantir la souveraineté nationale, le gouvernement brésilien se propose de mieux encadrer les régions frontalières en les mettant sous la tutelle directe de l'État fédéral. Six territoires appelés « Territoires Fédéraux » sont ainsi créés à partir du démembrement de certains États brésiliens<sup>39</sup>. Le Territoire du Rio Branco, pris en majeure partie sur l'État de l'Amazonas, change de nom en 1962 pour devenir le Territoire Fédéral du Roraima.

---

<sup>38</sup> Voir glossaire, page 245

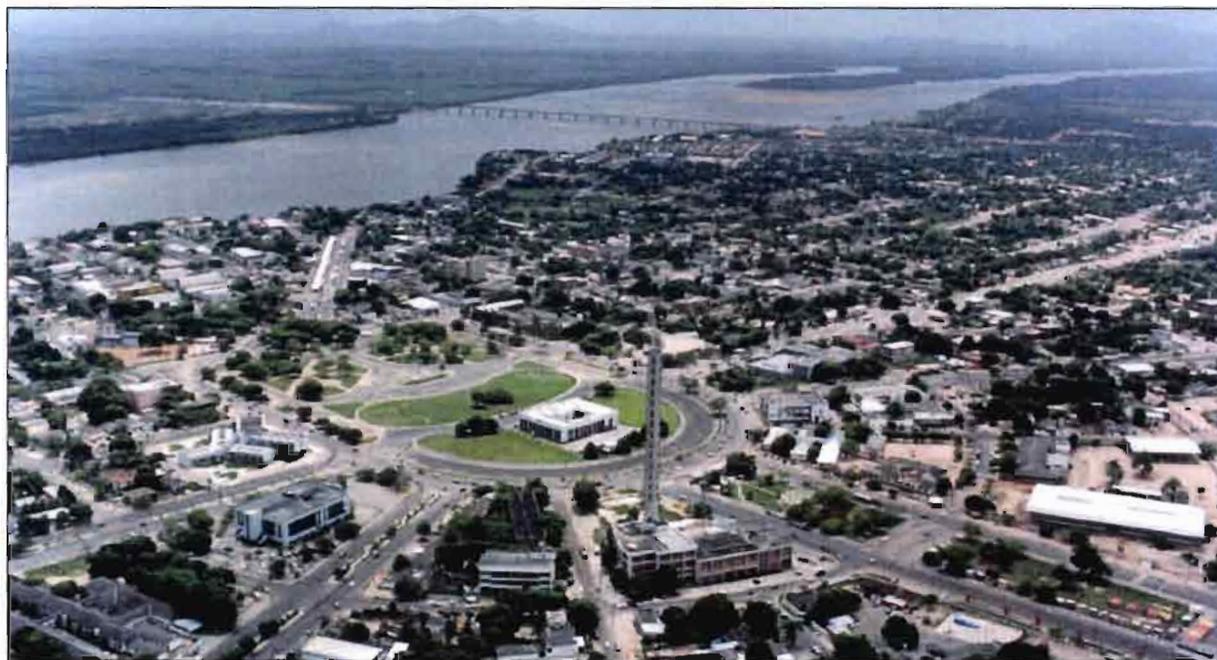
<sup>39</sup> Au sud du Brésil ils ont créé les Territoires d'Iguaçu et de Ponta Porã, qui n'ont eu que trois ans d'existence. En Amazonie, ils ont créé, les Territoires de l'Acre et de Rondônia, transformés en État respectivement en 1962 et 1982 et les Territoires de l'Amapá et du Rio Branco.

D'après les expéditions réalisées par le gouvernement fédéral à l'époque de la formation du Territoire du Roraima, dans les années 1940, la population se localisait dans des hameaux au bord des rivières et des *igarapés*. Le centre urbain et les alentours de Boa Vista en concentraient la quasi-totalité. La répartition de la population dans le territoire s'effectuait alors au gré de l'offre et de la demande des activités extractivistes (activités liées à l'exploitation des produits naturels forestiers ou minéraux), sans fournir cependant les conditions nécessaires à la fixation de la population. La forte présence du paludisme dans la région est l'un des motifs évoqués de cette difficulté à fixer les habitants (Silveira et Gatti, 1988).

Le gouverneur du Territoire récemment créé, nommé par le gouvernement fédéral, a été chargé d'appliquer une politique d'intégration et de développement. Cette politique s'est traduite par la mise en place d'infrastructures dans le secteur de la santé, de l'approvisionnement en eau et de la construction de routes comme la BR-17 Boa Vista - Caracarái, embryon de l'actuelle BR-174 Pacaraima - Manaus. Les effets de ces actions sont encore visibles. À titre d'exemple, on peut citer le remodelage complet de la capitale, Boa Vista, qui étonne encore aujourd'hui avec son centre urbain totalement planifié (photo 5). Son apparence imposante et relativement démesurée par rapport à l'importance du Roraima, lui donne un aspect très différent des autres villes que l'on trouve en Amazonie. Des actions d'incitation à l'implantation de colonies agricoles proches de la ville de Boa Vista ont vu le jour, pour y assurer l'approvisionnement alimentaire et faire baisser le coût de la vie (Droulers et Le Tourneau, 2001).

Des projets agricoles sont alors lancés. Ainsi la colonie agricole Fernando Costa, actuelle ville de Mucajaí, est créée à 54 km de Boa Vista. Deux tentatives d'établissement de cette colonie avaient déjà été entreprises à la fin des années 1940 mais le manque d'organisation qui y régnait à l'époque avait découragé la fixation des familles. Quelques années plus tard, la colonie avait été restructurée et deux autres établissements de colonies agricoles ont été tentés : Braz Aguiar, actuelle ville du Cantá, et Coronel Mota, l'actuelle ville de Taiano. Ces colonies possédaient une infrastructure de base : un dispensaire et une station radio télégraphique. Les colons reçurent des aides pour leur installation et pour démarrer leur activité agricole. Cependant, ces nouvelles tentatives ont également échoué. En effet,

quelques années plus tard, les colonies agricoles étaient pratiquement vides, une grande partie de la population ayant migré à Boa Vista. Les conditions précaires d'accessibilité et la forte présence du paludisme ont été reconnues comme les causes principales de ces échecs d'implantation (Barbosa 1993a).



**Photo 5 : Vue aérienne de la ville de Boa Vista (cliché Orib Ziedson, 2004)**

Malgré les nombreuses difficultés rencontrées par ces premières colonies agricoles, les données officielles montrent que la politique de l'occupation a néanmoins donné des résultats. En effet, les recensements de 1950 (18 116 habitants) et de 1960 (28 304 habitants), montrent un taux de croissance de 72,39% pour la décennie 1940-1950 et de 62,78% pour la décennie 1950-1960. La pression agraire dans le Nordeste brésilien et la facilité d'obtention des terres soutenue par le gouvernement territorial du Roraima ont été les facteurs responsables de l'augmentation significative du nombre de migrants vers cet État. De plus, la croissance du trafic fluvial et le développement du transport aérien ont permis le désenclavement progressif de la vallée du Rio Branco et sa connexion au reste du Brésil.

### 4.1.3 – Les années 1970/1980 : le plan fédéral d'intégration nationale et ses projets de colonisation agricole

Le Ministère de la Santé du Brésil est restructuré en 1964 avec l'arrivée au pouvoir des militaires. Les premiers chiffres officiels sur le paludisme au Roraima commencent ainsi à être enregistrés. Malgré la faible fiabilité de ces données, due au manque d'infrastructures nécessaires à la réalisation des examens de dépistage du paludisme à grande échelle, elles nous permettent de visualiser la variabilité du paludisme ces 40 dernières années au Roraima. À partir de la figure 17, on peut observer que le nombre de cas, ainsi que l'Indice Parasitaire Annuel (IPA) du paludisme au Roraima présentent une forte variabilité, avec des pics et des chutes importants. Les variabilités de ce graphique seront étudiées au fur et à mesure que les prochaines périodes de l'histoire plus récente du Roraima seront abordées.

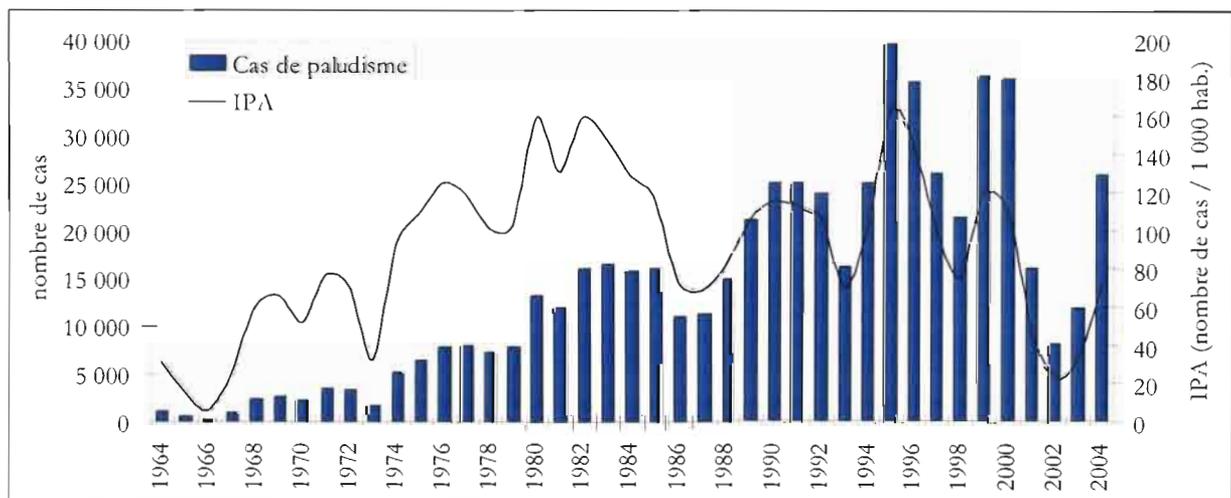


Figure 17 : Nombre de cas et IPA du paludisme entre 1964 et 2004 au Roraima (source : FNS et IBGE)

Le nombre de cas de paludisme commence à augmenter fortement à partir de la fin des années 1960. En 1970, avec la mise en place par le gouvernement fédéral du « Plan d'Intégration Nationale », un nouveau processus de colonisation agricole débute au Roraima. En 1975, le programme *POLORORAIMA*, l'un des quinze sous-programmes du *POLOAMAZONIA*, est lancé. Ce projet prévoit l'affectation de ressources financières importantes pour la construction d'une route reliant Boa Vista à Manaus (BR-174) et de la Perimetral Norte (BR-210), terminées en 1978. L'installation de petits agriculteurs dans les

zones forestières est aussi encouragée par ce projet. Durant cette période, le paludisme connaît une très forte augmentation. Il passe d'un IPA de 15,75 cas pour 1 000 habitants en 1965 à 125,42 cas pour 1 000 habitants en 1976. En 1973, une chute du nombre de cas est enregistrée alors qu'une importante sécheresse frappe la région du Roraima.

À la fin des années 1970 et au début des années 1980, des programmes de colonisation dirigée sont lancés par l'Institut national de colonisation et de la réforme agraire (INCRA), organisme du gouvernement fédéral responsable des questions agraires du pays. Comme les régions de végétation ouverte (savane) du Roraima étaient déjà occupées par les grandes fermes d'élevage extensif depuis le XIX<sup>e</sup> siècle, le gouvernement fédéral a choisi d'installer ces nouveaux projets dans la région des forêts, là où les axes routiers récents étaient implantés.

Les projets de colonisation ont donc été mis en place dans le centre-ouest et l'est du Territoire avec les colonies agricoles de Alto Alegre et les Programmes de Colonisation Rapide (PAR – *Progama de Assentamento Rápido*) de l'Apiáu et de Barauana, et au sud au bord de la route BR-174, avec le PAR de Jauaperi et les Programmes de Colonisation Dirigée (PAD – *Progama de Assentamento Dirigido*) de l'Anauá et de Jatapu. À partir de ces noyaux, plusieurs petites villes agricoles sont formées, comme São João da Baliza, São Luiz do Anauá et Rorainópolis, toutes embryonnaires et appelées « villes pionnières ». Entre 1980 et 1984, plus de 17 000 migrants arrivant au Roraima. Ils proviennent majoritairement du Rondônia, secondairement du Pará et du Nordeste (Barbosa, 1993b). À partir de ce moment, surtout dans les régions forestières, le paludisme connaît une croissance considérable, avec une augmentation du nombre de cas de plus de 106% en 5 ans (1979/1984). En 1982 une des plus hautes valeurs d'IPA est enregistrée, 160 cas pour 1 000 habitants.

Cette augmentation vertigineuse du paludisme se produit dans toute la région amazonienne. Pour remédier à cette situation, la Superintendance des Campagnes de Santé Publique (SUCAM), l'organisme national responsable du contrôle des épidémies à l'époque, décide de réaliser une grande campagne de lutte contre le paludisme entre 1986 et 1987. À la suite de celle-ci, le nombre de cas de paludisme diminue de 30% entre 1985 et 1987.

#### 4.1.4 – Les années 1990 : la création de l'État du Roraima, l'extraction minière et les réserves indigènes

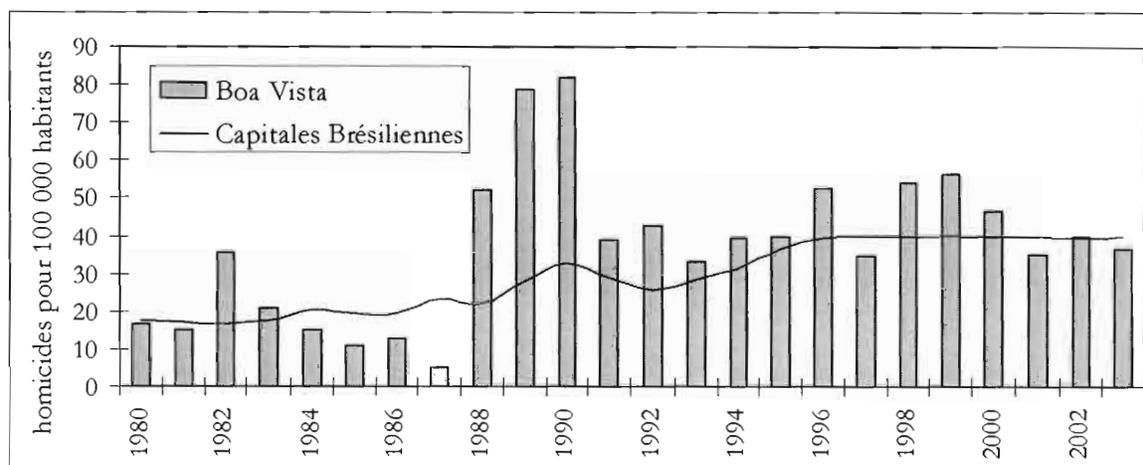
Le retour à la démocratie au Brésil en 1985 entraîne l'abandon du contrôle direct du gouvernement fédéral sur les Territoires Fédéraux encore existants, l'Amapá et le Roraima. Ils sont transformés en États de la Fédération à partir de 1988 avec la promulgation de la nouvelle Constitution brésilienne. Néanmoins, le gouvernement fédéral continue d'être le responsable des programmes de contrôle du paludisme et d'assistance à la santé indigène.

Après l'étape des grands projets de colonisation, l'activité d'orpaillage se développe intensivement, et maintient ainsi le taux de croissance de la population. Dans les années 1980, la découverte et l'exploitation de l'or dans les terres des Yanomami créent l'illusion que cette activité minière serait l'espoir économique du nouvel État (Andujar, 1984 et Santiago *et al.* 1995).

La section régionale de la Fondation Nationale de l'Indien (FUNAI/RR) et la Commission pour la Création du Parc Yanomami<sup>40</sup> (CCPY) ont estimé qu'environ 25 000 orpailleurs, originaires de diverses régions du Brésil, ont envahi plusieurs parties de la réserve indigène Yanomami. Cela se traduit par une détérioration rapide de la situation sanitaire de l'État (Pithan *et al.*, 1991 et Veeken, 1993). Le nombre de cas de paludisme, surtout chez les Amérindiens, connaît alors une nouvelle envolée fulgurante. Une hausse de 124% du nombre total de cas a été constatée entre 1987 et 1991 dans l'État. Simultanément, la violence a explosé avec des conflits permanents entre orpailleurs et indigènes et entre les orpailleurs eux-mêmes (MacMillan, 1997). Ces conflits font de Boa Vista la capitale plus violente du Brésil, avec le plus grand nombre d'homicides. Elle est passée d'un taux de 10,2 homicides pour 100 000 habitants en 1985 à 82,1 en 1990 (figure 18). Cette violence engendre une difficulté supplémentaire pour les agents sanitaires, ce qui empêche une meilleure assistance médicale à la population surtout indigène.

---

<sup>40</sup> Actuellement cette commission est devenue l'ONG Commission Pro-Yanomami – CCPY (*Comissão Pró-Yanomami – CCPY*). Elle a pour but de défendre les droits territoriaux et sociaux des Yanomami.



**Figure 18 : Nombre d'homicides à Boa Vista et dans les capitales brésiliennes pour 100 000 habitants entre 1980 et 2003 (source : DATASUS, Ministère de la Santé, Brésil)**

L'orpaillage a également fait renaître une forte activité commerciale autour de l'or. D'autre part, la demande alimentaire, augmente dû au flux intense de migration des orpailleurs. Le nombre d'immigrants à la recherche de terres cultivables augmente, et ils s'installent dans des colonies relativement proches, entre 50 et 100<sup>o</sup>km, de Boa Vista, telles que Apiiau, Serra Grande et Paredão. Celles-ci se sont développées et se sont agrandies avec l'ouverture de nouvelles voies vicinales<sup>41</sup>.

Au début de la décennie 90, le gouvernement fédéral intervient dans les réserves indigènes et ferme les sites d'orpaillage. Cet événement bouleverse l'économie du nouvel État, car tout le commerce était basé sur l'activité minière et sur la perspective d'expansion de celle-ci. Malgré toutes les incertitudes concernant la collecte d'informations sur ce type d'activité, les registres montrent que la production d'or est passée de 670 kg par mois en 1989 à 104,3 kg/mois en 1992 (Brasil, 1993).

Il est possible qu'un grand nombre d'immigrants, arrivés sous l'impulsion de la ruée vers l'or et installées au Roraima dans les années 1980, aient repris le chemin inverse. Une partie est repartie vers sa localité d'origine, tandis que les autres ont cherché de nouveaux sites d'orpaillage. Cependant, la majorité, sans réelle motivation pour retourner vers sa terre natale ou n'ayant plus suffisamment de fonds pour rentrer, s'est retrouvée dans les

<sup>41</sup> Vicinales : routes généralement en terre d'un établissement de colonisation agricole.

périphéries de Boa Vista. Ces installations dans des sites sans aucune infrastructure a significativement augmenté les problèmes sanitaires dans la ville même.

Après la fermeture des sites d'orpaillage entre 1992 et 1993, une chute de plus de 30% du nombre de cas de paludisme a été enregistrée. Au même moment, la Fondation Nationale de Santé (FUNASA) remplace la SUCAM et applique de nouvelles directives pour la lutte contre le paludisme, conformément au Plan de Contrôle de la Malaria en Amazonie (PCMAN). Une forte sécheresse est aussi enregistrée cette année-là.

Malgré le départ d'une partie de la population après la fermeture des sites d'orpaillage, le recensement de 1991 montre que la population du Roraima a presque triplé entre les années 1980 et 1990. Elle est passée de 82 000 habitants en 1980 à plus de 217 000 en 1991 (figure 19), avec une augmentation de 9,23% par an pendant cette période, valeur presque cinq fois supérieure à la moyenne brésilienne (1,93%).

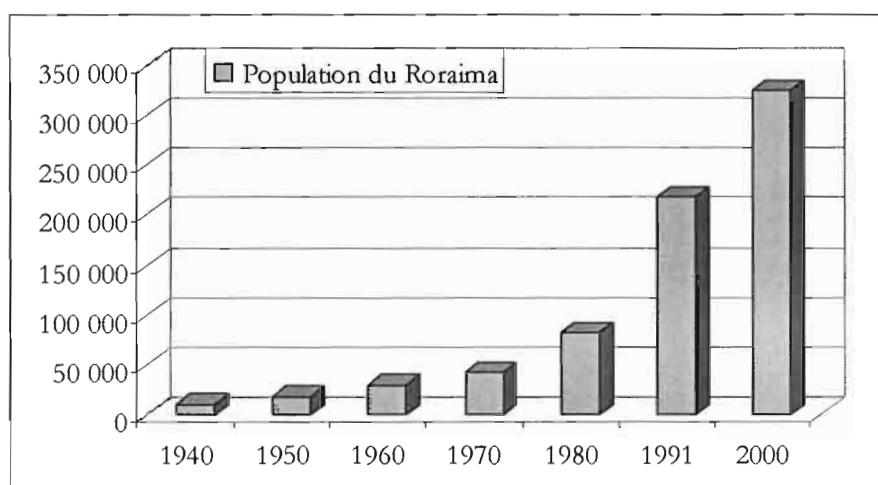


Figure 19 : Évolution de la population du Roraima entre 1940 et 2000  
(source : recensements, IBGE)

Entre 1994 et 1996, une augmentation de 145% du nombre de cas de paludisme a été enregistrée. En 1995, l'IPA atteint son maximum depuis 40 ans (164 cas pour 1 000 habitants). À ce moment, une politique pour impulser l'économie locale est mise en place par le gouverneur de l'État récemment élu. Il s'est lancé dans un ambitieux programme basé sur l'installation de 50 000 personnes sur des lots agricoles (Droulers et Le Tourneau, 2001), ce qui a eu pour conséquence une explosion de l'arrivée des colons.

Un flux considérable d'orpailleurs s'est dirigé vers divers autres sites dans les pays du nord de l'Amérique du Sud, surtout la Guyana et le Venezuela, après la fermeture des sites d'orpaillage du Roraima (MacMillan, 1995 et Arouk, 2000). Aujourd'hui encore les orpailleurs brésiliens sont très nombreux dans les sites d'extraction minière de ces pays. Néanmoins, les familles de plusieurs de ces orpailleurs sont restées au Roraima, provoquant de ce fait de fréquents allers-retours. Le paludisme est fortement développé dans ces pays et les orpailleurs y travaillant deviennent ainsi de véritables facteurs de propagation de cette maladie, menaçant des régions qui auraient pu en avoir le contrôle. Près de 87% des cas de paludisme importé hors du Roraima, enregistré entre 1998 et 2002, sont le fait d'originaires de ces pays. De plus, 45% en moyenne des cas importés sont du type *falciparum*, la forme la plus grave du paludisme, tandis que la moyenne de ces mêmes cas contractés au Roraima est seulement de 20% pour la même période. Ces chiffres montrent le danger que représentent les va-et-vient de population entre les pays cités et le Brésil, et la nécessité d'avoir un contrôle épidémiologique permanent au niveau des frontières amazoniennes.

Entre 1997 et 1998, on enregistre une très forte régression du nombre de cas de paludisme, une baisse de 46,2% des cas par rapport à 1995. Ces deux années ont été assez sèches, avec notamment, de grands incendies forestiers (Barbosa et Fearnside, 2000). Cependant, entre 1999 et 2000 le nombre de cas de paludisme explose une nouvelle fois et une hausse de 70,5% de cas est enregistrée entre 1998 et 1999. Cette hausse se produit pendant la mise en place de la décentralisation de la santé. La prise de décision concernant les programmes de lutte contre le paludisme passe de l'autorité du gouvernement fédéral à celle des municipalités. De plus, la diminution des contrôles favorise le retour des orpailleurs dans la réserve indigène Yanomami. On dénombre ainsi près d'un millier d'orpailleurs sur la réserve entre 1999 et 2000 (ISA, 2001).

#### **4.1.5 – Le début du XXI<sup>e</sup> siècle**

Le « Plan d'Intensification d'Actions de Contrôle de la Malaria en Amazonie Légale » (PIACM) est lancé au Brésil en 2000. C'est le programme brésilien qui s'insère dans le programme *Roll Back Malaria* de l'OMS. Entre 2000 et 2002 la chute du nombre de cas de paludisme a été considérable, avec 77% de cas en moins en 2002. L'IPA de cette année est

un des plus bas enregistré, 23,4 cas pour 1 000 habitants. En 2002 et 2003, une forte sécheresse a encore frappé la région. D'importants incendies forestiers sont enregistrés et font la une de la presse nationale et internationale (Barbosa, 2003 et Barbosa *et al.*, 2004).

Cependant, en 2003 le nombre de cas recommence à augmenter, et explose une fois de plus en 2004, avec une hausse de 219% entre 2002 et 2004. C'est l'une des hausses les plus fortes jamais enregistrées. L'événement le plus important qui s'est produit pendant cette période est l'arrivée au pouvoir du nouveau Président de la République, Luiz Inácio Lula da Silva. Le changement de gouvernement provoque de profondes restructurations du système de santé, avec une modification radicale du rôle de la Fondation National de Santé (FUNASA). Sa mission s'oriente, d'une part, vers la promotion et la protection de la santé par l'intermédiaire du développement de l'assainissement, et d'autre part vers la gestion de la santé indigène. Ces propositions et les évaluations des programmes nationaux de lutte contre le paludisme incombent désormais au Secrétariat de Vigilance Sanitaire (SVS) du Ministère de la Santé.

#### **4.1.6 – Synthèse de l'évolution du paludisme au Roraima**

À partir de l'exposé précédent, on peut s'apercevoir que de chaque forte hausse ou chute du paludisme découle des événements importants de l'histoire du Roraima. Ces faits sont d'origines sociales, politiques et/ou environnementales :

- l'arrivée massive de migrants dus aux projets de colonisation impulsés d'abord par le gouvernement colonial, puis fédéral et plus récemment par le gouvernement de l'État du Roraima ;
- l'arrivée des orpailleurs principalement dans les réserves indigènes, ce qui a abouti à d'intenses conflits et d'importants problèmes sanitaires chez les amérindiens.
- la mise en place des programmes nationaux de lutte contre le paludisme, qui a une efficacité de courte durée, et des difficultés liées à leur mise en place au niveau local ;
- des sécheresses importantes qui ont d'importants impacts environnementaux.

La figure 20, représente les variations du paludisme au long des quatre dernières décennies, et la séquence des principaux événements qui se sont produits pendant cette période. Cependant, ces événements ne se produisent pas toujours dans les mêmes endroits du vaste territoire du Roraima. À certains moments, par exemple, ils se produisent dans les campagnes et à d'autres dans les réserves indigènes. Pour mieux analyser l'impact de ces événements sur l'évolution du paludisme et pour mettre en évidence les facteurs créés par ces événements, et qui influencent la maladie, une analyse au niveau spatial est nécessaire.

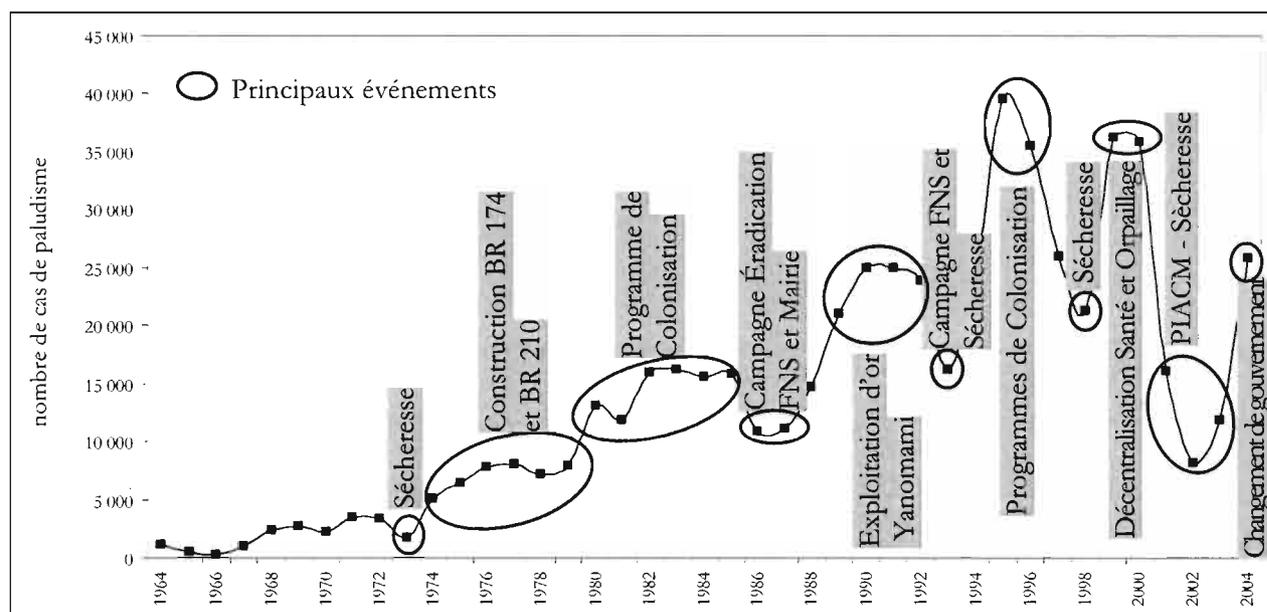


Figure 20 : L'évolution du paludisme au Roraima en relation avec les principaux événements produits entre 1964 et 2004

## 4.2 – La distribution spatiale du paludisme au Roraima

La plus grande partie de la série temporelle de données disponibles sur le nombre de cas de paludisme au Roraima est regroupée au niveau de l'État entier ou au niveau de la commune. En raison de la taille de l'État et des communes (entre 47 500 et 2 000 km<sup>2</sup>) il est difficile d'avoir la spatialisation détaillée de l'occurrence des cas de paludisme. Les données à un niveau plus fin, comme à l'échelle des localités, ne sont disponibles qu'à partir de 1997. Ces données sont stockées sur la base de données informatisée nommée SISMAL (*Sistema de Informação Sobre a Malária*), gérée par la FUNASA. À partir de 2003 la base de donnée change, ainsi que son gestionnaire, elle s'appelle désormais SISVEP

(*Sistema de Vigilância Epidemiológica*), et est gérée par le SVS-MS (*Secretaria de Vigilância em Saúde – Ministério da Saúde*). Cela modifie l'organisation de la base de données, et rend difficile le croisement des informations entre les deux bases distinctes. De plus, les données de l'année 1997 présentent des lacunes, comme le manque du nombre d'exams réalisés, par exemple. C'est pourquoi, nous avons choisi d'utiliser les données enregistrées entre 1998 et 2002 pour réaliser une analyse spatiale au niveau des localités. Cette période présente des pics de fortes hausses et de fortes diminutions du nombre de cas, ce qui nous permet d'analyser deux phases différentes de l'évolution du paludisme au Roraima.

En raison du grand nombre de localités existantes dans la base de donnée du SISMAL, 1422 et de la difficulté de l'obtention de la localisation géographique exacte de toutes, nous avons décidé de réaliser les analyses sur 51 localités, qui représentent presque 70% du nombre de cas de paludisme et 80% de la population du Roraima entre 1998 et 2002. Une carte avec le nom de toutes les localités utilisées se trouve dans l'annexe 6 (page 257).

L'analyse de ces données a été réalisée à partir de méthodes d'analyse spatiale d'identification des pics épidémiologiques localisés (Zaninetti, 2005 annexe 7, page 258). Nous avons réalisé trois analyses, dont les résultats sont présents ci-dessous.

#### **4.2.1 – L'évolution spatiale de cas de paludisme entre 1998 et 2002 au Roraima**

L'analyse de l'évolution spatiale du paludisme a été basée sur le calcul de l'incidence (nombre de cas mensuel pour 1 000 habitants) de chaque localité par l'utilisation d'un lissage pondéré dans un voisinage gaussien de 120 km. Les principaux agrégats de risque épidémiologique ont été obtenus à partir de la méthode de pics épidémiologiques localisés à travers le logiciel SaTScan<sup>TM</sup><sup>42</sup>. La discrétisation de l'incidence a été réalisée à partir de huit classes homogènes d'égal intervalle avec bornes ajustées.

---

<sup>42</sup> SaTScan<sup>TM</sup> (*software for the spatial and space-time scan statistics*) est un logiciel libre développé par Martin Kulldorff et Information Management Services Inc. Plus d'information sur le site Internet <http://www.satscan.org/>

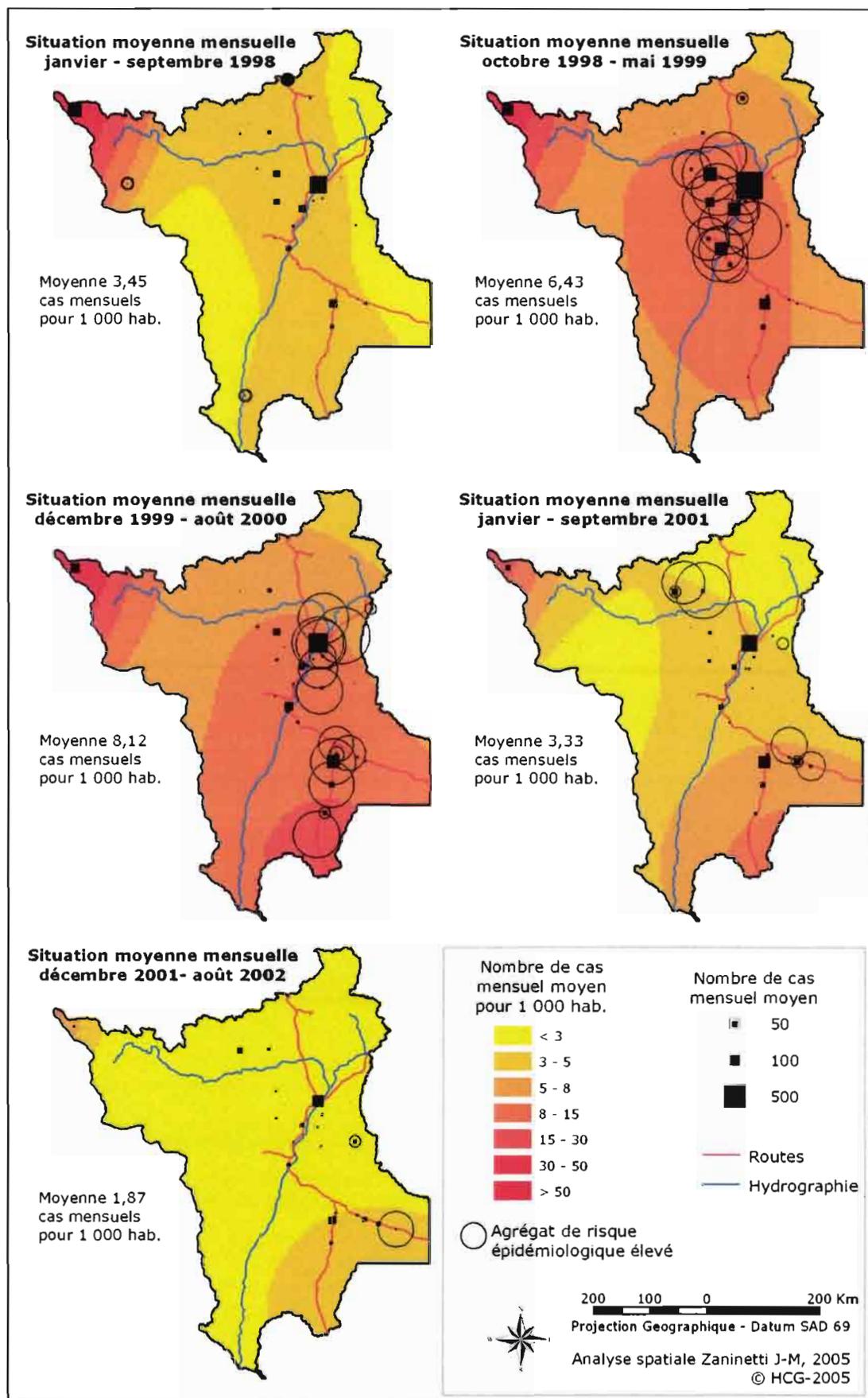


Figure 21 : Évolution spatiale du paludisme au Roraima entre 1998 et 2002

À partir des cinq cartes obtenues (figure 21), il est possible de percevoir l'évolution spatiale du paludisme entre 1998 et 2002 au Roraima. Pendant cette période deux forts pics épidémiologiques<sup>43</sup> sont constatés. Pour mieux percevoir cette évolution de la maladie, cinq grandes périodes sont spatialisées selon l'intensité de l'incidence mensuelle du paludisme. En analysant les cartes obtenues, on peut constater que :

- a) La première période, qui s'étale sur les neuf premiers mois de 1998 (figure 21a), a une incidence mensuelle moyenne de 3,45 cas pour 1 000 habitants. Pendant cette période l'incidence la plus élevée est constatée dans l'extrême nord-ouest de l'État. Dans cette région se localisent les villages indigènes de Auaris et Surucucu dans la réserve indigène Yanomami. L'incidence dans la région atteint le chiffre de plus de 30 cas pour 1 000 hab, dix fois plus que la moyenne de l'État. Pendant cette année-là, les premiers chercheurs d'or commencent à réapparaître dans la réserve, notamment dans la région du Surucucu. Le reste de l'État présente une incidence assez homogène. Entre décembre 1997 et mars 1998, d'importants incendies de forêt se déclarent après la forte sécheresse de l'année précédente, surtout dans la région centrale de l'État (Ab'Saber, 1998).
- b) La deuxième période (figure 21b) s'étend d'octobre 1998 à mai 1999. À ce moment, se produit un pic épidémiologique. L'incidence mensuelle moyenne double et passe à 6,45 cas pour 1 000 habitants. La plus grande incidence demeure dans l'extrême nord-ouest, principalement dans le village d'Auaris. La région centrale de l'État enregistre une hausse fulgurante, ayant pour épice centre la ville de Caracarái. Il est intéressant de remarquer que l'épidémie accompagne la route BR-174. Néanmoins, l'extrême nord-est est la région la moins touchée. C'est la région des grandes savanes et de la réserve indigène *Raposa Serra do Sol*.
- c) La troisième période (figure 21c) s'étale de décembre 1999 à août 2000. C'est le deuxième et plus fort pic épidémiologique qui se produit. L'incidence mensuelle moyenne augmente à 8,12 cas pour 1 000 habitants. Cependant, l'épidémie se déplace vers le sud et la région la plus touchée devient l'extrême sud, avec la ville

---

<sup>43</sup> Dans cette étude le pic épidémiologique correspond à la période de plus grand nombre de cas de paludisme entre 1998 et 2002.

de Equador comme épicentre. Cette région fait partie de la commune de Rorainópolis, où se trouvent plusieurs programmes colonisation agricoles, inaugurés dans les années 1990<sup>44</sup>. La région d'Auaris continue à être hautement touchée par la maladie. Les articles de journaux parus à l'époque montrent que les orpailleurs sont toujours présents dans la région (O Globo, 21/09/2000<sup>45</sup>). Cette année est marquée aussi par une forte pluviométrie.

- d) La quatrième période (figure 21d) se déroule de janvier à septembre 2001. Une forte diminution de l'occurrence du paludisme se produit. L'incidence moyenne mensuelle retourne au même niveau qu'en 1998 : 3,33 cas pour 1 000 habitants. La région au sud de Mucajaí connaît une diminution considérable. Pourtant, le paludisme est encore bien présent dans les extrêmes nord-ouest et sud. Au cours de cette année le programme de lutte contre le paludisme PIACM est mis sur pied. Ce programme est surtout caractérisé par la décentralisation des actions. Des ONG commencent à réaliser un intense travail de soin chez les Yanomami à partir de 2000. De plus, la Fondation Nationale de l'Indien (FUNAI), en partenariat avec la police fédérale commencent aussi à faire partir les orpailleurs de la région (CCPY, 2001).
- e) La dernière période (figure 21e) se déroule entre décembre 2001 et août 2002. À ce moment on constate un très fort recul du paludisme, l'incidence moyenne mensuelle parvient à son niveau le plus bas à savoir 1,87 cas pour 1 000 habitants. Les incidences les plus hautes sont constantes dans le centre sud de l'État et dans la région d'Auaris, et tournent autour de 5 cas pour 1 000 habitants. Il est important de signaler que d'importantes diminutions de la pluviométrie ont été constatées entre 2001 et 2002 dans la région amazonienne.

De façon succincte, on constate que les moments de plus forte incidence de paludisme se produisent entre la fin d'une année et le début de l'année suivante. De plus, les deux pics épidémiologiques se sont déclenchés dans trois régions distinctes du Roraima : la région centrale, autour de la capitale Boa Vista ; la région sud, dans la commune de

---

<sup>44</sup> Les projets de colonisation agricole implantés au Roraima seront analysés plus en détail dans le chapitre 6.

<sup>45</sup> *Journal O Globo* : "Garimpeiros invadem área Yanomâm", article du journaliste Rubens Valente

Rorainópolis ; et la région d'Auaris dans l'extrême nord-ouest de la réserve Yanomami, avec les plus hauts taux d'incidence du Roraima. Il est donc intéressant de savoir quand débutent les épidémies et dans quelles localités.

#### **4.2.2 – Évolution du début des pics épidémiques dans les principales villes du Roraima entre 1998 et 2002**

Dans la section précédente on voit que les pics épidémiologiques entre 1998 et 2002 n'ont pas débuté de façon homogène et ni en même temps dans toutes les localités du Roraima. Pour mieux comprendre cette différence spatiale et temporelle, une carte de concentration (évolution) des risques a été réalisée avec la date du début de l'épidémie et la intensité d'agrégat de risque épidémiologique<sup>46</sup> dans chacune des cinquante et une localités étudiées (figure 22).

À partir de cette carte on voit que les premiers déclenchements épidémiologiques apparaissent dans la région du Surucucu, dans la réserve de Yanomami, en juin 1998, ainsi que dans deux villes de l'extrême sud-ouest et nord-est, Pacaraima et Santa Maria do Boiaçu. En octobre 1998, l'épidémie commence à apparaître dans les localités de la région centrale du Roraima, autour de la ville de Mucajai. L'épidémie gagne les localités du côté ouest de Boa Vista jusqu'à décembre 1998. À partir de juin 1999, une nouvelle vague de paludisme commence. Cette fois, elle touche les villes plutôt situées au nord-est de Boa Vista. La capitale du Roraima apparaît ainsi comme un lien entre les localités de l'ouest et de l'est de la région centrale. Ce qui fait étaler le paludisme partout dans la région centrale entre 1998 et 1999.

À partir de 2000, l'épidémie de paludisme se déplace vers le sud. En mars de cette année, elle remonte la route BR-174 par le sud et touche les localités entre Novo Paraiso et Jundia. La localité de Novo Paraiso se localise sur le carrefour entre la BR-174 et la BR-210 (Perimetral Norte). Entre mai et septembre, l'épidémie suit ainsi la BR-210 et touche les villes au sud de la route, comme São Luiz d'Anaua. À partir de 2001, toutes les localités de la BR-210 connaissent le déclenchement de leur période la plus intense de

---

<sup>46</sup> Pour plus de information sur la façon d'obtention des agrégats voir annexe 7, page 258.

paludisme. Cela nous indique que probablement l'épidémie de 2000 a commencé au sud et s'est propagée vers le nord en remontant la BR-174, la route qui relie Manaus à Boa Vista, en suivant par la BR-210, reliant Boa Vista à la région sud-est de l'État.

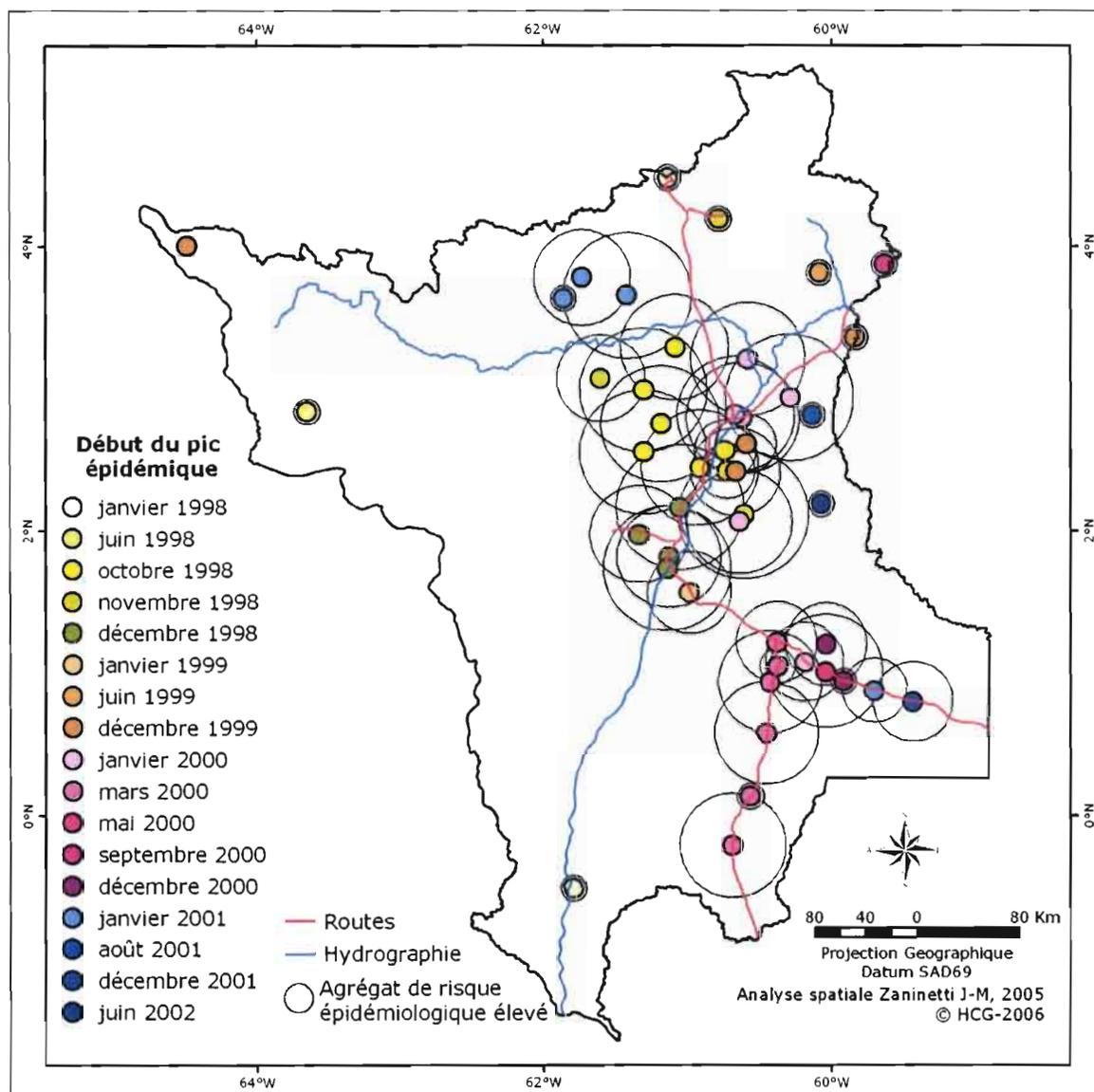


Figure 22 : Concentration des risques dans les principales localités du Roraima entre 1998 et 2002

À partir de 2001, une épidémie de paludisme débute au nord du Roraima, dans la région de l'Amajari. Trois localités plus isolées dans la bordure est de l'État ont aussi des pics épidémiologiques entre 2001 et 2002. Les localités situées dans l'extrême nord-est de l'État et dans la région de la municipalité d'Uiramutã ne présentent pas de pic épidémiologique entre 1998 et 2002. Cela indique qu'elles ont été très peu touchées par le paludisme pendant ces années, mais on doit considérer ce résultat avec prudence parce

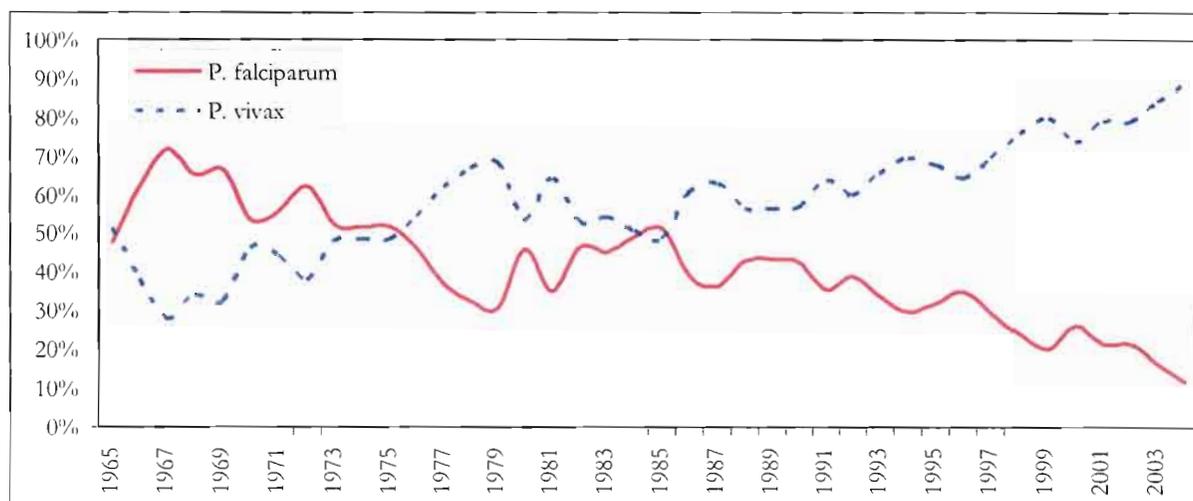
que la commune d'Uiramutã n'a été créée qu'en 1998. Les infrastructures de soins existant dans la région étaient presque absentes, ce qui peut amener une sous-notification des cas de paludisme dû au manque de sites locaux pour réaliser l'examen de dépistage. Cette question sera abordée plus en détail dans le chapitre 7.

En bref, des épidémies se déclenchent dans les localités proches au même moment. Certaines villes, comme Boa Vista et Novo Paraiso, constituent un « relais », permettant l'arrivée de l'épidémie dans d'autres localités. Les localités plus isolées ont connu le début des pics épidémiologiques à des moments distincts. Cela montre que la proximité joue un rôle important pour la diffusion des épidémies de paludisme dans l'État et que les voies de communication servent comme une importante passerelle pour la mobilité de la maladie. On constate ainsi qu'il n'y a pas de constantes dans la temporalité et la spatialité des épidémies. Cela nous pousse aussi à nous intéresser davantage au comportement de la maladie à partir des types des agents infectieux (le *plasmodium*) qui touchent l'État du Roraima, pour mieux comprendre l'évolution de la pathologie.

#### 4.2.3 – Évolution du *Plasmodium falciparum* au Roraima

Le *Plasmodium falciparum* et le *Plasmodium vivax* sont les deux principaux types des agents infectieux de paludisme qu'on rencontre au Roraima. Le *P. falciparum* est la forme la plus dangereuse du paludisme. Connaître l'évolution de cette forme de la maladie peut nous permettre de mettre en lumière certains aspects de cette pathologie au Roraima. Pour cela on a utilisé les données disponibles sur le nombre de cas de paludisme par type de *plasmodium* à partir de 1965 sur l'État du Roraima.

Les cas de paludisme par *P. falciparum* sont prédominants entre 1965 et 1975 (figure 23). Leur proportion varie entre 51% et 75% du total des cas enregistrés durant cette période. Depuis 1976, les cas par *P. vivax* deviennent plus présents avec une légère inversion en 1985. À partir de ce moment-là, le pourcentage de cas de paludisme par *P. falciparum* est en constante chute. L'écart par rapport au *P. vivax* agrandit sans cesse. La proportion de cas par *P. falciparum* tombe de 45% au début des années 1980 à 20% à la fin des années 1990, arrivant à seulement 11% en 2004.



**Figure 23 : Pourcentage de cas enregistrés de *P. falciparum* et de *P. vivax* entre 1965 et 2004 au Roraima (source : FNS)**

Cette différence dans l'évolution du *P. falciparum* peut être liée à des facteurs biologiques, comme l'augmentation de l'immunisation de la population, ou être liée à des facteurs socio-économiques comme la facilité d'accès aux soins. Comme cette forme de paludisme est la plus dangereuse et que ses symptômes, surtout la fréquence de la fièvre, sont différents du *P. vivax*, la population fait plus attention aux crises de fièvre causées par cette forme grave de la maladie. Ainsi, quand une personne remarque que l'accès de fièvre pourrait être causé par le *P. falciparum*, grâce à la fréquence des accès de fièvre, elle va rechercher des soins dès que possible. Avec la difficulté d'accès aux soins la population ne fait réaliser l'examen pour le dépistage du paludisme que si elle estime qu'elle est atteinte par le *P. falciparum*. Avec l'amélioration du réseau de soins, capable de réaliser l'examen à partir des années 1980, et surtout à partir de la création de la Fondation Nationale de Santé (FUNASA) au début des années 1990, dès qu'une personne a de la fièvre et s'aperçoit qu'il s'agit du paludisme, elle cherche des soins. Cela peut contribuer à expliquer ce fort écart entre le nombre de cas de *P. falciparum* et de *P. vivax*.

Malgré cette diminution considérable du nombre de cas enregistré de *P. falciparum*, il est intéressant de savoir si la distribution spatiale de ce type de plasmodium est homogène partout dans l'État. De cette façon, on a spatialisé les cas de *P. falciparum* pendant l'épidémie de 1999-2000 à partir de cinquante et une localités. La méthode utilisée pour cela est l'interpolation duale, c'est à dire, le rapport de densité de lissage dans un voisinage quadratique des dix voisins les plus proches. La discrétisation a été faite à partir de cinq

classes homogènes d'égal intervalle. En analysant les cartes obtenues (figure 24) on voit que :

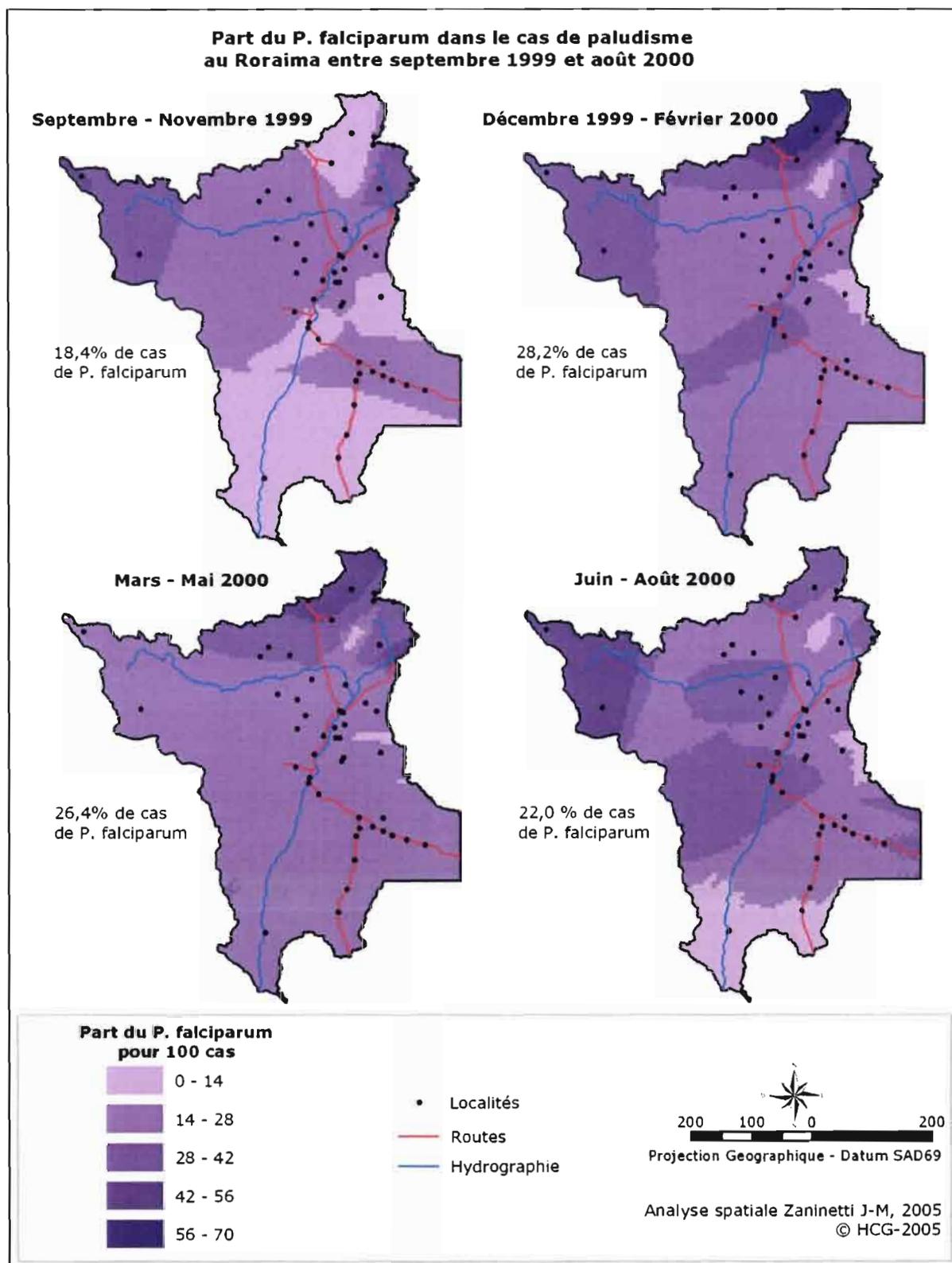


Figure 24 : Distribution spatiale de *P. falciparum* pendant les deux pics épidémiologiques entre 1998 et 2002

- a) Au début de l'épidémie entre septembre et novembre 1999 (figure 24a), le pourcentage de *P. falciparum* était de 18,4% des cas enregistrés. Les plus forts pourcentages se concentrent dans l'extrême nord-ouest, à savoir entre 20% et 40%, dans la région d'Auaris et Surucucu, ainsi que dans la région au nord de Boa Vista au long de la rivière Uraricoera.
- b) Entre décembre 1999 et février 2000 (figure 24b), le nombre de cas de paludisme augmente fortement et le *P. falciparum* en vient à représenter 28,2% du nombre total de cas. Les régions de Auaris et Surucucu continuent de présenter les valeurs les plus élevées. Pourtant, dans la zone au nord de Boa Vista le nombre de cas se réduit et se restreint à la région de Alto Alegre. Il est intéressant de remarquer que dans la région plus au sud de l'État, les valeurs sont assez basses.
- c) Entre mars et mai 2000 (figure 24c) le nombre de cas de paludisme baisse de façon légère, ainsi que le pourcentage de *P. falciparum* (26,4%). Cependant, la configuration de sa distribution change un peu. Le pourcentage le plus élevé se situe au nord, dans la région de Pacaraima et Uiramutã. Une légère diminution se produit dans la région de Auaris et Surucucu. Dans la région située le long du sud de la route BR-140, où se développe à ce moment l'épidémie de paludisme, les valeurs restent dans la moyenne de l'État.
- d) Entre juin et août 2000 (figure 24d), le nombre de cas de paludisme tombe de manière considérable, le *P. falciparum* suit cette chute et représente alors 22% du total de cas. La configuration de la distribution, suit aussi cette tendance et se modifie fortement. Toute la zone au nord de Boa Vista, de Auaris à Bonfin, présente un pourcentage homogène entre 22% et 32%, ce qui est un peu en-dessous de la moyenne de l'État. Cependant, la concentration la plus élevée continue dans la région de Paracaraima et d'Uiramutã. La région sud où se produit l'épidémie la plus forte présente des valeurs plus basses que la moyenne de l'État.

On constate donc que le *P. falciparum* n'a pas une distribution homogène dans tout l'État. Sa proportion est plus élevée pendant la période de plus grands indices de paludisme, et il est plus concentré dans le nord de l'État, chez les Yanomami à la frontière avec le

Venezuela et dans l'extrême nord-est à la frontière avec le Venezuela, et la Guyana, qui est un pays de grande incidence de *P. falciparum*. Cela indique qu'il peut y avoir un fort échange de paludisme entre le Brésil et ces pays, surtout parmi les divers groupes d'Amérindiens, comme les Yanomami et les Macuxi qui sont présents des deux côtés de la frontière.

### ***Conclusion***

À partir de l'analyse de la distribution spatiale du paludisme au Roraima, il est possible de constater que des événements importants se sont produits durant l'évolution de cette pathologie. De plus, à partir de l'analyse de la distribution spatiale du paludisme, il est possible de remarquer que celle-ci n'est pas homogène. Ces événements et cette diversité dans la distribution spatiale du paludisme sont liés à la fois à des facteurs socio-démographiques (mouvements de la population, proximité de villes, etc.) ; à des facteurs environnementaux, (sécheresse, pluies intenses, forêts, savanes, etc.) ; et à des facteurs liés aux politiques publiques (programmes de colonisation agricole, manque d'infrastructures de soins, etc.).

Cette mise en lumière de l'évolution du paludisme au Roraima dans le temps et dans l'espace nous pousse à rechercher la part des facteurs liés à aux phénomènes géographiques et historiques (contemporaines), c'est à dire les facteurs liés à l'environnement, à la population et aux décisions politiques.

## **CHAPITRE 5**

### **Diversité environnementale du Roraima et implications sur la dynamique du paludisme**

## ***Introduction***

Les facteurs biogéographiques, le climat et la végétation principalement, sont constamment évoqués dans les études épidémiologiques du paludisme. Ils sont souvent considérés comme les principaux facteurs qui interviennent dans la transmission et le développement de la maladie. Le chapitre précédent a établi que plusieurs événements environnementaux, tels que les sécheresses et les incendies, sont corrélés avec des périodes de hausse ou de chute importantes du nombre de cas du paludisme au Roraima. Dès lors, la prise en compte de ces facteurs environnementaux est essentielle pour une compréhension plus détaillée de la dynamique du paludisme dans cette région de l'extrême nord du Brésil.

Ce chapitre a pour but de mettre en évidence les liens qui existent entre les variations du paludisme et les facteurs liés au milieu naturel au Roraima. Le climat, les principaux types de végétation, l'usage des sols et la pression anthropique exercée sur les terres de cet État amazonien seront autant d'éléments discutés ici. L'emploi de l'indice de végétation (NDVI) permettra de relier dans l'espace et dans le temps végétation et variabilité climatique. Tous ces éléments seront analysés parallèlement aux nombres de cas de paludisme enregistrés entre 1965 et 2004. Ce chapitre abordera les questions suivantes :

- Comment les facteurs environnementaux tels que la pluviométrie, le type de végétation et les usages du sol, influencent-ils la fréquence et la dynamique du paludisme dans le Roraima ?
- Quelles sont les influences des variations climatiques occasionnées par phénomènes comme El Niño et La Niña dans la dynamique du paludisme au Roraima?
- De quelle façon l'exploitation des terres de cet État, notamment les grands déboisements, et les grands incendies, influencent-elles la dynamique du paludisme ?

## 5.1 – Le climat du Roraima

Traversé par l'Équateur, le Roraima présente un climat classé comme tropical sub-humide et équatorial humide, sans saisons nettement définies. La température de l'air varie peu tout au long de l'année : la température moyenne minimale est de 20°C et la température moyenne maximale de 38°C. Seule la région de plus grande altitude située au nord de l'État, qui s'élève au-dessus de 800 m, présente un climat plus frais, avec des températures moyennes mensuelles de 18°C, qui peuvent osciller entre 6°C et 20°C tout au long de l'année. Le gradient de précipitations augmente de l'est vers l'ouest, avec des précipitations annuelles qui varient de 1 500 mm au nord-est à 2 600 mm dans l'extrême sud-ouest. Près de la moitié de l'État du Roraima est située dans une zone de pluviométries élevées, supérieures à 2 000 mm annuelles. Dans le nord-ouest, les pluies sont favorisées par le relief montagneux, et dans le sud, elles sont liées à la circulation atmosphérique régionale (FMATR, 1993 et Barbosa, 1997).

Le régime des pluies suit les dynamiques climatiques de l'hémisphère nord, avec deux périodes pluviométriques relativement distinctes de durée semblable. La période humide, s'étend d'avril à août, les précipitations mensuelles varient en moyenne entre 150 et 350 mm, ce qui représente des excédents hydriques importants. La période sèche s'étend d'octobre à mars, les pluies diminuent significativement avec des précipitations mensuelles inférieures à 50 mm, ce qui correspond à des déficits hydriques importants (FMATR, 1993 et Barbosa, 1997). Cependant, cette dynamique pluviale est sujette à des anomalies, avec des épisodes de sécheresse ou de pluviométrie élevée.

### 5.1.1 – El Niño et La Niña

Les déséquilibres de la dynamique pluviale au Roraima sont souvent liés à des anomalies climatiques de grande échelle comme El Niño (phase chaude) et La Niña (phase froide). Ces anomalies sont caractérisées par le réchauffement ou le refroidissement anormaux des eaux superficielles du Pacifique Équatorial Oriental. Ces irrégularités provoquent des changements de la circulation atmosphérique, qui à leur tour modifient les précipitations aussi bien à l'échelle régionale qu'à celle de la planète (CPTEC, 1998). Le Roraima, ainsi qu'une grande partie de l'Amazonie, est fortement affecté par ce phénomène climatique,

(figure 25). Les événements d'El Niño et de La Niña ne présentent pas de cycles, ni d'intensités régulières (tableau 5).

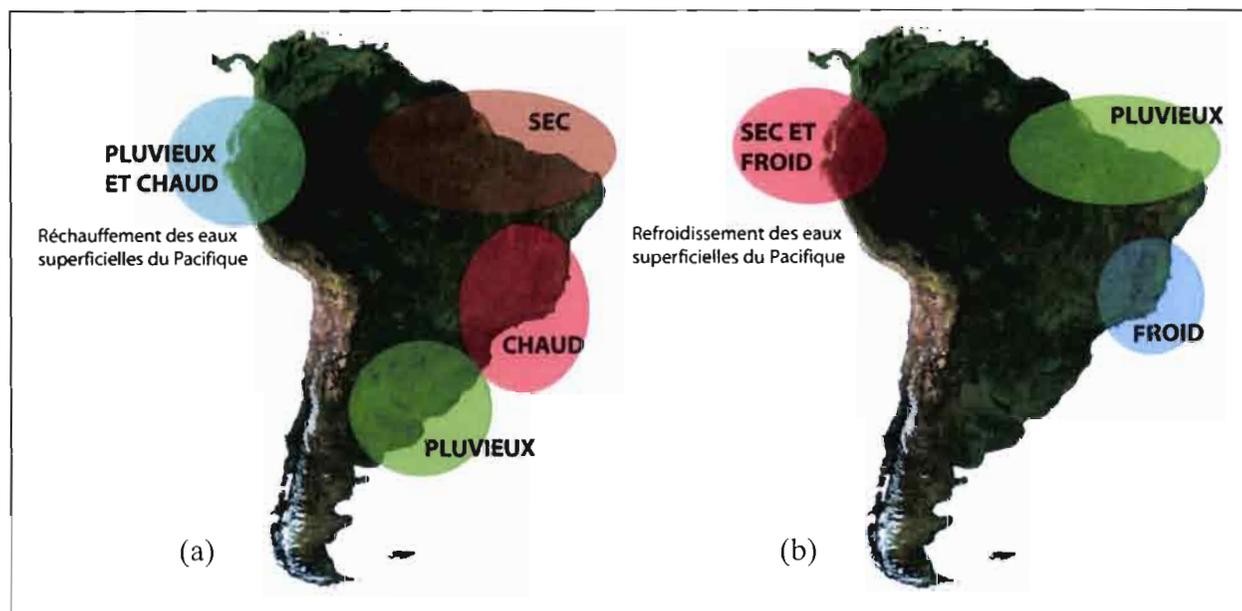


Figure 25 : Effets d'El Niño (a) et de La Niña (b) sur l'Amérique du Sud (d'après CPTEC, 1998)

Tableau 5 : Années de El Niño et La Niña

Occurrences d'El Niño	Occurrences de La Niña
1965-1966	1970-1971
1968-1970	1973-1976
1972-1973	1983-1984
1976-1977	1984-1985
1977-1978	1988-1989
1979-1980	1995-1996
1982-1983	1998-2001
1986-1988	
1990-1993	
1994-1995	
1997-1998	
2002-2003	

Légende: Fort Modéré Faible

Source : d'après CPTEC, 2005 et NCEP-NOAA, 2005

L'important déficit hydrique qui caractérise la phase chaude affecte profondément l'agriculture et la végétation, notamment parce qu'il favorise les grands feux de forêts qui ravagent principalement les régions proches des aires agricoles du Roraima (Barbosa, 2004). Des incendies forestiers ont été observés au début de l'année 1998 et plus

récemment au début de l'année 2003. Ils ont eu un grand écho dans la presse nationale et internationale. Ces incendies coïncident avec une incidence du paludisme assez basse, mais l'année suivante de fortes hausses de cas ont été enregistrées. Ainsi, entre 1998 et 1999, une augmentation de 70% du nombre de cas est constatée et entre 2003 et 2004 une augmentation de 118%. Ces variations, enregistrées récemment, nous poussent à nous intéresser de plus près à la dynamique des précipitations au Roraima et à l'impact de cette variation climatique sur les autres facteurs environnementaux (végétation, usage du sol) qui peuvent influencer le paludisme.

### 5.1.2 – Les précipitations au Roraima

En raison de la vaste extension et de la difficulté d'accès à une grande partie du territoire du Roraima, les stations météorologiques sont assez rares, une réalité partagée par plusieurs États amazoniens (Dubreuil, 2005). Ce n'est que récemment que le réseau de stations météorologiques a été étoffé. Ce manque d'information cause de sérieuses difficultés lorsqu'il faut établir une caractérisation fine du climat de cette région pour des analyses environnementales plus approfondies.

Selon l'Agence Nationale de l'Eau (ANA - *Agência Nacional de Águas*) du Brésil, il existe 40 stations pluviométriques sur les 224 000 km<sup>2</sup> du territoire du Roraima. Les données de précipitations de ces stations sont disponibles pour le grand public sur le site Internet de cette institution, la plupart sont incomplètes : il manque des mois et même des années entières. De plus, une grande partie de ces stations sont très récentes, elles datent des années 1990 et 2000, ce qui ne permet pas de réaliser une description pluviométrique précise de l'État. Néanmoins, une étude détaillée du comportement des précipitations est utile. Dix stations ont donc été choisies afin de réaliser une analyse plus fine des précipitations. Les critères pris en compte pour le choix de ces stations ont été le nombre d'années avec des données mensuelles complètes et leur localisation dans l'État.

Au-delà des précipitations, la température est aussi indiquée comme une importante variable dans les études épidémiologiques du paludisme. Cependant, étant donné que cette variable est assez constante dans la majeure partie de l'aire habitable du Roraima et que les stations météorologiques qui les enregistrent sont très rares et les données

existantes de mauvaise qualité pour l'étude proposée, nous avons décidé de ne pas aborder ce facteur dans nos analyses.

Les données de précipitations disponibles dans la plupart des stations pluviométriques vont de 1972 à 2004. Pour pallier les lacunes des données dans certaines stations des calculs statistiques ont été réalisés. Les données manquantes dans les séries des précipitations ont été complétées en faisant une analyse particulière pour chaque station. Nous avons déterminé un groupe de trois années avec des précipitations similaires des mois manquants. Ensuite, on a révisé la distribution des données mensuelles du mois précédent et postérieur à la donnée manquante en complétant les valeurs avec des données de la série la plus semblable. Dans les cas où il n'existait pas une série comparable on a rempli la donnée avec la moyenne mensuelle de la série d'une telle façon de ne pas altérer fortement la distribution des données.

Postérieurement, pour repérer les années les plus humides et les plus sèches nous avons calculé la valeur de la fréquence accumulée des précipitations annuelles et nous avons ordonné les données du plus grand au plus petit à partir de l'origine des valeurs de probabilité disponible. Ensuite, nous avons séparé les années qui avaient dépassé les 75 % des valeurs de la série de précipitations, ainsi que ceux qui été inférieur à 25%. Les années au-dessus de 75% ont été considérées comme pluvieuses et celles en-dessous de 25% comme sèches. Une carte de distribution de la précipitation annuelle (figure 26) a été réalisée à partir des données de 50% des valeurs de la série de précipitations, en utilisant l'interpolation par Spline du logiciel ArcGIS 8.2

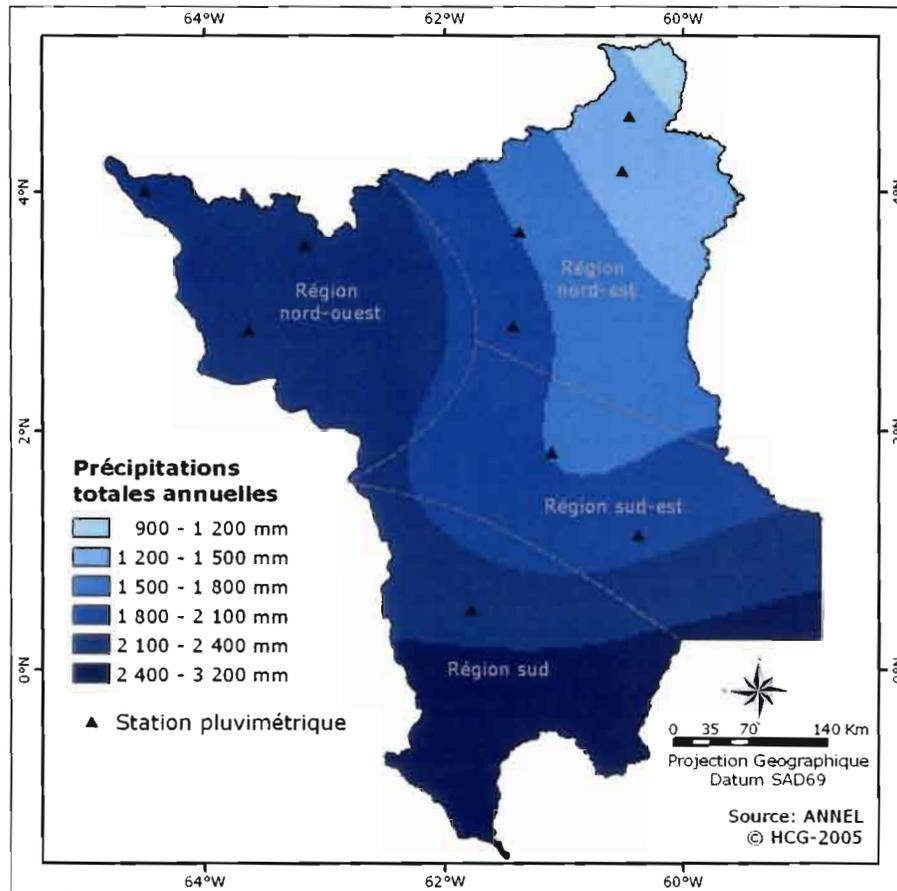


Figure 26 : Carte des précipitations totales annuelles du Roraima

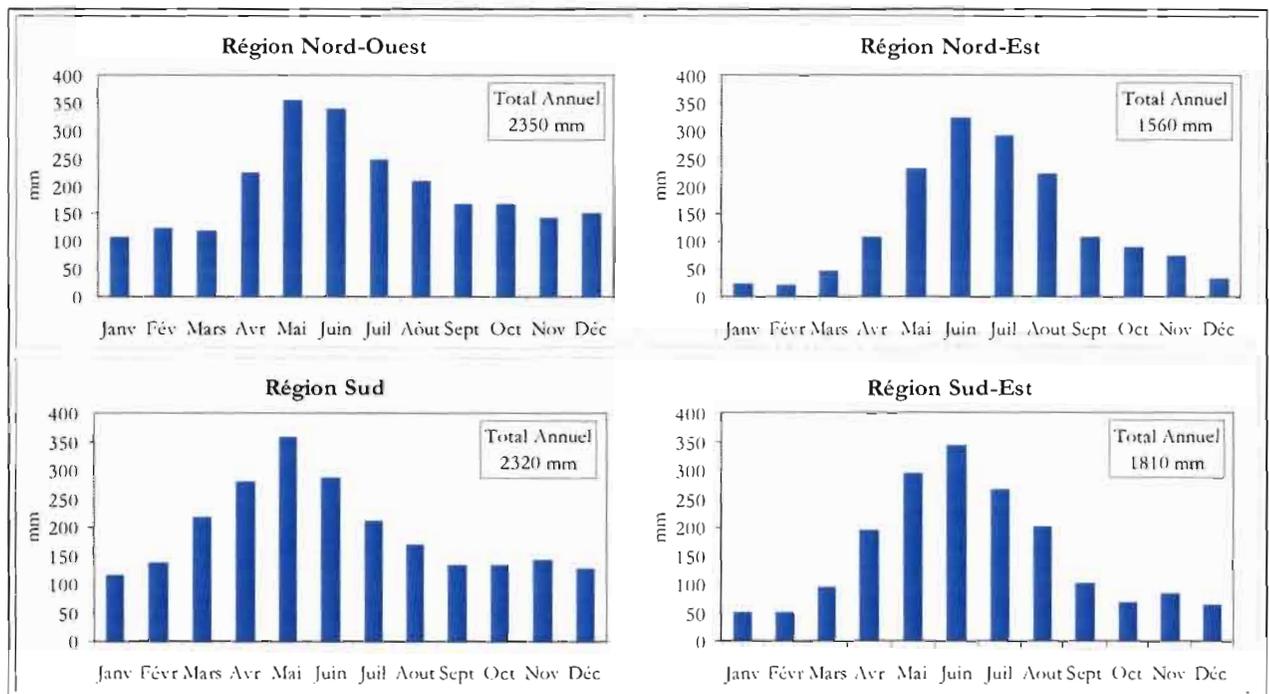


Figure 27 : Précipitations moyennes mensuelles et annuelles des quatre régions climatiques du Roraima

En prenant en compte la carte de distribution des précipitations totales annuelles et dans l'intention de mieux interpréter la dynamique climatique de l'État, les données obtenues ont été analysées à partir de quatre grandes régions : le nord-ouest, une région de haute pluviométrie ; le nord-est, où l'on rencontre les plus basses précipitations de la région ; le sud, l'endroit le plus pluvieux de l'État ; et le sud-est, une région de transition pluviométrique. Une description plus précise de ces régions climatiques à partir des graphiques mensuels de précipitation (figure 27) montre que :

- a) Le nord-ouest du Roraima (trois stations pluviométriques retenues) constitue une des régions les plus pluvieuses de l'État, avec 2 200 à 2 300 mm de précipitations par an. La période la plus pluvieuse se situe entre mai et juin, avec des précipitations mensuelles comprises entre 230 et 350 mm. La période la plus sèche n'est pas bien définie. De septembre à mars les précipitations avoisinent les 150 mm (figures 27a). Les années les plus sèches ont été 1987, 1992 et 2001.
- b) Dans la région nord-est (trois stations pluviométriques retenues), les précipitations totales varient entre 1 300 et 1 700 mm par an (figure 27b). Les pluies sont concentrées entre les mois de mai et de juillet. Au cours de cette période les précipitations mensuelles varient de 200 à 320 mm. La saison sèche est bien marquée et se produit entre décembre et février, avec des précipitations moyennes comprises entre 10 et 40 mm. Les années les plus sèches ont été 1977, 1983, 1992 et 2001.
- c) Le sud-est de l'État (deux stations pluviométriques retenues), présente des précipitations totales variant entre 1 800 et 2 100 mm par an. Les pluies se concentrent entre les mois de mai et de juillet et les moyennes mensuelles varient entre 280 et 380 mm (figures 27c). De décembre à mars a lieu la saison sèche avec des précipitations moyennes allant de 30 à 80 mm. Les années les plus sèches ont été 1983, 1992, 1997 et 2001, tandis que l'année 2000 était la plus humide.
- d) Le sud (une seule station pluviométrique retenue) est la zone des plus fortes précipitations. Le total pluviométrique annuel est en moyenne de 2 300 mm. La

période la plus pluvieuse se produisant entre avril et juin, avec des précipitations mensuelles moyennes allant de 270 à 350 mm (figures 27d). Il n'y a pas de saison sèche. D'août à février les totaux pluviométriques mensuels varient entre 100 et 150 mm. Les années les plus sèches ont été 1972, 1977, 1992 et 1997.

Ces résultats montrent que les pluies se déplacent de l'ouest vers l'est du Roraima, avec un mois de décalage entre les deux extrêmes. Elles débutent en avril au sud-ouest et en mai dans les autres régions. Le total annuel pluviométrique diminue aussi de l'ouest vers l'est avec des variations de plus de 1 000 mm entre les deux extrêmes. La durée des périodes sèches est très variée. À l'ouest, les pluies sont plus concentrées et avec un important déficit hydrique mensuel pendant l'époque de plus faibles précipitations. Les totaux mensuels pluviométriques sont souvent inférieurs à 80 mm. À l'est, en revanche, la saison sèche est plus longue et les précipitations sont comprises entre 100 et 150 mm. L'année 2000 est la seule à être la plus pluvieuse dans toutes les stations météorologiques observées et les années 1972, 1983, 1992 et 1997 ont été les années les plus sèches. En comparant ces années atypiques avec le tableau 5 (page 125), on peut associer les années de plus forte pluviosité à l'anomalie climatique de La Niña et les années les plus sèches à des forts événements d'El Niño. Il faut noter cependant que toutes les anomalies climatiques n'ont pas forcément eu de répercussions au Roraima et que même celles qui en ont eu, ne se font pas ressentir uniformément dans l'ensemble de l'État, particulièrement dans le cas de La Niña. La caractérisation des précipitations du Roraima étant faite, intéressons nous maintenant aux liens existant entre ce facteur et les cas de paludisme recensés dans cet État.

### **5.1.3 – Précipitations et paludisme**

La variabilité intra et inter annuelle des précipitations dans l'État du Roraima a été appréhendée dans la section précédente. Nous avons associé les 4 « régions climatiques » aux cas de paludisme enregistrés entre 1997 et 2002. Nous avons calculé le pourcentage mensuel des cas de paludisme dans chaque région pour chaque année et nous avons fait la moyenne de l'ensemble de ces pourcentages afin de relier les précipitations mensuelles moyennes et les cas de paludisme dans chaque région.

La figure 28 montre que le cycle annuel du paludisme varie entre les régions. On remarque cependant que le pourcentage le plus important du nombre de cas de paludisme est observé pendant la période de plus basse précipitation dans toutes les régions, et que le maximum de cas se produit toujours en janvier, un des mois les plus secs de l'année.

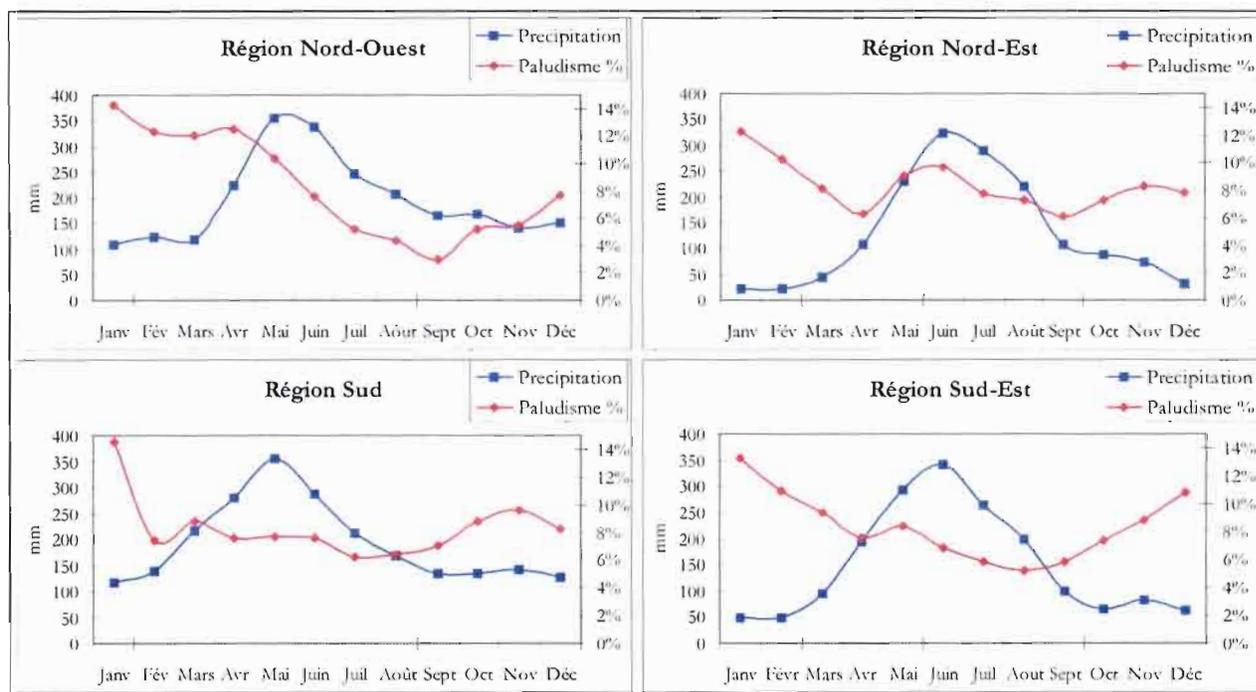


Figure 28 : Pourcentage moyen mensuel du nombre de cas de paludisme entre 1998 et 2002 et précipitations mensuelles moyennes des dans les quatre régions climatiques du Roraima (Source : HidroWeb/ANA et FNS)

Le fait le plus notable est que dès que les précipitations augmentent, il est possible de percevoir une légère élévation du nombre de cas dans toutes les régions, mais avec des intensités variables. Dans le nord-ouest et dans le sud-ouest, ce phénomène est observé en avril. Dans la région du sud-est, une légère augmentation se produit un mois après, c'est-à-dire en mai. Ce décalage suit le rythme de la pluie qui dans cette dernière région débute un mois plus tard que dans l'ouest du Roraima. Dans le nord-est, la région des savanes, le début de la saison pluvieuse est également observé en mai, mais sa durée est de deux mois, la chute de cas de paludisme recommence seulement en juillet. C'est-à-dire que l'élévation du nombre de cas de paludisme consécutive aux pluies se fait sur une période plus longue dans le nord-est en comparaison avec le sud-est.

Cette légère augmentation, suivie d'une chute immédiate du nombre de cas de paludisme pendant le début de la saison des pluies se produirait, selon Confalonieri (2003), à cause de la formation de lieux propices à la reproduction des vecteurs quand la pluie survient. Cependant, au fur et à mesure de l'augmentation du volume des pluies, les œufs et les gîtes des anophèles sont emportés par la force des eaux et les sites de reproduction disparaissent. On doit rappeler que les espèces d'anophèles présentes dans la région amazonienne, préfèrent des sites de reproduction dans les rivières et ruisseaux ou dans les étendues d'eau douce à faibles courants.

Dans la région nord-est, on peut supposer que le mois supplémentaire pendant lequel est constaté la légère hausse du nombre de cas de paludisme en début de saison des pluies est à relier avec l'important déficit hydrique enregistré pendant la saison sèche. Dans ces conditions, la montée des eaux est plus longue que dans les autres « régions climatiques » et les sites de reproduction du vecteur ont de ce fait une existence plus longue.

En résumé, les résultats montrent que le plus grand nombre de cas de paludisme dans le Roraima se produit pendant la période la plus sèche de l'année. C'est en octobre, quand la pluie commence à diminuer, que le nombre de cas commence à augmenter, jusqu'en janvier où il atteint son pic. L'augmentation des précipitations marque la chute du nombre de cas enregistrés. C'est dans la région sud-est que le cycle annuel du paludisme est le plus marqué et où nombre de cas et pluviosité sont corrélés négativement. Si ici, seule l'influence du facteur « pluviométrie » a été prise en compte dans la compréhension de la distribution temporelle des cas de paludisme, mais d'autres facteurs sont à analyser. La diversité des types de végétation du Roraima, en relation avec le gradient pluviométrique observé, constitue certainement aussi un élément important dans la dynamique du paludisme.

## **5.2 – Le Roraima, une mosaïque de formations végétales**

De tous les États de l'Amazonie, le Roraima est celui qui possède la plus grande variété de formations végétales (figure 29). Cette hétérogénéité est due principalement au fort gradient pluviométrique d'ouest en est qu'on a décrit précédemment, ainsi qu'à la présence de plusieurs types de sol (IBGE, 1993 et Silva, 1997).

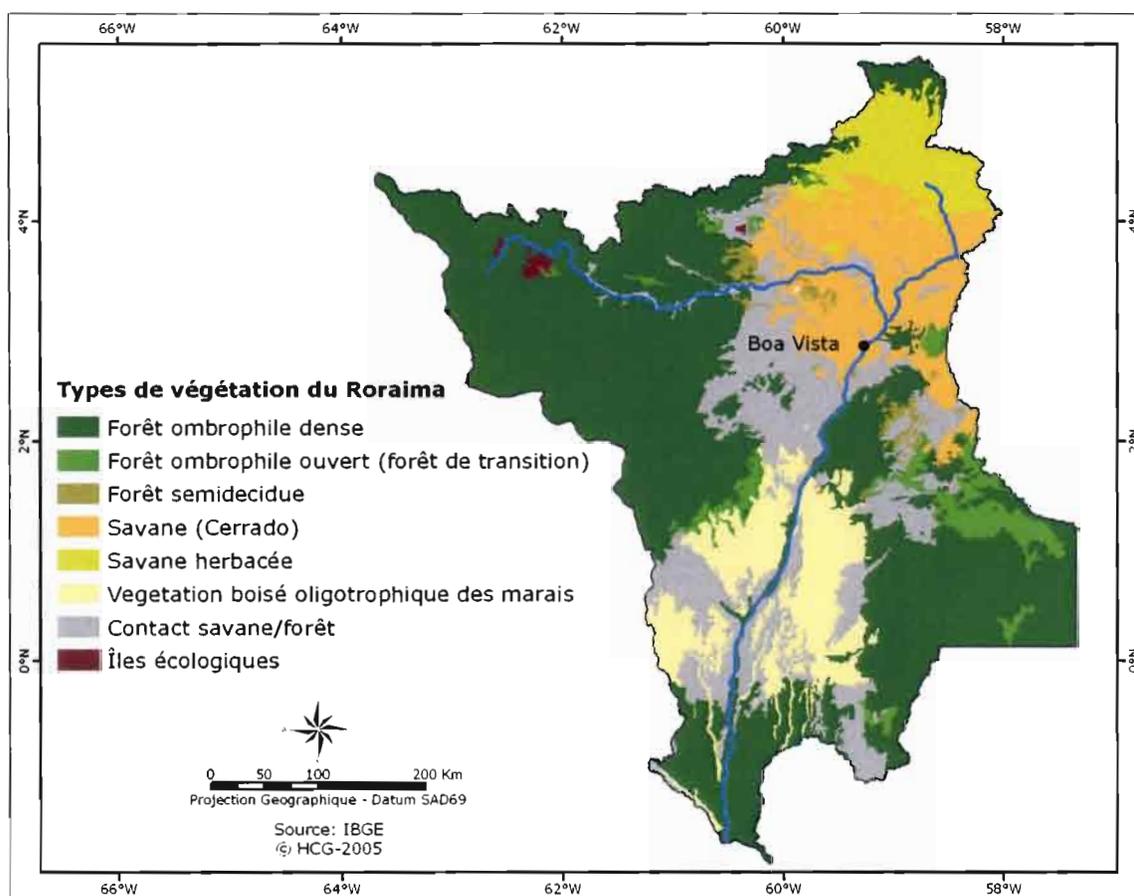


Figure 29 : Carte de végétation du Roraima (source : IBGE, 1998)

Nous avons cependant regroupé cette diversité en trois grands types :

- a) La savane arbustive et la savane herbacée (photo 6a). Connues localement sous le nom de *lavrado*, elles se caractérisent par la présence d'arbres bas et tordus, isolés ou groupés avec un tapis continu de graminées. La savane herbacée diffère de celle de type arbustif par la présence de cactacées. Les savanes ont leur plus grande extension dans le centre-nord de l'État. Tous les ans, elles passent par une saison sèche assez prolongée, pendant laquelle on assiste à de fréquents incendies aux causes généralement naturelles. L'hiver apporte des pluies en abondance, et comme le sol est peu perméable, il se gorge d'eau rapidement créant de vastes et nombreuses flaques d'eau. D'importantes forêts galeries existent le long du réseau hydrographique. Ce type de formation végétale scyaphile (qui produit de l'ombre) fait de ces endroits d'excellentes niches de reproduction pour le vecteur du paludisme, et particulièrement pour l'espèce *Anophele darlingi*, pendant la période des pluies (Barros, 2005);

- b) La forêt ombrophile (photo 6b), la célèbre forêt amazonienne. Ce type de formation végétale, caractérisée par de grands arbres sur des terrasses alluviales, est observé dans des régions qui ne connaissent pratiquement pas de période sèche au cours de l'année. On observe également une forêt ouverte, appelée aussi « forêt de transition », composée d'arbres plus espacés. Le vaste réseau hydrographique qui parcourt ces régions forestières en font un des endroits les plus propices pour la reproduction de l'*Anophele darlingi* (Forattini, 2002) ;
- c) Au sud de l'État, on trouve une végétation boisée oligotrophe caractéristique des marais et des accumulations sablonneuses (photo 6c). Ce type de végétation est appelé populairement « *terras inundadas* » (terres inondées). Cette région forme un immense marais, et possède des espèces qui viennent aussi bien des *Ilanos* vénézuéliens que des *campinas* du bassin du *Rio Negro*. Dans la même région, on trouve également des champs de dunes, aujourd'hui affectés par l'érosion et couverts par une végétation du type *campina*. Dans les régions de savanes, de grandes flaques d'eau se forment dans cette zone pendant la période des pluies, et leur végétation est extrêmement vulnérable au feu pendant les périodes sèches.

Les facilités d'accès et d'usage agropastoral de ces trois grands types de végétation influencent la configuration actuelle de l'occupation du sol du Roraima. Ainsi, la localisation des implantations et des activités humaines, elles mêmes reliées aux différents types de milieux du Roraima, et par conséquent à leur aptitude à constituer des zones de vie favorables au vecteur du paludisme, est un élément clé de la dynamique du paludisme dans l'État.



Photo 6 : Types de végétation du Roraima.

(a) Vue aérienne de la savane dans la région de Boa Vista ; (b) Vue aérienne de la forêt dense dans la région de Auarais (c) Marais de la région de Caracarái

(Cliché (a) Tiago Orihuela, 2004 ; Clichés (b) et (c) Helen Gurgel, novembre 2003)

### 5.2.1 – Les principaux types d'utilisation du sol au Roraima

Afin d'identifier les principaux types d'utilisation du sol, nous avons utilisé les données satellites. En raison de la grande taille de la région d'étude, une mosaïque faite par l'Institut Nationale de Recherches Spatiales (INPE) a été utilisée pour obtenir la spatiocarte de l'utilisation du sol du Roraima. La mosaïque a été réalisée à partir de seize images Landsat TM de 1999, une de 1994 et une de 1992. La résolution des images a été rééchantillonnée de 30 m à 60 m pour faciliter la réalisation et la manipulation de la mosaïque.

La spatiocarte produite (figure 30), montre l'étendue de la forêt équatoriale qui couvre l'État d'est en ouest, les grandes zones de savane au nord-est et la vaste région de marécages dans le sud. La seule ville qu'il est possible d'identifier clairement à cette résolution est la ville de Boa Vista. Les autres villes principales de l'État sont de taille plus modestes. Elles ont été identifiées et délimitées à partir d'images du canal panchromatique (15 mètres de résolution) de Landsat TM<sup>47</sup>, et ont été superposées sur la spatiocarte. Les longues traces qui coupent l'État du nord au sud et à l'est sont les routes BR-174 et BR-210. Les formes « en arête de poisson » autour du tracé sud de ces routes correspondant aux colonies agricoles implantés par l'État au cours des dernières décennies. Cette région a été fortement frappée par plusieurs épidémies de paludisme notamment entre décembre 1999 et en août 2000. Les zones agricoles de la région des savanes sont plus difficiles à repérer du fait de la faible couverture végétale et de la forte réflectance du sol : les champs et les routes ont une réflectance semblable, rendant difficile leur différenciation. Il faut cependant rappeler ici que cette région a eu une vocation plutôt agropastorale tout au long de l'histoire du Roraima.

La zone marécageuse ainsi que les forêts du nord-ouest de l'État ne présentent pas de traces de modifications visibles à cette échelle, ce qui indique qu'elles demeurent très peu modifiées. Par contre, les régions les plus exploitées par l'homme sont les forêts de la région sud-est, avec des étendues déboisées liées à l'implantation des projets agricoles. Cette spatiocarte et le rapport de cette configuration de la couverture du sol avec

---

<sup>47</sup> Les liste des images Landsat TM-7 utilisées pour identifier les localités et les principales routes sont : p231r59 – 22/11/200 ; p232r57 – 22/11/2001 ; p232r58 – 22/10/2002 ; p232r59 – 09/12/2002.

l'évolution du paludisme du Roraima seront abordées dans les prochains paragraphes de ce chapitre.

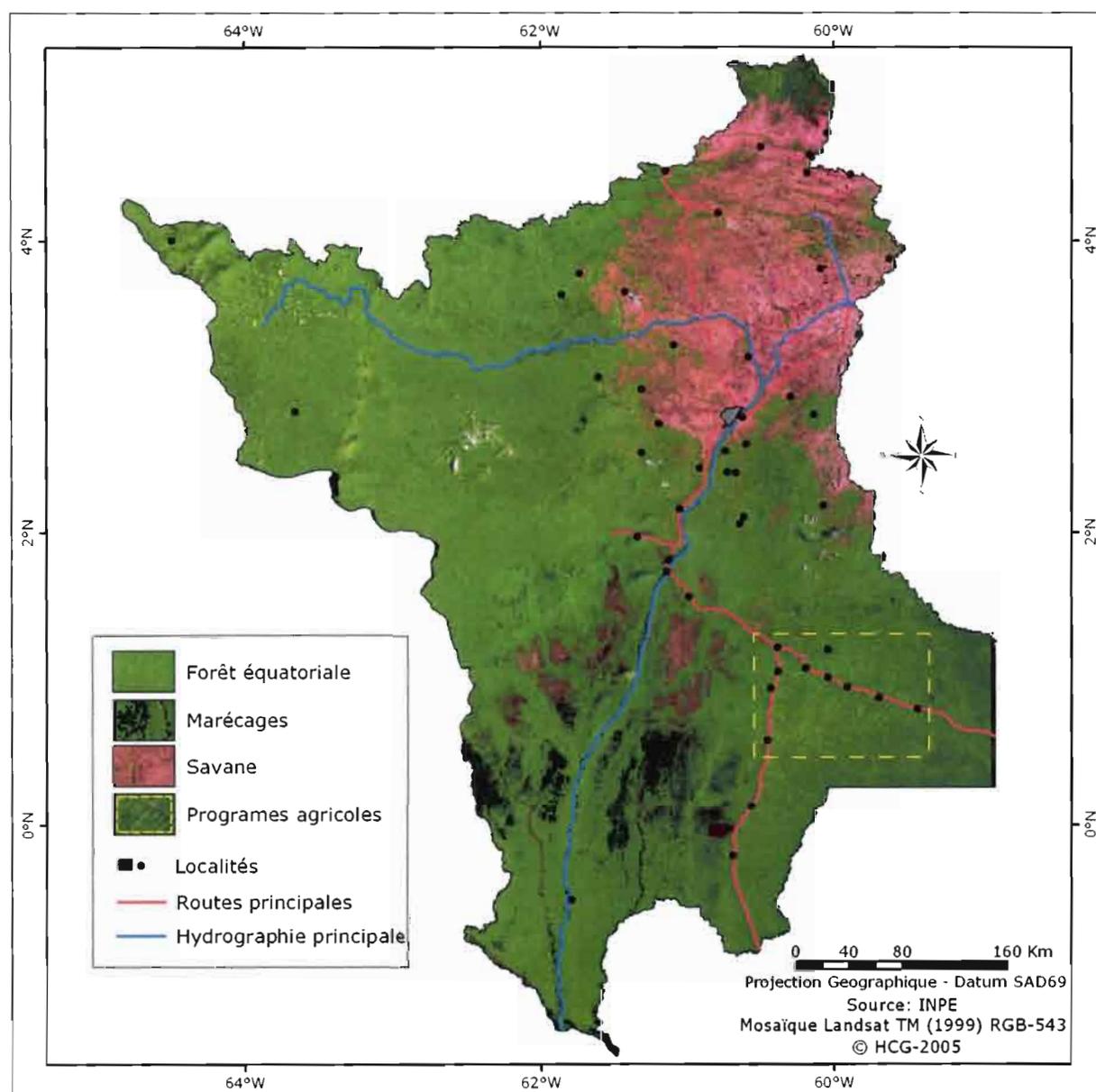


Figure 30 : Spatiocarte d'utilisation du sol au Roraima

### 5.2.2 – Les principales pressions anthropiques sur la végétation

La variété végétale du Roraima est relativement bien protégée. Actuellement, près de 45% (110 000 km<sup>2</sup>) du territoire est classé en aires protégées et seules 10% des terres sont occupées par l'agriculture et par le bâti. Or, du fait de sa proximité avec les Caraïbes, cet État est considéré comme une des dernières frontières agricoles brésiliennes et constitue un enjeu foncier important. De ce fait, les grands espaces apparemment inexplorés qui

existent encore dans l'État sont l'objet d'importantes pressions anthropiques par des déboisements et des incendies forestiers.

### 5.2.2.1 – Le déboisement

L'installation massive de migrants à la recherche de nouvelles terres marque l'histoire récente du Roraima. Ainsi, en 30 ans, la population est passée de 41 638 habitants en 1970 à 324 397 en 2000, soit une augmentation de 680%. L'arrivée en masse de ces migrants provoque de fortes modifications de la couverture végétale. Les études réalisées à partir des images satellites par l'Institut National de Recherche Spatiale (INPE) montrent une augmentation continue du déboisement dans l'État (figure 31).

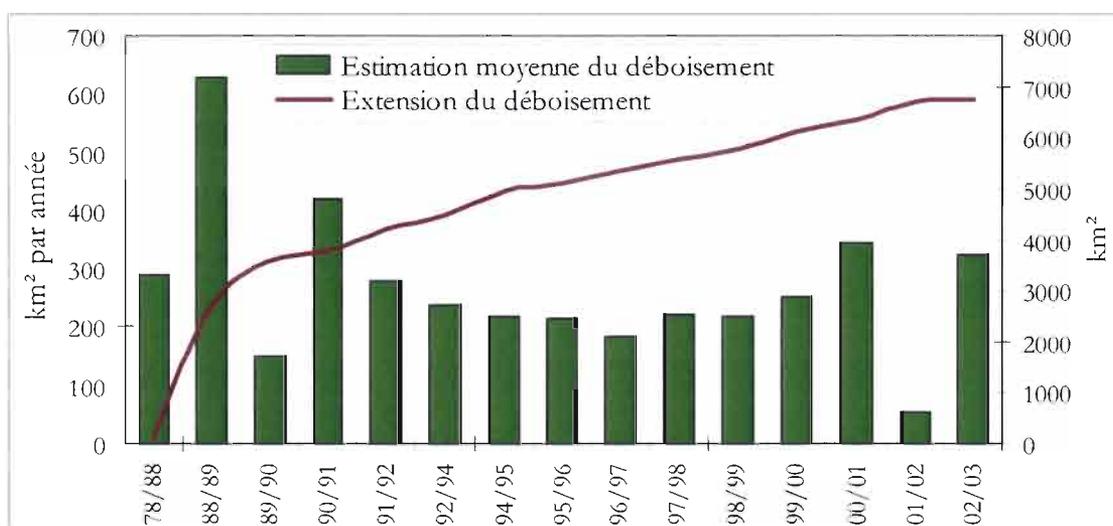


Figure 31 : Extension et estimation moyenne du déboisement de 1978 à 2003 dans le Roraima (Source : Prodes – INPE, 2004)

Bien que les taux de déboisement du Roraima soient plus bas que ceux des régions de l'arc de déforestation<sup>48</sup>, les défrichements ont été notoires certaines années, comme exemple, entre 1988 et 1989 et entre 1990 et 1991. Les estimations du déboisement au cours de ces années étaient respectivement de 630 km<sup>2</sup> et de 420 km<sup>2</sup>, contre une moyenne annuelle de 270 km<sup>2</sup>. Cette période a été caractérisée par l'arrivée de migrants

<sup>48</sup> « L'arc de déforestation » correspond aux régions les plus touchées par le déboisement (environ 60% du total des défrichements enregistrés) et qui composent un vaste arc au sud de l'Amazonie, s'étendant de la frontière avec le Pérou à l'océan Atlantique, et couvert principalement de forêts peu ou moyennement denses qui bordent le sud de la grande forêt. Cet arc se déplace lentement vers le nord du pays (Le Tourneau, 2004).

dans les colonies agricoles créées par le gouvernement fédéral et l'État<sup>49</sup> (Droulers et Le Tourneau, 2001). Au même moment le paludisme a fortement progressé au Roraima, enregistrant une très forte hausse par rapport aux années précédentes (131% entre 1986 et 1991). La même situation se répète à partir de 1999 où des taux de déboisement importants et une incidence élevée du paludisme sont constatés (115 cas pour 1 000 habitants pour le Roraima dans son ensemble).



**Photo 7 : Élevage de bovins le long de la route BR-174 dans la commune de Caracarái (clichés Helen Gurgel, octobre 2003)**

L'augmentation significative du taux de déboisement à partir de 1999 montre que le Roraima devient un front pionnier de plus en plus important (Droulers et Le Tourneau, 2001 et Le Tourneau, 2003). Le type d'occupation agricole dans cette région commence également à changer. On passe des modestes propriétés des projets de colonisation agricoles où est pratiquée une agriculture notamment de subsistance, à de vastes propriétés pour l'élevage (photo 7) et les cultures commerciales comme le riz et le soja qui gagnent chaque jour plus d'espace, comme observé dans d'autres fronts pionniers brésiliens (Coy, 1996 et Théry, 2004). L'impact sur la forêt de ces changements d'usage du sol est particulièrement remarquable dans le sud-est du Roraima. La séquence de l'image Landsat de la région de Rorainópolis (figure 31) montre clairement l'élargissement des aires déboisées dans cette région au cours des treize dernières années. Parallèlement, le paludisme y est très présent : la commune de Rorainópolis par exemple, a connu une des

<sup>49</sup> Pour plus de détail voir le chapitre 4.

plus hautes incidences du paludisme de l'État au cours des huit dernières années (215 cas de paludisme pour 1 000 habitants en moyenne chaque année).

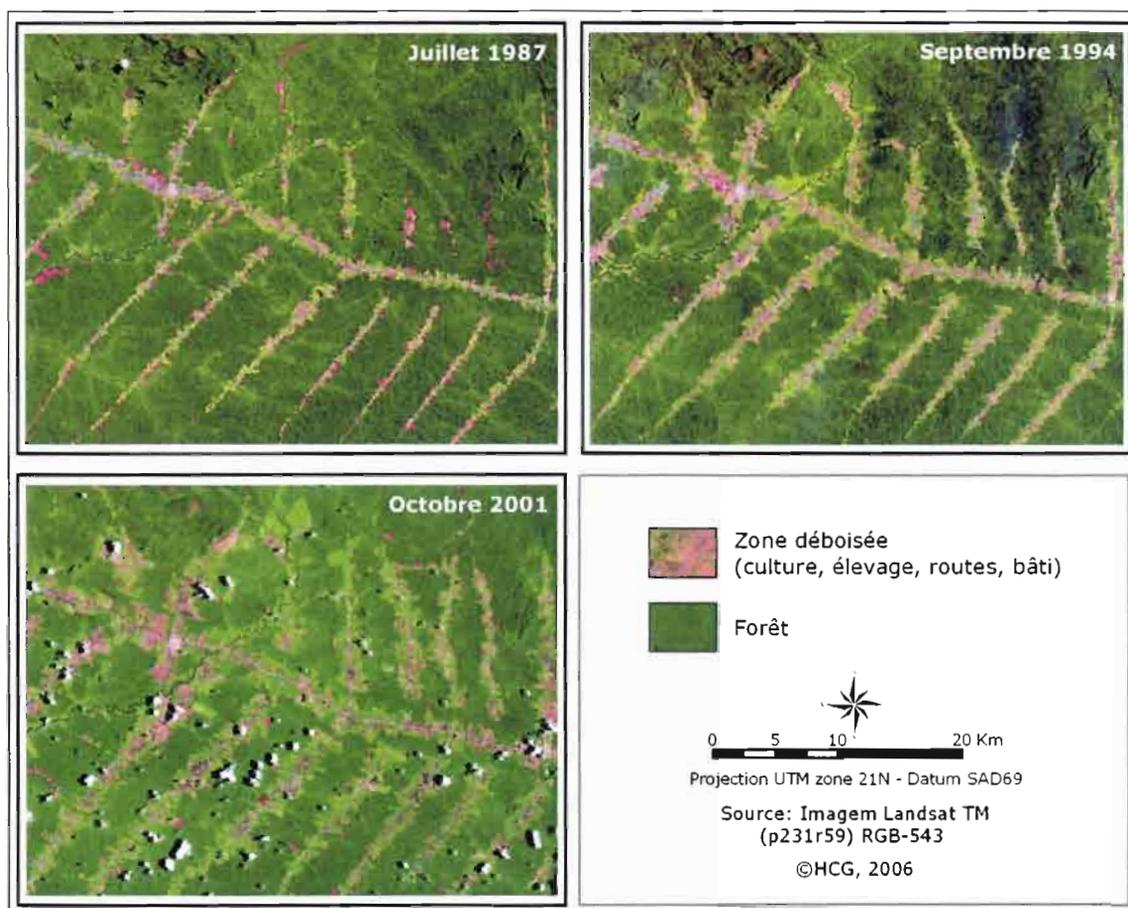


Figure 32 : Progression du déboisement observée à partir des Images Landsat de la région de Rorainópolis

L'augmentation de la présence du paludisme pendant les périodes ou dans des régions de forts déboisements au Roraima peut être expliquée par la plus forte exposition de l'homme au vecteur du paludisme. Cette facilité d'exposition est provoquée par les mauvaises conditions d'installation de la population (habitations précaires, difficultés d'accès aux soins, etc.) au début de l'exploration des terres. Par ailleurs, l'autre phénomène qui pourrait expliquer cette situation est la facilité d'adaptation d'*Anophele darlingi* au nouveau milieu déboisé. Les deux phénomènes ont été constatés par Barata (1995), Patz *et al.* (2000) et Vittor *et al.* (2006) dans d'autres régions amazoniennes.

L'abandon progressif de l'agriculture de subsistance pratiquée sur des petites propriétés au profit de l'agriculture commerciale sur de grandes propriétés dans certaines régions du

Roraima, pourrait conduire à une réduction de l'incidence du paludisme. Cette diminution résulterait de l'amélioration du niveau de vie (meilleures installations sanitaires, accès aux soins, à l'éducation, etc.), comme on peut le constater dans l'État du Mato Grosso par exemple. Néanmoins, l'absence de délimitation précise des réserves indigènes et des aires protégées, et les problèmes fonciers, rendent difficiles les transactions foncières dans cette région et réduisent la vitesse de cette expansion agricole.

### 5.2.2.2 – Les incendies

Depuis la dernière décennie les feux en Amazonie sont devenus de plus en plus fréquents et plus étendus. Après les incendies, la biomasse végétale se trouve fortement réduite, modifiant ainsi profondément la structure des écosystèmes forestiers. Les effets négatifs sur les populations d'oiseaux, de mammifères, de reptiles, d'amphibiens et d'insectes sont également considérables à cause de la réduction des habitats de ces animaux et du volume de nourriture disponible (Barbosa et Fearnside, 1999 et 2000).

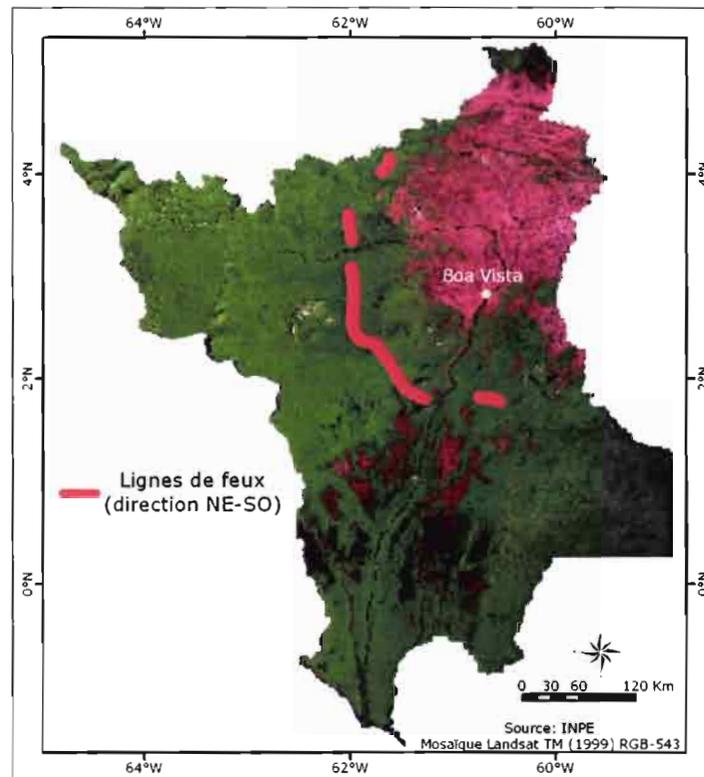


Figure 33 : Principales lignes de feux de l'incendie de 2003  
(d'après Barbosa *et al.*, 2004, p.27)

L'un des incendies forestiers les plus importants enregistrés en Amazonie a été celui de 1998 au Roraima. Environ 12 000 km<sup>2</sup> de forêts ont été détruites cette année là en raison de la sécheresse qui a frappé la région. Le secteur de forêt brûlé en 1998 représente 7% de l'écosystème forestier du Roraima (176 194 km<sup>2</sup>), plus du double du secteur déboisé dans l'État jusqu'à cette date (5 791 km<sup>2</sup>). Cette année-là, les fronts de feu se sont étendus sur environ 400 kilomètres linéaires et ont atteint tout le centre-ouest du Roraima, entre les cours moyens des fleuves Mucajaí et Uraricoera, jusqu'aux limites de la réserve indigène Yanomami. En 2003, la région a été une fois de plus sujette à la sécheresse et une grande partie du secteur déjà atteint en 1998 a été à nouveau dévastée par le feu (figure 33) (Barbosa, 2004).

Les incendies de forêt de 2003 au Roraima mettent en évidence, une fois de plus, les effets du modèle de développement régional réalisés en Amazonie. L'installation de populations dans les secteurs de forêt avec pour objectif de mettre en œuvre la réforme agraire censée corriger les inégalités d'accès à la terre, ne répond pas aux besoins des agriculteurs et met en danger les terres exploitées dont ces populations tirent leur subsistance. Ces agriculteurs ont presque toujours un revenu bas et très peu ou pas de spécialisation. Pour eux, l'utilisation du feu est la forme la moins coûteuse et la plus rapide pour défricher et fertiliser la terre avant d'y pratiquer une agriculture de subsistance (Photo 8) (Ab'Saber, 1998 et Barbosa et al., 2004). L'absence de programme pour adapter les pratiques agricoles à la région forestière fait que l'utilisation du feu dans un milieu forestier sec provoque des catastrophes environnementales avec de forts impacts sur l'environnement local et sur la santé de cette population. Un programme de contrôle des feux a été mis en place après le grand incendie de 1998, mais n'a pas eu d'effet, comme l'a montré l'incendie de 2003.

Lors des deux années de grands incendies 1998 et 2003, l'incidence du paludisme ont connu une très forte baisse (figure 17, page 103, chap.4). Cependant, l'année suivante, l'incidence de la maladie a connu une très forte hausse, surtout dans la région touchée par les feux : comme montre la figure 21 (page 112, chap.4). Cette chute de l'incidence de la maladie suivie d'une hausse peut être liée à la destruction des niches écologiques du vecteur pendant les incendies, avec la réduction des zones ombragées propices au

développement et à la reproduction des anophèles. Quelque mois plus tard, le vecteur revient et re-colonise la région. Ses principaux prédateurs étant encore absents, ce qui expliquerait la forte hausse du nombre de moustiques et celle, concomitante, de l'incidence du paludisme (Barbosa<sup>50</sup>, *com. perso.* octobre 2003). Cette hypothèse doit encore être vérifiée par des études entomologiques précises dans la région. Les fortes sécheresses qui ont conduit à ces deux grands incendies se sont produites pendant les années où les anomalies climatiques dues à El Niño ont été particulièrement fortes. Nous allons par conséquent analyser de façon plus détaillée la relation entre climat et végétation dans l'État.



Photo 8 : Feu pour préparer le sol et agriculture de subsistance de manioc dans l'*assentamento* Maranhão dans la commune de Iracema (clichés Helen Gurgel, octobre 2003)

### 5.3 – L'analyse de la relation entre les dynamiques de la végétation et du climat par le NDVI

L'analyse de la dynamique du paludisme en relation avec le climat et la végétation a été faite jusqu'à présent en considérant ces deux éléments de façon séparée. Or, ils sont intrinsèquement liés spatialement et temporellement. Une façon d'appréhender leurs dynamiques conjointement est d'étudier les indices de végétation issue des satellites (Gurgel et Ferreira, 2003). L'indice le plus utilisé pour ce type d'analyse est le NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*). Comme notre objectif était de réaliser une analyse

<sup>50</sup> Reinaldo Imbrozio Barbosa est chercheur de la section du Roraima de l'Institut Nationale de Recherche de l'Amazonie (INPA - *Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia*).

au niveau régional du Roraima en utilisant la série temporelle la plus longue possible, nous avons utilisé les données de NDVI mensuelles de l'AVHRR/NOAA des années 1983 à 2000.

Le nombre important de données de NDVI disponibles nous a permis de réaliser une étude détaillée dans le temps en intégrant la dynamique de la végétation, le climat et le paludisme. Nous analyserons dans un premier temps la dynamique mensuelle et annuelle de la végétation, puis le rapport entre cette dynamique et l'évolution du paludisme au Roraima.

### *L'Indice de Végétation par Différence Normalisée (NDVI)*

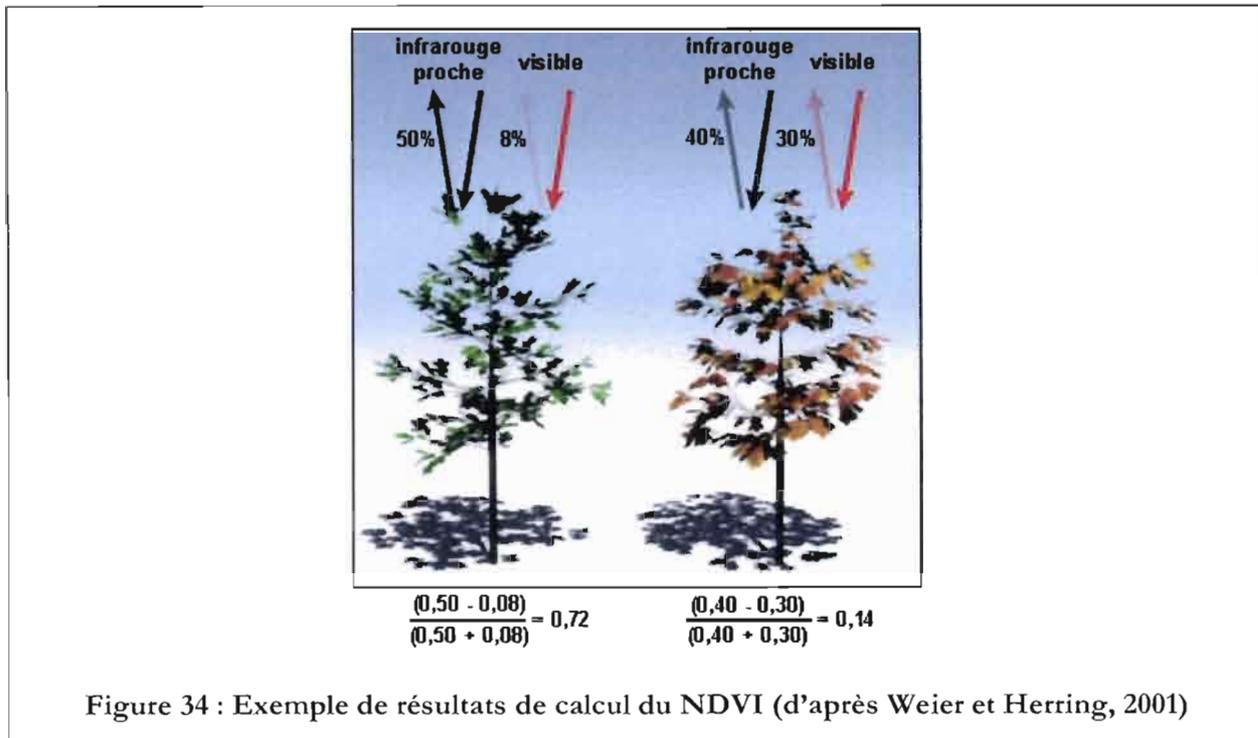
Le NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) est un des indices de végétation les plus utilisés dans les études sur l'environnement. Il est largement répandu, car il fournit un signe fort de la végétation, et offre un bon contraste avec les autres objets de la surface terrestre (Tucker et Sellers, 1986).

Le NDVI est exprimé par le rapport entre la différence de la mesure de la réflectance dans les canaux de l'infrarouge proche et du rouge, et la somme de ces canaux (Rouse *et al.*, 1974). Sa formule de calcul est la suivante :

$$\text{NDVI} = (\rho_2 - \rho_1) / (\rho_2 + \rho_1)$$

où  $\rho_1$  et  $\rho_2$  représentent, respectivement, les valeurs de la réflectance dans la région du rouge et de l'infrarouge proche du spectre électromagnétique d'objets de la surface terrestre.

Les valeurs de NDVI dépendent de l'architecture, de la densité et de l'humidité de la végétation, elles peuvent varier entre 0 et 1 (le NDVI varie entre -1 et 1). Les plus grandes valeurs sont associées aux couvertures végétales les plus denses (figure 34). La présence de nuages et d'eau se traduit généralement par des valeurs négatives de NDVI. Les roches et les sols exposés possèdent des réflectances semblables dans les deux régions spectrales utilisées pour le calcul du NDVI, avec, par conséquent, des valeurs proches de zéro (Holben, 1986).



### 5.3.1 – La dynamique mensuelle du NDVI

Les données disponibles ont permis d'obtenir des images des mensuelles moyennes sur 17 années consécutives du NDVI pour l'ensemble du Roraima (figure 35). Ces images traduisent une évolution saisonnière de la biomasse verte. La variation entre la saison humide (juillet à septembre), quand la végétation est plus verte, et la saison sèche (février à avril) est bien marquée pour tous les types de végétation. Elles montrent aussi qu'il y a un décalage du début de la saison plus humide entre le nord et le sud, période où la végétation est la plus verte. Afin de mieux mettre ces différences en évidence, nous avons réalisé calculé les moyennes mensuelles sur quatre secteurs spécifiques : la forêt dense, au nord-ouest et au sud-est, la savane au nord-est, et la zone marécageuse du sud (figure 36). Les calculs ont été faits à partir des échantillons collectés sur des zones d'image où le NDVI apparaît le plus homogène possible, ils mesurent 130 pixels environ (8 000 km<sup>2</sup>) pour chacun des quatre secteurs. Nous allons montrer que l'homogénéité géométrique des valeurs de NDVI correspond à une homogénéité au moins morphologique de la couverture végétale.

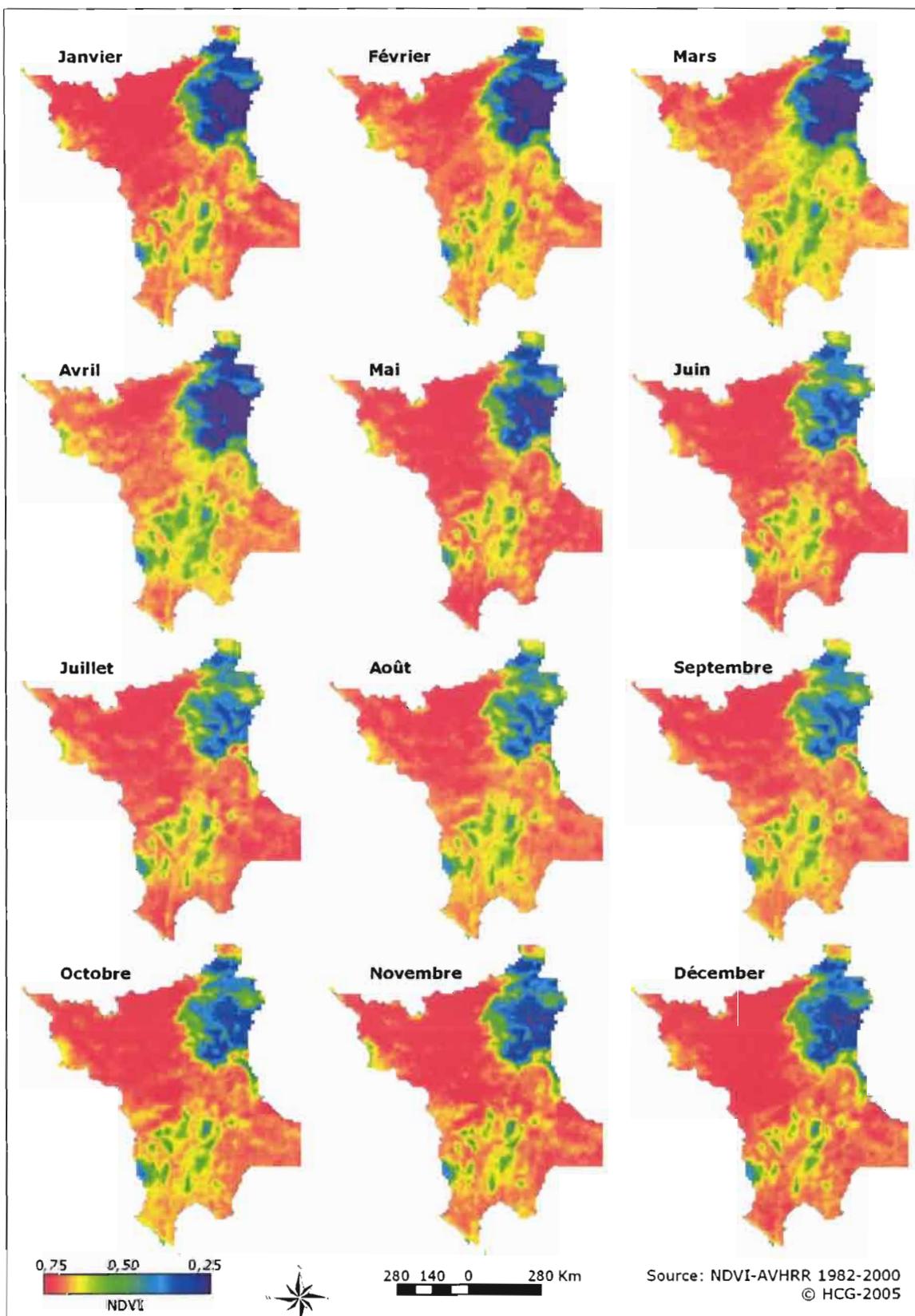
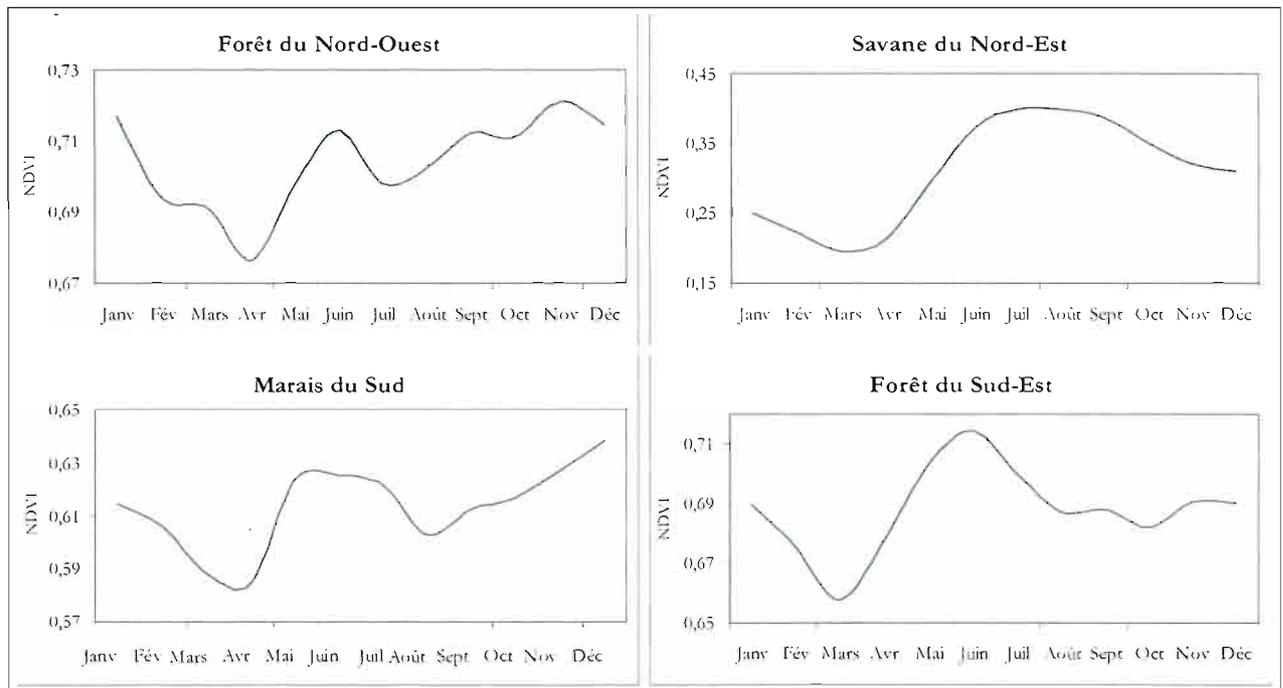


Figure 35 : Indice de végétation NDVI mensuel moyen, 1983-2000<sup>51</sup>

<sup>51</sup> L'échelle de couleurs appliquée aux images de moyennes de NDVI varie du violet au rouge, le rouge signifie plus une grande quantité de vert présent dans la végétation, et le violet, une plus petite quantité.



**Figure 36 : Indice de végétation NDVI mensuel moyen des quatre types de végétation naturelle du Roraima**

L'analyse des moyennes mensuelles dans les quatre aires révèle ainsi les caractéristiques suivantes :

- a) Les régions de forêt du nord-ouest du Roraima ont un cycle annuel peu définissable par le NDVI. Cet état de fait est probablement dû à la présence importante de nuages, et également aux inondations des plaines pendant et après la saison des pluies, ce qui engendre une contamination des pixels et diminue la valeur du NDVI. Néanmoins, il est possible de vérifier que la phase la moins verte dans cette région est bien marquée et se produit en avril. Selon la courbe de précipitation de cette région (figure 27, page 128) les pluies reprennent de l'importance au mois d'avril. Cette végétation prend, par conséquent, environ un mois pour redevenir visiblement active.
- b) La savane du nord-est est le type de végétation qui présente le cycle le plus net, avec la période la plus verte de juillet à septembre et la moins verte de février à avril. Ceci indique que la savane a une réponse directe à la précipitation, c'est à dire, qu'elle redevient verte dès qu'il recommence à pleuvoir. La période des pluies dans cette région commence en mai et s'étend jusqu'en septembre. La saison sèche

est bien marquée, comme on l'a vu par les précipitations (section 5.1.2 de ce chapitre).

- c) La région marécageuse du sud présente deux périodes de l'année pendant lesquelles la végétation est plus verte, entre mai et juillet et entre novembre et janvier. Cela est certainement dû à la montée du niveau des eaux et à l'inondation des plaines peu après le début des pluies, qui provoquent une contamination des pixels et la chute de la valeur du NDVI. Après la baisse du niveau des eaux, et la réduction des pluies, le milieu conserve une humidité suffisante pour maintenir l'activité de la végétation, le NDVI remonte et atteint son maximum. Il commence à décliner quand la période climatique sèche atteint son paroxysme. Cette période moins verte est identique à celle de la savane, de février à avril. Ce comportement indique que la pluie dans cette zone est bien concentrée avec une période sèche bien marquée.
- d) La forêt du sud-est présente un cycle d'activité bien plus marqué que la forêt du nord-ouest. Ce fait peut être expliqué par deux facteurs. Premièrement, cette région est caractérisée par une forte présence agricole. L'époque de préparation du sol pour les cultures se situe entre octobre et mars (Seplan, 2003) et le sol est plus dénudé à cette période, ce qui peut contaminer les pixels et diminuer le NDVI. Ce fait est bien remarquable le long des principales routes du sud (BR-174 et BR-210). En observant les images des mois de novembre à février, il est possible de visualiser des traces plus claires dans le NDVI correspondant aux espaces déboisés des colonies agricoles. Sur l'image du mois de juin, quand les cultures sont prêtes à être récoltées et couvrent le sol, ces traces disparaissent presque complètement. Le deuxième facteur peut être lié à la concentration des pluies. Le comportement du NDVI indique que la pluie se produit de façon plus concentrée au sud qu'au nord, entre les mois de mai et juillet et qu'une période sèche bien marquée se distingue entre février et avril. La phase moins verte dans cette région commence un mois avant celle de la forêt du nord-ouest, ce qui confirme que les pluies se déplacent du sud vers le nord de l'État.

### 5.3.2 – La dynamique inter-annuelle du NDVI

La caractérisation de la dynamique inter-annuelle de la végétation et des précipitations du Roraima a été vérifiée à partir d'images du NDVI annuel moyen (figure 37) obtenues à partir de données NOAA-AVHRR. Ces images montrent que la variabilité inter-annuelle qui existe au Roraima est assez importante. Ainsi, le NDVI moyen des années 1982, 1983, 1991 et 1992, est bien plus bas que celui des années 1984, 1999 et 2000. Nous pouvons relier ces différences aux irrégularités climatiques occasionnées par El Niño ou La Niña (tableau 5, page 125).

Les phénomènes El Niño et La Niña ne se produisent pas sur une année complète. Pour mieux distinguer les périodes d'influence, nous avons représenté graphiquement (figure 38) du NDVI moyen mensuel des quatre formations végétales vu précédemment, de janvier 1982 à décembre 2000<sup>52</sup>. Cet ensemble graphique montre le cycle annuel des quatre formations végétales, sachant que c'est la savane qui présente le cycle le plus homogène. Nous constatons les grandes oscillations inter-annuelles du NDVI et l'ampleur de l'impact des événements climatiques inter-annuels sur la végétation.

L'intense événement El Niño de 1991-92 est mis en évidence par une très forte chute du NDVI. L'épisode de 1982-83 a également un impact important sur la vigueur de la végétation. Les épisodes de 1986-1988 et de 1997-98 sont moins prononcés, même si l'on perçoit une très forte chute du NDVI entre janvier et mars 1998. Ce moment correspond à la propagation du grand incendie de 1998. La chute des valeurs du NDVI est causée par la diminution du vert, en raison de la végétation brûlée, et par la présence des grands nuages de fumée résultant des feux et qui contaminent les pixels.

---

<sup>52</sup> À l'exception de l'année 1994, pour laquelle nous n'avions pas de données disponibles.

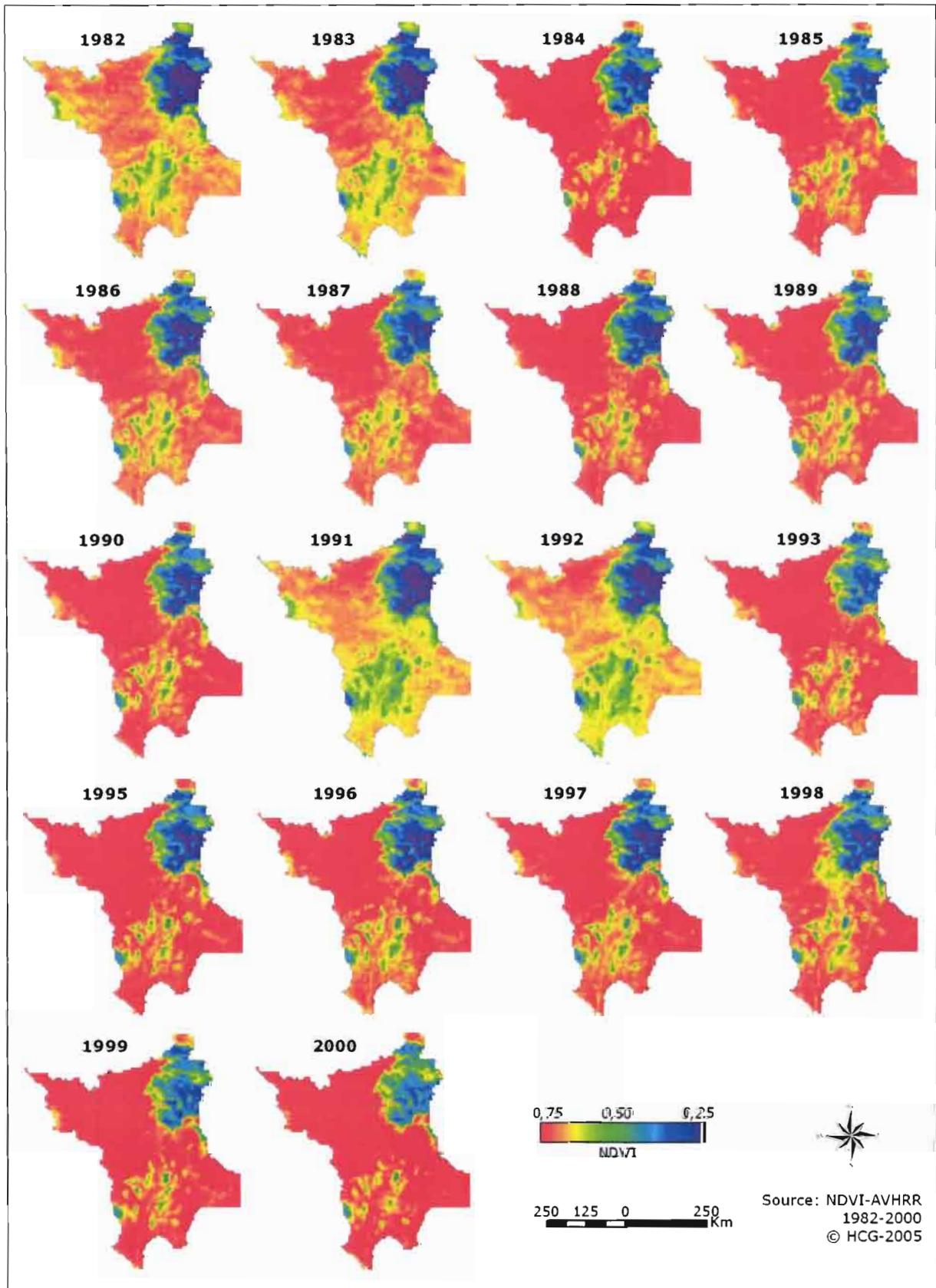
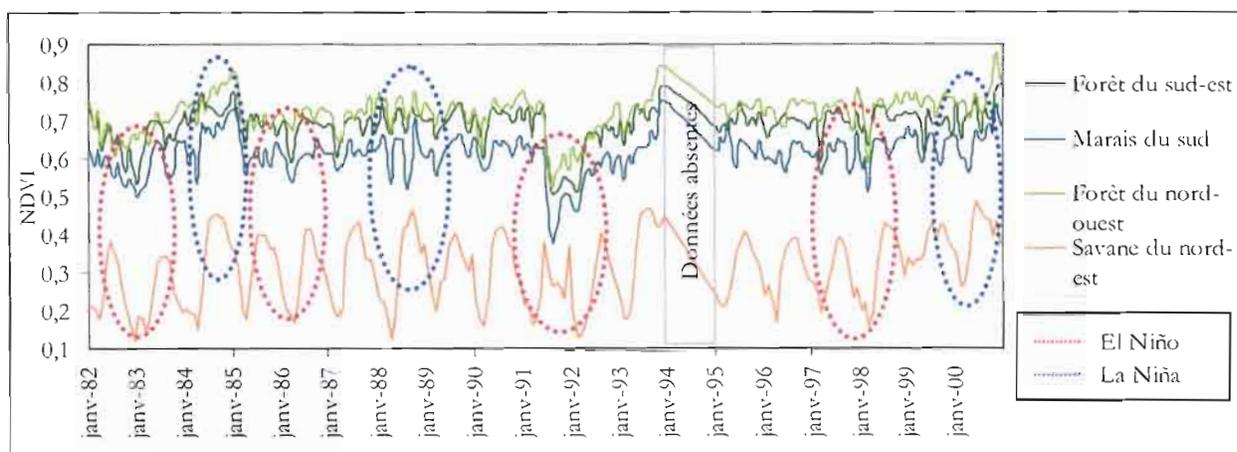


Figure 37 : Moyenne annuelle de NDVI de 1982 à 2000



**Figure 38 : NDVI mensuel des quatre types de végétation naturelles du Roraima entre janvier 1982 et décembre 2000**

Les événements de La Niña sont moins prononcés mais on peut également les repérer. Les plus notoires sont ceux de 1984-85 et de 1999-2000. Bien que leur puissance ait été qualifiée de faible, ils sont visibles parce qu'ils se sont produits après des épisodes El Niño forts et que la végétation était assez desséchée. On peut aussi observer l'événement de 1988-89. L'impact des phénomènes El Niño et La Niña n'est pas identique dans toutes les régions. Les événements El Niño sont plus facile à repérer dans les zones forestières et ceux de La Niña dans la zone de savane. Comme cela déjà a été constaté à travers l'analyse des données de précipitation disponibles, tous les événements de El Niño et La Niña n'ont pas forcément d'impact dans cette région du Brésil.

En résumé, le NDVI est très influencé par le cycle des précipitations lui-même fortement perturbé par les phénomènes de El Niño et La Niña. Ainsi, l'indice NDVI apparaît comme un très bon indicateur pour comprendre, d'une part, la dynamique de la végétation et, d'autre part, la dynamique climatique d'un vaste État comme le Roraima, qui manque de données pluviométriques complètes et bien spatialisées. Après cette analyse de la dynamique de la relation entre la végétation et la pluviométrie, nous allons examiner leurs rapports avec l'évolution du paludisme.

### 5.3.3 – Le NDVI et le paludisme

Une des premières relations à faire concernant la dynamique du paludisme à partir des données de NDVI, est de relier la présence de la maladie au type de formation végétale. La figure 39, qui est une image moyenne du NDVI au Roraima, montre que la incidence

plus forte de paludisme est dans les villes qui sont situées en zone forestière (rouge), ou dans la zone de transition de la forêt-savane (jaune). Les localités qui se localisent dans la savane, surtout dans sa partie la plus sèche (bleu), possèdent d'incidence assez bas. Dans ces localités, l'incidence annuelle est inférieure à 50 cas pour 1 000 habitants, tandis que dans la forêt l'incidence atteint, dans certaines localités, comme à Auaris et à Apiáu, plus de 500 cas pour 1 000 habitants. Ces hautes valeurs dans les localités des forêts indiquent que plus de la moitié est touchée par le paludisme pendant l'année.

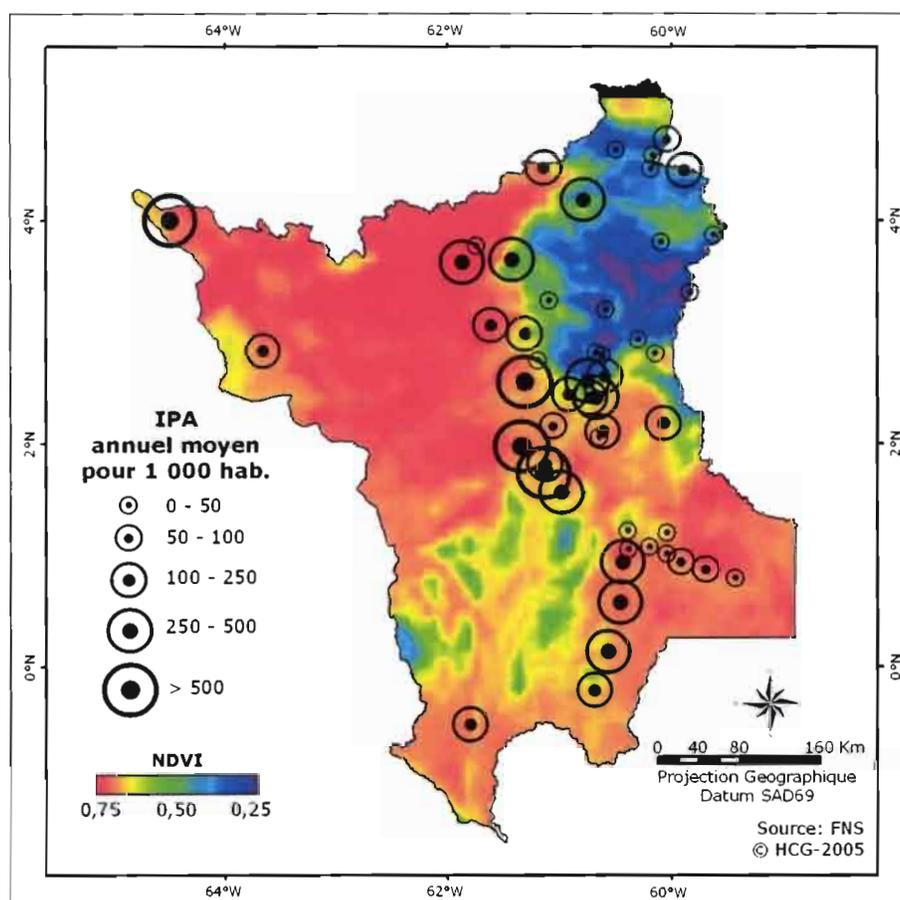
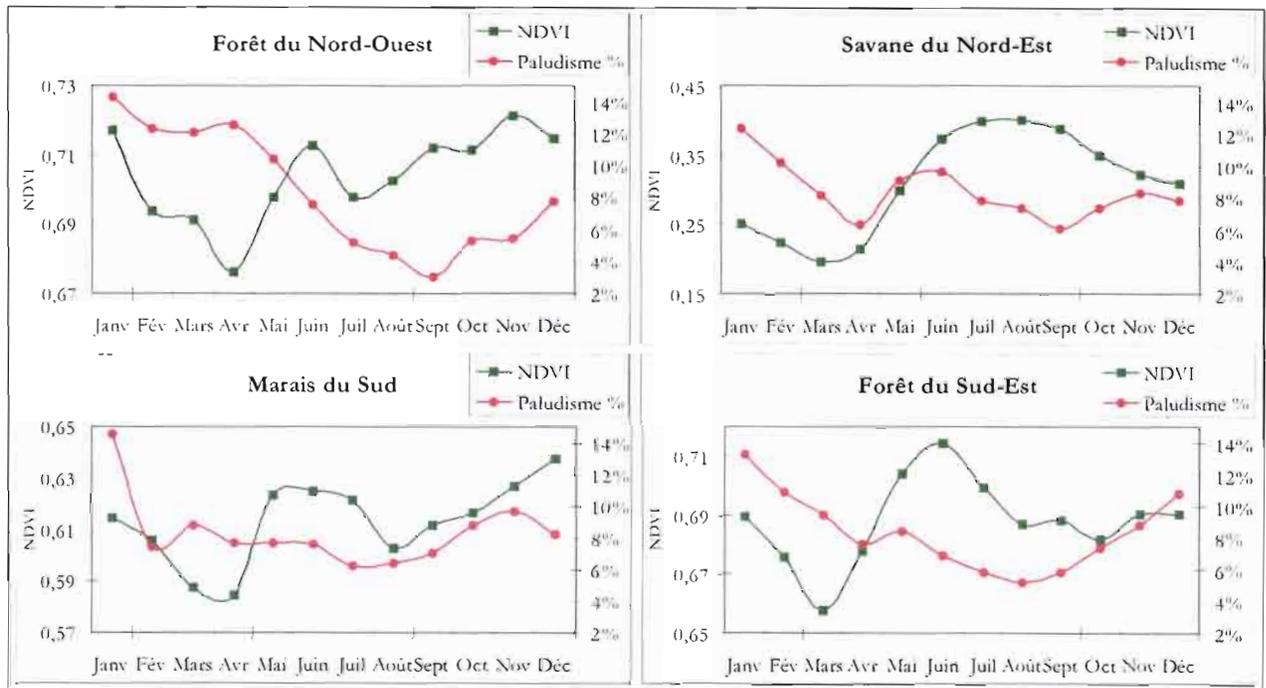


Figure 39 : NDVI moyen (1983-2000) et IPA moyen (1998-2002) du paludisme dans les 51 principales localités du Roraima



**Figure 40 : Moyennes mensuelles de NDVI et pourcentage mensuel de cas de paludisme dans les quatre secteurs de formations végétales du Roraima**

Une deuxième analyse relie le NDVI au paludisme consiste à observer les cas par rapport aux dynamiques des quatre formations végétales du Roraima que nous avons retenues. En croisant le pourcentage mensuel des cas de paludisme avec chacune de ces quatre grandes aires (figure 40) on constate que :

- a) Les cas de paludisme dans la zone de savane montrent deux pics, un au début de l'augmentation du NDVI et l'autre plus intense au début de la période la plus sèche. Ils présentent également deux périodes de réduction du nombre de cas de paludisme, l'une pendant la phase la plus active de la végétation, et l'autre, plus intense, pendant le mois où la végétation commence à reverdir après la saison la plus sèche. Cela indique que pour le premier pic, le nombre de cas de paludisme commence à augmenter un mois après la reprise des pluies suite à augmentation de la formation de gîtes de l'anophèle. Le premier pic situé environ un mois après la reprise des pluies est à relier à la création et à la recrudescence des sites propices au développement et à la reproduction des anophèles. La première chute du nombre de cas peut être reliée à l'augmentation des courants dans le réseau hydrographique, qui empêche le développement des larves d'anophèle. Le deuxième pic correspond à une baisse du niveau des eaux et de l'activité de la

végétation tout en conservant un niveau suffisant d'eau et d'ombre, permettant la présence de sites de vie du vecteur. La disparition de ces conditions propices au développement des anophèles entraîne une forte rétraction du nombre de cas.

- b) Dans la zone des marais, le rapport entre le paludisme et le NDVI n'est pas très clair. Cependant, on peut noter que la période d'occurrence la plus forte du paludisme (octobre à janvier), se produit lorsque le NDVI est très élevé. Comme les valeurs de NDVI dans les régions de marais sont les plus hautes lorsque les niveaux d'eau atteignent leur minimum (section 5.3.1), on peut relier la baisse des eaux à la montée en puissance du paludisme. Cela a un rapport avec la diminution des courants et l'augmentation des superficies ombragées, développant la reproduction des anophèles et facilitant ainsi la transmission de la maladie.
- c) C'est dans les zones de forêt que la corrélation entre le paludisme et le NDVI est le plus net. Le plus grand nombre de cas s'observe pendant le début de la période sèche. Une chute progressive des cas se produit pendant une diminution du NDVI. Une légère hausse des cas se produit quand le NDVI commence à augmenter. Cette évolution est immédiatement suivie par une nouvelle chute. Dans la région de la forêt du nord-ouest, les courbes du nombre de cas de paludisme et celles du NDVI sont décalées d'un mois et présentent l'une par rapport à l'autre des évolutions pratiquement opposées : quand le NDVI augmente, le nombre de cas de paludisme diminue. Le même phénomène se produit dans la forêt du sud-est, mais d'une façon moins visible.

En somme, la plus forte présence du paludisme est observée lorsque les valeurs de NDVI sont les plus faibles dans les quatre régions végétales du Roraima. Ce fait est dû probablement à la diminution de l'eau disponible ainsi qu'à l'ombre, facteurs indispensables pour la formation des gîtes du vecteur du paludisme. Avec peu de vecteurs en circulation, le nombre de cas de paludisme baisse considérablement.

La troisième observation possible à faire grâce au NDVI découle des analyses des dynamiques inter-annuelles. Le graphique de la figure 41 reliant les événements d'El Niño

et La Niña et le paludisme montrent que les liens entre ces anomalies climatiques et la maladie ne sont pas directs.

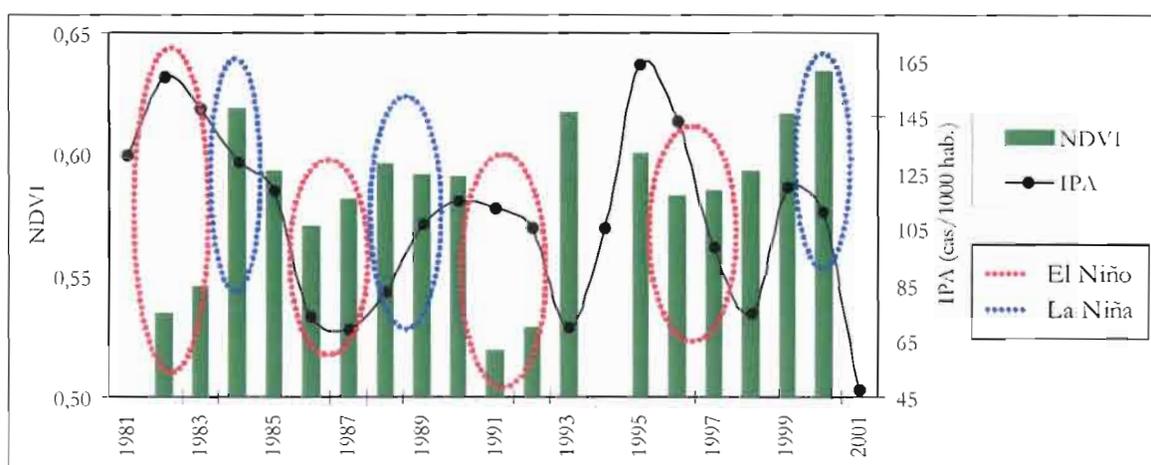


Figure 41 : NDVI et IPA annuel entre 1981 et 2001 du Roraima

Pendant les plus forts événements d'El Niño, les plus basses valeurs de NDVI (1982-83 et 1991-92) sont enregistrées et les valeurs de l'Indice Parasitaire Annuelle (IPA) sont les plus élevées par rapports aux années précédentes ou postérieures. Par contre, à deux autres périodes (1986-87 et 1996-97), des chutes plus discrètes du NDVI causées par des événements d'El Niño d'intensité modérée entraînent une baisse de l'IPA. L'augmentation du paludisme pendant les fortes anomalies climatiques peut être liée aux faibles précipitations, l'absence de courants forts dans les cours d'eau permettant la prolifération du vecteur.

Pendant les périodes de La Niña, lorsque l'on enregistre les plus hautes valeurs de NDVI, l'IPA reste bas. Ce fait peut être lié à l'accroissement des pluies qui détruisent les lieux de vie des vecteurs ou par d'autres facteurs encore non analysés. Il est intéressant de noter qu'après les événements d'El Niño, l'IPA baisse et dans certains cas de façon particulièrement importante (1993 et 1998).

### Conclusion

Les analyses reliant la précipitation, la végétation naturelle et le mode d'occupation du sol au Roraima, permettent de mettre en lumière la variété des facteurs dans les quatre régions climatiques et végétales du Roraima (nord-ouest, nord-est, sud-est et sud). Les régions nord-est et sud-est sont les plus peuplées et se caractérisent par des dynamiques

d'usage du sol assez intenses qui s'accompagnent d'incendies fréquents pendant les années sèches, généralement liées à des événements El Niño.

D'une façon générale la période de forte occurrence des cas de paludisme se produit pendant les mois les plus secs (entre octobre et janvier) et au début de la saison des pluies (entre avril et mai). C'est pendant le pic de précipitations que l'on enregistre le moins de cas. Cette variation est possiblement liée à l'existence de niches écologiques permettant le développement et la reproduction du vecteur du paludisme pendant ces périodes. Les vingt années des données utilisées n'ont pas été suffisantes pour vérifier le rôle des événements climatiques inter-annuels comme El Niño et La Niña. En effet, leur impact sur le paludisme n'apparaît pas clairement dans les analyses effectuées. Cependant, on peut noter que pendant les événements les plus significatifs de El Niño on enregistre une certaine augmentation des cas et une chute pendant les événements les plus modérés. Pendant La Niña une légère chute est enregistrée.

Au niveau de la végétation on constate que la plus grande incidence du paludisme se produit dans les régions de forêts, plus particulièrement dans la région sud-est où des programmes de colonisation agricoles sont en cours, ainsi qu'au nord-ouest chez les amérindiens Yanomami. Les déboisements intenses, ainsi que les grands incendies liés aux importantes sécheresses et aux types de pratiques agricoles influencent fortement la dynamique du paludisme. Pendant les années d'incendies, par exemple, on a enregistré une forte chute des cas, suivie un an plus tard d'une hausse importante de l'incidence de la maladie.

Les résultats montrent également que le NDVI de l'AHVRR-NOAA apparaît comme un indicateur intéressant, permettant de relier la dynamique de la végétation, les précipitations et le paludisme au niveau régional du Roraima, en mettant l'accent sur l'importance des événements climatiques inter-annuels et leur variabilité intra-annuelle.

Ces résultats montrent que les facteurs liés aux milieux naturels et anthropisés ont un rapport important avec la dynamique du paludisme au Roraima. Cependant, ils n'expliquent pas tout. Des facteurs liés à la dynamique de la population et à l'implantation des programmes de colonisation agricoles apparaissent également comme très importants

pour la compréhension de l'évolution du paludisme dans cet État de l'extrême nord du Brésil.

## **CHAPITRE 6**

### **Population et paludisme au Roraima**

## ***Introduction***

Les facteurs humains, tels que la démographie, les ethnies, les activités ou les migrations sont toujours évoqués comme des facteurs ayant des influences fondamentales dans la transmission et le développement du paludisme. Du fait notamment de l'étendue du territoire et de la multiplicité des origines culturelles de la population, ces facteurs sont très divers au Roraima. Connaître leur hétérogénéité va apporter des éléments pour la compréhension de la dynamique de la maladie, qui a toujours frappé les habitants de cette région brésilienne.

Ce chapitre a ainsi pour but de mettre en évidence les relations entre la variabilité du paludisme et des facteurs liés à l'organisation et à la dynamique de la population du Roraima. Pour cela, il est important de comprendre comment se caractérise et s'organise cette population dans ses diverses formes d'organisation spatiale (zones rurales, aires protégées, réserves indigènes, villes) et comment les facteurs démographiques (migrations, âge, sexe, ratio femme/homme) influencent-ils la fréquence du paludisme au Roraima.

### **6.1 – Types d'organisation spatiale de la population : le paludisme, facteur d'intégration ?**

Le chapitre 4 a montré, à travers de la spatialisation des cas de paludisme, que la maladie frappe des groupes de population organisés en espaces spécifiques, tels que les réserves indigènes, les zones rurales et les villes. Ces espaces sont dispersés dans tout l'État et ils jouent un rôle important dans la dynamique de la population locale. Ce chapitre cherche d'abord à expliquer l'organisation territoriale du Roraima et, ensuite, à mesurer son impact sur l'évolution du paludisme dans l'État.

#### **6.1.1 – Les projets de colonisation agricole**

Les premiers programmes de colonisation agricole au Roraima sont créés à la fin des années 1970 et au début des années 1980 pendant la vague des projets de développement de l'Amazonie, initiés par le gouvernement militaire. Ces projets ont connu plusieurs échecs, auxquels le paludisme a beaucoup contribué (voir chapitre 4, section 4.1).

Cependant, plus de 85% des projets agricoles actuels ont été implantés, il y a moins de 10 ans. Entre 1995 et 1997, après les élections du gouverneur de l'État en 1994, 24 nouveaux projets de colonisation ont été mis en place. Près de 470 000 hectares sont réservés afin pour accueillir 8 065 familles. La plupart de ces nouveaux projets se concentrent dans la région centre-sud de l'État, dans les zones de forêt ou de contact forêt-savane. Le Roraima a connu pendant ces années la pire épidémie de paludisme jamais enregistrée. L'IPA atteint 165,5 cas pour 1 000 habitants en 1995, soit plus de 39 500 cas de paludisme enregistrés.

En comparant les projets des années 1980 avec ceux de la décennie suivante, on constate que, au cours des années 1990, le nombre de lots mis à disposition des familles a presque triplé dans (tableau 6). Pourtant, sur la même période, le taux annuel de croissance de la population du Roraima a chuté de moitié passant ainsi de 9,23% (période 1980 à 1991) à 4,58% (période 1991 à 2000) ; cependant, il reste encore un des plus élevés du Brésil.

**Tableau 6 : Les projets de colonisation implantés en Roraima**

Année	Nombre de projets de colonisation	Superficie (km <sup>2</sup> )	Capacité (nombre de famille)	Nombre de familles installées en 2003
1979	1	8 079,0	4 840	2 534
1983	1	2 308,0	3 000	1 262
1987	1	1 650,0	1 375	643
1992	2	2 983,0	3 641	538
1995	9	1 794,2	3 085	1 912
1996	7	1 538,3	2 824	2 333
1997	8	1 359,7	2 156	1 734
1999	2	318,7	446	413
2001	1	778,0	800	289
2002	1	24,6	64	7
Total	35	20 833,4	22 231	11 665

Source: INCRA-RR, 2004

Selon l'Institut National de la Colonisation et de la Réforme Agraire (INCRA), l'afflux de migrants vers les zones rurales, estimé à environ 1 500 à 2 000 familles par an, reste pourtant constant. Mais, selon le dernier recensement, la population rurale n'a que peu augmenté entre 1991 et 2000. Les familles s'installent dans les nouvelles zones de colonisation mais ne s'y fixent pas. Cela se traduit notamment par un nombre important de lots inoccupés au sein même des récents projets de colonisation (tableau 6) : la moitié

des lots des projets n'est pas utilisée (photo 9). En conséquence, une grande partie de la population venue pour les occuper est absorbée par les zones urbaines, dont le taux de croissance atteint 10,5% par an, contre à peine 2% en zone rurale (Droulers et Le Tourneau, 2001).

Comprendre précisément la raison des échecs répétés des projets de colonisation agricole va au-delà des objectifs de cette thèse. Cependant, à travers les entretiens réalisés au Roraima avec les *assentados* et les responsables de l'INCRA et de l'ITERAIMA<sup>53</sup>, plusieurs explications sont avancées pour expliquer les difficultés d'établissement des populations de colons : les difficultés de commercialisation de la production, le manque d'infrastructures d'éducation et de santé et les épidémies récurrentes de paludisme (photo 9). De plus, le manque d'assistance agricole et la méconnaissance par les nouveaux agriculteurs des techniques agricoles appropriées à cette région, notamment dans la zone forestière, se sont traduits par le choix de cultures mal adaptées. La plupart des migrants sont originaires du Nordeste brésilien, où les réalités, géographique, climatique et agronomique, sont complètement différentes. En conséquence, la production est très basse et les revenus sont souvent trop faibles pour assurer la subsistance d'une famille.



**Photo 9 : (a) Lot abandonné dans la colonie Jundiá à Petrolina  
(b) Colon transportant sa production ; du fait de la mauvaise qualité des routes, la moto est l'unique moyen de transport utilisé dans la colonie Anauá en Nova Colina  
(clichés Helen Gurgel, novembre 2003)**

---

<sup>53</sup> ITERAIMA : Institut des Terres et de la Colonisation de l'État du Roraima. Organisme d'État responsable de la gestion foncière du Roraima.

Une grande partie des villes et des villages du Roraima comme Rorainópolis, Cantá ou Caroebe sont nées avec la mise en place des projets de colonisation agricole. Grâce aux pistes ouvertes pour l'implantation de ces projets et à la proximité des deux grands axes routiers régionaux (BR-174 et 210), les échanges entre les localités et ces projets sont constants. Sur la figure 42, on note que l'incidence du paludisme est assez élevée dans pratiquement toutes les localités, dans les projets de colonisation, et à proximité immédiate de ces derniers. De même, l'intensité de l'IPA dans les localités proches est assez homogène. Il n'y presque pas de différence d'IPA entre les projets les plus anciens et les plus récents, ce qui montre que l'ancienneté des projets ne semble pas avoir d'influence directe sur l'intensité de l'incidence du paludisme. Cela indique que les facilités d'échanges entre les villes jouent un rôle important dans la dispersion et l'évolution du paludisme dans les projets agricoles et dans les localités situées à proximité.

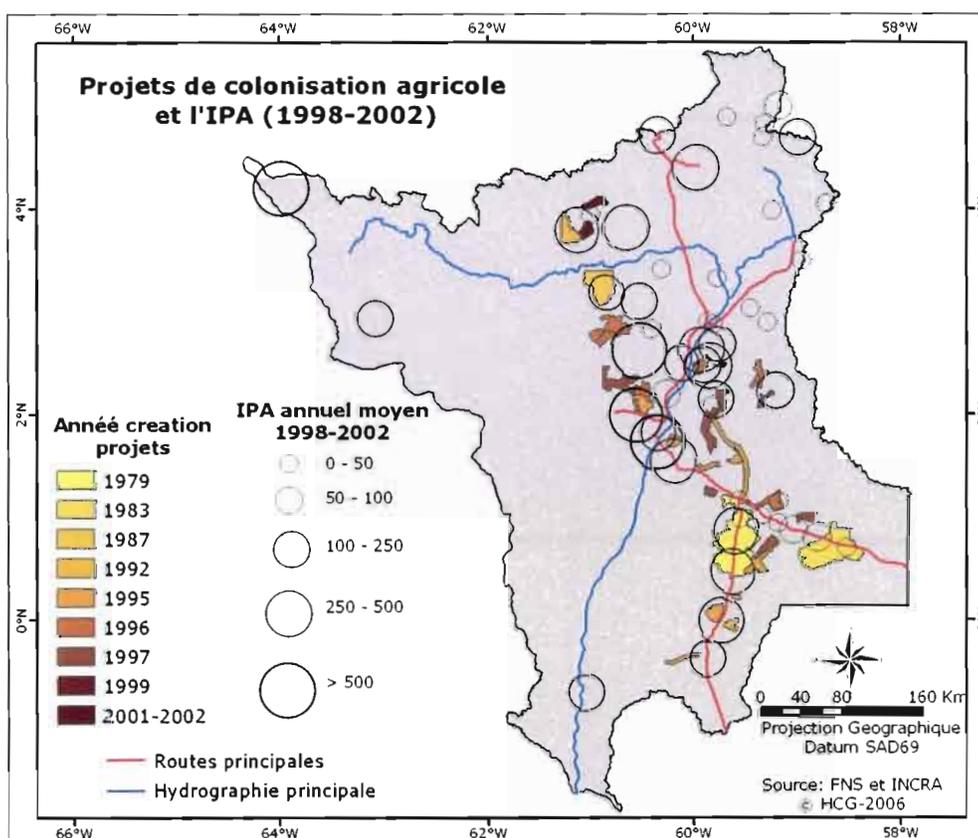


Figure 42 : Les projets de colonisation et l'IPA moyen entre 1998 et 2002 dans les principales localités du Roraima

Actuellement, il existe 35 colonies agricoles au Roraima. Elles occupent une superficie de 20 833 km<sup>2</sup> soit environ 9,5% du territoire de l'État. Prévues pour accueillir 22 300

familles, elles ne sont occupées que par 11 700 familles, soit approximativement 15% de la population totale de l'État. Bien que de nombreux lots soient vides et en attente de nouveaux colons, l'arrivée de nouvelles familles, ainsi que la création de nouveaux lotissements, doit être envisagée avec beaucoup de précautions. Un partenariat entre les divers organismes responsables de la santé, de l'environnement, de l'agriculture et de la gestion foncière est essentiel dans le but d'éviter les problèmes récurrents qui sont constatés depuis les années 50, début de la mise en place des premiers projets de colonisation. Ce partenariat permettrait enfin de réaliser des projets de colonisation qui fixent réellement la population dans ces régions de très faible densité démographique. Dès lors, le contrôle des épidémies de paludisme serait facilité et il est fort probable que le nombre de cas enregistrés chuterait de façon importante, surtout lors de l'arrivée de nouveaux colons. La proximité de ces projets agricoles avec les réserves indigènes doit aussi être prise en compte dans cet État qui possède une population indigène importante.

### **6.1.2 – Les réserves indigènes**

La question indigène est très importante au Roraima. Divers conflits, entre amérindiens, chercheurs d'or et agriculteurs, marquent l'histoire de l'État (voir chapitre 4). Actuellement près de 45% (environ 101 000 km<sup>2</sup>) du territoire sont répartis en 27 réserves indigènes (figure 43) : 20 d'entre elles sont déjà délimitées et 7 sont actuellement en cours de démarcation. Les terres qui sont délimitées sont légalement attribuées aux groupes indigènes, et elles sont reconnues par l'État et les autorités communales comme appartenant au gouvernement fédéral. Les délais importants de délimitation des terres favorisent les invasions et les conflits entre les amérindiens et les nouveaux occupants des terres. À ce jour, d'après la Fondation Nationale de l'Indien (FUNAI), la population dans les réserves indigènes du Roraima serait de 30 246 amérindiens, ce qui représenterait 9,3% de la population totale de l'État. Malgré ce faible pourcentage, environ 22% des cas de paludisme enregistrés entre 1998 et 2002 concernaient cette population, montrant ainsi explicitement la forte exposition des indigènes face à la maladie. Ceci est encore plus frappant quand on remarque les hauts niveaux d'incidence du paludisme dans certains villages indigènes comme Aurais, dans la réserve Yanomami. L'IPA moyen annuel de ce

village entre 1998 et 2002 atteint plus de 500 cas pour 1 000 habitants. Cette valeur est la plus élevée de l'État.

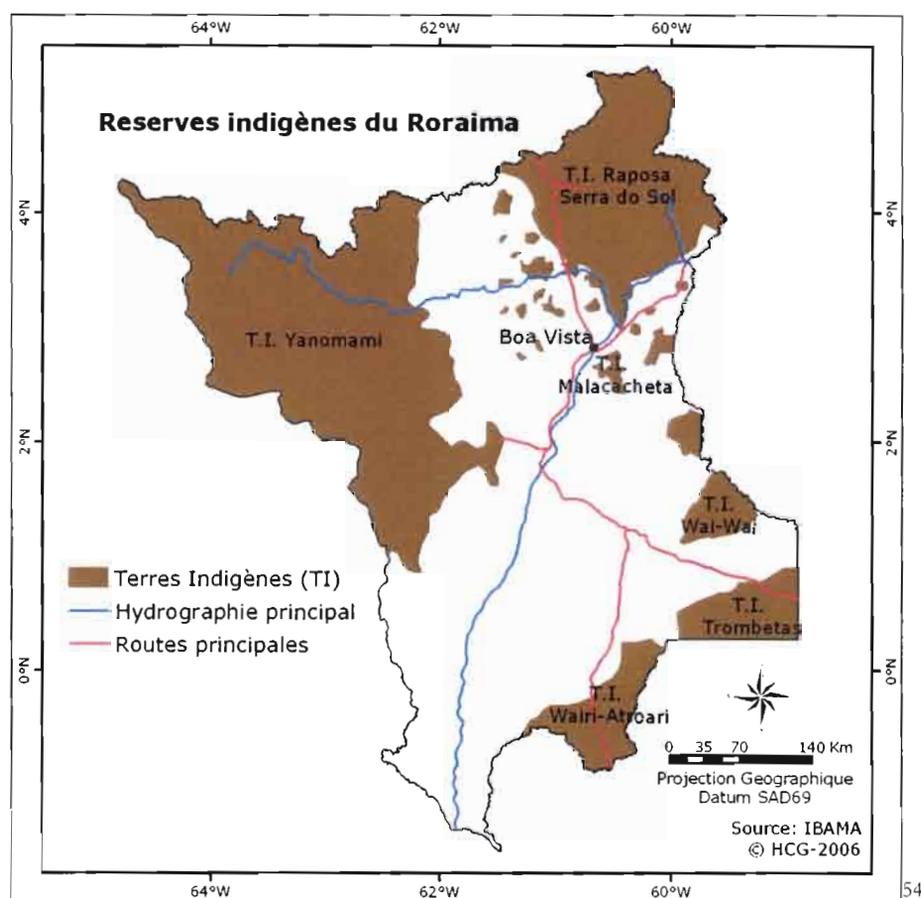


Figure 43 : Localisation des réserves indigènes au Roraima

Neuf groupes indigènes habitent les terres du Roraima : les Vai-Vai et Vaimiri-Atroari (présents aussi dans les États de l'Amazonas et du Pará) ; les Yanomami, Ie'kuana et Taurepangue (également présents au Venezuela) ; les Macuxi, Patamona, Uapixana (qui vivent aussi en Guyana), et les Ingaricô (présents également en Guyane et au Venezuela) (photo 10). Une grande partie de ces ethnies vivant de part et d'autre de la frontière du Brésil avec la Guyana et le Venezuela, il existe un important échange entre les trois pays sous divers aspects. Ce sujet devient délicat en ce qui concerne les maladies contagieuses, puisque ces populations transmettent des maladies, quelquefois déjà contrôlées, dans l'un ou l'autre des pays concernés.

<sup>54</sup> Les réserves indigènes sont aussi connues comme terres indigènes (T.I.)



**Photo 10 : Habitants indigènes du Roraima. (a) Famille Macuxi ; (b) Enfants Yanomami**  
(clichés Helen Gurgel, novembre 2003)

Dans ce contexte, on comprend aisément que le paludisme puisse continuer sa progression d'autant plus que la Guyana et le Venezuela, de par leur situation économique, possèdent un système d'assistance sanitaire très précaire, surtout en ce qui concerne les indigènes. Il est fréquent de rencontrer des amérindiens de ces pays, ayant des parents brésiliens, qui viennent au Brésil afin de réaliser des traitements de santé (entretien avec Mme Malmegrin<sup>55</sup> le 08/11/2002). En conséquence, un très fort pourcentage des cas annuels de paludisme importés de l'extérieur du Roraima entre 1998 et 2002 (environ 85%), a été enregistré comme provenant du Venezuela et du Guyana. Dans les communes frontalières comme Pacaraima et Uiramutã, ce nombre atteint presque 15,6% du nombre total de cas de paludisme enregistrés entre 1988 et 2002. Ces chiffres montrent le danger que représente le manque de surveillance épidémiologique dans les zones frontalières du Nord brésilien et la nécessité de réaliser suivi particulier pour les populations indigènes.

### 6.1.3 – Les aires de protection environnementale

La pression nationale et internationale pour la préservation de l'Amazonie et des populations autochtones a abouti à la préservation de 28% (autour de 1 400 000 km<sup>2</sup>) de l'Amazonie Légale (IBAMA, 2006). Ces espaces sont officiellement protégées sous la forme de parcs nationaux, de réserves biologiques, de réserves « extractivistes » (réserves de cueillette) ou de réserves indigènes. Si l'on exclue les réserves indigènes, les espaces

<sup>55</sup> Marines Malmegrin, Biomédecin de l'ONG CIR (Conseil Indigène du Roraima)

protégés couvrent actuellement 17 % (38 588 km<sup>2</sup>) du territoire du Roraima (figure 44).

Ils se répartissent ainsi :

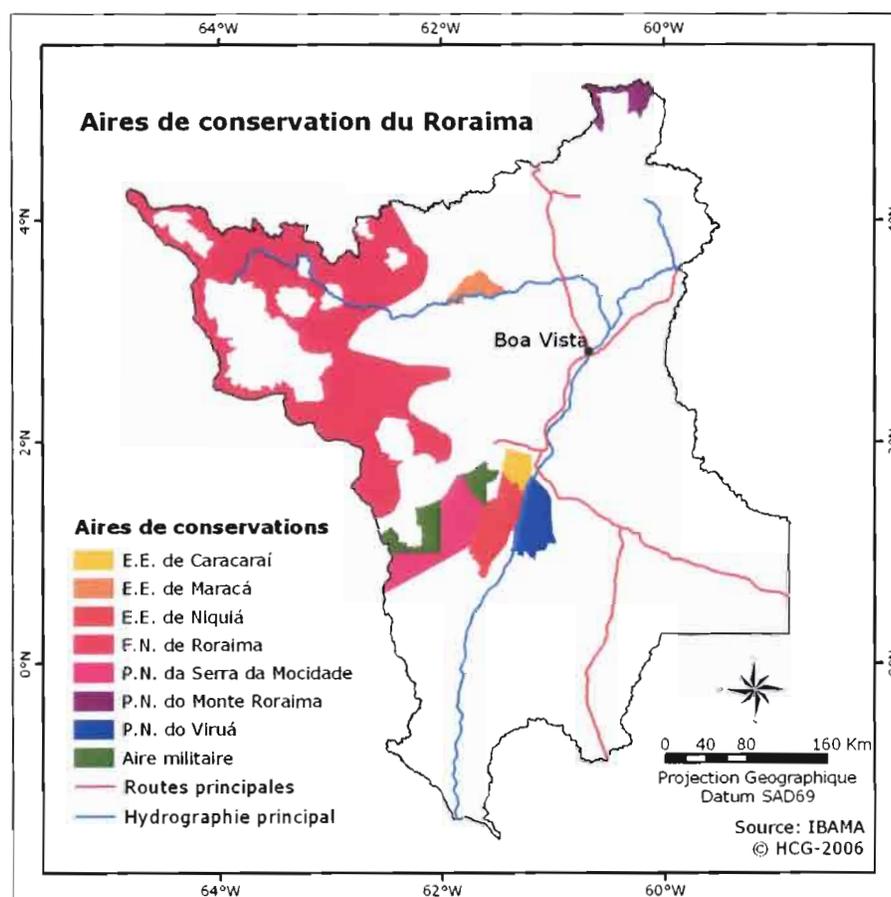


Figure 44 : Les aires protégées du Roraima

- a) Trois parcs nationaux (Parc National du Monte Roraima, 1 173 km<sup>2</sup>, Parc National de la Serra da Mocidade, 3 731 km<sup>2</sup>, et Parc National Viruá, 2 309 km<sup>2</sup>). Ces aires ont un statut de *protection intégrale*<sup>56</sup> de leur territoire.
- b) Trois stations écologiques (Station Écologique de Caracará, 860 km<sup>2</sup>, Station Écologique Niquiá, 2 828 km<sup>2</sup>, et Station Écologique de Maracá 1 040 km<sup>2</sup>). Ces aires ont aussi un statut de *protection intégrale*.

<sup>56</sup> Les aires de conservation de protection intégrale, sont destinées à la conservation de secteurs possédant un intérêt écologique, scientifique, culturel, paysager, éducatif ou récréatif majeur. Le cadre législatif interdit toute modification environnementale et toute intervention anthropique directe (IBAMA, 2005).

- c) Une forêt nationale (Forêt Nationale de Roraima, 26 647 km<sup>2</sup>) qui a un statut d'aire de protection d'*utilisation durable*, c'est à dire qu'elle peut être exploitée mais en respectant certaines règles et restrictions.

Ces aires de conservation sont administrées par l'IBAMA<sup>57</sup>. Elles sont soumises à une réglementation environnementale très stricte dans le cas de *protection intégrale* et moins rigide pour les aires de *protection durable*. La majeure partie de la couverture végétale du Roraima (plus de 70%) appartient à la forêt amazonienne qui est considérée, par la Constitution Fédérale, comme un patrimoine national. De fait, son exploitation doit obéir à des lois particulières. Par ailleurs, 3% de la superficie de l'État sont aussi d'utilisation restreinte puisque appartenant aux forces militaires. Toutes ces terres sont pratiquement vides de population, excepté celles qui abritent les bataillons militaires de frontière et celles qui se superposent aux des réserves indigènes. C'est notamment le cas de la réserve indigène Yanomami (Forêt Nationale du Roraima) et de la réserve indigène Raposa Serra do Sol (Parque National du Mont Roraima).

Près de 75% de ces aires protégées sont couvertes par les forêts équatoriales. Ce sont des milieux très propices à la transmission du paludisme, car ils représentent l'habitat idéal pour la reproduction de l'anophèle. De ce fait, si ces aires deviennent exploitables, surtout par le tourisme, elles doivent bénéficier d'une attention particulière pour éviter la transmission et les épidémies de paludisme.

Cependant, ces aires protégées servent aussi de barrières pour la propagation des épidémies et donc du paludisme. En raison de leur extension et de leur difficulté d'accès, au-delà des restrictions d'utilisation, elles rendent difficiles le contact et l'échange entre les populations de certaines localités. Par exemple, le village de Auaris, dont l'indice de paludisme est très élevé, se situe à plus de 300 km du village du Trairão, la localité la plus proche dehors de la zone protégée. Tous ces découpages ont une répercussion sur l'organisation spatiale du Roraima. Celle-ci donne à la population des caractéristiques singulières qui contribuent sans doute à la dynamique du paludisme de ces régions.

---

<sup>57</sup> L'IBAMA (Institut Brésilien de l'Environnement et des Ressources Naturelles Renouvelables) est un organisme du Ministère de l'Environnement.

## 6.2 – Les caractéristiques actuelles de la population

Depuis la création du Roraima, ses terres ont subi plusieurs vagues de migration surtout rurale. Les nouveaux arrivants doivent ainsi partager les terres avec les habitants déjà installés, et les populations autochtones. La population actuelle du Roraima est donc formée de personnes d'origine, de culture et de mode de vie distincts. Les caractéristiques particulières de chacun de ces groupes (urbain, rural et indigène) influent sur la perception de la santé et sur l'accès aux soins, ce qui, par conséquent, entraîne des réponses spécifiques à chaque groupe pour tout ce qui concerne la question du paludisme. Mieux connaître les caractéristiques de la population du Roraima est donc fondamental pour offrir une meilleure compréhension de la dynamique du paludisme. Mais avant cela, il faut savoir comment se répartit exactement la population du Roraima.

### 6.2.1 – Répartition spatiale de la population

En Amazonie, localiser avec exactitude la population et connaître sa distribution territoriale est difficile. En effet, les anciennes cartes brésiliennes de densité de population ont pour base les communes. Comme celles-ci dans cette région sont très grandes, avec près de 15 000 km<sup>2</sup> de superficie moyenne (pour comparer : la région Île-de-France a une superficie de 12 072 km<sup>2</sup> pour 1 281 communes), elles nous donnent une image imparfaite de la distribution de la population (Le Tourneau, 2002). À partir du recensement de 2000, l'Institut Brésilien de Géographie et Statistique (IBGE), organisme brésilien responsable du recensement, a rendu disponibles au public, les limites des secteurs censitaires en format numérique et les données démographiques correspondantes. Ce nouveau découpage de l'information permet de mieux connaître la distribution spatiale de la population, cela revêt un caractère fondamental dans un État comme le Roraima.

Sur la figure 45, élaborée à partir de ces nouvelles données, on voit que la densité de population varie considérablement selon les régions. Elle passe de pratiquement 0,01 habitants par km<sup>2</sup> à plus de 50 habitants par km<sup>2</sup> dans les secteurs urbains. De vastes régions sont encore complètement vides ou presque. Près de 70% du territoire présente une densité inférieure à 0,25 habitants par km<sup>2</sup>. Ces régions correspondent en grande

partie aux réserves indigènes, aux aires protégées et aux zones marécageuses. C'est autour de la capitale Boa Vista, que l'on peut observer les plus fortes densités (plus de 100 habitants par km<sup>2</sup>). On remarque également une concentration des populations le long des principales routes BR-174 et BR-210, à proximité desquelles sont implantés la plupart des établissements ruraux. La région des *lavrados* au nord-est de l'État, qui n'a pratiquement pas bénéficié de programmes de colonisation et qui abrite plusieurs réserves indigènes, est la région où la population est répartie de la façon la plus homogène. La végétation ouverte favorise les pratiques agropastorales, comme l'élevage extensif, la culture de riz et récemment celle du soja, ce qui a largement contribué à la fixation de la population, aussi bien immigrée qu'indigène.

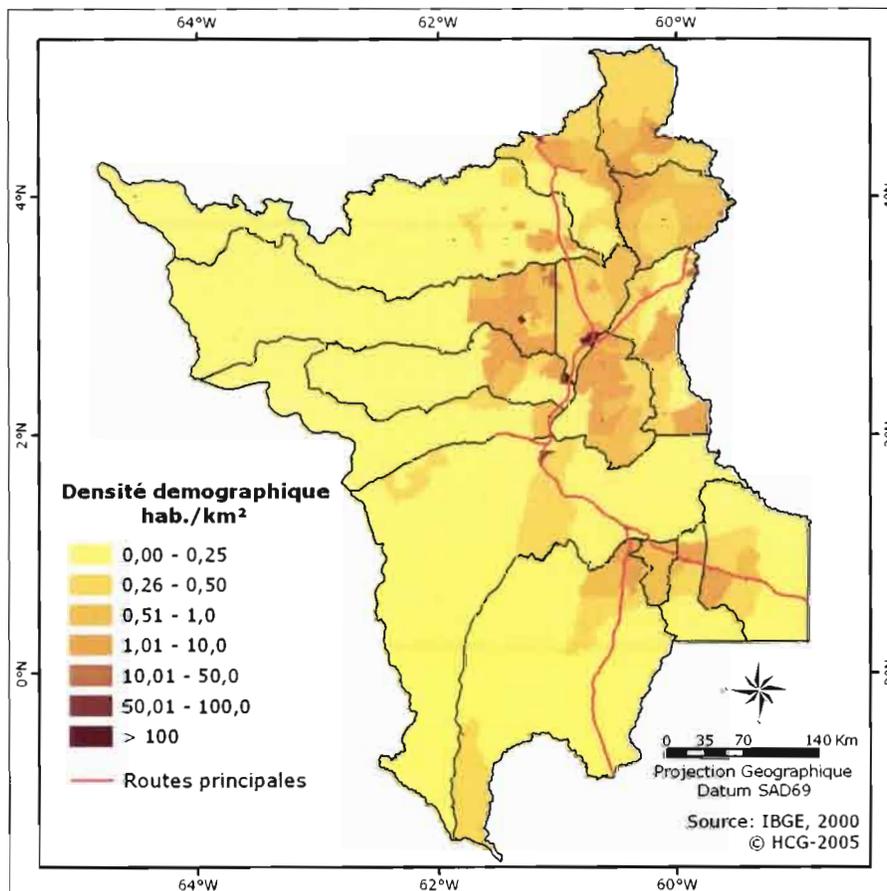


Figure 45 : Densité de la population par secteur censitaire en 2000

La majorité des zones de plus de 50 habitants par km<sup>2</sup> sont très peu visibles sur la carte, car elles représentent les villes et spatialement elles sont très peu représentatives. Néanmoins, bien que l'économie du Roraima soit essentiellement agropastoral et que les

programmes d'attraction de la population soient dirigés vers les projets de colonisation agricole, actuellement, 76,15% de la population de Roraima réside en ville (tableau 7).

**Tableau 7 : Population du Roraima**

Population du Roraima							
	1940	1950	1960	1970	1980	1991	2000
Population totale	10 509	18 116	29 489	41 638	82 018	217 583	324 397
Population urbaine <sup>58</sup> (%)	13,31	28,33	43,12	43,06	60,50	64,72	76,15
Population rurale (%)	86,69	71,67	56,88	56,94	39,50	35,28	23,85
Densité de Population (hab./km <sup>2</sup> )	0,06	0,08	0,13	0,18	0,36	0,97	1,44
Croissance inter-censitaire de la Population		72,39	62,78	41,20	96,98	165,29	49,09

Source : Recensements de la population, IBGE

Cette concentration de la population a provoqué un engorgement dans les villes, surtout à Boa Vista, car les infrastructures n'ont pas accompagné l'augmentation des demandes en service public. Une grande partie de la population ne bénéficie d'aucune infrastructure de base et vit dans des conditions précaires, qui non seulement sont à l'origine des dégradations de l'environnement, mais également de l'augmentation des risques de maladies. Dans ce contexte, et bien que le paludisme ne soit pas considéré comme une maladie urbaine, 60% des cas de paludisme comptabilisés entre 1998 et 2002 ont été enregistrés dans les villes. Cependant, dans certaines villes, comme Boa Vista par exemple, jusqu'à 78% de cas sont déclarés comme non autochtones, c'est-à-dire que la maladie est contractée ailleurs, et que les malades se font soigner dans la capitale. Cet état de fait montre l'intense mouvement entre la campagne et la ville de la population locale et l'importance régionale de Boa Vista.

<sup>58</sup> Selon la classification adoptée par l'IBGE, la population est répartie en deux catégories distinctes : urbaine ou rurale. Depuis le 01 août 1996, chaque commune doit définir et délimiter par une loi municipale chacun de ces espaces. Le qualificatif « urbaine » s'applique à toutes les populations ou les foyers dont le domicile est situé en zone urbaine, c'est à dire dans les villes (sièges de commune) ou les agglomérations (sièges de district) ainsi que dans les bourgs isolés qui ayant un minimum d'infrastructure urbaine. À l'inverse, l'adjectif « rurale » qualifie les populations dont le domicile est situé en dehors des zones urbanisées ; cela comprend aussi bien les habitations dispersées dans la campagne que les hameaux isolés ou les espaces périurbains. Pour plus d'information, <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/contagem/caracteristicas/conceitos.shtm>

Le tableau 8 montre les chiffres de la population et le nombre de cas de paludisme enregistré par commune, et selon la catégorie de la localité où a été réalisé l'examen de dépistage de paludisme. Ces localités sont classées par la Fondation Nationale de Santé (FUNASA) en villes, quartiers, villages, colonies agricoles, *fazendas*, *sítios* et *aldeias indígenas*. Pour faciliter les analyses et les comparaisons avec les informations des recensements de la population, nous avons regroupé certaines catégories et classé les localités en trois catégories : urbaines (villes, quartiers et villages de la FUNASA), rurales (colonies agricoles, *fazendas* ou *sítios*) et indigènes (*aldeias indígenas*, ces localités se trouvent dans les réserves indigènes).

Tableau 8 : Répartition de la population en 2000 et des cas de paludisme par commune et par type de localité de 1998 à 2002

Commune	Population (%)			Cas de paludisme (%)			
	Totale	Urbaine	Rurale <sup>59</sup>	Urbain	Rural	Indigène	Sans information
<b>Roraima</b>	<b>100,0</b>	<b>76,1</b>	<b>23,9</b>	<b>59,94</b>	<b>17,03</b>	<b>22,34</b>	<b>0,69</b>
Alto Alegre	5,5	29,0	71,0	35,04	12,18	52,46	0,33
Amajari	1,6	15,1	84,9	20,82	18,69	60,46	0,03
Boa Vista	61,8	98,3	1,7	96,13	1,52	2,27	0,08
Bonfim	2,9	32,2	67,8	30,29	19,23	50,49	0,00
Cantá	2,6	13,5	86,5	33,54	52,39	13,02	1,06
Caracarái	4,4	57,7	42,3	53,71	9,22	36,95	0,13
Caroebe	1,8	34,7	65,3	91,99	0,93	7,08	0,00
Iracema	1,5	67,5	32,5	42,44	30,08	18,93	8,55
Mucajái	3,5	62,5	37,5	48,50	47,83	1,88	1,78
Normandia	1,9	24,4	75,6	35,14	0,59	64,27	0,00
Pacaraima	2,2	39,5	60,5	55,61	0,05	44,08	0,27
Rorainópolis	5,4	41,3	58,7	90,22	8,97	0,00	0,81
São João	1,6	76,3	23,7	99,71	0,29	0,00	0,00
São Luis	1,6	64,9	35,1	92,19	2,10	5,71	0,00
Uiramutã	1,8	9,0	91,0	25,81	0,06	71,50	2,63

Source : IBGE – *Censo demográfico* (recensement démographique), 2000 et FNS, 1998-2002

Le tableau 8 montre donc que dans certaines communes la plus grande proportion de cas de paludisme est urbaine, bien que la majorité de la population soit considérée comme rurale. Ceci est certainement dû au manque d'infrastructures de santé appropriées en zone rurale, les habitants de ces zones se rendent généralement jusqu'au siège municipal ou à la ville la plus proche afin de trouver les traitements médicaux. Il s'agit parfois de

<sup>59</sup> Dans le recensement de 2000 du Roraima la population des réserves indigène a été comptée comme de population rurale.

déplacements de 50 km ou plus. C'est pourquoi, dans les statistiques finales ces habitants sont classés dans la catégorie des « urbains » puisque, par obligation sanitaire, ils sont forcés de se rendre à la ville pour se soigner.

### 6.2.2 – Migrations et paludisme

La forte croissance de la population du Roraima dans les dernières décennies est le résultat d'un flux migratoire intense. D'après le recensement de 2000, seulement 52,4% des habitants étaient nés dans l'État de Roraima, tandis que 26,86% sont nés dans les États du Nordeste, dont 67,8% dans le Maranhão et 14,4% dans le Ceará. Mais cette répartition n'est pas homogène dans tout l'État (figure 46). Dans les communes du nord, une grande partie de la population est née au Roraima. Cette région est de colonisation plus ancienne et on y trouve la majeure partie des réserves indigènes. Au centre sud la situation est inverse, moins de 35% de la population est née dans l'État. Pour la plupart, ces habitants sont arrivés lors de la mise en place des récents programmes de colonisation agricole. Les statistiques du dernier recensement montrent que 25,8% de la population actuelle du Roraima n'habitait pas l'État avant 1990. Parmi eux, près de 75% n'y résident que depuis 1996.

Au sein des communes qui ont connu les pires épidémies de paludisme entre 1998 et 2002, comme Roirainópolis et Mucajaí, presque 40% de la population est arrivée il y a moins de 10 ans (tableau 9). La majeure partie des habitants de ces régions est née dans le Nordeste du Brésil, mais une part importante est également originaire de la région Nord et principalement de l'État voisin : le Pará. Ces chiffres confirment, d'une certaine façon, que l'arrivée de nouveaux migrants constitue une explication du déclenchement de nouvelles épidémies. On notera que ces migrants sont venus pour la plus part des États du bassin amazonien qui est une région typiquement impaludée, ce qui suggère la possibilité que les nouveaux arrivants aient apporté des épidémies.

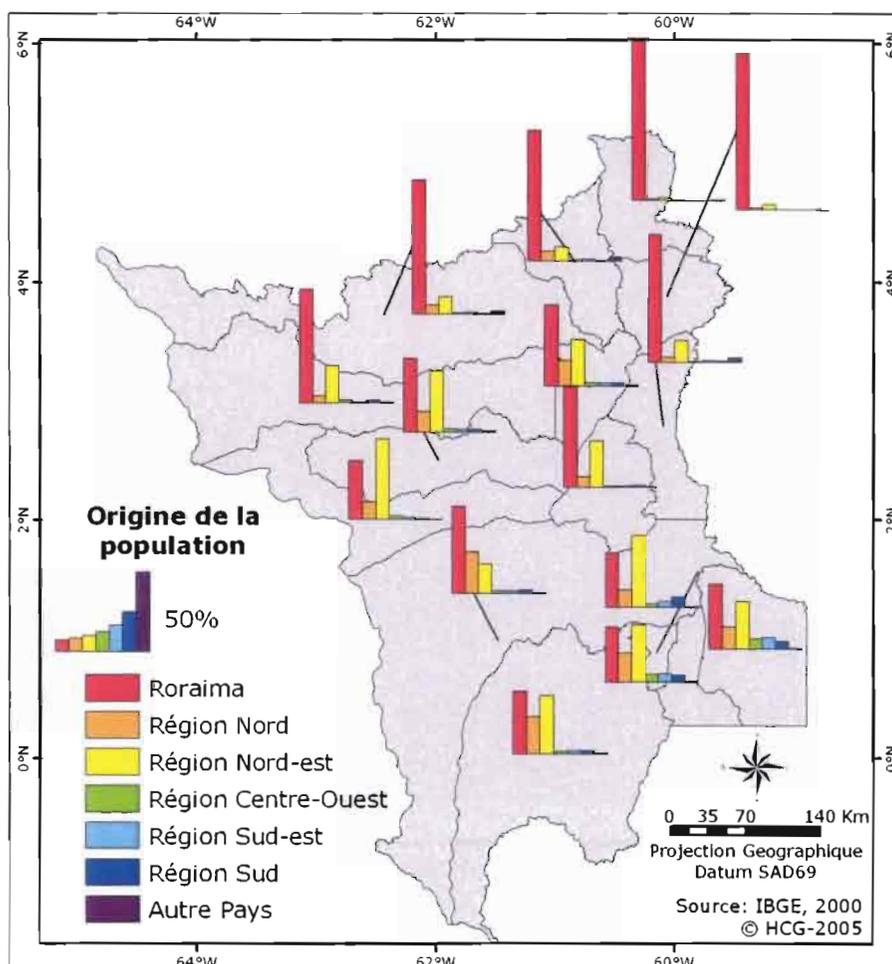


Figure 46 : Lieu de naissance des habitants par commune du Roraima en 2000

Tableau 9 : Population non originaire du Roraima installée depuis moins de 10 ans dans l'État en 2000

Communes	Population totale	Population installée depuis				
		moins de 10 ans	moins de 1 an	de 1 à 2 ans	de 3 à 5 ans	de 6 à 9 ans
<b>Roraima</b>	<b>324 397</b>	<b>83 765</b>	<b>5 409</b>	<b>23 931</b>	<b>32 348</b>	<b>22 077</b>
Alto Alegre	17 907	1 495	-	248	649	598
Amajari	5 294	506	46	127	266	66
Boa Vista	200 568	57 924	4 067	15 989	22 511	15 356
Bonfim	9 326	1 346	14	308	576	448
Cantá	8 571	1 895	52	472	888	483
Caracaraí	14 286	3 610	139	1 170	1 282	1 020
Caroebe	5 692	1 404	34	424	514	431
Iracema	4 781	1 697	143	587	676	292
Mucajá	11 247	2 865	150	717	1 065	934
Normandia	6 138	173	-	65	46	62
Pacaraima	6 990	900	104	337	279	180
Rorainópolis	17 393	6 318	587	2 422	2 399	910
São João da Baliza	5 091	1 649	-	616	504	529
São Luiz	5 311	1 901	74	439	682	707
Uiramutã	5 802	83	-	9	11	63

Source : IBGE – *Censo demográfico* (recensement démographique), 2000

Le fait que les nouveaux migrants soient arrivés de la région Nord est révélateur des dynamiques des pratiques de colonisation dans cette partie du Brésil. Dans cette région certaines colons arrivent en premier dans une zone encore intacte ou juste réservée aux projets de colonisation. Ils apportent les premières améliorations : ils défrichent la forêt, tracent une piste, construisent une petite maison, réalisent les premières plantations. Quand la terre acquiert une certaine valeur ajoutée, ils la vendent à un agriculteur un peu plus capitalisé et partent à la recherche de nouvelles terres ou de nouveaux programmes de colonisation (Coy, 1996). Comme le Roraima est considéré comme l'un des derniers fronts pionniers brésiliens, il attire ce type de colons. Une attention toute particulière doit être apportée au suivi de cette dynamique migratoire si les décideurs veulent réellement combattre ou minimiser les épidémies de paludisme.

#### **6.2.2.1 – Les cas de paludisme importés entre 1998 et 2002**

L'accès palustre se produit généralement entre 15 et 30 jours après qu'un individu ait été piqué par un anophèle contaminé. Ainsi, quand une personne a de la fièvre et fait un examen de dépistage de paludisme, les agents de santé s'intéressent à son lieu de séjour des 15 jours précédents l'examen. Si le résultat est positif et si ce lieu n'est pas la localité de l'examen, le cas est considéré comme importé. Cependant, lors de l'analyse des données, on doit aussi prendre en compte que la réponse concernant le lieu de séjour est subjective, ce qui peut mener à une sous ou sur notification des cas importés. Comme les enquêtes de terrain réalisées ne permettent pas de mesurer cette variation des notifications les analyses sur cette variable doivent être faites avec une certaine précaution.

Le nombre de cas moyens de paludisme importés dans les communes du Roraima a été de 23% sur le nombre total de cas enregistrés entre 1998 et 2002 (tableau 10). En grande majorité, ceux-ci sont originaires des communes du Roraima (89%), ce qui indique le fort déplacement interne de la population. Les cas originaires d'autres États sont assez faibles (1,4%). Dans le cadre de l'analyse de la diffusion du paludisme au Roraima, le rôle du déplacement de population originaires d'un autre État vers les projets de colonisation est donc très faible, au moins pour la période 1998-2002. Néanmoins, dans certaines communes ; ces cas de paludisme importé représentent la moitié ou plus des cas enregistrés, comme Boa Vista et São João da Baliza. Dans la capitale, 74,5% des cas ont

pour origine une autre commune, ce qui reflète le pouvoir d'attraction de Boa Vista et démontre la forte mobilité de la population de cette commune.

**Tableau 10 : Cas importés de paludisme au Roraima entre 1998 et 2002**

Commune	Pourcentage des cas importés (%)	Pourcentage des cas importés (%)		
		d'autre commune	d'autre État	d'autre pays
<b>Roraima</b>	<b>23,03</b>	<b>89,33</b>	<b>1,40</b>	<b>9,28</b>
Alto Alegre	18,73	99,58	0,08	0,35
Amajari	3,35	17,75	0,21	82,05
Boa Vista	74,54	92,46	1,38	6,17
Bonfim	12,68	82,12	0,20	17,68
Cantá	3,30	98,87	0,28	0,85
Caracarái	2,74	67,96	4,60	27,44
Caroebe	9,25	57,97	36,23	5,80
Iracema	8,40	98,74	0,00	1,26
Mucajá	11,63	96,61	0,23	3,16
Normandia	12,92	45,75	0,65	53,59
Pacaraima	25,32	23,97	0,29	75,74
Rorainópolis	1,29	93,56	6,44	0,00
São João da Baliza	47,58	94,80	4,58	0,62
São Luiz	26,46	91,52	8,48	0,00
Uiramutã	24,06	28,57	0,00	71,43

Source : FNS/SISMAL, 1998-2002

Les cas de paludisme originaire d'autres pays sont nombreux dans les communes frontalières, comme Amajari (82%) et Pacaraima (75%). En examinant la figure 47, qui montre les flux des deux principales origines de paludisme importé pour chaque commune du Roraima. On remarque l'importance du Venezuela et de la Guyana dans la mobilité de la population et son lien avec le paludisme. Une grande partie de ces cas importés proviennent probablement des orpailleurs et des populations indigènes transfrontalières. Les États du Pará et de l'Amazonas apparaissent aussi comme sources de contamination pour les communes frontalières à ces États. Les échanges de cas entre les communes de la région centrale sont aussi assez forts, surtout autour de Caracarái, commune dotée de plusieurs colonies agricoles. On peut remarquer que les échanges de cas se produisent surtout entre les communes, États ou pays voisins, ce qui indique que les déplacements de la population se font plutôt à courtes distances. Ces faits soulignent la nécessité d'établir des frontières sanitaires entre le Brésil et les pays voisins. Par ailleurs, au moment où se déclenche une épidémie, toutes les communes des alentours devraient renforcer la surveillance de l'évolution du paludisme.

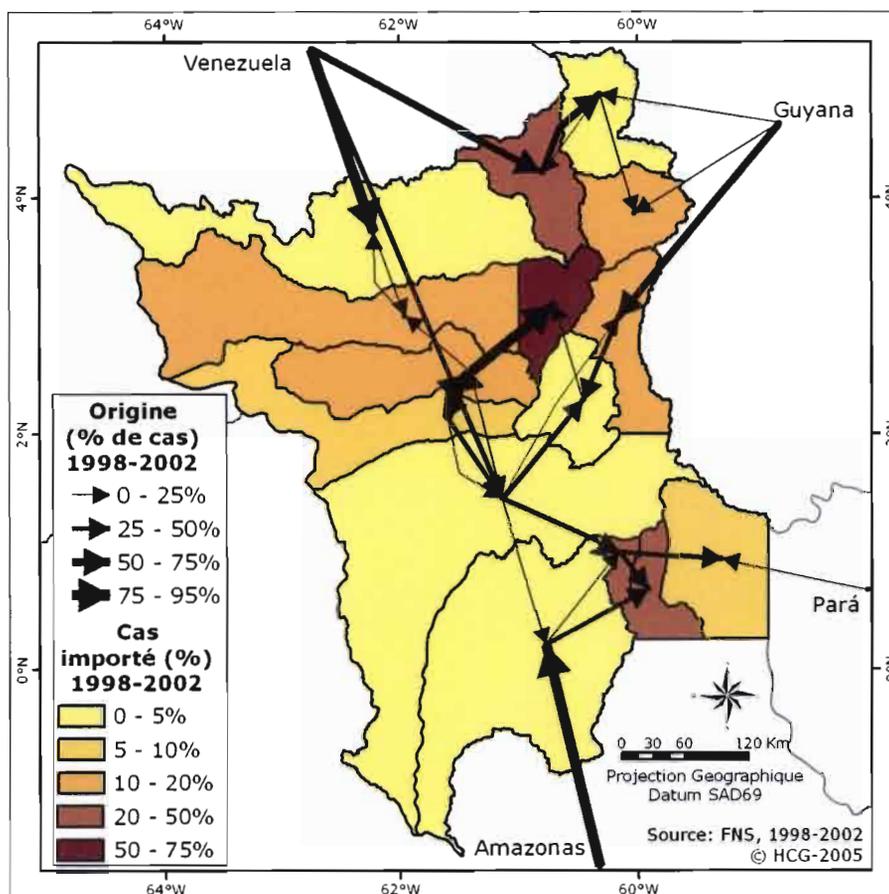


Figure 47 : Flux des deux principales origines de cas de paludisme importé par chacune des communes du Roraima

### *Méthode de création de la carte des flux de paludisme importé*

La réalisation de la carte des flux de paludisme importé est basée sur le nombre de cas de paludisme non autochtone de chacune des 15 communes du Roraima. De plus, nous n'avons considéré que les deux lieux d'origine qui représentaient les deux plus forts taux dans le total de cas de paludisme importé entre 1998 et 2002, dans chacune des communes.

### 6.2.3 – La structure de la population

La structure de la population peut être considérée comme un indicateur de l'organisation socio-économique locale. Le pourcentage de femmes par rapport aux hommes et la structure par âges de la population, par exemple, peuvent mettre en lumière les détails de cette organisation. De plus, la structuration de la population renseigne sur l'évolution du paludisme dans les différentes couches de la population au niveau urbain, rural et indigène.

### 6.2.3.1 – Répartition par sexe et paludisme

Selon le dernier recensement, la population du Roraima est composée d'un nombre d'hommes plus important que celui des femmes, et cela dans toutes les communes (figure 48a). Cette particularité est plus nette dans le sud, ce qui caractérise le Roraima comme un État de colonisation récente et d'attraction de population : en général se sont les hommes qui arrivent en premier dans les régions encore à occuper, à la recherche d'emploi et d'hébergement. C'est seulement après l'installation des hommes que les familles arrivent (Théry, 2000 et Droulers, 2004).

Néanmoins, si on passe au niveau du *secteur censitaire* (figure 48b), une autre réalité apparaît. Plusieurs secteurs présentent une grande proportion de femmes, notamment les secteurs urbains. En effet, une grande partie des emplois urbains demandent de la main d'œuvre féminine (femmes de ménage, cuisinières, etc.). En outre les femmes des colons préfèrent vivre en ville pour donner une meilleure assistance aux enfants, notamment en termes d'éducation et d'assistance médicale, pendant que l'homme travaille dans les champs et vit hors de la ville.

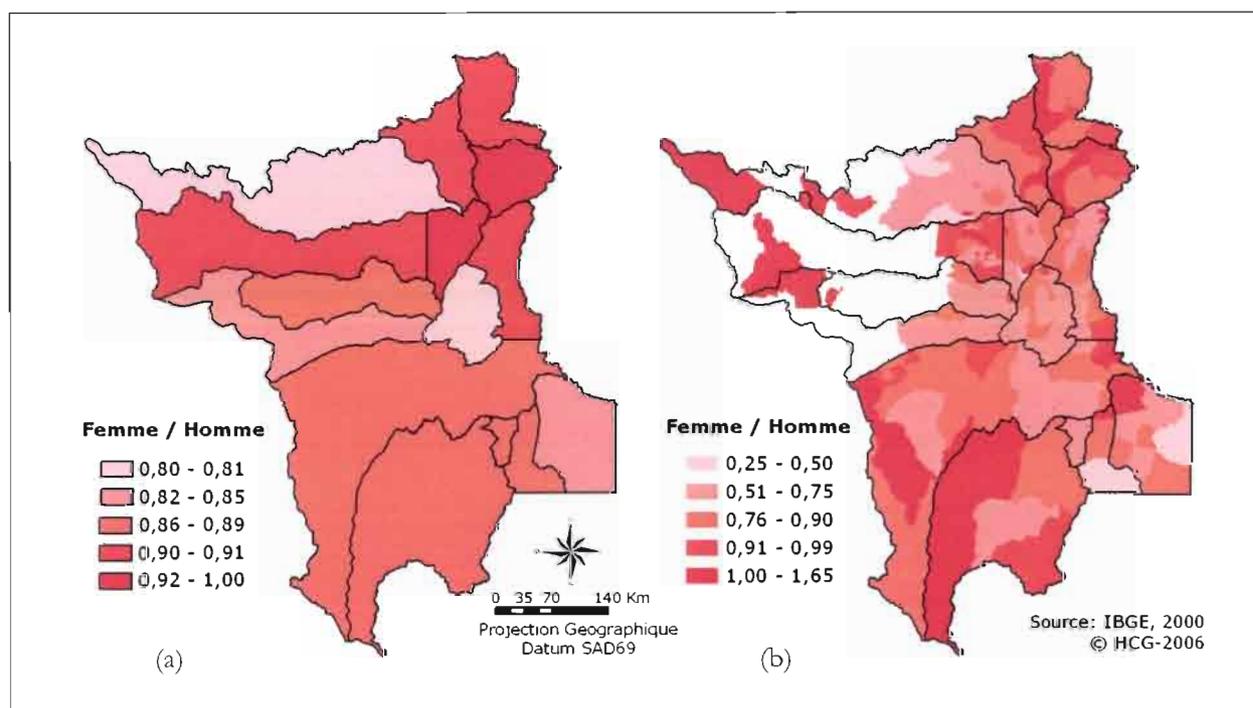


Figure 48 : Répartition du ratio femmes/hommes au Roraima par secteurs censitaires, en 2000

Certains secteurs non urbains présentent aussi un plus fort nombre de femmes que d'hommes. Ces secteurs sont en majorité localisés dans les réserves indigènes. Ces chiffres ne disent pas s'il y a moins d'amérindiens hommes que de femmes. Ils indiquent simplement que les hommes n'étaient pas présents dans les communautés au moment du recensement. En effet, pendant la journée, les hommes ne restent généralement pas dans les villages, à l'inverse de leurs femmes qui y sont présentes tout le temps. Elles sont responsables des productions de la *roça*<sup>60</sup>, qui habituellement se situe près des habitations. Elles assument aussi la garde des enfants et différentes tâches domestiques, alors que les hommes amérindiens chassent et pêchent pendant la journée (photo 11). Ils se rendent également souvent en ville, afin de commercialiser les marchandises de la communauté. Ainsi, par exemple, les divers objets artisanaux sont vendus pour se fournir en denrée qu'ils ne produisent pas (vêtements, outils agricoles, etc.). Certains amérindiens de sexe masculin sont également employés dans les champs des propriétés privées voisines, ou offrent leurs services sur les sites d'orpailleurs clandestins (entretien avec M. Pereira le 12/11/2003<sup>61</sup>). Pour expliquer les erreurs de comptage, on peut aussi avancer la difficulté de communication entre les amérindiens et le recenseur, qui est perçu comme un « étranger », à cause de la différence de langue et à cause de la méfiance des amérindiens. Nombreux sont donc les facteurs pouvant expliquer ce déséquilibre homme/femme et cette plus grande quantité de femmes recensées (Entretien avec M. Joaquim le 14/10/2003<sup>62</sup>).

Bien que la population totale du Roraima soit majoritairement composée d'hommes, la plupart des cas de paludisme déclarés dans l'État est enregistrée parmi les femmes (64% en moyenne). Cela peut être lié au comportement différencié des femmes et des hommes face à la maladie. Les femmes font beaucoup plus attention à leur santé que les hommes, et surtout à celle de leurs enfants (photo 11). Dès que les premiers symptômes du paludisme apparaissent, chez elles ou chez leurs enfants, les femmes se rendent au dispensaire le plus proche afin qu'un diagnostic soit réalisé et que le personnel soignant

---

<sup>60</sup> Roça : lopin de terre défriché et mis en culture

<sup>61</sup> M. Ednelson Pereira Makuxi, coordinateur du programme environnemental de l'Ong CCPY (*Comissão Pro-Yanomami*)

<sup>62</sup> M. Vicente de Paulo Joaquim, responsable de la section Roraima de l'Institut Brésilien de Géographie et de Statistiques (IBGE)

puisse, si besoin, fournir les médicaments gratuits fournis par l'État. Les établissements de santé n'étant ouverts que durant la journée et se situant dans les villages généralement éloignés des zones de cultures, les hommes « préfèrent » continuer à travailler plutôt que de perdre une journée de travail. En effet, les crises de paludisme ne durent que quelques heures, les hommes étant par la suite capables de retourner travailler (Entretien avec M. Barros<sup>63</sup> le 10/10/2003).



Photo 11 : (a) Femmes indigènes travaillant dans la *roça* ; (b) Femme de colons à la maison s'occupant de son bébé (clichés Helen Gurgel, novembre 2003)

Ce comportement représente un facteur important dans la transmission du paludisme. Comme, le parasite reste dans le corps du porteur, celui-ci devient alors un propagateur potentiel de la maladie. En outre, s'il ne se soumet pas à un traitement, il risque d'aggraver son état de santé, en développant des anémies, par exemple. Le travailleur devient ainsi plus faible, ce qui complique son travail, généralement assez physique. La plupart des porteurs masculins consomment les médicaments déjà en leur possession afin de soulager leur souffrance lors de crises. Ils ne réalisent de nouveaux examens médicaux qu'après avoir terminé leurs médicaments ou quand leur état de santé devient très inquiétant (Entretien avec M. Pithan<sup>64</sup>, le 13/11/2003).

Lorsque l'on observe la répartition du paludisme en fonction du sexe et par lieu où a été réalisé l'examen de dépistage, (figure 49), les femmes apparaissent comme les principales infectées. Cependant, les pourcentages varient largement d'une localité à l'autre. Dans les

<sup>63</sup> Fábio Saito Monteiro de Barros, médecin et chercheur à l'Université Fédérale du Roraima (UFRR)

<sup>64</sup> Oneron de Abreu Pithan, médecin et responsable de la section d'épidémiologie de la Fondation Nationale de Santé du Roraima (FNS-RR)

localités urbaines, les cas positifs chez les femmes sont de 40% supérieurs à ceux des hommes, tandis que dans les localités indigènes, cette différence est inférieure à 10%. Cette variation est sans doute liée aux modalités d'accès aux soins. On a vu que la présence de femmes est plus forte dans les villes où se concentrent les principaux établissements de santé. À cela s'ajoute la préoccupation plus importante des femmes par rapport à la question de la santé, ceci peut, dans une certaine mesure, expliquer ces chiffres. Dans les localités indigènes, les programmes de santé sont mis en œuvre par des ONG qui dispensent les soins directement auprès des amérindiens. Cette politique facilite l'accès de la population locale au traitement puisque la plupart des villages dispose d'un amérindien laborantin. De cette façon, toute la population a un accès facile au diagnostic du paludisme, ce qui se répercute sur le nombre de cas enregistrés par le ministère de la santé. Au-delà de ces distinctions dues au genre et au type de population, on trouve aussi des variations entre les différentes tranches d'âge.

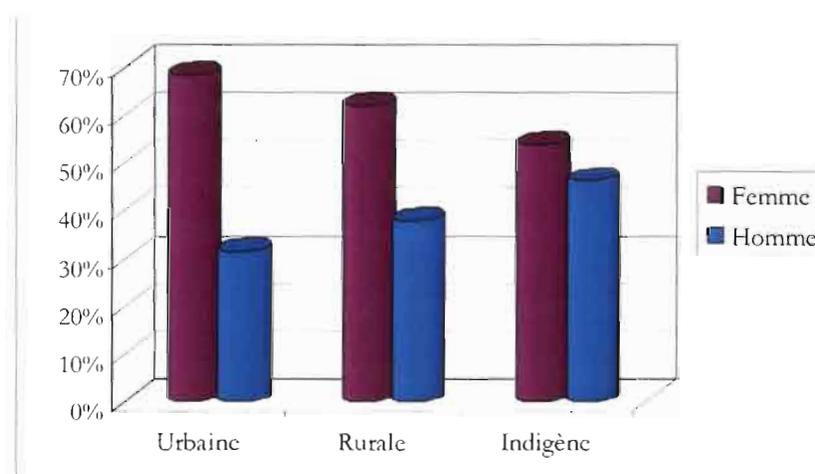
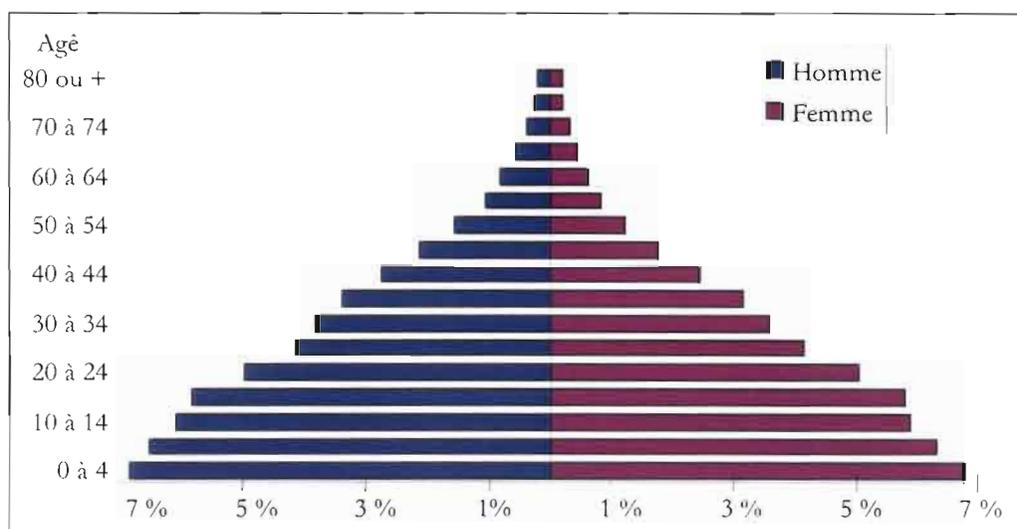


Figure 49 : Distribution du paludisme en fonction du sexe et du type de localité entre 1998 et 2002 (source : FNS/SISMAL, 1998-2002)

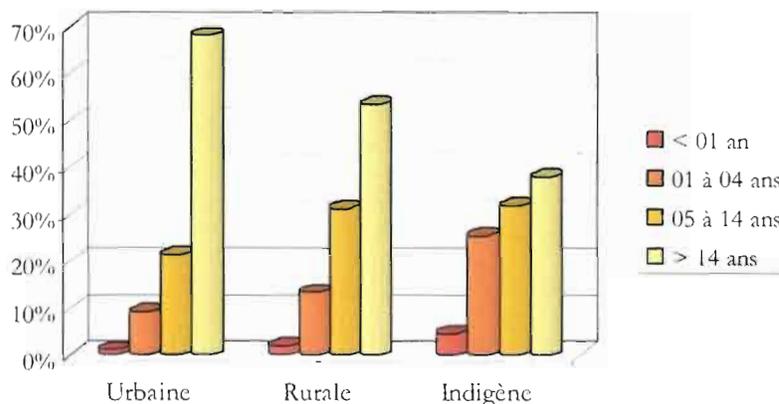
### 6.2.3.2 – Répartition par âge et paludisme

Le Roraima possède une population jeune : près de 40% des habitants avaient moins de 14 ans en 2000. Si l'on ajoute la tranche d'âge de la population dite « économiquement active », c'est-à-dire de 15 à 54 ans, on obtient 94,1% de la population totale (figure 50). Le faible pourcentage de personnes âgées n'a pas de rapport avec l'espérance de vie ou le niveau de vie, mais avec l'intensification récente de l'occupation de l'État dans les 30 dernières années.



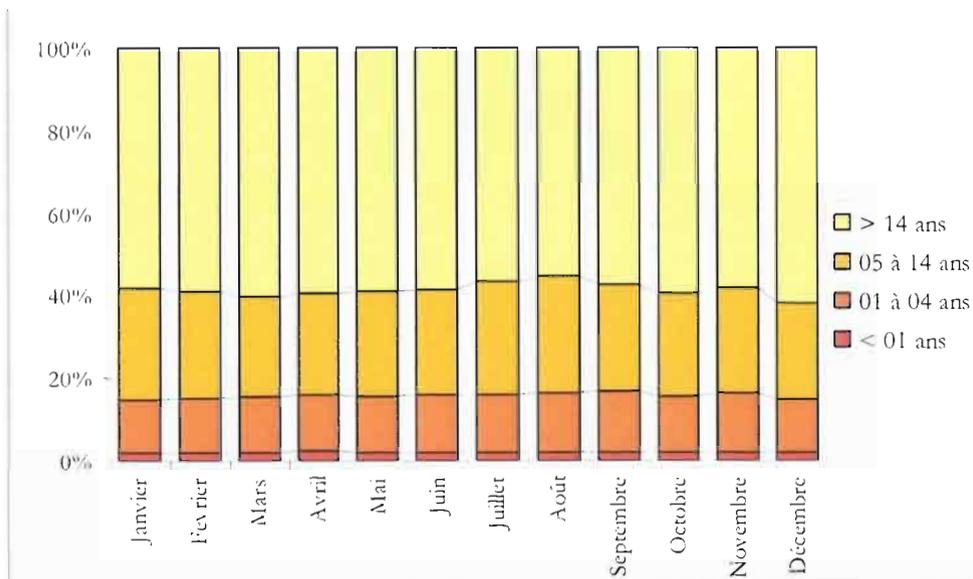
**Figure 50 : Pyramide des âges du Roraima  
(source : IBGE, recensement démographique 2000)**

Les données disponibles sur le paludisme sont organisées en quatre tranches d'âge (moins de 1 an, de 1 à 4 ans, de 5 à 14 ans et plus de 14 ans). Le taux de paludisme enregistré entre 1998 et 2002 chez les jeunes de moins de 14 ans (41,2%) suit presque la même configuration que celui de l'ensemble du reste de la population. Néanmoins, si l'on observe la distribution du paludisme par tranches d'âge et par type de localité (figure 51), on observe une nette différence. Dans les localités urbaines, 68,2% des cas sont observés chez les adultes tandis que dans les localités indigènes il y a moins de 38% des cas enregistrés pour la même tranche d'âge. La probabilité de contact entre l'homme et le vecteur joue certainement un rôle important sur ces données. Le pourcentage plus élevé chez les adultes qui habitent en ville semble avoir un étroit rapport avec le lieu de travail. Sachant que la plupart des travailleurs du Roraima appartiennent au secteur agropastoral, ils sont donc davantage exposés au vecteur sur leur lieu de travail que leur famille qui généralement réside en ville. Malheureusement, les données par tranches d'âges que la Fondation Nationale de Santé met à disposition ne permettent pas de vérifier s'il y existe d'importantes différences d'occurrences de cas de paludisme entre la population économiquement active et les personnes âgées.



**Figure 51 : Proportion du paludisme par tranches d'âge selon le type de localité (source : FNS/SISMAL, 1998-2002)**

En zone rurale et surtout indigène, le pourcentage de paludisme chez les enfants est beaucoup plus élevé que chez les adultes. Cette différence semble liée au mode de vie, qui facilite le contact avec le moustique anophèle. En effet, les Amérindiens habitent généralement dans des régions où l'environnement naturel est plus préservé. De plus, l'habitat est souvent constitué de simples huttes et non de maisons avec des murs. Les villages et les activités des habitants de tous âges sont généralement proches des endroits propices à la reproduction du vecteur. En zone rurale, le taux de paludisme chez les enfants non amérindiens, par rapport aux enfants amérindiens, doit être plus bas du fait de la différence du type d'habitat avec des murs, et l'utilisation dans certains foyers de moustiquaires aux fenêtres. Ces types d'habitation permettent une meilleure application et, par conséquent, une meilleure fixation des insecticides et une moindre présence du moustique dans les maisons. De plus, dans les familles de travailleurs ruraux, les mères portent une attention différente aux enfants, en utilisant davantage les moustiquaires sur les lits des enfants, que chez les Amérindiens.



**Figure 52 : La dynamique mensuelle du paludisme par tranche d'âge**  
(source : FNS/SISMAL, 1998-2002)

L'incidence mensuelle des cas de paludisme par tranches d'âge (figure 52) montre une légère augmentation du nombre de cas dans les classes de moins de 14 ans pendant les mois de juillet - août. Ces deux mois correspondent à l'époque aux vacances scolaires. Pendant cette période, les enfants se rendent souvent en zone rurale, chez leurs parents ou dans leur famille. Les loisirs pendant cette saison, principalement pour les enfants les plus âgés, sont souvent liés à l'eau : baignades dans les *igarapés*, pêche, etc., ce qui multiplie leurs contacts avec des zones propices au paludisme (photo 12). À leur retour en ville, quelques jours ou semaines plus tard, ils développent la maladie.



**Photo 12 : Activités de loisir des habitants du Roraima : pêche et baignade dans un *igarapé* (clichés Helen Gurgel, octobre 2003)**

## **Conclusion**

À partir des analyses réalisées, il est possible de remarquer que la mosaïque des types d'organisation spatiale et sociale qui composent la population du Roraima possède une influence importante sur la dynamique du paludisme. L'organisation spatiale de la population sur ce vaste territoire met en évidence que la proximité des villes, des villages et des principales voies de communication déterminent la répartition et l'intensité de la transmission de la maladie. Les échanges entre les populations frontalières et les populations des pays à haut taux d'incidence du paludisme, surtout de *P. falciparum*, favorisent la maladie et nécessitent une vigilance sanitaire attentive.

Les données actuelles permettent de localiser plus précisément la population dans cet État encore presque vide. La différence observée au sein des zones rurales, urbaines et indigènes souligne les problèmes d'accès aux soins dans la campagne. Elle montre aussi le poids des différences culturelles mais aussi le rôle important du type d'activités professionnelles ou de loisirs sur la répartition des cas de paludisme enregistrés.

En résumé, ce chapitre a mis en évidence la nécessité de connaître en détail les caractéristiques et la dynamique des populations locales pour indiquer quelles classes de la population sont les plus exposées au paludisme. Ces informations sont indispensables pour assurer l'efficacité des programmes de lutte contre la maladie. De plus, elles soulèvent des interrogations sur le rôle des politiques publiques (politiques de santé publique et de lutte antipaludique notamment), dans la dynamique de diffusion du paludisme. Elles semblent essentielles à une meilleure compréhension pour de l'évolution de la maladie au Roraima.

## **CHAPITRE 7**

### **Le rôle des politiques publiques sur le paludisme**

## **Introduction**

Tout au long des chapitres précédents, on a vu que la façon dont agissent les pouvoirs publics, ainsi que les politiques qu'ils développent ont d'importantes répercussions sur la dynamique du paludisme. Aussi, ce chapitre se propose de montrer l'influence et le rôle des politiques publiques sur le paludisme. Il soulignera le poids des principaux facteurs sociaux et environnementaux face aux différentes politiques implantées localement et régionalement et leur impact sur la dynamique du paludisme au Roraima. On s'intéresse ainsi, aux politiques sanitaires menées par les acteurs institutionnels tels que les organismes étatiques fédéraux, de l'État fédéré et des communes, ainsi que les organisations non gouvernementales. Tout d'abord, il faut rappeler que l'influence des politiques gouvernementales sur la lutte antipaludique est parmi les facteurs les plus importants et délicats à aborder dans la dynamique du paludisme. Ainsi, les questions qui seront abordées dans ce chapitre sont les suivantes :

- les caractéristiques des politiques de santé publique appliquées au Roraima et leur influence directe sur l'évolution du paludisme dans l'État ;
- le déroulement des politiques de contrôle du paludisme dans les villes, les campagnes et les réserves indigènes ;
- le niveau de participation de l'État dans la lutte antipaludique au cours de ces dernières années ;
- le rôle des ONG dans la dynamique du paludisme au Roraima.

### **7.1 – Santé publique et paludisme**

Selon l'article 196 de la Constitution Fédérale Brésilienne de 1988, « *la santé est un droit social et un droit de tous et le devoir de l'État* ». Cette règle est appliquée par les politiques sociales et économiques qui visent la réduction du risque des maladies et l'accès universel et égalitaire aux soins, mais également aux actions et services pour la promotion et la protection de la santé. C'est pour répondre à cet objectif que le Système Unique de Santé (SUS) est créé en 1988. Les actions et services publics de santé sont alors intégrés dans un

réseau régional et hiérarchisé qui constitue ce système unique. Ce dernier est décentralisé ? mais la direction générale reste sous la responsabilité du gouvernement fédéral (Brasil, 2002). Ainsi, les États et les communes gèrent eux-mêmes les ressources destinées à la santé et définissent les axes privilégiés d'investissement. Cependant, ils ont l'obligation d'assister les populations à toutes les étapes de la politique sanitaire. L'une des priorités consiste alors à développer les activités de prévention en concertation avec la population. Dans ce domaine, les grandes lignes d'action, parmi lesquelles les campagnes de prévention et de vaccination, mais aussi le contrôle du paludisme, sont tracées par le gouvernement fédéral.

La majeure partie des infrastructures publiques de santé (hôpitaux, centre de soins, etc.) est administrée par l'État ou par les municipalités. Cependant, dans plusieurs régions brésiliennes, ces infrastructures ne suffisent pas pour assister toute la population. Aussi, on enregistre, durant la dernière décennie, une forte augmentation du nombre d'établissements privés sur l'ensemble du territoire fédéral. Aujourd'hui, près de 65% des hôpitaux brésiliens sont privés. La qualité, la disponibilité et l'accessibilité de ces infrastructures sont des éléments essentiels pour le développement d'une bonne assistance sanitaire de la population. Pour le paludisme spécialement, elle va avoir des répercussions sur la dynamique de la maladie, étant donné que le traitement et le suivi des malades sont essentiels pour le contrôle ou pour la diffusion de la maladie.

### **7.1.1 – L'infrastructure de santé au Roraima**

Selon les statistiques disponibles (tableau 11), l'infrastructure de soins au Roraima peut être qualifiée de « bonne » dans le contexte brésilien, notamment si l'on considère que les structures les plus importantes sont concentrées dans le centre-sud du Brésil. Le Roraima présente un taux d'infrastructures de soins au-dessus des moyennes régionales et brésiliennes en ce qui concerne le nombre de centres de soins et de lits hospitaliers publics par habitant. Le rapport centre de soin pour 10 000 habitants est particulièrement élevé au Roraima du fait notamment de la faible densité démographique. Les projets de colonisation, au même titre que les réserves indigènes, abritent ainsi au moins un centre de soins. Ces chiffres montrent que le niveau d'infrastructure de l'État est bon. Par contre, on note une déficience en ce qui concerne les professionnels soignants. Ce qui

traduit que cet État manque d'attractivité pour cette profession et finit par avoir une influence négative sur l'assistance sanitaire à la population.

**Tableau 11 : Réseau hospitalier au Brésil**

Région	Hôpitaux	Hôpitaux publics	Hôpitaux privés	Centres de soins <sup>65</sup> / 10 000 hab.	Lits hospitaliers publics / 10 000 hab.	Médecins généralistes / 10 000 hab.
<b>Roraima</b>	<b>14</b>	<b>14</b>	<b>0</b>	<b>6,86</b>	<b>21,21</b>	<b>4,06</b>
Région Nord	24 604	13 992	10 612	3,57	10,15	3,30
Région Nordeste	119 682	51 715	67 967	4,26	10,48	4,03
Région Sudeste	186 968	68 056	118 912	2,77	9,03	6,41
Région Sud	73 707	17 688	56 019	4,78	6,80	6,63
Région Centre-Ouest	36 630	13 040	23 590	3,56	10,59	4,58
<i>Brésil</i>	<i>441 591</i>	<i>164 491</i>	<i>277 100</i>	<i>3,60</i>	<i>9,30</i>	<i>5,41</i>

Source : Datasus 2003

Il est important de souligner que tous les hôpitaux du Roraima sont publics. Cette situation est l'inverse de ce qui se produit dans presque tout le reste du Brésil, où les hôpitaux privés prédominent. Cela montre le manque d'intérêt de l'investissement privé pour cet État du nord du pays. C'est donc l'institution publique qui doit jouer un rôle majeur pour assurer la dynamique médicale du Roraima. Cette situation est la même dans presque toute la région Nord du Brésil où se concentrent 99% des cas de paludisme. Dans les autres régions brésiliennes, particulièrement le *Sudeste*, où le paludisme est contrôlé depuis longtemps, la situation de l'infrastructure de santé est bien différente. On constate notamment un plus grand nombre de médecins ce qui laisse supposer un accès aux soins facilité et, par conséquent, une meilleure condition sanitaire de la population.

De toutes les communes du Roraima (tableau 12), c'est Boa Vista qui possède la meilleure infrastructure de soins. En 2003, elle abrite plus de 70% des lits disponibles dans l'État. Cependant, comme la population communale représente plus de 60% de la population totale du Roraima, le nombre de lits par habitant demeure juste un peu plus élevé que la moyenne de l'État (2,4 lits/1 000 habitants).

<sup>65</sup> Le terme « centre de soins » correspond aux diverses unités d'assistance sanitaire (centre et postes de santé, centre de soins spécialisés, laboratoires d'analyses, cliniques, maternités, etc.). Pour plus d'informations, voir le site <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/sia/cndescr.htm>

Tableau 12 : Réseau hospitalier au Roraima

Comunes	Hôpital	Lits hospitaliers	Lits / 1 000 hab.	Centre de soins	Médecins généralistes / 10 000 hab.
Alto Alegre	2	41	7,21	10	10,79
Amajari	0	0	0,00	12	0,52
Boa Vista	4	542	2,45	134	4,38
Bonfim	1	20	1,83	7	3,84
Cantá	0	0	0,00	13	3,25
Caracarái	0	0	0,00	21	3,24
Caroebe	1	11	1,90	4	5,22
Iracema	0	0	0,00	1	0,00
Mucajái	1	34	2,97	8	3,51
Normandia	1	23	4,00	9	6,82
Pacaraima	1	27	3,56	8	6,75
Rorainópolis	1	20	0,95	7	3,53
São João da Baliza	1	16	3,04	2	3,84
São Luiz	1	24	4,07	4	3,51
Uiramutã	0	0	0,00	5	1,66
<b>Roraima</b>	<b>14</b>	<b>758</b>	<b>2,12</b>	<b>245</b>	<b>4,06</b>

Source : Datasus 2002-2003

C'est également à Boa Vista que se trouvent 4 des 14 hôpitaux, et 55% des centres de soins existants dans l'État. Ces chiffres montrent une fois de plus le niveau de concentration sur la capitale du Roraima. Aussi, la population résidant dans les communes voisines doit se rendre à la capitale pour bénéficier des services spécialisés. Pourtant, d'autres communes possèdent une infrastructure médicale élémentaire raisonnable, principalement dans le nord de l'État. Néanmoins, certaines d'entre elles, créées en 1997 (Iracema, Amajari, Cantá, etc.), n'ont encore que peu d'infrastructures de soins ou de médecins généralistes. Pour ces communes nouvelles, la santé ne représente pas une priorité. Plus globalement, ces statistiques illustrent la lenteur des investissements et la faible importance relative du domaine sanitaire dans les préoccupations politiques locales. La qualité de vie des populations concernées demeure donc précaire.

### 7.1.2 – Réseau de soins et paludisme au Roraima

L'accessibilité de la population au réseau de soins est essentielle pour le traitement du paludisme. Aussi, une bonne connaissance de la répartition spatiale de ce réseau illustre le rapport étroit qui existe entre l'infrastructure hospitalière et la lutte contre le paludisme. La figure 53 indique le nombre de lits et la quantité de professionnels de santé pour 1 000

habitants et l'IPA moyen de paludisme (1998/2004) par commune. Elle montre que, dans presque toutes les communes où ces facteurs de soins sont faibles ou même inexistants, comme à Amajari et Rorainópolis, les valeurs de l'IPA sont les plus hautes de l'État. À l'inverse, dans les communes possédant de meilleures infrastructures de santé comme São João da Balisa, Normandia et Boa Vista, les valeurs d'IPA demeurent faibles.

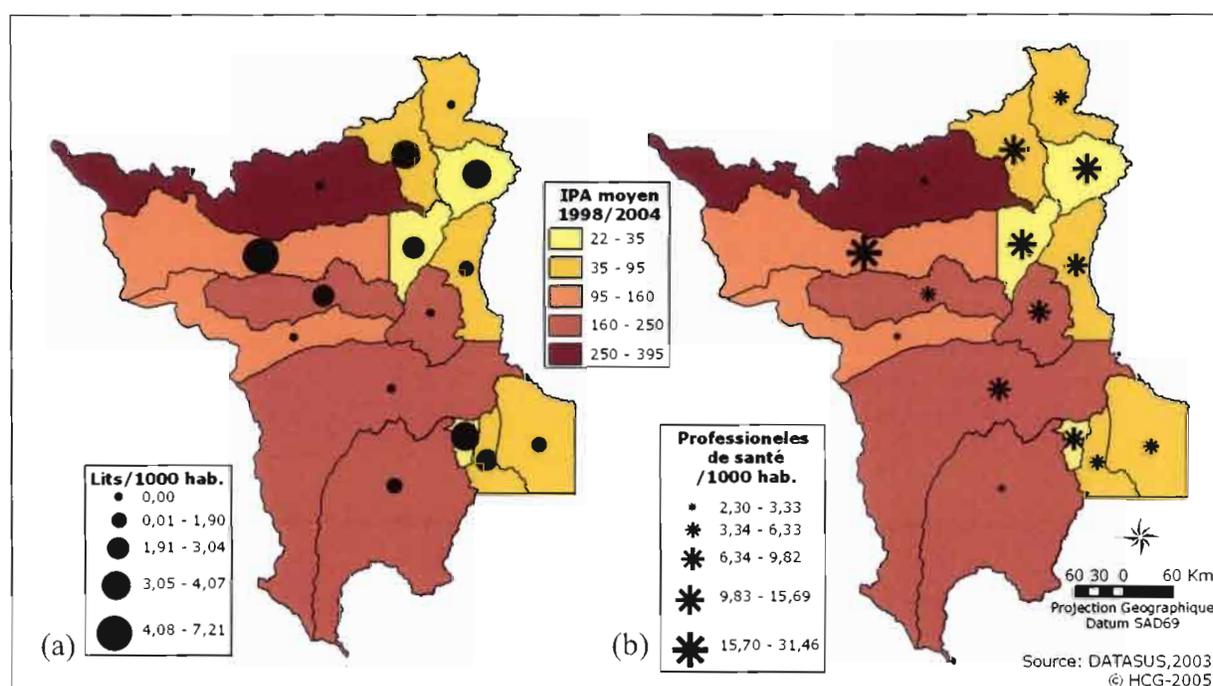


Figure 53 : Nombre de lits hospitaliers pour 1 000 habitants (a) ;  
 Professionnels de santé pour 10 000 habitants (b) ;  
 et IPA moyen (1998/2004) pour 1 000 habitants par commune.

Deux communes attirent l'attention. Tout d'abord, la commune d'Alto Alegre qui, bien que possédant la meilleure infrastructure de santé, présente un IPA moyen assez élevé. Cette commune a toutefois connu une des plus grandes chutes de l'IPA au cours des dernières années, passant de 183,5 cas pour 1 000 habitants en 1998 à 10,08 cas pour 1 000 habitants en 2003. La seconde commune est la plus ancienne de l'État, Caracarái. Quatrième commune en terme de population, Caracarái ne dispose d'aucun hôpital et affiche l'une des moyennes annuelles d'IPA les plus élevées de l'État entre 1998 et 2004 (241,96 cas pour 1 000 habitants).

Ces exemples montrent que le rapport entre disponibilité des structures de santé et présence du paludisme est assez étroit. L'insuffisance des structures de soins dans certaines communes reflète du peu d'engagement de leur municipalité pour les questions

de santé. Ce manque d'intérêt se répercute sur les actions de contrôle du paludisme que la commune doit réaliser. Leur nombre limité contribue à y expliquer la forte présence du paludisme.

D'un côté, cette situation expose la nécessaire prise de conscience, par les municipalités, du rôle qu'elles doivent jouer dans la lutte contre le paludisme. De l'autre, elle révèle le danger de la décentralisation du système de santé, une politique qui provoque des disparités entre les communes en matière d'accès aux soins. Cette situation peut engendrer un afflux de populations malades vers les communes dotées de meilleures structures de santé. À terme, ceci peut provoquer une saturation de leur réseau de santé et porter préjudice à l'ensemble de la commune. Au-delà de cette augmentation de charges, la situation accroît également les difficultés liées au contrôle du paludisme dans la zone concernée. En effet, l'absence d'actions de contrôle dans une commune entraîne la multiplication du nombre de personnes atteintes et la maladie peut alors toucher les communes voisines jusqu'alors protégées. Or, la migration intercommunale des populations renforce la diffusion de la maladie dans les communes voisines (chapitre 4 et 6). La situation décrite ici résume les problèmes rencontrés dans l'organisation de la lutte contre le paludisme au Roraima comme dans tout le Brésil.

## **7.2 – La lutte contre le paludisme au Roraima**

Les actions de contrôle du paludisme ont été réalisées au départ par le gouvernement fédéral. Plusieurs structures ont été sollicitées : le Département National d'Endémie, la Compagnie d'Éradication de la Malaria (CEM), la Superintendance des Campagnes de Santé Publique (SUCAM) et en dernier lieu la Fondation Nationale de Santé (FUNASA). Les actions ont été planifiées et exécutées de façon centralisée par ces équipes spécialisées.

À partir de 2000, pour atteindre les objectifs de décentralisation définis dans le Système Unique de Santé (SUS) et l'organisation hiérarchisée des services de santé, le Ministère de la Santé et la FUNASA transfèrent aux États fédérés et aux communes la responsabilité de l'exécution des actions de contrôle des endémies. L'équipe du Secrétariat de Surveillance de Santé (*Secretaria de Vigilância de Saúde - SVS*), qui dépend directement du Ministère, doit définir et publier les protocoles d'actions de contrôle, surveiller l'évolution

nationale des maladies endémiques et centraliser les données statistiques. Le Secrétariat de Santé des États gère et surveille les actions réalisées par les communes. Les municipalités sont chargées d'appliquer les interventions définies dans les protocoles du SVS. Les crédits pour la gestion et pour l'application de ces opérations est directement confié aux États et aux communes par le gouvernement fédéral.

Il est important de souligner que le traitement ainsi que le dépistage du paludisme sont gratuits. Par contre, pour bénéficier du traitement, la personne doit d'abord se soumettre à l'examen de dépistage. S'il est positif, le malade reçoit tous les médicaments spécifiques nécessaires à sa guérison. Afin de vulgariser l'information et de faciliter l'accès aux protocoles d'actions de contrôle du paludisme, le SVS édite des guides explicatifs complets qui sont mis à disposition du public sur Internet (SVS, 2005 et annexe 4, page 255). Les guides sont aussi distribués aux secrétariats de santé des États, qui les distribuent aux communes et aux agents de santé.

En dépit de la politique de décentralisation, la FUNASA est restée en activité. Elle s'occupe désormais de la santé indigène et des actions d'assainissement dans les communautés où les indicateurs de santé dénotent la présence de maladies causées par le manque ou l'inadéquation du réseau d'assainissement<sup>66</sup>. Ainsi, le contrôle des maladies endémiques dans les réserves indigènes est exclusivement géré par la FUNASA. On doit souligner que cette dernière doit aussi suivre les protocoles développés par le SVS. Ces importants changements de gestion de la santé résultent d'une nouvelle forme d'organisation du système de santé adopté au Brésil.

### **7.2.1 – Nouvelle organisation du système de santé**

Après la promulgation de la nouvelle constitution fédérale en 1988, le Brésil débute une réforme du système de santé. Le nouveau modèle de vigilance sanitaire est basé sur la réduction du risque de maladies avec pour principale priorité les actions préventives. Étant donné que les modifications apportées par cette réforme sont relativement

---

<sup>66</sup> Les programmes réalisés par la Funasa financent des travaux d'assainissement qui contribuent à améliorer les indicateurs de santé, comme : l'incidence de la schistosomiase, du trachome, de la fièvre typhoïde et du choléra ; la détection et le contrôle des vecteurs de la dengue, de la maladie de Chagas et du paludisme ; et la mortalité causée par la diarrhée chez les enfants de moins d'un an (Funasa, 2005).

importantes, elles prennent du temps pour être mises en place. Ce n'est qu'en 2002 que les nouvelles actions de contrôle du paludisme, telles que définies dans le nouveau modèle de santé, deviennent opérationnelles. Partie intégrante des actions basiques de santé, elles sont sous la responsabilité des Unités Basiques de Santé<sup>67</sup> et de leurs équipes. Dans les communes qui ont déjà implanté le Programme de Santé Familiale (PSF – *Programa Saúde da Família*), les actions sont partagées entre ce dernier et les équipes des Unités Basiques de Santé.

Le PSF est une stratégie qui donne la priorité aux actions visant la promotion, la prévention, la protection et le rétablissement de la santé de la famille, du nouveau-né à la personne âgée. L'objectif du PSF est la réorganisation de la pratique de la politique de santé sur de nouvelles bases. Il repose surtout sur la substitution du modèle traditionnel fondé sur le traitement des maladies et autour de l'hôpital, par l'attention centrée sur la famille, y compris son environnement physique et social. Cela permet aux équipes du PSF d'avoir une connaissance plus large du processus santé/maladie et de la nécessité des interventions qui dépassent les pratiques curatives. Ces équipes se composent, d'au moins, un médecin généraliste, une infirmière, une aide-soignante et six agents communautaires de santé. Chacune d'elle doit accompagner environ 3 000 à 4 500 personnes ou 1 000 familles d'un secteur urbain ou rural déterminé (DAB-MS, 2005).

Lancé en 1994, ce programme a présenté, ces dernières années, une forte croissance. Actuellement, il concerne 43,4% de la population brésilienne. Au Roraima, ce programme a débuté en 2000. En 2005, 13 municipalités l'ont déjà adopté et il touchait alors près de 70% de la population de l'État.

Parmi les participants de l'équipe du PSF, on doit insister sur le rôle des Agents Communautaires de Santé (ACS - *Agentes Comunitários de Saúde*). Ce sont des professionnels de santé responsables des actions éducatives, de la prévention des maladies et de la promotion de la santé. Ils jouent un rôle très important dans la lutte contre le paludisme puisqu'ils doivent assurer plusieurs tâches complémentaires :

---

<sup>67</sup> Les Unités Basiques de Santé regroupent les postes et centres de santé mais aussi leurs équipes composées de médecins, infirmières, aide-soignantes, agents communautaires de santé, dentistes et auxiliaires de dentistes (DAB-MS, 2004).

- Identifier les malades potentiels et les diriger vers le poste de santé le plus proche pour la réalisation de l'examen de dépistage. Dans les régions où cet établissement est très éloigné, ils prélèvent un échantillon de sang du malade et l'envoient pour analyses chez un laborantin. Les ACS se rendent à nouveau chez le patient avec le diagnostic et les médicaments pour le traitement si nécessaire ;
- Pratiquer un suivi régulier du malade afin de s'assurer du respect de la prescription médicale ;
- Attirer l'attention de la communauté sur le danger que représente le paludisme et sur les précautions élémentaires à prendre pour éviter la maladie;
- Faire prendre conscience aux populations de l'intérêt du dépistage et du suivi du traitement dans sa totalité (Brasil, 2002).

Les ACS appartiennent à la communauté au sein de laquelle ils sont appelés à exercer. Généralement jeunes, ils sont souvent titulaire d'un diplôme équivalant au bac français et sont recrutés directement par les coordinateurs municipaux des programmes de santé. La formation des agents relève de la responsabilité du Secrétariat de santé de l'État.

De façon générale, le nouveau modèle d'organisation du système de santé est intéressant puisqu'il prend en compte l'individu dans son milieu et au sein d'une collectivité. Ces facteurs sont capitaux dans la dynamique du paludisme comme l'ont montré nos précédentes analyses. Cependant, la mise en place de ces actions est très complexe du fait de l'existence de plusieurs niveaux de gestion et surtout de la grande responsabilité de gestion accordée aux communes. À l'échelon de la municipalité, les enjeux d'engagement politique vont jouer fortement. Dans le cas des ACS par exemple, le recrutement d'un futur agent est souvent davantage conditionné par ses opinions politiques que par ses réelles capacités professionnelles<sup>68</sup>. Ainsi, le niveau d'engagement politique va compromettre fortement l'efficacité de l'assistance sanitaire et en conséquence le contrôle du paludisme sur le terrain. Par ailleurs, le suivi de la santé des amérindiens, une part non négligeable de la société locale, est réalisé de façon distincte par la FUNASA.

---

<sup>68</sup> Cette situation a été observée et relatée lors des enquêtes de terrain auprès des agents de santé et des usagers des services de santé.

## 7.2.2 – La santé indigène

Afin de mieux gérer la santé indigène, la FUNASA a créé les Districts Sanitaires Spéciaux Indigènes (*Distrito Sanitário Especial Indígena* - DSEI). Il en existe 34 au Brésil, dont deux au Roraima (figure 54). Ces districts sont créés à partir du regroupement des réserves indigènes dont les ethnies présentent des racines communes, les DSEI ne respectent pas les divisions administratives brésiliennes et peuvent s'étendre sur deux à cinq États différents. Par exemple, le DSEI Yanomami s'étale sur le territoire des États du Roraima et de l'Amazonas. Cette situation est en effet dangereuse, car bien qu'il s'agisse d'une région peu peuplée, elle peut faciliter la diffusion des maladies d'un État infecté à un État voisin où elles sont contrôlées, étant donné que les déplacements des Amérindiens sont constants pour la chasse et la pêche, ainsi que pour les visites familiales, dans les communautés voisines.

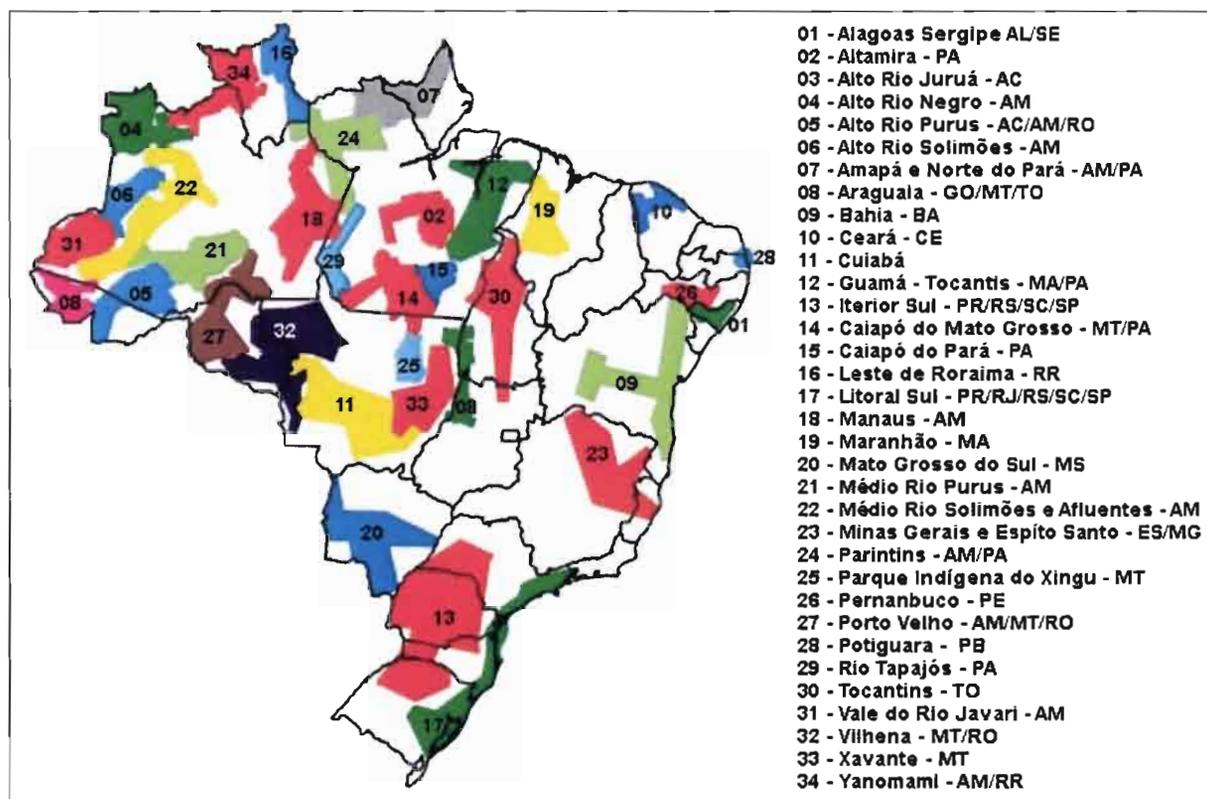


Figure 54 : Les districts sanitaires spéciaux indigènes  
(d'après DESAI/FUNASA/MS, 2003)

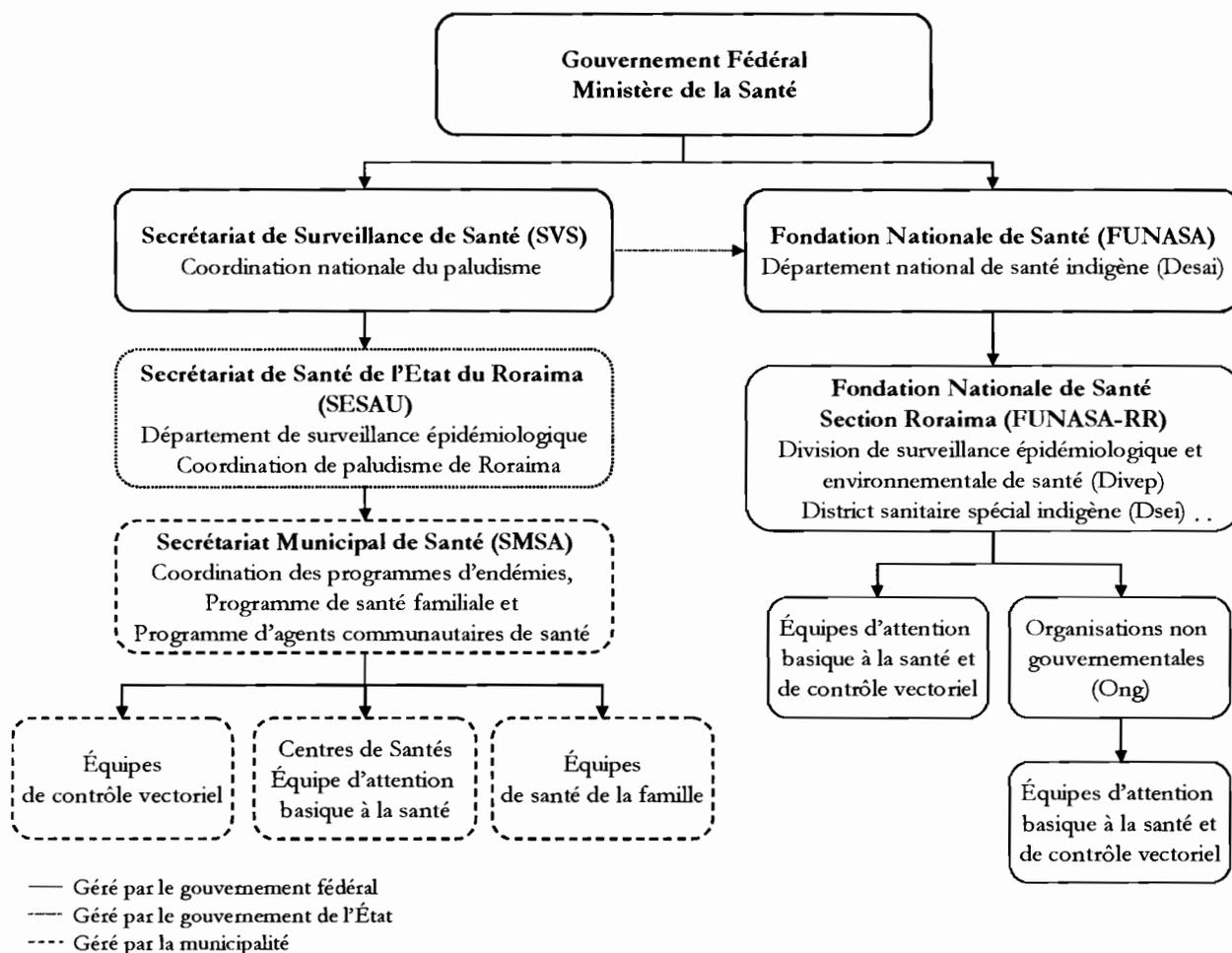
Les actions sanitaires dans les DSEI sont réalisées par les équipes de la FUNASA et par des partenaires non gouvernementaux. À partir de 1999, la FUNASA réalise des

partenariats avec des ONG en raison de l'extension territoriale des DSEI, de la dispersion des amérindiens, de la taille réduite des équipes disponibles, de la difficulté d'accès et des problèmes liés aux différences culturelles. Les ONG choisies travaillent depuis longtemps avec la population amérindienne locale. Certaines d'entre elles présentent plutôt un caractère religieux alors que d'autres se battent davantage autour de la question des droits des populations indigènes. Les ONG sont ainsi responsables de l'application des actions basiques de santé et des protocoles d'actions de prévention et de contrôle des maladies. Pour réaliser ces opérations sanitaires, les ONG sont entièrement financées par la FUNASA.

### **7.2.3 – Schéma de la lutte antipaludique au Roraima**

La figure 55 montre de façon schématique les différents niveaux de l'organisation de la lutte contre le paludisme. Sur l'organigramme, on constate que les actions sont décentralisées et passent par divers niveaux de gouvernance. Cela peut entraîner un manque d'harmonie entre les actions. Au niveau communal surtout, le poids des partis politiques s'avère parfois très fort et perturbe le bon fonctionnement du système de santé. Cette situation montre une fois de plus que le manque d'adéquation dans la lutte contre le paludisme entre deux communes voisines constitue un facteur limitant dans le suivi et le contrôle de la maladie au Roraima.

Les compétences de chaque organisme dans la lutte antipaludique sont montrées de façon synthétique dans le tableau 13. La multiplication des étapes intermédiaires contribue à ralentir le fonctionnement du système de santé. Par ailleurs, il faut noter l'importance fondamentale de la municipalité dans la phase de contrôle de la maladie. En effet, c'est elle qui est responsable de la bonne application des diverses actions auprès de la population donc de l'individu. Son action est ainsi prépondérante puisqu'elle agit directement sur l'un des trois éléments essentiels du cycle du paludisme : l'hôte. D'un côté, cette décentralisation des compétences peut être fortement perturbée à chaque niveau d'intervention par des problèmes d'affiliations à un parti et d'intérêts politiques. D'un autre côté, elle rapproche les décideurs et les populations touchées par le paludisme. L'un des intérêts majeurs réside dans le fait que les actions sont mieux ciblées et plus adaptées aux réalités locales.



**Figure 55 : Organigramme de la gestion de contrôle du paludisme**

Les actions du programme de contrôle du paludisme n'ont été adaptées au nouveau modèle de gestion de la santé qu'en 2002, année au cours de laquelle l'IPA est l'un des plus bas jamais enregistrés au Roraima. Cependant, les années suivantes connaissent une augmentation progressive des cas de paludisme. On passe d'un IPA de 23,37 cas pour 1 000 habitants en 2002 à un IPA de 70,20 cas pour 1 000 habitants en 2004, soit une augmentation de 218%. Sur les neuf premiers mois de l'année 2005, le nombre de cas augmente de 280% par rapport à la même période pour l'année 2002. Ceci illustre les difficultés du nouveau modèle sanitaire à réaliser les objectifs escomptés dans la lutte antipaludique. Par ailleurs, les différences intercommunales sont importantes comme le montrent les analyses de la section 7.1. Le rôle des politiques de santé publique est donc essentiel dans la dynamique du paludisme

**Tableau 13 : Compétences des niveaux de gestion du contrôle du paludisme**

Fédéral	État	Municipalité
Élaborer les directives nationales du programme de contrôle et prévention du paludisme (PNCM)	Suivre l'implantation et l'exécution des actions du PNCM dans son territoire	Adapter et implanter les actions définies dans le PNCM
Cofinancer les actions définies dans le PNCM	Régler les relations intercommunales	Recruter les équipes de suivi de base de la santé responsables de l'exécution des actions du PNCM
Définir la politique de formation des équipes de santé	Coordonner l'exécution des politiques de qualification des ressources humaines dans son territoire	Maintenir le réseau des unités basiques de santé en fonctionnement (gestion et coordination)
Proposer des mécanismes pour le règlement et l'évaluation du PNCM	Cofinancer les actions du PNCM	Cofinancer les actions du PNCM
Alimenter les bases de données nationales	Aider l'exécution des stratégies d'évaluation du PNCM dans son territoire	Alimenter les systèmes d'informations
Financer, gérer et appliquer le PNCN dans les DSEI		Évaluer l'action des équipes d'attention basique de santé sous sa surveillance.

### 7.3 – Rôle des structures de santé dans la dynamique du paludisme

#### 7.3.1 – L'indice d'efficacité

Depuis 1962, le paludisme est une maladie à déclaration obligatoire. Chaque personne subissant un examen de dépistage doit également remplir un questionnaire (annexe 8, page 264). Cette fiche enrichit alors la base de données nationale nommée SIVEP. Elle offre des informations sur le nombre de personnes ayant subi un examen au long des années et le nombre de cas de paludisme recensés.

La facilité avec laquelle l'examen est réalisé est un indicateur de la qualité d'accès des populations aux soins. Cette facilité ou difficulté d'accès montre l'engagement des responsables pour offrir des services de santé de qualité à tous. Afin de mesurer cet engagement, nous avons calculé un indice que nous appelons d'Indice d'Efficacité (IE). Il est basé sur un rapport intégrant le nombre d'examens réalisés moins le nombre d'examens positifs, divisé par la population résidente, le tout multiplié par mille.

$$IE = \frac{(\text{nombre total d'examens} - \text{nombre d'examens positifs})}{\text{population totale résidente}} \times 1\,000$$

Quant l'IE est élevé, cela signifie que l'écart entre le nombre d'examens réalisés et la quantité de cas positifs de paludisme par rapport au nombre d'habitants est important. Un écart considérable traduit un bon accès aux soins pour la population, ce qui montre alors un plus fort engagement des responsables publics dans la lutte antipaludique. Le graphique de la figure 56 montre la variabilité de l'IE au cours des 44 dernières années. Tout abord, il est intéressant de remarquer la forte oscillation de l'IE entre 1962 et 2004. Cette fluctuation montre l'inconstance de l'engagement des programmes de contrôle. Durant toute cette période, on note des moments d'engagement élevés, le plus souvent concentrés sur des périodes courtes : 1975-77, 1995-96, 2000-02.

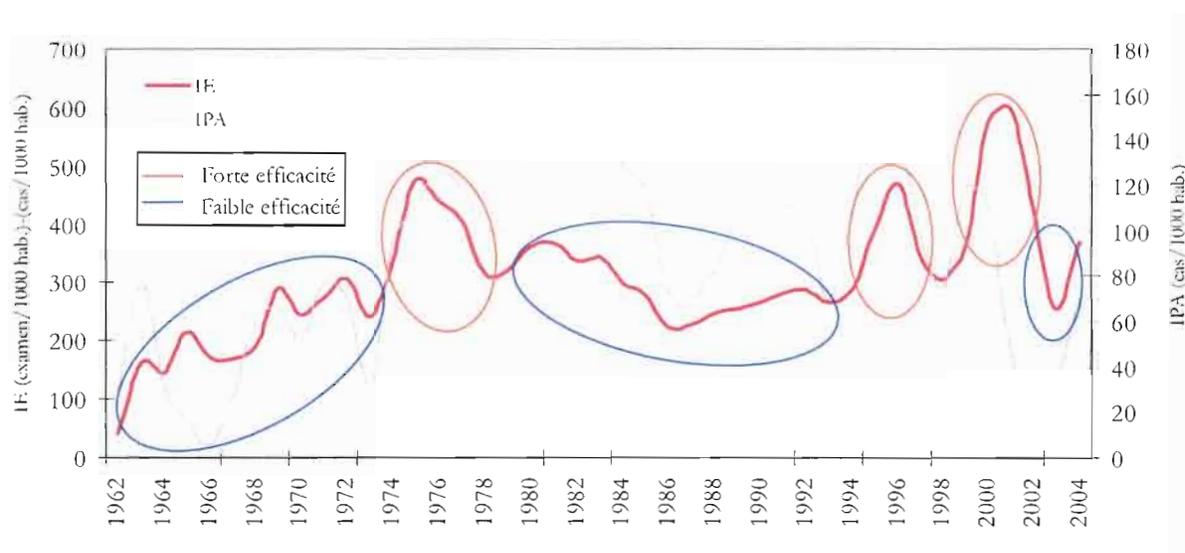


Figure 56 : Indice d'efficacité au Roraima de 1962 à 2004

En observant simultanément le tableau 14 et la figure 56, il est possible de remarquer que pendant les années 1960 les examens de dépistage de paludisme étaient plutôt rares. L'amélioration de l'accès à l'examen a été acquise au cours de la décennie 60-70. Entre 1975 et 1978, on constate un important progrès. Cela correspond aussi à la période d'ouverture des routes BR-174 et BR-210. L'importance de la lutte contre le paludisme dans les lieux de construction des routes est déjà notée à cette époque. Les services publics portent alors une attention particulière à la santé des ouvriers chargés des travaux de construction, la plupart d'entre eux subissent des examens de dépistage du paludisme.

Ainsi, le pic observé durant cette période est principalement lié aux travaux d'ouverture des routes.

**Tableau 14 : Niveau d'accès aux soins**

Accès aux soins	Année
Extrêmement élevé	1975, 1996, 2000-01
Très élevé	1976-77, 2002
Élevé	1995, 1999, 2004
Bas	1971, 1989-90, 1993, 2003
Très Bas	1970-73, 1986-88
Extrêmement bas	1962-68

Après la construction des routes, qui coïncide également avec la fin du programme mondial d'éradication du paludisme, on constate une certaine stabilisation avec une légère chute de la qualité d'accès aux soins pendant les quinze années suivantes. Ces années sont marquées par le manque d'actions concrètes en faveur de la lutte contre le paludisme, surtout à cause de l'absence de programmes internationaux. Au début des années 1990, l'OMS lance de nouvelles directives contre le paludisme et la FUNASA prend en charge les actions de contrôle des maladies endémiques. Une reconquête de la qualité d'accès aux soins est entreprise. Cependant, une forte chute de l'IE entre les années 1997 et 1998 se produit.

Un nouveau plan de lutte contre le paludisme est lancé en 1997 et les premières actions de décentralisation sont réalisées. Les communes deviennent responsables de certaines actions de contrôle. En 1999, une des plus graves épidémies de paludisme se produit, on remarque une hausse très importante de l'IE. En 2000, un nouveau plan est lancé et les ONG deviennent responsables de la santé indigène. Le meilleur accès aux soins aboutit à une très forte chute du paludisme en 2001-2002. Cependant, en 2003, année des élections municipales, on constate une fois de plus une chute impressionnante de l'IE, montrant le désengagement des communes. Cette situation entraîne une explosion du paludisme en 2004.

Le tableau 14 synthétise la forte variabilité de l'accès aux soins au cours des quarante dernières années. La forte fluctuation de l'engagement des gestionnaires de santé favorise beaucoup les explosions périodiques de paludisme observées entre 1962 et 2004, notamment pendant la dernière décennie. Cette situation a aussi provoqué un manque de contrôle effectif et durable du paludisme au Roraima et dans toute la région amazonienne, où le niveau d'accès aux soins reste insuffisant. La lutte contre le paludisme nécessite un effort continu sur une longue durée, pendant au moins 20 ans, comme le montrent les campagnes européennes et brésiliennes qui ont réussi à éradiquer le paludisme.

L'IE nous permet aussi de visualiser le fort écart de l'accessibilité à la santé entre les habitants de la capitale Boa Vista, les populations des communes rurales et les communautés indigènes au Roraima. Ce fait devient clair quand on spatialise simultanément l'IE et l'IPA des 51 principales localités du Roraima (figure 57). Des bourgades plus rurales comme Santa Maria do Boiaçu et Entre Rios ont le plus mauvais niveau d'accessibilité aux soins. D'autres localités, pourtant sièges de communes comme Pacaraima et São Luiz, ont aussi un indice d'accès aux soins très bas et des IPA relativement élevés. Cette réalité montre une fois de plus que la difficulté d'accès aux soins est une importante barrière pour le contrôle du paludisme.

Parmi les localités du Roraima, on s'intéresse plus particulièrement aux communautés indigènes, comme Awaris et Surumu. Ces localités, malgré un IPA moyen encore élevé dans la période étudiée, présentent les taux d'IE les plus élevés, ce qui montre une attention spéciale aux soins offerts à cette population. Ce fait devient ainsi un bon exemple de l'influence de l'efficacité de l'accès aux soins et de l'implication des politiques publiques dans le contrôle des maladies. Ces résultats positifs sont obtenus auprès des populations indigènes par le partenariat entre les ONG et la FUNASA.

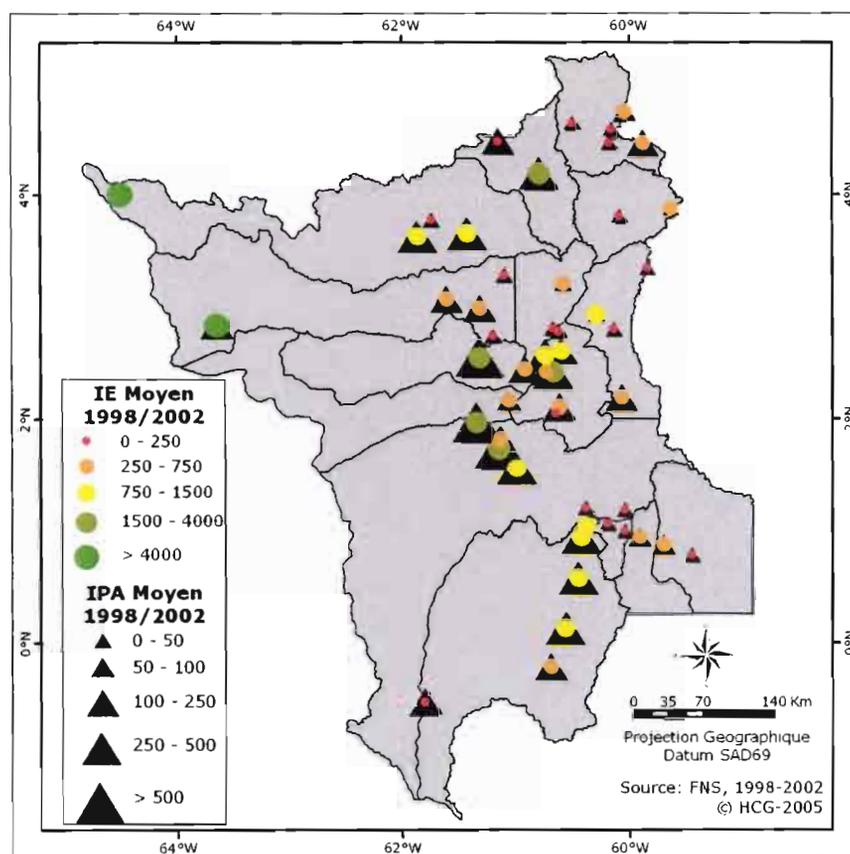


Figure 57 : IE et IPA moyens de 1998 à 2002 des 51 principales localités du Roraima

### 7.3.2 – Rôle des ONG dans la lutte anti-paludique : assistance aux amérindiens

Les Amérindiens du Roraima ont été très touchés par le paludisme au long des deux dernières décennies. Entre 1987 et 2000, 1 600 indiens Yanomami sont morts du paludisme sur une population totale de 12 000 individus (CCPY, 2006). À partir de la fin de 1999, cinq ONG, en partenariat avec la FUNASA, prennent en charge le suivi de la santé des populations indigènes au Roraima. L'ONG CIR (*Conselho Indígena de Roraima - Conseil Indigène du Roraima*) s'occupe des 27 500 indigènes du DSEI Leste, qui englobe toutes les réserves indigènes de l'est du Roraima. Quatre autres ONG deviennent responsables du DSEI Yanomami. Les ONG Secoya (*Serviço de Cooperação com o Povo Yanomami - Service de coopération avec le peuple Yanomami*) et IBDS (Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Sustentável - Institut Brésilien de Développement Durable) prennent en charge près de 6 000 indiens Yanomami habitant en Amazonas alors que les ONG URIHI - Santé Yanomami et Diocèse de Roraima s'occupent des 9 500 indiens demeurant sur le territoire du Roraima.

Au début, ces ONG réalisent toutes les phases du suivi de base de santé. Elles commencent par construire et rénover des postes de santé et prennent en charge l'achat des médicaments. Par ailleurs, les ONG s'occupent aussi du transport des personnes (équipe sanitaire et malades graves) et des biens entre la DSEI et les villes. Elles organisent également le recrutement et la formation de personnels qualifiés dans le domaine de la santé. Cependant, les différences de culture entre les fonctionnaires de santé et les communautés indigènes, ainsi que la longue durée du séjour dans les DSEI, rendent ce travail difficile. De plus, les problèmes liés au transport ou à l'accès aux réserves compliquent également les actions menées par ces équipes de santé. Par exemple, certaines communautés ne sont accessibles que par voie aérienne, à 2 ou 3 heures de vol en avion-taxi depuis Boa Vista.



**Photo 13 : Structure de santé dans le DSEI Yanomami au pôle-base d'Awaris**  
**(a) Poste de santé ; (b) Pharmacie ; (c) Cabinet de consultation ; (d) Infirmierie**  
**(clichés Helen Gurgel, octobre 2003)**

Devant la forte dispersion de la population, quelques communautés sont choisies pour leur centralité, pour y implanter une équipe de santé et une infirmerie de base (photo 13). À partir de ce pôle-base, les équipes organisent des missions pour apporter l'assistance sanitaire dans les autres localités. Les distances parcourues sont généralement longues : il faut souvent entre 2 à 8 heures de marche ou de canoë pour atteindre les hameaux. L'équipe de santé demeure pendant 60 jours dans la région du pôle-base. Dans les communautés plus isolées, seul un aide-soignant reste sur place pour assister les agents indigènes de santé (AIS - Agente Indígena de Saúde)<sup>69</sup>

En raison de l'isolement des postes de santé, les consultations et informations médicales sont échangées par radio entre l'aide-soignant ou l'AIS et l'infirmière ou le médecin basé dans les pôles-bases. En cas d'urgence, un malade peut être transporté par avion ou hélicoptère jusqu'à l'hôpital le plus proche. Lorsqu'il n'est pas possible de réaliser le traitement dans les DSEI, le malade et un accompagnant sont transférés à Boa Vista. Pendant leur séjour dans la capitale, ils sont logés dans un établissement maintenu par la FUNASA appelé « Maison de Santé de l'Indien » (figure 58).

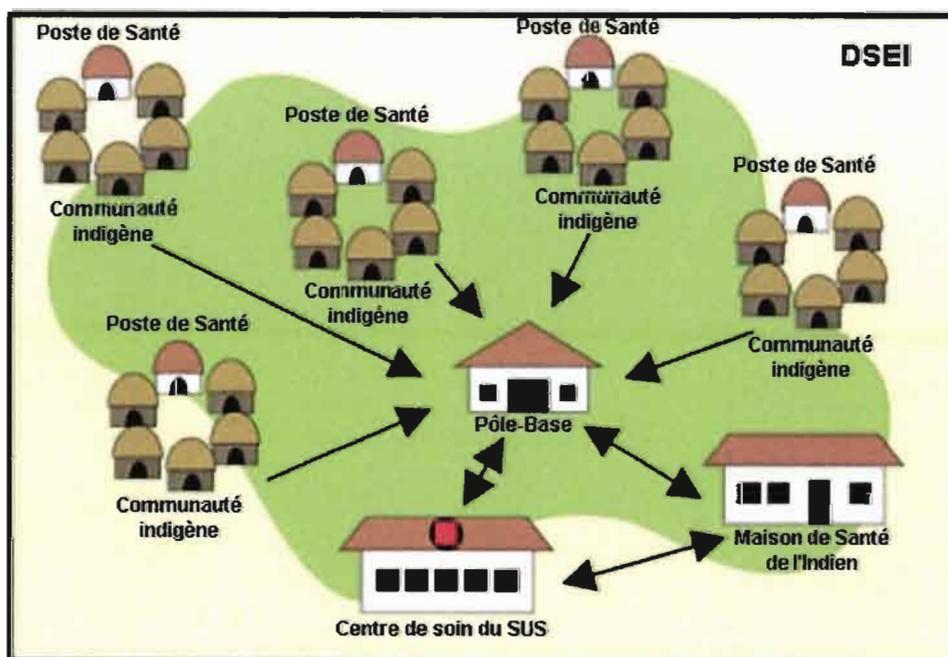


Figure 58 : Organisation autour d'un pôle-base d'un DSEI (d'après FUNASA, 2005B)

<sup>69</sup> Les Agents Indigènes de Santé (AIS) ont les mêmes fonctions que les Agents Communautaires de Santé (ACS).

Les agents indigènes de santé (AIS) sont recrutés au sein de la communauté. Ils se chargent d'accompagner les aides-soignants, de faire fonction d'interprète du dialecte local, de communiquer et de recueillir les informations sanitaires auprès des habitants. Les laborantins qui font l'examen de dépistage du paludisme et les agents de contrôle des vecteurs sont aussi choisis parmi les populations amérindiennes (photo 14). Tous sont formés par les ONG, qui rédigent les manuels de formation dans les différents dialectes locaux.

Le protocole de lutte contre le paludisme suivi par les ONG est le même que celui pratiqué dans les autres communes du Roraima. Son application scrupuleuse, entraîne une baisse très importante des cas de paludisme. Dans le DSEI Yanomami, le nombre de cas est ainsi passé de 7 585 en 2000 à 418 en 2003 chutant ainsi de 1 714,5% alors que sur la même période l'État du Roraima dans son ensemble enregistrait une baisse de seulement 67,3%. Selon le médecin Claudio Oliveira<sup>70</sup>, président de l'ONG Urihi, le plus important dans la lutte contre le paludisme chez les Yanomami est le strict respect du protocole établi par la SVS, principalement au niveau du suivi du traitement et de la recherche de cas asymptomatiques. Ce travail est surtout réalisé par les AIS et par les aides-soignants.

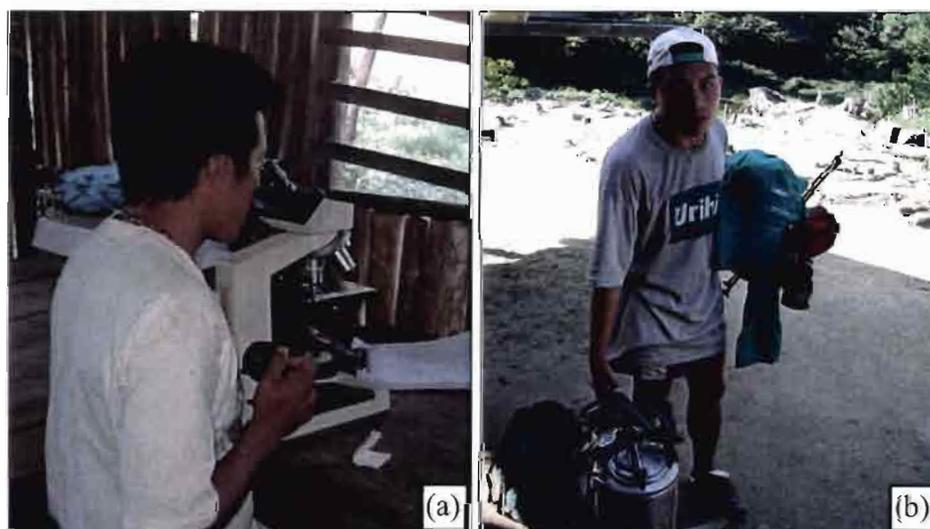


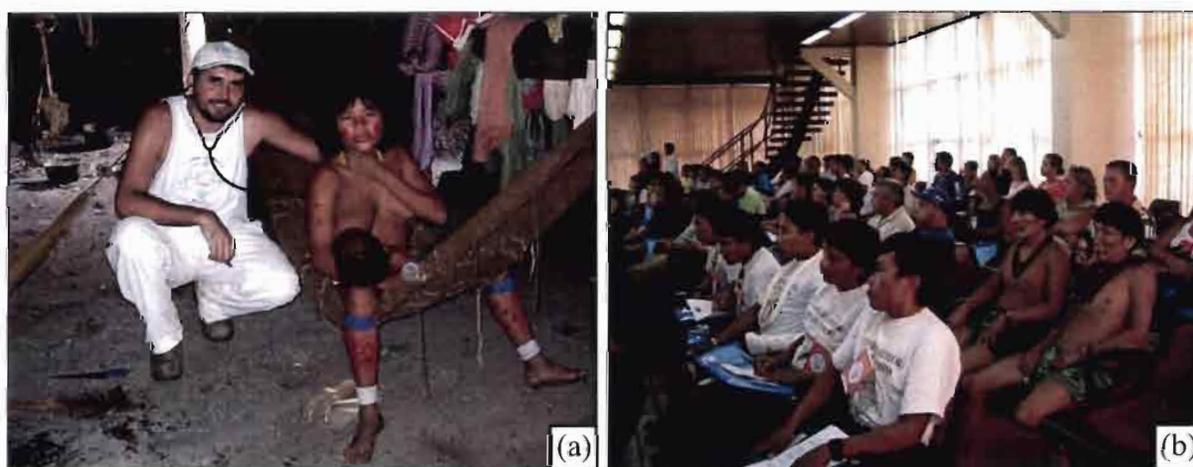
Photo 14 : Équipe de santé indigène de l'ONG Urihi.

- (a) Laborantin en train de réaliser examen de dépistage du paludisme ;  
(b) Agent de contrôle du vecteur de retour d'applications d'insecticides dans les maisons des communautés indigènes (clichés Helen Gurgel, octobre 2003)

---

<sup>70</sup> Claudio Esteves de Oliveira est président de l'ONG URIHI. Entretien réalisé le 23 octobre 2003.

Les bons résultats obtenus par les ONG montrent l'importance de l'engagement des communautés dans la lutte contre le paludisme. Il est également notable de souligner que ces ONG ont réussi à développer, chez les populations concernées, la prise de conscience du droit d'accès à la santé. La IV<sup>e</sup> conférence de santé de l'État du Roraima constitue un bon exemple de ce changement des mentalités. Tenue en octobre 2003, cette conférence avait pour objectif principal l'évaluation de la situation sanitaire du Roraima afin de l'exposer lors de la conférence nationale de la santé, organisée à Brasília en novembre de la même année. La présence d'une vingtaine d'agents de santé indigènes durant les trois jours de réunion atteste de l'intérêt croissant des populations amérindiennes à défendre leur droit d'accès aux soins (photo 15). À plusieurs reprises, les amérindiens ont ainsi exprimé leurs opinions sur les problèmes de santé rencontrés dans les DSEI. À l'inverse, les représentants des colons agricoles n'ont pas participé au débat si ce n'est l'unique intervention d'un représentant de l'Amazonas invité par les organisateurs.



**Photo 15 : Assistance à la santé chez les Amérindiens**  
**(a) Indien Yanomami en consultation dans sa propre maison à Awaris ;**  
**(b) Indiens à la IV<sup>e</sup> conférence de santé de l'État du Roraima à Boa Vista**  
**(clichés Helen Gurgel octobre, 2003)**

Mais depuis 2004, avec l'arrivée au pouvoir du nouveau gouvernement fédéral, la FUNASA a changé de politique et a repris le contrôle d'une grande partie des opérations. La gestion et le suivi des actions relèvent désormais de la FUNASA. Les ONG interviennent seulement à titre d'intermédiaire pour recruter les équipes. L'achat de médicaments et la gestion des postes de santé sont placés sous la responsabilité de la

FUNASA. Ce changement cause d'importantes perturbations dans le suivi de la santé indigène.

L'ONG Urihi n'a pas accepté la reprise du contrôle des actions et arrête, en juin 2004, son travail auprès des Yanomami. L'ONG FUB (*Fundação Universidade de Brasília* – Fondation Université de Brasília) l'a alors remplacée. À partir de 2005, la presse locale a commencé à parler des problèmes de gestion dans les DSEI et notamment des retards de versement de l'argent de la FUNASA aux ONG partenaires. Actuellement, le nombre de cas de paludisme ne cesse d'augmenter chez les Yanomami passant ainsi de 418 cas en 2003 à 1 645 en 2005 (164% d'augmentation), dont 1 025 cas dans les communautés situées dans l'État d'Amazonas. Les médias locaux et nationaux mettent en évidence la situation préoccupante de la santé dans les DSEI. En décembre 2005, les amérindiens manifestent devant la FUNASA pour obtenir des explications sur l'origine du retard des versements des budgets. En revanche, alors que le nombre de cas de paludisme chez les colons ne cesse d'augmenter, la presse ne traite jamais de ce sujet. Cette situation montre combien les populations indigènes sont plus assistées et plus conscientes de leurs droits que la population rurale non indigène du Roraima.

D'une façon générale, les ONG ont réussi à faire un travail considérable auprès des populations indigènes du Roraima. L'amélioration d'accès aux soins est remarquable et les résultats chez les amérindiens sont visibles : diminution de la mortalité infantile et meilleur taux de vaccination. Ceci montre le rôle majeur de la prise de conscience et de l'engagement de la population dans les questions de santé et leur impact positif sur la qualité d'accès aux soins et sur l'efficacité du contrôle du paludisme. Le protocole de lutte antipaludique développé par le SVS est ainsi efficace dès lors qu'il est pratiqué de façon rigoureuse et consciente.

Grâce à l'important travail de partenariat entre les ONG et la FUNASA, la population amérindienne du Roraima possède une assistance sanitaire bien meilleure que la population rurale et même que la population urbaine de certaines communes du Roraima. Ceci est remarquable surtout lorsque l'on pense aux multiples problèmes rencontrés. Outre la question de l'accès à la plupart des communautés indigènes, il faut souligner aussi les difficiles conditions de travail des équipes de santé. Elles doivent ainsi faire face à

l'isolement, à la distance avec la famille, aux différences culturelles, aux problèmes de communication et à la précarité des conditions de vie : habitations et lieux de travail sans électricité ni eau courante, communications possibles par radio uniquement.

Actuellement, la plupart des cas de paludisme chez les amérindiens ont pour origine les contacts avec les populations extérieures. La maladie peut ainsi être transmise par les habitants des villages frontaliers des réserves où des problèmes de contrôle persistent, mais aussi par les chercheurs d'or qui prospectent dans certaines réserves indigènes. C'est notamment le cas dans la région de Parafuri dans la réserve Yanomami. Envahie par des orpailleurs depuis 2003, cette région, où vit une communauté de 355 personnes, enregistré en 2005, 114 cas de paludisme, ce qui donne un IPA très élevé (321,1 cas pour 1 000 habitants) (CCPY, 2006).

Les résultats et la situation actuelle du paludisme parmi les populations indigènes montrent que le contrôle de la maladie est possible dès qu'un travail méticuleux est réalisé. Il faut aussi que la population ait conscience de ses droits et devoirs. Ainsi, elle est capable d'énumérer les problèmes et de réclamer des actions sanitaires aux gestionnaires publics. Cependant, une réalité assez différente se présente dans les campagnes agricoles du Roraima.

### **7.3.3 – Les campagnes délaissées**

On envisagera ici la situation sanitaire actuelle dans l'ensemble des communes du Roraima, à l'exception de la ville de Boa Vista, pour laquelle les cas de paludisme, comme on l'a étudié dans le chapitre précédent (section 6.2.2) sont des en majorité importés. En raison de leur faible population (inférieure à 8 000 habitants) et de leurs fonctions, les autres localités urbaines du Roraima ont en réalité un caractère citadin très peu marqué. Ce sont en effet plutôt de gros bourgs ruraux, vivant en symbiose avec leur environnement rural, ce qui justifie que leur situation dans le réseau sanitaire de l'État ne soit pas étudié à part de celui des campagnes proprement dites.

D'une façon générale, les infrastructures des régions rurales du Roraima sont très précaires. Le manque d'électricité, d'eau potable, de voies de transport et d'assistance médicale est frappant, malgré l'existence d'un bon réseau de soins (photo 16a). En effet, il

existe une bonne répartition des différentes structures d'accueil ou de soins pour les personnes malades. Cependant, ce réseau fonctionne souvent mal. Ainsi, dans les périmètres de colonisation, on peut rencontrer des personnes malades qui restent des heures voire même des jours à attendre quelqu'un qui pourrait les conduire au poste de santé le plus proche. Parfois, le malade parvient jusqu'à la structure d'accueil mais celle-ci est provisoirement fermée. Il lui est alors impossible de rencontrer le médecin ou l'infirmier susceptible de le soigner. C'est pourquoi, une majorité des populations rurales malades préfèrent se rendre jusqu'à la ville la plus proche (généralement les sièges des communes) afin de bénéficier, de façon plus certaine, des soins nécessaires. Les visites des ACS dans les périmètres des colonies agricoles sont rares. Dans les régions rurales, il n'est pas rare non plus de voir les véhicules destinés au contrôle des endémies immobilisés pendant plusieurs semaines à cause du manque d'entretien (photo 16b). Parfois également, certaines localités restent plusieurs mois sans laborantin. Dès lors, aucun examen de dépistage du paludisme ne peut être pratiqué. La population est alors obligée de se rendre dans d'autres localités si elle le peut sinon elle est condamnée à rester sans traitement<sup>71</sup>.

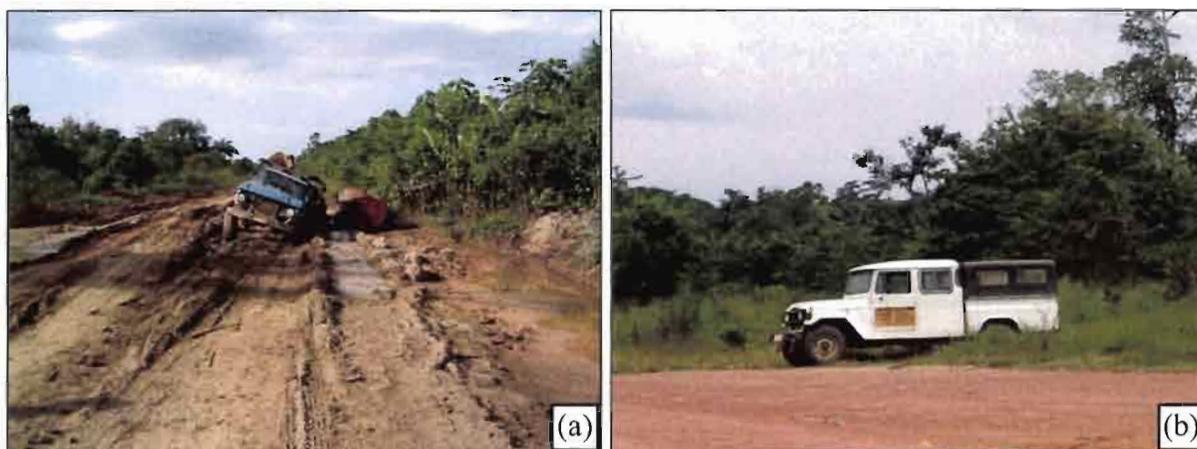


Photo 16 : L'infrastructure routière dans la zone rurale au Roraima

(a) Piste dans un *assentamento* à Rorainópolis ; (b) Voiture de la SMS abandonnée au bord de la route pour cause de manque d'entretien dans la commune de Cantá  
(clichés Helen Gurgel, novembre 2003)

<sup>71</sup> Informations obtenues auprès des colons et ACS lors d'entretiens réalisés entre octobre et décembre 2003 dans les projets de colonisation agricole à Rorainópolis, Caracarari, Mucajai et Itacema.

Il est intéressant de souligner aussi le faible nombre d'associations locales. Au sein des communautés rurales, les rares associations créées ne se développent pas ou peu ; elles sont minées par des luttes internes souvent à caractère politique. L'absence d'associations efficaces représentatives de la population constitue un handicap car il devient alors plus difficile aux habitants de se faire entendre par les politiques locaux. Ce contexte entraîne un découragement de la population qui, à terme, compromet le maintien des colons dans les périmètres agricoles.

Comment, dans des régions où le niveau de vie est aussi précaire, peut-on réussir un contrôle permanent du paludisme ? Ces deux dernières années, le nombre de cas de paludisme ne cesse d'augmenter. La lutte antipaludique est alors difficile à mettre en place et les résultats tardent. Ainsi, quand les conditions environnementales sont défavorables, l'explosion du nombre de cas de paludisme est évidente. Dans la commune de Rorainópolis, région qui a subi à de forts changements sociaux et environnementaux dans les dernières années (section 5.2.2 et 6.1.1) et qui présente une des plus mauvaises qualités de soins (section 7.1.2), on observe une augmentation brutale du paludisme. Le nombre de cas enregistré passe de 612 entre janvier et mai 2003 à 2 229 dans la même période de 2005, soit une augmentation de 264%. Ainsi, pour qu'existe un véritable contrôle de cette maladie, il est impératif, dans un premier temps, que les conditions de vie des populations rurales s'améliorent. Ensuite, à l'image de ce que l'on peut observer auprès des populations indigènes, une prise de conscience de leurs droits en terme de santé et une structuration des communautés rurales en associations représentatives sont des éléments qui aideront à la maîtrise du paludisme au sein de ces populations.

### ***Conclusion***

La nouvelle politique de santé publique adoptée au Brésil plaçant la famille et la communauté au centre du processus de santé est très intéressante. De cette manière, les hommes et les sociétés sont considérés comme les éléments principaux de cette dynamique. Cela représente un changement notable dans la volonté de contrôle du paludisme. Les principales actions de contrôle reposent désormais sur l'individu et leur environnement, et non plus comme auparavant, sur le vecteur. Cependant, cette nouvelle

démarche suppose également un engagement politique important aux différentes échelles de la gouvernance.

Statistiquement, le Roraima possède un bon réseau d'infrastructure de soins mais la disponibilité des professionnels de santé reste un élément préoccupant. De plus, de fortes disparités existent. Quelques communes présentent un manque d'infrastructures de santé considérable. Ceci démontre notamment l'absence ou l'insuffisance de volonté politique de certaines municipalités, pour qui la question de la santé n'est pas prioritaire. Cette situation compromet l'efficacité du contrôle du paludisme au niveau régional, d'autant plus que cette maladie se déplace facilement, avec la population.

Pour mesurer le niveau d'accès aux soins au fil des années, nous avons créé, comme on l'a vu, l'Indice d'Efficacité. Une forte variation de cet indice est constatée tout au long de la période 1962-2004, et surtout durant la dernière décennie. Ceci souligne combien l'engagement des décideurs publics influence directement la lutte contre le paludisme. Les phases successives d'engagement et de désengagement ont accompagné les épidémies plus ou moins fortes. Ainsi, les programmes de contrôle instaurés n'ont pas eu une continuité et une longévité suffisantes pour assurer un contrôle efficace de la maladie au Roraima.

La mise en place du contrôle auprès des populations indigènes et rurales du Roraima, présente aussi un très fort écart de qualité. L'important travail réalisé par les ONG en partenariat avec la FUNASA a abouti à une amélioration considérable de la situation du paludisme dans les réserves indigènes. Par contre, le désengagement de certaines municipalités dans les programmes de lutte entraîne une aggravation de la maladie. De plus, la prise de conscience du droit d'accès aux soins pousse les populations amérindiennes à se mobiliser dès que les problèmes sanitaires commencent à s'aggraver. Malheureusement, la population rurale n'est pas encore parvenue à ce niveau de réflexion et le nombre de cas de paludisme continue d'augmenter. La prise de conscience des droits de l'individu à la santé et un bon accès aux soins sont donc indispensables pour que les programmes de contrôle deviennent efficaces.

D'une façon générale, ce chapitre montre qu'au niveau régional, bien plus que les changements environnementaux, ce sont les politiques et l'engagement des décideurs et

de la population elle-même qui jouent un rôle primordial dans l'apparition des grandes épidémies de paludisme au Roraima.

..

## CONCLUSION GÉNÉRALE ET PERSPECTIVES

Au cours de ces dernières décennies, le paludisme n'a cessé de faire des victimes dans les régions les plus démunies du globe, après l'échec du programme d'éradication de l'OMS dans ces régions. On constate, dans le même temps, que la plus grande partie de ces régions, comme l'Amazonie, ont connu de grands changements sociaux et environnementaux. Ce contexte nous a amené à poser la question : comment et jusqu'à quels points ces changements agissent-ils sur la dynamique du paludisme ?

Au Brésil, les actions de lutte antipaludique, et surtout l'amélioration de la qualité de vie, ont réussi à modifier l'expansion d'une maladie qui, jusqu'aux années 1970, a concerné tout le pays. Maintenant, ce n'est qu'en Amazonie que le paludisme sévit encore. Dans un milieu forestier assez propice au développement du vecteur et en présence d'une population vivant dans des conditions précaires, l'explosion du nombre de cas reste constante. Depuis les années 1960, époque où le gouvernement brésilien débuta la tentative de peuplement de la dernière frontière du pays, les programmes de lutte contre le paludisme se succèdent. Cependant, ils n'ont jamais réussi à stabiliser durablement la maladie. Malgré tout, on doit souligner que ces actions ont eu d'importantes réussites comme : l'amélioration du réseau de soins, la prise de conscience de l'importance des examens de dépistage, la création d'une puissante base de données et surtout la suppression presque totale des décès liés à la maladie. Ces faits placent le Brésil dans une position plus favorable sur le plan international, comparativement à l'Afrique, où le paludisme est la principale cause de mortalité.

Pour mieux comprendre la dynamique du paludisme et la difficulté de le contrôler dans certaines régions, il est nécessaire de prendre en compte les divers facteurs (biologiques, environnementaux, social, etc.) qui l'influencent. Dans le cadre de notre réflexion, nous avons identifié quatre grands groupes : les facteurs liés à la biologie du parasite et du vecteur ; ceux directement liés au milieu naturel ; ceux liés à la population ; et ceux liés aux politiques publiques. La multitude des facteurs des trois derniers groupes, qui se traduisent dans l'espace géographique, exige un recours à des analyses interdisciplinaires pour une meilleure compréhension de leurs évolutions et de leurs interactions. De cette façon, un regard sur ces facteurs, basé sur l'espace et sur le temps, peut ainsi contribuer à

une vision plus complète de la dynamique de la maladie. La géographie, les récents outils de la géomatique et l'analyse spatiale apparaissent ainsi comme de puissants supports pour ce type d'étude.

La variété des milieux, les changements environnementaux et sociaux et la situation sanitaire critique au long des quarante dernières années font de l'État du Roraima une région intéressante pour une étude de cas. Elle constitue un terrain approprié pour développer ce type de regard et une méthodologie multi-échelle et multi-temporelle pour l'étude des contextes de l'évolution du paludisme. La mise en évidence de la dynamique des trois groupes de facteurs dans l'évolution de cette pathologie a donc été basée sur des analyses spatio-temporelles combinant données environnementales et données sanitaires.

La première phase de cette étude s'est concentrée sur l'évolution des cas de paludisme dans l'État du Roraima depuis sa création jusqu'à la période actuelle. Cette étape nous a révélé la forte fluctuation de la maladie au cours du temps, corrélativement à l'occurrence de divers événements tant au niveau environnemental (sécheresse et incendies), que démographique (migrations) et politique (campagnes de lutte antipaludique et projets de développement). L'identification des principales régions touchées et le suivi du déplacement et de l'évolution du paludisme ont été possibles à partir de l'analyse spatiale des cas de paludisme enregistrés entre 1998 et 2002 dans les principales localités de l'État. Le manque d'informations détaillées sur la localisation exacte des 1 422 localités existant dans la base de données de la Fondation Nationale de Santé (FUNASA) n'a pas permis le développement d'une analyse plus détaillée. Un des aspects à retenir dans cette analyse est la capacité de diffusion de la maladie entre localités proches. De façon générale, cette étape du travail montre, d'un côté, quels sont les principaux facteurs de chacun des trois grands groupes, qui nécessitent plus de recherches, et de l'autre, la puissance des outils utilisés.

Dans la suite du travail, nous avons étudié chacun des trois grands groupes des facteurs. Le regard sur les facteurs liés au milieu naturel a été basé sur des analyses reliant les précipitations, la végétation, le mode d'exploitation du sol et les cas de paludisme au Roraima. Il a été possible d'observer la variabilité considérable de ces facteurs et d'observer leur influence sur le paludisme en utilisant les données disponibles. Le régime

des précipitations par exemple, dicte la fluctuation saisonnière de la maladie, concentrant les cas dans les mois les moins pluvieux et au début de la saison de pluie. Les phénomènes climatiques inter-annuels, comme El Niño et La Niña, ont aussi des impacts sur l'évolution de la maladie, mais ils sont difficilement caractérisables au regard des données disponibles. La distribution de la végétation oriente l'intensité des cas, avec une présence plus forte de la maladie dans les régions de forêt que dans les savanes. Le mode d'utilisation du sol indique que les régions agricoles les plus dynamiques, avec un taux de déboisement et d'incendies élevés, sont fortement touchées par le paludisme. À l'opposé, les régions plus protégées sur le plan environnemental, comme la réserve indigène Yanomami, sont aussi hautement touchées. Cette situation montre que les facteurs liés au milieu naturel ont une influence sur la dynamique et la présence du paludisme. Cependant d'autres types de facteurs ont des impacts plus importants dans l'évolution de l'incidence de la maladie, notamment ceux relevant de la population et du contexte politique. Par ailleurs, les analyses environnementales ont mis en lumière l'importance de l'utilité de la télédétection dans des régions vastes et difficiles d'accès, où l'on manque d'informations actualisées comme dans le cas du Roraima.

Les analyses des facteurs liés à la population exposent plus explicitement le rôle de la dynamique de la population, de sa distribution sur le territoire (villes, colonies agricoles, réserves indigènes) et des différences socio-démographiques (travail, loisirs, genre et groupe d'âge) sur la dynamique du paludisme. Elles mettent en évidence les groupes les plus exposés à la maladie par leur localisation. Dans les réserves indigènes toute la population est potentiellement exposée à la maladie. Par contre dans la campagne, les travailleurs sont les plus frappés et ont le plus faible rapport avec le réseau de soins. Dans les villes, la plus grande partie des cas sont importés par des migrants pendulaires, qui travaillent ou transitent dans des régions de forte incidence de la maladie (campagne et *garimpos*). Toujours dans ce contexte, les échanges migratoires avec les pays frontaliers (Venezuela et Guyana) doivent faire l'objet d'une attention spéciale en raison de la forte présence de *P. falciparum* importé de ces régions. D'une façon générale, ces résultats montrent l'importance indispensable de la prise en compte des facteurs liés à la population et notamment à sa mobilité dans les programmes de lutte antipaludique.

L'indice d'efficacité (IE), construit pour aider à analyser le rôle des politiques publiques au Roraima, a montré que l'engagement public dans la lutte antipaludique a été très variable depuis les années 1960, et surtout dans la dernière décennie. Cette fluctuation a été fortement influencée par le changement récent de la politique sanitaire qui place l'individu et leur environnement immédiat au centre des actions sanitaires. Cependant, ces actions sont désormais décentralisées, leur application est placée sous la responsabilité des communes et non plus sous celle du gouvernement fédéral. Cette modification cause de fortes perturbations dans l'efficacité de la lutte antipaludique.

Le nouveau modèle sanitaire est très intéressant mais le désengagement de certaines municipalités est une forte menace pour son bon fonctionnement. Le bon résultat atteint par les ONG dans les réserves indigènes entre 2000 et 2003 est la confirmation de l'efficacité de ce modèle. Par contre, son point faible tient dans la difficulté d'accès aux soins causée par la mauvaise gestion municipale des programmes sanitaires, malgré la bonne infrastructure existante dans une grande partie des communes du Roraima. En effet, la maladie se déplace facilement sur le territoire à cause de la forte mobilité et des mauvaises conditions sanitaires de la population. La discontinuité spatiale et temporelle introduite dans les actions de contrôle par le désengagement de certaines municipalités, devient ainsi une entrave importante pour la lutte antipaludique au niveau régional.

Un autre point important à retenir de cette analyse est la nécessité de la prise de conscience de la population de son droit à l'accès aux soins et à un bon niveau sanitaire. La pression qu'une communauté est capable de faire sur les gestionnaires peut changer la qualité des services publics offerts, à l'image de ce qui se passe avec la population amérindienne du Roraima. De façon générale, cette étape de l'étude révèle que la qualité des politiques destinées à la santé a des répercussions notables sur l'évolution du paludisme.

Le cycle du paludisme est composé de trois éléments clés : le parasite (le *Plasmodium*), le vecteur (l'anophèle) et l'hôte (l'homme). Entre l'hôte et le vecteur, il existe tout un milieu social et environnemental. De ce fait, le souci central de ce travail a été d'approfondir la compréhension de l'interaction des facteurs liés au milieu existant entre l'homme et l'anophèle. La figure 59 montre de façon schématique le niveau d'impact des trois

groupes de facteurs que nous avons caractérisés et identifiés. Ceux-ci influencent la dynamique spatiale et temporelle du paludisme au Roraima. Il n'est pas facile de traiter séparément ces facteurs car de forts liens de cause à effet existent entre eux, mais nous avons vu qu'en général, les facteurs liés au milieu naturel ont un impact plutôt au niveau local en raison de leur forte influence sur la dynamique du vecteur, qui a un rayon d'action limité. Les facteurs liés à la population vont plutôt jouer au niveau intermédiaire, compte tenu de la mobilité et des spécificités socio-culturelles de chaque groupe. Les facteurs liés aux politiques publiques ont un impact plus large, ils vont avoir une influence plus spécialement au niveau régional. À cette échelle, le manque d'efficacité des actions antipaludiques occasionnées par le désengagement et le désintérêt des politiques surtout municipales va engendrer une forte augmentation des cas de paludisme.

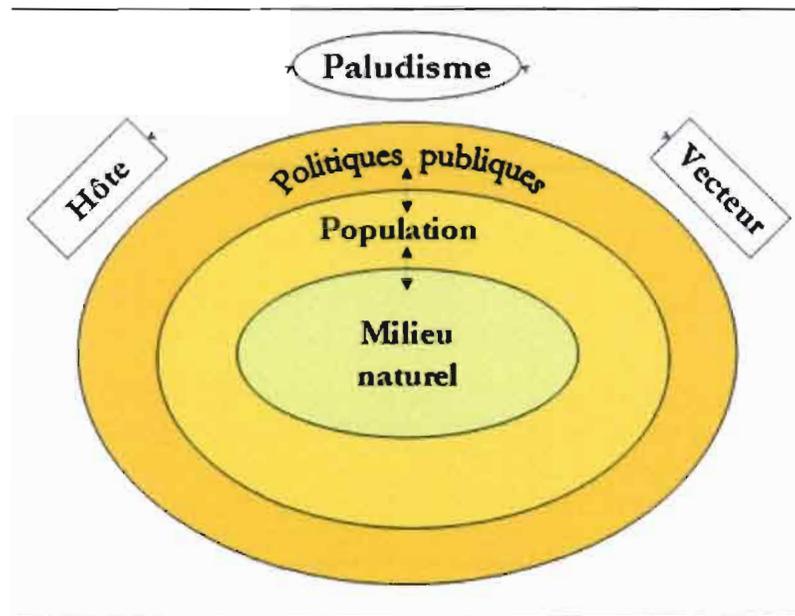


Figure 59 : Emboîtement des trois grands groupes de facteurs qui influencent la dynamique du paludisme entre l'hôte et le vecteur.

Au plan méthodologique, notre recherche a mis en évidence l'intérêt de la spatialisation de l'information. Les outils de géomatique utilisés montrent leur puissance pour explorer les attributs quantitatifs et qualitatifs pour caractériser et diagnostiquer l'état des milieux naturels, sociaux et politiques, lesquels influencent la dynamique du paludisme dans une vaste région comme le Roraima. Ces outils se présentent ainsi comme de puissants instruments d'information et de gestion pour l'évaluation et l'aide à la décision dans le domaine de l'environnement et de la santé.

Ces résultats mettent en évidence que les programmes de contrôle doivent prendre d'avantage en compte l'importance des enjeux politiques et sociaux dans les actions antipaludiques. Ainsi, des recherches plus approfondies sur ces sujets doivent être réalisées afin de susciter une plus forte discussion à l'intérieur de la communauté scientifique internationale qui travaille sur le paludisme. Ces types de recherches pourront ainsi réévaluer l'approche environnement/vecteur qui domine les discussions sur les programmes mondiaux de lutte et les explications de l'expansion de la maladie.

Dans ce contexte, il nous semble important d'explorer des pistes de recherche prospective consistant à établir des diagnostics géographiques et socio-économiques à diverses échelles, à partir des données environnementales et sanitaires, ayant pour but d'être mis à disposition des programmes de lutte antipaludique. Cela doit aider à re-orienter les politiques sanitaires à tous les niveaux de gestion du contrôle du paludisme. Cependant, pour réaliser des analyses plus fines et ponctuelles, il est très important d'améliorer la qualité des données sanitaires et démographiques existantes, surtout celles liées à la localisation précise de la réalisation des examens (localité) et de la population existante en chacun de ces endroits.

## BIBLIOGRAPHIE

- Ab'saber A.N.** (1998) Roraima: os paradoxos de um grande incêndio ao fim do milênio. *Estudos Avançados*, v.12, n.33, p.227-231.
- Alves M.J.C.P., Rangel O. et Souza S.S.A.L.D.** (2000) Malária na região de Campinas, São Paulo, Brasil, 1980 a 1994. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*, v.33, n.1, p.53-60.
- Amat-Roze J.M.** (1998) Variations climatiques et maladies transmissibles. *Medecine Tropicale*, v.58, n.2 Suppl, p.42-47.
- Amat-Roze J.M.** (1999) Les sociétés humaines et leur environnement face aux risques climatiques. *Medecine et Maladies Infectieuses*, v.29, n.5, p.277-284.
- Amat-Roze J.M.** (2004) Les risques sanitaires. In: Wackermann G. eds. *La géographie des risques dans le monde*. Paris: Ellipses, p.321-352.
- ANA – Agência Nacional de Águas** (2002) *Hidroweb: sistema de informações hidrológicas*. ANA. [on line] <<http://hidroweb.ana.gov.br/>> Jan, 2005.
- Andujar C.** (1984) Garimpeiros e mineradoras disputam Surucucus. In: eds. *Povos Indigenas do Brasil*. São Paulo: CEDI, v.Aconteceu, Especial 15, p.88-92.
- Anyamba A., Linthicum K.J., Mahoney R., Tucker C.J. et Kelley P.W.** (2002) Mapping potential risk of Rift Valley fever outbreaks in African savannas using vegetation index time series data. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, v.68, n.2, p.137-145.
- Aparicio C. et Bitencourt M.D.** (2004) Modelagem espacial de zonas de risco da leishmaniose tegumentar americana. *Revista de Saúde Pública*, v.38, n.4, p.511-516.
- Arouck R.** (2000) Des Brésiliens en Guyane française. Nouvelles migrations internationales ou exportation des tensions sociales de l'Amazonie ? *Lusotopie*, p.67-78.
- Baird J.K., Purnomo, Basri H., Bangs M.J., Andersen E.M., Jones T.R., Masbar S., Harjosuwarno S., Subianto B. et Arbani P.R.** (1993) Age-specific prevalence of Plasmodium falciparum among six populations with limited histories of exposure to endemic malaria. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, v.49, n.6, p.707-719.
- Barata R.B.** (1998) *Malaria e seu controle*. São Paulo: Hucitec, 153p.

- Barata R.C.B.** (1995) Malaria in Brazil: trends in the last ten years. *Cadernos de Saúde Pública*, v.11, n.1, p.128-136.
- Barbosa R.I.** (1993) Ocupação humana em Roraima. I. Do histórico colonial ao início do assentamento dirigido. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Série Antropologia*, v.9, n.1, p.123-144.
- Barbosa R.I.** (1993) Ocupação humana em Roraima. II. Uma revisão do equívoco da recente política de desenvolvimento e o crescimento desordenado. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Série Antropologia*, v.9, n.2, p.177-197.
- Barbosa R.I.** (1997) Distribuição das chuvas de Roraima. In: Barbosa R.I., Ferreira E.J.G. et Castellón E.G. eds. *Homem, ambiente e ecologia no estado de Roraima*. Manaus: INPA, p.325-335.
- Barbosa R.I.** (2003) Incêndios florestais em Roraima: implicações ecológicas e lições ao desenvolvimento sustentado. In: Albert B. eds. *Fronteira agro-pecuária e terra indígena Yanomami em Roraima*. Brasília: CCPY - Pró-Yanomami, p.43-54.
- Barbosa R.I. et Fearnside P.M.** (2000) As lições do fogo. *Ciência Hoje*, v.27, n.157, p.35-39.
- Barbosa R.I., Xaud M.R., Silva G.N.F. et Cattâneo A.C.** (2004) Cinzas na Amazônia: Incêndios florestais reencontram Roraima. *Ciência Hoje*, v.35, n.207, p.22-27.
- Barcellos C. et Bastos F.I.** (1996) Are geoprocessing, environment, and health a possible combination? *Cadernos de Saúde Pública*, v.12, n.3, p.389-397.
- Barcellos C. et Ramalho W.M.** (2002) Situação atual do geoprocessamento e da análise de dados espaciais em saúde no Brasil. *Revista Informática Pública*, v.4, n.2, p.221-230.
- Barrera R., Grillet M., Rangel Y., Berti J. et Ache A.** (1998) Eco-epidemiological study of the reintroduction of malaria in northeast Venezuela using geographical information systems and remote sensing. *Boletín de la Dirección de Malaria y Saneamiento Ambiental*, p.14-30.
- Barreto P., Souza Jr. C., Anderson A., Salomão R. et Wiles J.** (2005) *Pressão humana no bioma Amazônia*. O Estado da Amazônia. Belém: Imazon, v.3, 6p.
- Barrett F.A.** (2000) Finke's 1792 map of human diseases: the first world disease map? *Social Science & Medicine*, v.50, n.7-8, p.915-921.

- Barros F.S.** (2005) *Diversidade e sazonalidade de anopheles sp. (Diptera: Culicidae) com ênfase na prevalência de malária em Roraima*. Universidade Federal de Pernambuco - Biologia Animal - Master. Recife, 101p.
- Barros N.C.D.** (1999) Migrações e crescimento demográfico em Roraima. *Revista de Geografia*, v.15, n.1, p.13-19.
- Barros N.C.D.** (2001) Paisagens geográficas e grupos indígenas nas fronteiras do Brasil. *Revista do Instituto Brasileiro de Edições Pedagógicas*, v.1, n.4, p.24-31.
- Bartaburu X.** (2005) *Madeira-Mármore: o faroeste caboclo*. Revista Terra, ed. 155. [on line] <[http://www2.uol.com.br/caminhosdaterra/reportagens/155\\_madeira\\_marmore.shtml](http://www2.uol.com.br/caminhosdaterra/reportagens/155_madeira_marmore.shtml)> Jul, 2005.
- Basher R. et Cane M.** (2002) Climate variability, climate change and malaria. In: Casman E.A. et Dowlatabadi H. eds. *The contextual determinants of malaria*. Washington, DC: RFF Press, p.189-215.
- Batista G.T., Shimabukuro Y.E. et Lawrence W.T.** (1997) The long-term monitoring of vegetation cover in the Amazonian region of northern Brazil using NOAA-AVHRR data. *International Journal of Remote Sensing*, v.18, n.15, p.3195-3210.
- Beck L.R., Lobitz B.M. et Wood B.L.** (2000) Remote sensing and human health: New sensors and new opportunities. *Emerging Infectious Diseases*, v.6, n.3, p.217-227.
- Beck L.R., Rodriguez M.H., Dister S.W., Rodriguez A.D., Rejmankova E., Ulloa A., Meza R.A., Roberts D.R., Paris J.F., Spanner M.A., et al.** (1994) Remote sensing as a landscape epidemiologic tool to identify villages at high-risk for malaria transmission. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, v.51, n.3, p.271-280.
- Beck L.R., Rodriguez M.H., Dister S.W., Rodriguez A.D., Washino R.K., Roberts D.R. et Spanner M.A.** (1997) Assessment of a remote sensing-based model for predicting malaria transmission risk in villages of Chiapas, Mexico. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, v.56, n.1, p.99-106.
- Bergquist N.R.** (2001) Vector-borne parasitic diseases: new trends in data collection and risk assessment. *Acta Tropica*, v.79, n.1, p.13-20.
- Bousquat A. et Cohn A.** (2004) A dimensão espacial nos estudos sobre saúde: uma trajetória histórica - The spatial dimension in health studies: a historical trajectory. *História, Ciências, Saúde-Manguinhos*, v.11, n.3, p.549-568.

- Bradley D.J.** (1999) The last and the next hundred years of malariology. *Parassitologia*, v.41, n.1-3, p.11-18.
- Brasil - Delegacia da Receita Federal de Roraima / Serviço de Fiscalização** (1993) *Aquisição de ouro aluvionar em Boa Vista no período de 1986 a 1992*. Boa Vista: Delegacia da Receita Federal de Roraima / Serviço de Fiscalização (DRF-RR), 1p.
- Brasil - Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde** (2002) *Ações de controle de endemias: malária: manual para agentes comunitários de saúde e agentes de controle de endemias*. Brasília: Ministério da Saúde, 104p.
- Brauer M., Hoek G., Van Vliet P., Meliefste K., Fischer P., Gehring U., Heinrich J., Cyrys J., Bellander T., Lewne M., et al.** (2003) Estimating long-term average particulate air pollution concentrations: Application of traffic indicators and geographic information systems. *Epidemiology*, v.14, n.2, p.228-239.
- Brierley R.** (2005) Roll Back Malaria issue first global report. *The Lancet Infectious Diseases*, v.5, n.6, p.332-333.
- Brillet P.** (1995) La géographie de la santé et les sciences médicales. *Bulletin de la Société Neuchâteloise de Géographie*, n.35, p.21-34.
- Brooker S.** (2002) Schistosomes, snails and satellites. *Acta Tropica*, v.82, n.2, p.207-214.
- Brunet R., Ferras R. et Théry H.** (1993) *Les mots de la géographie : dictionnaire critique*. 3. Collection Dynamiques du territoire. Montpellier / Paris: RECLUS / La Documentation Française, 520p.
- Buchillet D.** (1995) *Contas de vidro, enfeites de branco e "potes de malaria"*. Série Antropologia. Brasília: Departamento de Antropologia - Universidade de Brasília, v.187, 23p.
- Buralli G.M. et Bergo E.S.** (1988) Maintenance of *Anopheles darlingi* Root, 1926 colony, in the laboratory. *Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo*, v.30, n.3, p.157-164.
- Burrough P.A. et McDonnell R.A.** (1998) *Principles of Geographical Information Systems*. Oxford: Oxford University Press, 356p.
- Camara G. et Monteiro A.M.V.** (2001) Geocomputation techniques for spatial analysis: are they relevant to health data? *Cadernos de Saúde Pública*, v.17, n.5, p.1059-1071.

- Camargo L.M.A., Colletto G., Ferreira M.U., Gurgel S.D., Escobar A.L., Marques A., Krieger H., Camargo E.P. et Dasilva L.H.P.** (1996) Hypoendemic malaria in Rondonia (Brazil, western Amazon region): Seasonal variation and risk groups in an urban locality. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, v.55, n.1, p.32-38.
- Camargo L.M.A., Noronha E., Salcedo J.M.V., Dutra A.P., Krieger H., Da Silva L.H.P. et Camargo E.P.** (1999) The epidemiology of malaria in Rondonia (Western Amazon region, Brazil): study of a riverine population. *Acta Tropica*, v.72, n.1, p.1-11.
- Carvalho M.S., Pina M.F. et Santos S.M.** (2000) *Conceitos básicos de sistemas de informações geográficas aplicados à saúde*. Brasília: Organização Panamericana de Saúde/Ministério da Saúde, 124p.
- CCPY - Comissão Pró-Yanomami** (2001) *Boletim Pró-Yanomami Onlien 19 : Funai tem operação de desintrusão programada para setembro*. CCPY. [on line]  
<[http://www.proyanomami.org.br/boletimMail/yanoBoletim/html/Boletim\\_19.htm](http://www.proyanomami.org.br/boletimMail/yanoBoletim/html/Boletim_19.htm)  
> Mars, 2005.
- CCPY - Comissão Pró-Yanomami** (2006) *Boletim Pró-Yanomami Onlien 75: Em 2005 casos de malária aumentaram em cerca de 164% na Terra Indígena Yanomami*. CCPY. [on line]  
<[http://www.proyanomami.org.br/boletimMail/yanoBoletim/html/Boletim\\_75.htm](http://www.proyanomami.org.br/boletimMail/yanoBoletim/html/Boletim_75.htm)  
> Jan, 2006.
- Charlwood J.D.** (1996) Biological variation in *Anopheles darlingi* root. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, v.91, n.4, p.391-398.
- Claborn D.M., Masuoka P.M., Klein T.A., Hooper T., Lee A. et Andre R.G.** (2002) A cost comparison of two malaria control methods in Kyunggi Province, Republic of Korea, using remote sensing and geographic information systems. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, v.66, n.6, p.680-685.
- Confalonieri U.E.** (2003) Variabilidade climática, vulnerabilidade social e saúde no Brasil. *Terra Livre*, v.1, n.20, p.193-204.
- Connor S.J., Flasse S.P., Perryman A.H. et Thomson M.C.** (1997) *The contribution of satellite derived information to malaria stratification, monitoring and early warning - WHO/MAL/97.1079*. Geneva: World Health Organization, 33p.
- Coy M.** (1996) Différenciation et transformation de l'espace au Nord du Mato Grosso. Contribution à un modèle dynamique des fronts pionniers en Amazonie brésilienne.

In: Albaladejo C. et Tulet J.C. eds. *Les fronts pionniers en Amazonie brésilienne, la formation de nouveaux territoires*. Paris: L'Harmattan,, p.103-127.

**CPTEC - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais** (1998) *Consequências do fenômeno El Niño sobre o território brasileiro e perspectivas para 1998*. [on line]  
<<http://www.cptec.inpe.br/products/elninho>> Jan., 2000.

**CPTEC - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais** (2005) *El Niño & La Niña*. [on line]  
<<http://tucupi.cptec.inpe.br/enos/>> Jan., 2005.

**Czeresnia D. et Ribeiro A.M.** (2000) The concept of space in epidemiology: a historical and epistemological interpretation. *Cadernos de Saúde Pública*, v.16, n.3, p.595-617.

**DAB-MS - Departamento de Atenção Básica - Ministério da Saúde** (2004) *Saúde da Família*. Departamento de Atenção Básica - Ministério da Saúde. [on line]  
<<http://dtr2004.saude.gov.br/dab/conhecadab.php>> Déc, 2005.

**DAB-MS - Departamento de Atenção Básica - Ministério da Saúde** (2005) *Atenção Básica e a Saúde da Família*. Departamento de Atenção Básica - Ministério da Saúde. [on line] <<http://dtr2004.saude.gov.br/dab/atencaobasica.php>> Déc, 2005.

**Dangendorf F., Herbst S., Reintjes R. et Kistemann T.** (2002) Spatial patterns of diarrhoeal illnesses with regard to water supply structures - a GIS analysis. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, v.205, n.3, p.183-191.

**Deane L.M.** (1988) Malaria studies and control in Brazil. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, v.38, n.2, p.223-230.

**Dessay N., Laurent H., Machado L.A.T., Shimabukuro Y.E., Batista G.T., Diedhiou A. et Ronchail J.** (2004) Comparative study of the 1982-1983 and 1997-1998 El Nino events over different types of vegetation in South America. *International Journal of Remote Sensing*, v.25, n.20, p.4063-4077.

**Diniz A.** (1997) Occupation and urbanization of Roraima state, Brazil. *Yearbook: Conference of Latin Americanist Geographers*, v.23, p.51-62.

**Diuk-Wasser M.A., Bagayoko M., Sogoba N., Dolo G., Toure M.B., Traore S.F. et Taylor C.E.** (2004) Mapping rice field anopheline breeding habitats in Mali, West

- Africa, using Landsat ETM+ sensor data. *International Journal of Remote Sensing*, v.25, n.2, p.359-376.
- Droulers M.** (1995) *L'Amazonie*. Géographie d'aujourd'hui. Paris: Nathan, 188p.
- Droulers M.** (2004) *L'Amazonie vers un développement durable*. Collection U. Géographie. Paris: A. Colin, 219p.
- Droulers M. et Le Tourneau F.M.** (2001) La Colonisation agricole en Roraima : anciennes configurations et nouvelles stratégies. *Annales de géographie*, v.621, p.550-570.
- Dubreuil V.** (2005) *Climats et pionniers du Mato Grosso : apports des données satellitaires et de la modélisation pour le suivi des interactions nature/société dans une région de front pionnier de l'Amazonie brésilienne*. Université Rennes 2 - Géographie - Dossier pour l'Habilitation à Diriger des Recherches. Rennes, 225p.
- Dubreuil V., Zamparon C., Clairay M., Maciel E., Netto L.G. et Rosa D.B.** (2002) Apport des satellites météorologiques pour l'étude des paysages et le suivi de la déforestation au Mato Grosso. In: Dubreuil V. eds. *Environnement et télédétection au Brésil*. Rennes: Presses Universitaires de Rennes, p.31-42.
- EHP - Environmental Health Project** (2004) *Advancing environmental health for disease prevention: past experiences and future priorities*. Washington, DC: Office of Health, Infectious Diseases and Nutrition. Bureau for Global Health. U.S. Agency for International Development, 45p.
- Eisele T.P., Keating J., Swalm C., Mbogo C.M., Githeko A.K., Regens J.L., Githure J.I., Andrews L. et Beier J.C.** (2003) Linking field-based ecological data with remotely sensed data using a geographic information system in two malaria endemic urban areas of Kenya. *Malaria Journal*, v.2, n.44 <<http://www.malariajournal.com/content/2/1/44>> Juil, 2005.
- Eisen R.J., Eisen L. et Lane R.S.** (2005) Remote sensing (Normalized difference vegetation index) classification of risk versus minimal risk habitats for human exposure to *Ixodes pacificus* (Acari : Ixodidae) nymphs in Mendocino County, California. *Journal of Medical Entomology*, v.42, n.1, p.75-81.
- Falavigna-Guilherme A.L., Silva A.M., Guilherme E.V. et Morais D.L.** (2005) Retrospective study of malaria prevalence and *Anopheles* genus in the area of influence of the binational Itaipu reservoir. *Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo*, v.47, n.2, p.81-86.

- Farage N.** (1991) *As muralhas dos sertões: os povos indígenas no Rio Branco e a colonização*. Rio de Janeiro: Paz e Terra - ANPOCS, 197p.
- Ferreira M.E.M.C.** (1996) *Ocorrência de malária na área de influência do reservatório de Itaipu - margem esquerda - Paraná, Brasil: um estudo de geografia médica*. Universidade de São Paulo - Geografia - Doutorado. São Paulo, 255p.
- FIOCRUZ - Fundação Instituto Oswaldo Cruz** (2002) *Malária - Série Doenças*. [on line] <<http://www.fiocruz.br/cict/bibmang/seriedoenca.html>> Jan, 2002.
- Fischhoff I.** (2002) Human population movement - recent patterns. In: Casman E.A. et Dowlatabadi H. eds. *The contextual determinants of malaria*. Washington, DC: RFF Press, p.281-291.
- Fleuret S. et Séchet R.** (2004) *Géographie sociale et dimension sociale de la santé*. UMR ESO - Espace Géographiques et Sociétés. [on line] <[http://www.univ-lemans.fr/lettres/eso/evenements/contributions\\_10\\_2004/fs.pdf](http://www.univ-lemans.fr/lettres/eso/evenements/contributions_10_2004/fs.pdf)> Juin, 2005.
- FMA/TR- Fundação do Meio Ambiente e Tecnologia de Roraima** (1993) *Roraima, o Brasil do Hemisfério Norte : Diagnóstico Científico e Tecnológico para o Desenvolvimento*. Roraima: Ambtec, 512p.
- Forattini O.P.** (2002) *Culicidologia médica : identificação, biologia e epidemiologia*. São Paulo: Edusp, v.2, 860p.
- Fotsing J.M.** (2003) Qu'apportent les SIG à la recherche scientifique ? In: *Colloque international Géomatique et applications n°1*, Orléans, 13-14 mars 2003. Presses Universitaires d'Orléans, p.5-9.
- Fromageot A., Coppieters Y., Parent F. et Lagasse R.** (2005) Épidémiologie et géographie : une interdisciplinarité à développer pour l'analyse des relations entre santé et environnement. *Environnement, Risques & Santé*, v.4, n.6, p.395 - 403.
- Froment A.** (2004) Le paludisme dans la préhistoire. In: *Resumés des interventions du colloque Antropologie médicale du paludisme*, Institut Pasteur Paris, 7 mai 2004. Association Emilie Brumpt, p.2.
- Fuentes M.V., Malone J.B. et Mas-Coma S.** (2001) Validation of a mapping and prediction model for human fasciolosis transmission in Andean very high altitude endemic areas using remote sensing data. *Acta Tropica*, v.79, n.1, p.87-95.

- FUNASA - Fundação Nacional de Saúde - Ministério da Saúde Brasil (1999)**  
*Evolução temporal das doenças de notificação compulsória no Brasil, 1980-1998.* Boletim Epidemiológico (Edição Especial). Brasília: FUNASA, 73p.
- FUNASA - Fundação Nacional de Saúde - Ministério da Saúde Brasil (2000)** *Plano de Intensificação das Ações de Controle da Malária na Amazônia Legal.* Brasília: FUNASA, 73p.
- FUNASA - Fundação Nacional de Saúde - Ministério da Saúde Brasil (2002)**  
*Programa Nacional de Prevenção e Controle da Malária - PNCM.* Brasília: FUNASA, 44p.
- FUNASA - Fundação Nacional de Saúde - Ministério da Saúde Brasil (2003)** *Mapa do Brasil com a localização dos Dseis.* [on line]  
<<http://www.funasa.gov.br/Web%20Funasa/ind/img/mapadsei.jpg>> Nov, 2005.
- FUNASA - Fundação Nacional de Saúde - Ministério da Saúde Brasil (2005)**  
*Saneamento.* [on line] <<http://www.funasa.gov.br/>> Déc, 2005.
- FUNASA - Fundação Nacional de Saúde - Ministério da Saúde Brasil (2005)**  
*Organização do Dsei e modelo assistencial.* [on line]  
<<http://www.funasa.gov.br/Web%20Funasa/ind/fluxo.htm>> Déc, 2005.
- Furumi S., Muramatsu K., Ono A. et Fujiwara N. (2002)** Development of estimation model for net primary production by vegetation. *Advances in Space Research*, v.30, n.11, p.2517-2522.
- Gabaldon A. (1949)** The nation-wide campaign against malaria in Venezuela. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, v.43, p.113-164.
- Gagnon A.S., Smoyer-Tomic K.E. et Bush A.B.G. (2002)** The El Nino Southern Oscillation and malaria epidemics in South America. *International Journal of Biometeorology*, v.46, n.2, p.81-89.
- Gardner M.J., Hall N., Fung E., White O., Berriman M., Hyman R.W., Carlton J.M., Pain A., Nelson K.E., Bowman S., et al. (2002)** Genome sequence of the human malaria parasite *Plasmodium falciparum*. *Nature*, v.419, n.6906, p.498-511.
- Gazin P. et Salem G. (2000)** Brésil, terre de contrastes humains et sanitaires : dossier Brésil. *Cahiers d'études et de recherches francophones / Santé*, v.10, n.2, p.115.

- Giri C., Defourny P. et Shrestha S.** (2003) Land cover characterization and mapping of continental Southeast Asia using multi-resolution satellite sensor data. *International Journal of Remote Sensing*, v.24, n.21, p.4181-4196.
- Githeko A.K., Lindsay S.W., Confalonieri U.E. et Patz J.A.** (2000) Climate change and vector-borne diseases: a regional analysis. *Bulletin of the World Health Organization*, v.78, n.9, p.1136-1147.
- Glass G.E., Cheek J.E., Patz J.A., Shields T.M., Doyle T.J., Thoroughman D.A., Hunt D.K., Ensore R.E., Gage K.L., Irland C., et al.** (2000) Using remotely sensed data to identify areas at risk for hantavirus pulmonary syndrome. *Emerging Infectious Diseases*, v.6, n.3, p.238-247.
- Goddard - Distributed Active Archive Center** (2002) *Pathfinder Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR) Land FTP Data*. [on line]  
<[http://daac.gsfc.nasa.gov/CAMPAIGN\\_DOCS/FTP\\_SITE/readmes/pal.html](http://daac.gsfc.nasa.gov/CAMPAIGN_DOCS/FTP_SITE/readmes/pal.html)>  
Jan., 2002.
- Godet C., Le Moal G., Rodier M.H., Landron C., Roblot F., Jacquemin J.L. et Becq-Giraudon B.** (2004) Paludisme d'importation : il faut renforcer le message de prévention. *Médecine et maladies infectieuses*, v.34, n.11, p.546-549.
- Goetz S.J., Prince S.D. et Small J.** (2000) Advances in satellite remote sensing of environmental variables for epidemiological applications. *Advances in Parasitology*, v.47, p.289-307.
- Graham A.J., Atkinson P.M. et Danson F.M.** (2004) Spatial analysis for epidemiology. *Acta Tropica*, v.91, n.3, p.219-225.
- Green R.M. et Hay S.I.** (2002) The potential of Pathfinder AVHRR data for providing surrogate climatic variables across Africa and Europe for epidemiological applications. *Remote Sensing of Environment*, v.79, n.2-3, p.166-175.
- Guerra A.T.** (1956) Aspectos geograficos do territorio do Rio Branco. *Revista Brasileira de Geografia*, p.117-128.
- Guimarães A.É., Gentile C., Alencar J., Lopes C.M. et Mello R.P.** (2004) Ecology of Anopheline (Diptera, Culicidae), malaria vectors around the Serra da Mesa Reservoir, State of Goiás, Brazil: 1 - Frequency and climatic factors. *Cadernos de Saúde Pública*, v.20, n.1, p.291-302.

- Gurgel H.C. et Ferreira N.J.** (2003) Annual and interannual variability of NDVI in Brazil and its connections with climate. *International Journal of Remote Sensing*, v. 24, n.18, p.3595–3609.
- Gurgel H.C. et Fotsing J.M.** (2006) Avancée du monde, avancée des parasites, avancée de la médecine : le paludisme au Brésil. In: Lombard J., Mesclier E. et Velut S. eds. *Geographies de la mondialisation au sud*. Paris: Editions IRD, p.(à paraître).
- Gurgel H.C., Bavia M.E., Carneiro D.D.M.T., Silva C.E.P.D., Filho C.M., Rios R.B. et Barbosa M.D.G.** (2005) A contribuição do NDVI para o estudo epidemiológico da Leishmaniose Visceral Americana, no interior da Bahia. In: *Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Goiânia, Brasil, 16-21 abril 2005. INPE, p.2673-2680.
- Gurgel H.C., Ferreira N.J. et Luiz A.J.B.** (2003) Estudo da variabilidade do NDVI sobre o Brasil, utilizando-se a análise de agrupamentos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.7, n.1, p.85-90.
- Gusmão R.** (2002) The control of malaria in Brazil. In: Casman E.A. et Dowlatabadi H. eds. *The contextual determinants of malaria*. Washington, DC: RFF Press, p.58-65.
- Guyot G., Guyon D. et Riom J.** (1989) Factors affecting the spectral response of forest canopies : a review. *Geocarto International*, v.4, n.3, p.3-18.
- Hakre S., Masuoka P., Vanzie E. et Roberts D.** (2004) Spatial correlations of mapped malaria rates with environmental factors in Belize, Central America. *International Journal of Health Geographics*, v.3, n.1, p.6.
- Hales S. et Woodward A.** (2003) Climate change will increase demands on malaria control in Africa. *Lancet*, v.362, n.9398, p.1775.
- Hay S.I.** (1997) Remote sensing and disease control: Past, present and future. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, v.91, n.2, p.105-106.
- Hay S.I.** (2000) An overview of remote sensing and geodesy for epidemiology and public health application. *Advances in Parasitology*, v.47, p.1-35.
- Hay S.I. et Lennon J.J.** (1999) Deriving meteorological variables across Africa for the study and control of vector-borne disease: a comparison of remote sensing and spatial interpolation of climate. *Tropical Medicine & International Health*, v.4, n.1, p.58-71.

- Hay S.I., Guerra C.A., Tatem A.J., Noor A.M. et Snow R.W.** (2004) The global distribution and population at risk of malaria: past, present, and future. *Lancet Infectious Diseases*, v.4, n.6, p.327-336.
- Hay S.I., Omumbo J.A., Craig M.H. et Snow R.W.** (2000) Earth observation, geographic information systems and Plasmodium falciparum malaria in sub-Saharan Africa. *Advances in Parasitology*, v.47, p.173-215.
- Hay S.I., Snow R.W. et Rogers D.J.** (1998) From predicting mosquito habitat to malaria seasons using remotely sensed data: Practice, problems and perspectives. *Parasitology Today*, v.14, n.8, p.306-313.
- Hay S.I., Snow R.W. et Rogers D.J.** (1998) Predicting malaria seasons in Kenya using multitemporal meteorological satellite sensor data. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, v.92, n.1, p.12-20.
- Hay S.I., Tucker C.J., Rogers D.J. et Packer M.J.** (1996) Remotely sensed surrogates of meteorological data for the study of the distribution and abundance of arthropod vectors of disease. *Annals of Tropical Medicine and Parasitology*, v.90, n.1, p.1-19.
- Hemming J.** (1990) *Roraima: Brazil's northernmost frontier*. London: Institute of Latin American Studies - University of London, 56p.
- Holben B.N.** (1986) Characteristics of maximum-value composite images from temporal AVHRR data. *International Journal of Remote Sensing*, v.7, n.11, p.1417-1434.
- Holdridge D.** (1933) Exploration between the Rio Branco and Serra Parima. *Geographical Review*, v.23, n.3, p.372-384.
- Holt R.A., Subramanian G.M., Halpern A., Sutton G.G., Charlab R., Nusskern D.R., Wincker P., Clark A.G., Ribeiro J.M.C., Wides R., et al.** (2002) The genome sequence of the malaria mosquito *Anopheles gambiae*. *Science*, v.298, n.5591, p.129-149.
- IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis** (2005) *Unidades de Conservação - Informações Gerais*. IBAMA. [on line] <<http://www.ibama.gov.br/siucweb/infogeral.html>> Nov, 2005.
- IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis** (2006) *Unidades de Conservação - Estatísticas*. IBAMA. [on line] <<http://www.ibama.gov.br/siucweb/estatisticas.php>> Jan, 2006.

**IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística** (1993) *Recursos naturais e meio ambiente: uma visão do Brasil*. Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 154p.

**IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística** (2005) *Conceituação das características divulgadas na contagem da população da 1996*. [on line] <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/contagem/caracteristicas/conceitos.shtml>> Fév, 2005.

**IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.** (2002) *Censo 2000*. IBGE. [on line] <<http://www.ibge.gov.br/censo/>> Fév, 2003.

**IGBP - International Geosphere-Biosphere Program** (2005) Earth system focus for international geosphere-biosphere programme. *Eos, Transactions, American Geophysical Union*, v.86, n.22, p.209-213.

**Institut Pasteur** (2004) *Documentation sur les maladies infectieuses*. [on line] <<http://www.pasteur.fr/actu/presse/documentation/index.html>> Déc, 2004.

**ISA - Instituto Socio-Ambiental** (2001) *Garimpeiros e Yanomami: malária, DST e violência*. Instituto Socio-Ambiental. [on line] <<http://www.socioambiental.org/pib/portugues/quonqua/ondeestao/ondeestao.shtml>> Oct, 2004.

**Jeanne I.** (2000) Malaria and schistosomiasis: two examples using systems of geographical information and teledetection in Madagascar. *Bulletin de la Societe de pathologie exotique*, v.93, n.3, p.208-214.

**Jensen J.R.** (1996) *Introductory digital image processing: a remote sensing perspective*. 2nd ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall, 318p.

**Jotkar R., Ambhurkar P. et Mugade R.** (1997) Malariometry in district Ratnagiri during 1988-1993. *Indian Journal of Public Health*, v.41, n.2, p.36-42.

**Kaminska I.A., Oldak A. et Turski W.A.** (2004) Geographical Information System (GIS) as a tool for monitoring and analysing pesticide pollution and its impact on public health. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, v.11, n.2, p.181-184.

**Kaya S., Sokol J. et Pultz T.J.** (2004) Monitoring environmental indicators of vector-borne disease from space: a new opportunity for RADARSAT-2. *Canadian Journal of Remote Sensing*, v.30, n.3, p.560-565.

- Killeen G.F., Fillinger U., Kiche I., Gouagna L.C. et Knols B.G.J.** (2002) Eradication of *Anopheles gambiae* from Brazil: lessons for malaria control in Africa? *Lancet Infectious Diseases*, v.2, n.10, p.618-627.
- Kistemann T., Dangendorf F. et Schweikart J.** (2002) New perspectives on the use of Geographical Information Systems (GIS) in environmental health sciences. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, v.205, n.3, p.169-181.
- Kitron U.** (1998) Landscape ecology and epidemiology of vector-borne diseases: Tools for spatial analysis. *Journal of Medical Entomology*, v.35, n.4, p.435-445.
- Klinkenberg E., Van Der Hoek W. et Amerasinghe F.P.** (2004) A malaria risk analysis in an irrigated area in Sri Lanka. *Acta Tropica*, v.89, n.2, p.215-225.
- Koifman S.** (2001) Electric power generation and transmission: the impact on indigenous peoples in Brazil. *Cadernos de Saúde Pública*, v.17, n.2, p.413-423.
- Lacaz C.S., Baruzzi R.G. et Siqueira Jr. W.** (1972) *Introdução a geografia médica do Brasil*. São Paulo: Edgard Blucher, 568p.
- Le Borgne-David A.** (1998) *Les migrations paysannes du Sud-Brésil vers l'Amazonie : le salariat plutôt que la malaria*. Coll. Recherches et documents Amériques latines. Série Brésil. Paris ; Montréal: l'Harmattan, 219p.
- Le Tourneau F.M.** (2002) La représentation du peuplement en pays pionnier: l'Amazonie. *L'Espace Géographique*, n.2, p.145-152.
- Le Tourneau F.M.** (2003) Colonização agrícola e áreas protegidas do Oeste de Roraima. In: Albert B. eds. *Fronteira agro-pecuária e terra indígena Yanomami em Roraima*. Brasília: CCPY - Pró-Yanomami, p.11-42.
- Le Tourneau F.M.** (2004) Jusqu'au bout de la forêt? Causes et mécanismes de la déforestation en Amazonie brésilienne. *Mappemonde*, v.75, n.3,
- Lillesand T.M. et Kiefer R.W.** (1999) *Remote sensing and image interpretation*. 4th ed. New York: John Wiley & Sons, 724p.
- Linthicum K.J., Anyamba A., Tucker C.J., Kelley P.W., Myers M.F. et Peters C.J.** (1999) Climate and satellite indicators to forecast Rift Valley fever epidemics in Kenya. *Science*, v.285, n.5426, p.397-400.

- Lobitz B., Beck L., Huq A., Wood B., Fuchs G., Faruque A.S.G. et Colwell R.** (2000) Climate and infectious disease: Use of remote sensing for detection of *Vibrio cholerae* by indirect measurement. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, v.97, n.4, p.1438-1443.
- Loiola C.C.P., Silva C.J.M. et Tauil P.L.** (2002) Controle da malária no Brasil: 1965 a 2001. *Revista Panamericana de Salud Pública*, v.11, n.4, p.235-244.
- Longstreth J. et Kondrachine A.** (2002) Population migration and malaria. In: Casman E.A. et Dowlatabadi H. eds. *The contextual determinants of malaria*. Washington, DC: RFF Press, p.270-280.
- ..
- Lopes E.** (2002) *SPRING: Tutorial de Geoprocessamento*. DPI/INPE. [on line] <<http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/index.html>> Jan., 2005.
- Lutz W.** (2002) Impacts of global populations trends. In: Casman E.A. et Dowlatabadi H. eds. *The contextual determinants of malaria*. Washington, DC: RFF Press, p.239-259.
- Macmillan G.** (1995) *At the end of the rainbow? Gold, land and people in the Brazilian Amazon*. London: Earthscan Publications Ltd, 199p.
- Macmillan G.J.** (1995) *At the end of the rainbow? Gold, land and people in the Brazilian Amazon*. London: Earthscan Publications Ltd, 199p.
- Macmillan G.J.** (1997) Os impactos ambientais e sociais da mineração informal na Amazônia. In: Barbosa R.I., Ferreira E.J.G. et Castellón E.G. eds. *Homem, ambiente e ecologia no estado de Roraima*. Manaus: INPA, p.181-192.
- Manguin S. et Boussinesq M.** (1999) Remote sensing in public health: applications to malaria and other diseases. *Medecine et Maladies Infectieuses*, v.29, n.5, p.318-324.
- Manguin S., Roberts D.R., Andre R.G., Rejmankova E. et Hakre S.** (1996) Characterization of anopheles darlingi (Diptera: Culicidae) larval habitats in Belize, Central America. *Journal of Medical Entomology*, v.33, n.2, p.205-211.
- Mara/Arma.** (2001) *Distribution of endemic malaria*. MARA/ARMA. [on line] <<http://www.mara.org.za/>> Fev, 2005.
- Mara/Arma.** (2001) *Duration of the malaria transmission season: monthly intervals*. MARA/ARMA. [on line] <<http://www.mara.org.za/>> Fev, 2005.

- Masuoka P.M., Claborn D.M., Andre R.G., Nigro J., Gordon S.W., Klein T.A. et Kim H.C.** (2003) Use of IKONOS and Landsat for malaria control in the Republic of Korea. *Remote Sensing of Environment*, v.88, n.1-2, p.187-194.
- Mello P.S.C.D., Almeida R.M.V.R. et Pereira W.C.A.** (2001) A computerised information system for the analysis of hospital admission flow and characteristics. *International Journal of Medical Informatics*, v.61, n.1, p.11-20.
- Ménard B.** (2002) Questions de géographie de la santé. *L'Espace Géographique*, n.3, p.264-275.
- Miranda C., Marques C.C.A. et Massa J.L.** (1998) Sensoriamento remoto orbital como recurso para análise da ocorrência da leishmaniose tegumentar americana em localidade urbana da região Sudeste do Brasil. *Revista de Saúde Pública*, v.32, n.5, p.455-463.
- Moonan P.K., Bayona M., Quitugua T.N., Oppong J., Dunbar D., Jost K.C., Jr., Burgess G., Singh K.P. et Weis S.E.** (2004) Using GIS technology to identify areas of tuberculosis transmission and incidence. *International Journal of Health Geographics*, v.3, n.1, p.23.
- Morra S.** (2004) Approche culturelle du paludisme en Afrique sub-saharienne. In: *Resumés des interventions du colloque Anthropologie médicale du paludisme*, Institut Pasteur Paris, 7 mai 2004. Association Emilie Brumpt, p.2.
- Mouchet J., Carnevale P., Coosemans M., Julvez J., Manguin S., Richard-Lenoble D. et Sircoulon J.** (2004) *Biodiversité du paludisme dans le monde*. Paris: J. Libbey Eurotext, 428p.
- Mouchet J., Laventure S., Blanchy S., Fioramonti R., Rakotonjanabelo A., Rabarison P., Sircoulon J. et Roux J.** (1997) La reconquete des Hautes Terres de Madagascar par le paludisme. *Bulletin de la Societe de pathologie exotique*, v.90, n.3, p.162-168.
- MS - Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Vigilância Epidemiológica** (2004) *Doenças infecciosas e parasitárias: guia de bolso*. Brasília: Ministério da Saúde, 332p.
- MS - Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Vigilância Epidemiológica** (2005) *Situação Epidemiológica da Malária no Brasil 2005*.

Brasilia: Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Vigilância Epidemiológica., 20p.

**MSF - Medecins Sans Frontiers** (2005) *Le paludisme*. Medecins sans Frontiers. [on line] <<http://www.msf.fr/site/themes.nsf/themes/paludisme>> Jan, 2005.

**Najera J.A.** (1989) Malaria and the work of WHO. *Bulletin of the World Health Organization*, v.67, n.3, p.229-243.

**Najera J.A.** (2001) Malaria control: achievements, problems and strategies. *Parassitologia*, v.43, n.1-2, p.1-89.

**Najera J.A., Kousnetzov R.L. et Delacollette C.** (1998) *Malaria epidemics. Detection and control, forecasting and prevention.* - WHO/MAL/98.1084. Geneva: World Health Organization, 81p.

**Narasimhan V. et Attaran A.** (2003) Roll back malaria? The scarcity of international aid for malaria control. *Malaria journal [electronic resource]*, v.2, p.8. [on line] <<http://www.malariajournal.com/content/2/1/8>> Dec, 2005

**NCEP-NOAA - National Centers for Environmental Prediction - National Oceanic & Atmospheric Administration** (2005) *Cold & warm episodes by season*. [on line] <[http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis\\_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml](http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml)> Mars, 2005.

**Oliveira Ferreira J., Lourenco De Oliveira R., Deane L.M. et Daniel Ribeiro C.T.** (1992) Feeding Preference of Anopheles-Darlingi in Malaria Endemic Areas of Rondonia State - Northwestern Brazil. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, v.87, n.4, p.601-602.

**Oliveira Ferreira J., Lourenco-De-Oliveira R., Teva A., Deane L.M. et Daniel-Ribeiro C.T.** (1990) Natural malaria infections in anophelines in Rondonia State, Brazilian Amazon. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, v.43, n.1, p.6-10.

**OMS - Organisation Mondiale de la Santé & Occupational and Environmental Health Team** (2004b) *Using climate to predict infectious disease outbreaks : a review*. Geneva: World Health Organization, 55p.

**OMS - Organisation Mondiale de la Santé** (2000) *Comité OMS d'experts du paludisme : vingtième rapport*. Genève: Organisation mondiale de la Santé, 85p.

- OMS - Organisation Mondiale de la Santé** (2001) *Climat et santé*. OMS Aide-Mémoire, n° 266. Geneve: Organisation Mondiale de la Santé, v.20, 4p.
- OMS - Organisation Mondiale de la Santé** (2003a) *Global Atlas of Infectious Diseases: an interactive information and mapping system*. [on line]  
<<http://www.who.int/GlobalAtlas/home.asp>> Jan, 2005.
- OMS - Organisation Mondiale de la Santé** (2003b) *The Africa malaria report 2003*. Geneva: World Health Organization, 120p.
- OMS - Organisation Mondiale de la Santé** (2004a) *Malaria epidemics : forecasting, prevention, early detection and control : from policy to practice : report of an informal consultation, Leysin, Switzerland 8-10 December 2004*. Geneva: World Health Organization, 48p.
- OMS - Organisation Mondiale de la Santé** (2004c) *Changement climatique et santé humaine - Risques et mesures à prendre. Résumé*. Geneve: Organisation Mondiale de la Santé, 37p.
- OMS - Organisation Mondiale de la Santé** (2005) *Paludisme*. OMS Aide-Mémoire, n° 94. Geneve: Organisation Mondiale de la Santé, [on line]  
<[www.who.int/mediacentre/factsheets/fs094/fr/](http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs094/fr/)> Jan, 05.
- Omumbo J., Ouma J., Rapuoda B., Craig M.H., Le Sueur D. et Snow R.W.** (1998) Mapping malaria transmission intensity using geographical information systems (GIS): an example from Kenya. *Annals of Tropical Medicine and Parasitology*, v.92, n.1, p.7-21.
- Omumbo J.A., Hay S.I., Goetz S.J., Snow R.W. et Rogers D.J.** (2002) Updating historical maps of malaria transmission intensity in East Africa using remote sensing. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, v.68, n.2, p.161-166.
- OPAS - Organización Panamericana de la Salud** (2001) Situación de los Programas de Malaria en las Américas. *Boletín Epidemiológico*, v.22, n.1, p.10-14.
- Ouedraogo D.** (1992) Les variables démographiques, passage oblige. Perimetres irrigues et sante des populations. *Pop Sabel*, n.17, p.6-11.
- PAHO - Pan American Health Organization** (2001) *Report on the status of malaria programs in the Americas (Based on 2000 data)*. Washington, D.C.: Pan American Health Organization - 43th Directing Council, 27p.
- PAHO - Pan American Health Organization** (2003) *Status report on malaria programs in the Americas (Based on 2002 data)*. Washington, D.C.: Pan American Health Organization - 44th Directing Council, 49p.

- PAHO - Pan American Health Organization** (2005) *Regional Core Health Data Initiative*. [on line]  
<<http://www.paho.org/English/SHA/coredata/tabulator/newTabulator.htm>> Jan, 2005.
- Patz J.A., Graczyk T.K., Geller N. et Vittor A.Y.** (2000) Effects of environmental change on emerging parasitic diseases. *International Journal for Parasitology*, v.30, n.12-13, p.1395-1405.
- Pessoa S.B.** (1960) *Ensaio médico-sociais*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 296p.
- Picheral H.** (2001) *Dictionnaire raisonné de géographie de la santé*. Montpellier: Université Montpellier III-GEOS, 308p.
- Pithan O.A., Confalonieri U.E.C. et Morgado A.F.** (1991) A situação de saúde dos índios Yanomami. Diagnóstico a partir da casa do índio de Boa Vista, 1987-1989. *Cadernos de Saúde Pública*, v.7, n.4, p.563-580.
- Pope K.O., Rejmankova E., Savage H.M., Arredondo Jimenez J.I., Rodriguez M.H. et Roberts D.R.** (1994) Remote-Sensing of Tropical Wetlands for Malaria Control in Chiapas, Mexico. *Ecological Applications*, v.4, n.1, p.81-90.
- Potter C., Brooks-Genovese V., Klooster S. et Torregrosa A.** (2002) Biomass burning emissions of reactive gases estimated from satellite data analysis and ecosystem modeling for the Brazilian Amazon region. *Journal of Geophysical Research-Atmospheres*, v.107, n.D20, 5p.
- Poulstrup A. et Hansen H.L.** (2004) Use of GIS and exposure modeling as tools in a study of cancer incidence in a population exposed to airborne dioxin. *Environmental Health Perspectives*, v.112, n.9, p.1032-1036.
- Povoa M.M., Silva A.N.M., Santos C.C.B., Segura M.N.O. et Machado R.L.D.** (2000) Malaria Transmission. *Ciencia e Cultura Journal of the Brazilian Association for the Advancement of Science*, v.55, n.4/5, p.208-212.
- Povoa M.M., Wirtz R.A., Lacerda R.N.L., Miles M.A. et Warhurst D.** (2001) Malaria vectors in the municipality of Serra do Navio, State of Amapá, Amazon region, Brazil. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, v.96, n.2, p.179-184.
- Pumain D. et Saint-Julien T.** (2001) *Les interactions spatiales : flux et changements dans l'espace géographique*. Cours. Géographie. Paris: A. Colin, 191p.

- Rachou R.G.** (1958) Anofelinos do Brasil. Comportamento das espécies vetoras de malária. *Revista Brasileira de Malariologia e Doenças Tropicais*, v.10, p.145-181.
- Randolph S.E., Green R.M., Peacey M.F. et Rogers D.J.** (2000) Seasonal synchrony: the key to tick-borne encephalitis foci identified by satellite data. *Parasitology*, v.121, p.15-23.
- Reiter P.** (2003) Réchauffement global : paludisme en Europe ? Comprendre le passé. Prévenir le futur. In: eds. *Changement climatiques, maladies infectieuses et allergiques, Annales de l'Institut Pasteur/Actualités*. Paris: Elsevier, v.16, p.63-89.
- Reiter P., Thomas C.J., Atkinson P.M., Hay S.I., Randolph S.E., Rogers D.J., Shanks G.D., Snow R.W. et Spielman A.** (2004) Global warming and malaria: a call for accuracy. *Lancet Infectious Diseases*, v.4, n.6, p.323-324.
- Roberts D.R. et Rodriguez M.H.** (1994) The environment, remote sensing, and malaria control. *Annals of the New York Academy of Sciences*, v.740, p.396-402.
- Roberts D.R., Laughlin L.L., Hsueh P. et Legters L.J.** (1997) DDT, global strategies, and a malaria control crisis in South America. *Emerging Infectious Diseases*, v.3, n.3, p.295-302.
- Roberts D.R., Manguin S., Rejmankova E., Andre R., Harbach R.E., Vanzie E., Hakre S. et Polanco J.** (2002) Spatial distribution of adult anopheles darlingi and anopheles albimanus in relation of riparian habitats in Belize, Central America. *Journal of Vector Ecology*, v.27, n.1, p.21-30.
- Roberts D.R., Paris J.F., Manguin S., Harbach R.E., Woodruff R., Rejmankova E., Polanco J., Wullschleger B. et Legters L.J.** (1996) Predictions of malaria vector distribution in Belize based on multispectral satellite data. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, v.54, n.3, p.304-308.
- Roberts D.R., Rodriguez M., Rejmankova E., Pope K., Savage H., Rodriguezramirez A., Wood B., Salute J. et Legters L.** (1991) Overview of field studies for the application of remote sensing to the study of malaria transmission in Tapachula, Mexico. *Preventive Veterinary Medicine*, v.11, n.3-4, p.269-275.
- Rogers D.J.** (2000) Satellites, space, time and the African trypanosomiasis. *Advances in Parasitology*, v.47, p.129-171.

- Rogers D.J., Hay S.I., Packer M.J. et Wint G.R.W.** (1997) Mapping land-cover over large areas using multispectral data derived from the NOAA-AVHRR: a case study of Nigeria. *International Journal of Remote Sensing*, v.18, n.15, p.3297-3303.
- Rouse J.W., Hass R.H., Deering D.W. et Schell J.A.** (1974) *Monitoring the vernal advancement and retrogradation (green wave effect) of natural vegetation*. Type III report. NASA/GSFC, MD Austin: Texas A. M. University, College Station, 371p.
- Rushton G.** (2003) Public health, GIS, and spatial analytic tools. *Annual Review of Public Health*, v.24, p.43-56.
- Sachs J. et Malaney P.** (2002) The economic and social burden of malaria. *Nature*, v.415, n.6872, p.680-685.
- Salem G.** (1995) Géographie de la santé, santé de la géographie. *Espace, Populations, Sociétés*, v.1, p.25-30.
- Salem G.** (1998) *La santé dans la ville : géographie d'un petit espace dense, Pikine (Sénégal)*. Ed. Karthala / Ed. de l'ORSTOM. Hommes et sociétés. Paris: 360p.
- Salem G.** (2002) Peuplement, population et santé : une inégale répartition. In: Charvet J.P. et Sivignon M. eds. *Géographie humaine : questions et enjeux du monde contemporain*. Paris: A. Colin, p.67-95.
- Salem G., Rican S. et Jouglà É.** (2000) *Atlas de la santé en France. Volume 1, Les causes de décès*. Paris: Jonh Libbey Eurotext, 196p.
- Santiago A.F., Borges R.B. et Pinheiro S.S.** (1995) Garimpo de ouro e diamantes do território federal de Roraima. In: Dnpm eds. *Economia Mineral do Brasil*. Brasília: MME/DNPM/DFPM, p.49-72.
- Santilli P.** (1997) Ocupação territorial Macuxi : aspectos históricos e políticos. In: Barbosa R.I., Ferreira E.J.G. et Castellón E.G. eds. *Homem, ambiente e ecologia no estado de Roraima*. Manaus: INPA, p.49-64.
- Santos M.** (1997) *La nature de l'espace : technique et temps, raison et émotion - traduit du portugais par Marie-Hélène Tiercelin*. Géographies en liberté. Paris: Éd. l'Harmattan, 275p.
- Sari Kovats R.** (2000) El Niño and human health. *Bulletin of the World Health Organization*, v.78, n.9, p.1127-1135.

- Schellenberg J.A., Newell J.N., Snow R.W., Mung'ala V., Marsh K., Smith P.G. et Hayes R.J.** (1998) An analysis of the geographical distribution of severe malaria in children in Kilifi District, Kenya. *International Journal of Epidemiology*, v.27, n.2, p.323-329.
- Scholten H.J. et De Lepper M.J.** (1991) The benefits of the application of geographical information systems in public and environmental health. *World Health Statistics Quarterly*, v.44, n.3, p.160-170.
- SEPLAN - Secretaria de Estado do Planejamento e Orçamento do Governo do Estado de Roraima** (2003) *Perfil sócio-econômico de Roraima*. Boa Vista: SEPLAN/DEES/DEPLAE, 124p.
- Sharma V.P. et Srivastava A.** (1997) Role of geographic information system in malaria control. *Indian Journal of Medical Research*, v.106, p.198-204.
- Silva E.L.S.** (1997) A vegetação de Roraima. In: Barbosa R.I., Ferreira E.J.G. et Castellón E.G. eds. *Homem, ambiente e ecologia no estado de Roraima*. Manaus: INPA, p.401-415.
- Silva L.J.D.** (1997) O conceito de espaço na epidemiologia das doenças infecciosas - The concept of space in infectious disease epidemiology. *Cadernos de Saúde Pública*, v.13, n.4, p.585-593.
- Silva-Vasconcelos A., Kato M.Y.N., Mourao E.N., De Souza R.T.L., Lacerda R.N.D., Sibajev A., Tsouris P., Povia M.M., Momen H. et Rosa-Freitas M.G.** (2002) Biting indices, host-seeking activity and natural infection rates of anopheline species in Boa Vista, Roraima, Brazil from 1996 to 1998. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, v.97, n.2, p.151-161.
- Silveira A.C. et Rezende D.F.D.** (2001) *Avaliação da estratégia global de controle integrado da malaria no Brasil*. Brasília: Organização Pan-Americana de Saude, 120p.
- Silveira I.M.D. et Gatti M.** (1988) Notas sobre a ocupação de Roraima, migração e colonização. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Série Antropologia*, v.4, n.1, p.43-64.
- Singer B.H. et De Castro M.C.** (2001) Agricultural colonization and malaria on the Amazon frontier. In: eds. *Population Health and Aging*. New York: NEW YORK ACADEMIC SCIENCES, v.954, p.184-222.

- Sipe N.G. et Dale P.** (2003) Challenges in using geographic information systems (GIS) to understand and control malaria in Indonesia. *Malaria Journal*, v.2, n.36, [on line] <<http://www.malariajournal.com/content/2/1/36>> Jan, 2005.
- SNGS - Simpósio Nacional de Geografia da Saúde** (2005) *II Simpósio Nacional de Geografia da Saúde*. [on line] <<http://www.geosaude.cict.fiocruz.br/simposio/objetivos.htm>> Juin, 2005.
- Snow R.W., Craig M.H., Deichmann U. et Le Sueur D.** (1999) A preliminary continental risk map for malaria mortality among African children. *Parasitology Today*, v.15, n.3, p.99-104.
- Sorre M.** (1933) Complexe pathogènes et géographie médicale. *Annales de géographie*, v.42, n.235, p.1-18.
- Souza D.S., Takeda S.M.P., Nader E.K., Flores R., Santos S.M. et Giacomazzi M.C.G.** (1996) Sistemas de Informações Georeferenciadas no Planejamento dos serviços de saúde. *Momento & Perspectiva em Saúde*, v.9, n.2, p.10-15.
- Souza S.L., Dourado M.I.C. et Noronha C.V.** (1986) Internal migration and urban malaria - Bahia, Brazil. *Revista de Saúde Pública*, v.20, n.5, p.347-351.
- SVS - Secretaria de Vigilância em Saúde** (2003) *Programa Nacional de Prevenção e Controle da Malária PNCM*. Brasília: Ministério da Saúde, 132p.
- SVS - Secretaria de Vigilância em Saúde** (2005) *Publicações: vigilância epidemiológica*. Ministério da Saúde - Secretaria de Vigilância em Saúde. [on line] <<http://dtr2001.saude.gov.br/svs/pub/pub00.htm#>> Déc, 2005.
- Swain P.H. et Davis S.M.** (1978) *Remote sensing : the quantitative approach*. New York: McGraw-Hill, 396p.
- Tadei W.P. et Dutary-Thatcher B.** (2000) Malaria vectors in the Brazilian Amazon: Anopheles of the subgenus Nyssorhynchus. *Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo*, v.42, n.2, p.87-94.
- Tadei W.P., Thatcher B.D., Santos J.M.H., Scarpassa V.M., Rodrigues I.B. et Rafael M.S.** (1998) Ecologic observations on anopheline vectors of malaria in the Brazilian Amazon. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, v.59, n.2, p.325-335.
- Tanser F.C., Sharp B. et Le Sueur D.** (2003) Potential effect of climate change on malaria transmission in Africa. *Lancet*, v.362, n.9398, p.1792-1798.

- Tatem A.J., Goetz S.J. et Hay S.I.** (2004) Terra and Aqua: new data for epidemiology and public health. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, v.6, n.1, p.33–46.
- TGF - The Global Fund** (2005) *Le Fonds mondial de lutte contre le SIDA, la tuberculose et le paludisme*. [on line] <<http://www.theglobalfund.org/fr/>> Jun, 2005.
- Théry H.** (2000) *Le Brésil*. 4. Collection U. Géographie. Paris: A. Colin, 288p.
- Théry H.** (2004) La vague déferlante du soja brésilien. *Mappemonde*, v.74, n.2, [on line] <<http://mappemonde.mgm.fr/num2/art04204.html>> Sep, 2005.
- Théry H. et Mello N.A.** (2004) *Atlas du Brésil*. Collection Dynamiques du territoire. Montpellier / Paris: CNRS-GDR Libergéo / La Documentation Française, 302p.
- Théry H. et Waniez P.** (2000) L'accès aux données pour la connaissance du territoire: le cas du Brésil. *L'Espace Géographique*, n.1, p.53-57.
- Thomas C.J. et Lindsay S.W.** (2000) Local-scale variation in malaria infection amongst rural Gambian children estimated by satellite remote sensing. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, v.94, n.2, p.159-163.
- Thomson M.C., Abayomi K., Barnston A.G., Levy M. et Dilley M.** (2003) El Nino and drought in southern Africa. *Lancet*, v.361, n.9355, p.437-438.
- Thomson M.C., Connor S.J., Milligan P. et Flasse S.P.** (1997) Mapping malaria risk in Africa: What can satellite data contribute? *Parasitology Today*, v.13, n.8, p.313-318.
- Thomson M.C., Connor S.J., Milligan P.J.M. et Flasse S.P.** (1996) The ecology of malaria - As seen from Earth-observation satellites. *Annals of Tropical Medicine and Parasitology*, v.90, n.3, p.243-264.
- Thomson M.C., Obsomer V., Dunne M., Conner S.J. et Molyneux D.H.** (2000) Satellite mapping of Loa loa prevalence in relation to ivermectin use in west and central Africa. *Lancet*, v.356, n.9235, p.1077-1078.
- Tonnellier F. et Vigneron É.** (1999) *Géographie de la santé en France*. Que sais-je ? Paris: Presses Universitaires de France, 127p.
- Tran A., Deparis X., Dussart P., Morvan J., Rabarison P., Remy F., Polidori L. et Gardon J.** (2004) Dengue spatial and temporal patterns, French Guiana, 2001. *Emerging Infectious Diseases*, v.10, n.4, p.615-621.

- Trenberth K.E.** (1997) The definition of El Nino. *Bulletin of the American Meteorological Society*, v.78, n.12, p.2771-2777.
- Tucker C.J. et Sellers P.J.** (1986) Satellite remote sensing of primary production. *International Journal of Remote Sensing*, v.7, n.11, p.1395-1416.
- Tucker C.J., Wilson J.M., Mahoney R., Anyamba A., Linthicum K. et Myers M.F.** (2002) Climatic and ecological context of the 1994-1996 Ebola outbreaks. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, v.68, n.2, p.147-152.
- Tufte E.R.** (1983) *The visual display of quantitative information*. Cheshire, CT: Graphics Press, 197p.
- UNFPA - United Nations Population Fund - Fonds des Nations Unies pour la population** (2004) *État de la population mondiale 2004: Le consensus de Caire, dix ans après: la population, la santé en matière de reproduction et l'effort mondial pour éliminer la pauvreté*. New York: UNFPA, 124p.
- Valente R.** (2000) Garimpeiros invadem área Ianomâmi. *O Globo - O País*. Rio de Janeiro, 21/09/2000.
- Vasconcelos C.H. et Novo E.** (2003) Influence of precipitation, deforestation and Tucuruí reservoir operation on malaria incidence rates in southeast Para, Brazil. In: *IGARSS 2003*, Toulouse, France, July 21-25. v.VII, p.4567-4569.
- Veeken H.** (1993) Malaria and Gold Fever. *British Medical Journal*, v.307, n.6901, p.433-434.
- Vigneron E.** (2000) *Santé et territoires*. La Documentation photographique. Paris: La Documentation française, 8p.
- Vittor A.Y., Gilman R.H., Tielsch J., Glass G., Shields T., Lozano W.S., Pinedo-Cancino V. et Patz J.A.** (2006) The Effect of Deforestation on the Human-Biting Rate of Anopheles Darlingi, the Primary Vector of Falciparum Malaria in the Peruvian Amazon. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, v.74, n.1, p.3-11.
- Waniez P., Brustlein V. et Hees D.R.** (2000) La géographie de la mortalité au Brésil. *Lusotopie*, p.499-536.
- Waniez P., Brustlein V., O'Neill M.-M. et Hees D.R.** (2000) Fonction hospitalière et système urbain au Brésil. *Cahiers d'études et de recherches francophones / Santé*, v.2, n.10, p.145-153.

- Weier J. et Herring D.** (2001) *Measuring Vegetation (NDVI and EVI)*. Earth Observatory Reference, NASA online Library. [on line]  
<[http://earthobservatory.nasa.gov/Library/MeasuringVegetation/measuring\\_vegetation\\_2.html](http://earthobservatory.nasa.gov/Library/MeasuringVegetation/measuring_vegetation_2.html)> Jan., 2005.
- Wood B.L., Beck L.R., Lawless J.G. et Vesecky J.F.** (1992) Preliminary considerations for a small satellite to monitor environmental-change associated with vector-borne disease. *Journal of Imaging Science and Technology*, v.36, n.5, p.431-439.
- Yapabandara A.M.G.M. et Curtis C.F.** (2004) Vectors and malaria transmission in a gem mining area in Sri Lanka. *Journal of Vector Ecology*, v.29, n.2, p.264-276.
- Zaninetti J.-M.** (2005) *Statistique spatiale, méthodes et applications géomatiques*. Paris-Londres: Hermes Science Publishing Lavoisier, 320p.

## GLOSSAIRE

**Aldeia** : village ou groupement d'habitation indigène.

**Assentamentos** : établissement rural de colonisation agricole divisé en lots. L'agriculteur y occupant une propriété est appelé *assentado*.

**Cerrado** : savane arborée.

**Garimpo** : gisement alluvial d'or, de diamants, de pierres précieuses ou de tout autre minéral. Par extension, le *garimpeiro* est celui qui l'exploite et le *garimpagem* est l'activité d'orpaillage en elle-même.

**Fazenda** : grande ferme, important domaine foncier dont le propriétaire est appelé *fazendeiro*.

**Igarapé** : petits affluents des fleuves amazoniens.

**Lavrado** : Nom local de la région des *cerrados* du Roraima.

**Roça** : lopin de terre défriché et mis en culture.

**Sertão** : région aride de la région Nordeste du Brésil.

**Sítio** : propriété rurale dont la taille est comprise entre 10 et 100ha, dédiée à une activité agricole ou à l'élevage et possédant les infrastructures minimales (clôture, eau, maison).

**Vicinal** : routes généralement en terre d'un établissement de colonisation agricole.

**ANNEXES**

## Annexe 1 : Les étapes des découvertes sur le paludisme

Années ou Périodes	Auteurs	Pays	Objet des découvertes
V <sup>e</sup> siècle av. J.-C.	Hippocrate	Grèce	Description des fièvres tierces bénignes et quartes
1 <sup>er</sup> millénaire av. J.-C.		Chine	Utilisation des propriétés antipaludiques de <i>Artemisia annua</i>
Début ère chrétienne	Celse	Rome	Description des fièvres tierce malignes
1600	Juan Lopez	Équateur	Utilisation de l'écorce des quinquinas contre les « fièvres »
1820	Pelletier et Caventou	France	Isolement de la quinine et de la quinidine
1880	Laveran	Algérie	Découverte et description du parasite du paludisme dans le sang humain
1886	Golgi	Italie	Description de <i>P. vivax</i> et <i>P. malariae</i>
1889-1890	Celli et Marchiafava	Italie	Description de <i>P. falciparum</i>
1897	Manso	Royaume-Uni	Théorie de la transmission vectorielle du paludisme
1898	Grassi, Bignami et Bastianelli	Italie	Cycle du parasite chez les anophèles
1900	Manson	Italie et Royaume-Uni	Confirmation de la transmission sur volontaires
1922	Stephens	États-Unis	Description de <i>P. ovale</i>
1934		Allemagne	Découverte de la chloroquine
1936-39	Muller	Suisse	Découvert des propriétés insecticides du DDT
1943	Gahan	États-Unis	Utilisation intradomiciliaire du DDT
1946-1951			Campagnes de masse basées sur le DDT à Chypre, en Italie, en Grèce, en Corse, au Venezuela, au Guyana
1948	Rodhain	Congo	Découverte de <i>P. malariae</i> chez le chimpanzé
1952	Elderfield - Hichings	États-Unis	Découverte de la primaquine et de la pyriméthamine
1953	Belios et Lividas	Grèce	Résistance des anophèles aux insecticides
1955	OMS		Lancement du programme global d'éradication

Années ou Périodes	Auteurs	Pays	Objet des découvertes
1960-66	Hichings	États-Unis	Développement de la sulfadoxine-pyriméthamine (Fansidar®)
1961			Apparition des résistances aux médicaments
1967-74		États-Unis	Développement de la méfloquine et de l'halofantrine
1969	OMS		Révision des stratégies de lutte contre le paludisme. Situation floue depuis près de trente ans
1975			Début de la désaffection des pulvérisations intradomiciliaires à la suite du développement des soins de santé primaires
1980			Remontée et réémergences du paludisme avec l'abandon de l'éradication
1985			Utilisation des moustiquaires imprégnées
1985		Chine	Développement des dérivées de l'artémisinine
1992	Conférence	Hollande	Stratégie mondiale de lutte contre le paludisme
1998	OMS		Programme <i>Roll Back Malaria</i> (Faire reculer le paludisme)
2002	Holt <i>et al.</i> et Gardner <i>et al.</i>	États-Unis	Séquence du génome de <i>Anopheles gambiae</i> et du <i>P. falciparum</i>
2003		France	Identification des résistances de <i>Anopheles gambiae</i> aux insecticides.
2004		Allemagne	Identification des protéines responsables de l'immunisation de <i>Anopheles gambiae</i> au plasmodium.

Source : d'après Mouchet *et al.* (2004, p. 6-7).

## Annexe 2 : Carte politico-administrative du Brésil : États, grandes régions et capitales



### **Annexe 3 : Notions de télédétection**

#### **A) Les principaux capteurs, leurs caractéristiques et applications**

Quand l'objectif de l'observation est l'environnement terrestre, les régions du visible, de l'infrarouge, et du micro-onde du spectre électromagnétique sont utilisées et captées par les capteurs de télédétection. La façon dont ces capteurs captent l'énergie électromagnétique permet de classer en actifs ou passifs. Dans les systèmes passifs, le capteur enregistre l'énergie (lumière et chaleur) réfléchi et émise par les objets de la surface terrestre. Les systèmes actifs sont les systèmes Radar (*Radio Detection and Ranging*). Ils émettent un rayonnement dans la gamme spectrale des micro-ondes qui agit sur des cibles à la surface de la terre, et la partie réfléchi est capturée par le capteur.

Les différents types de résolution qui sont caractéristiques de chaque capteur définissent le contenu de l'information obtenue pour chaque scène. La résolution spectrale dépend de la gamme spectrale de chaque bande d'un capteur donné et indique la fréquence d'énergie utilisée. Comme les cibles montrent des réponses différentes dans chacune de ces gammes spectrales, cette information est employée pour les identifier. La résolution spatiale peut être définie comme le plus petit secteur possible du terrain qui peut être individualisé. La résolution temporelle indique l'intervalle de temps entre deux passages du satellite sur le même point de la terre (Jensen, 1996).

La première approche pour interpréter une image de télédétection, l'utilisateur utilise des éléments tels que la tonalité, la forme, la taille, le modèle, la texture, l'ombre, et l'association. À partir de ces éléments, on peut distinguer par exemple un secteur urbain d'un secteur rural, des zones urbaines plus ou moins denses, des secteurs agricoles et naturels, la texture rugueuse des canopées de forêt d'une texture douce telle que l'asphalte, les champs récoltés, les pâturages ou les secteurs herbeux (Lillesand et Kiefer, 1999).

Dans le choix des images, il est préférable d'utiliser celles dont la résolution spatiale, spectrale, et temporelle est la plus appropriées pour l'étude. Par rapport à la résolution spatiale, l'essentiel est d'évaluer la taille de l'objet qui doit être cartographié. Pour l'identification de petites zones agricoles, arbres, bâtiments et distances entre les résidences, on doit employer une résolution maximum de 5 mètres. Une résolution de 15

mètres est capable de détailler des secteurs de forêt ou d'identifier des blocs de ville, tandis que des résolutions de 20 et 30 mètres sont idéales pour identifier des secteurs urbains, routes, aéroports, zones forestières et agricoles, aussi bien que pour caractériser l'usage du sol. Pour détecter les secteurs inondables on peut employer des résolutions spatiales qui s'étendant de 10 à 100 mètres, selon le secteur d'étude. Une résolution de 1 000 mètres peut être employée pour quantifier la végétation et la température (Becker *et al.*, 2000).

Actuellement, il existe une vaste gamme de satellites et de produits satellitaires qui peuvent être utilisés pour les études épidémiologiques avec des résolutions spatiales et temporelles des plus variées. On peut citer les satellites SPOT – LANDSAT – CBERS – NOAA/AVHRR – IKONOS – QUICKBIRD notamment. Un bref résumé des caractéristiques de ces satellites est donné dans le tableau A.

**Tableau A : Caractéristiques spectrales, spatiales et temporelles de quelques capteurs de télédétection**

Satellite	Capteur	Nombre de bandes	Résolution spectral	Résolution spatial (m)	Résolution temporelle (jours)	Scène (km)
NOAA	AVHRR	5	VIS, IRP, IRT	1100 (nadir)	0,5	833
Landsat	TM et ETM+	8	VIS, IRP, IRM, IRT, PAN	30, 15 (PAN) et 120 (TM5) – 60 (TM+) (IRT)	16	185
SPOT	VEGETATION	3	Blue, Rouge et IRM	1 000	1 a 2	2250
	HRV et HRVIR	5	VIS, IRP, IRM (HRVIR), PAN	20 et 10 (PAN)	26	60
CBERS	CCD	5	VIS, IRP, PAN	20	26 (nadir) 3 (~32°)	120
	IR-MSS	4	PAN, IRM, IRT	80 et 160 (IRT)	26	120
	WFI	2	Rouge et IRP	260	3 a 5	900
IKONOS		5	VIS, IRP, PAN	4 et 1 (PAN)	1 a 3	11
QuickBird		5	VIS, IRP, PAN	2,44 et 0,61 (PAN)	1 a 3,5	16,5

VIS = visible (bleu, vert, rouge) ; IRP = infrarouge proche ; IRM = infrarouge moyen; IRT = infrarouge thermique ; PAN = panchromatique

Source : d'après Correia *et al.* (2004, p.893).

## B) Indice de Végétation par Différence Normalisée (NDVI)

Chaque objet de la surface terrestre, du fait de sa composition physique et chimique, présente un comportement spectral particulier par rapport aux longueurs d'onde dans chacune des régions du spectre électromagnétique<sup>72</sup>. La canopée de la végétation verte, par exemple (figure A), absorbe fortement la radiation solaire incidente dans la région du rouge (0,55 - 0,70  $\mu\text{m}$ ), du fait de la présence de grandes quantités de pigments de chlorophylle et de carotène existant dans les feuilles. D'autre part, la végétation verte présente une réflectance importante dans la région de l'infrarouge proche (0,70 - 1,30  $\mu\text{m}$ ), du fait des caractéristiques structurales des feuilles et des effets phénologiques de la canopée (Guyot *et al.*, 1989).

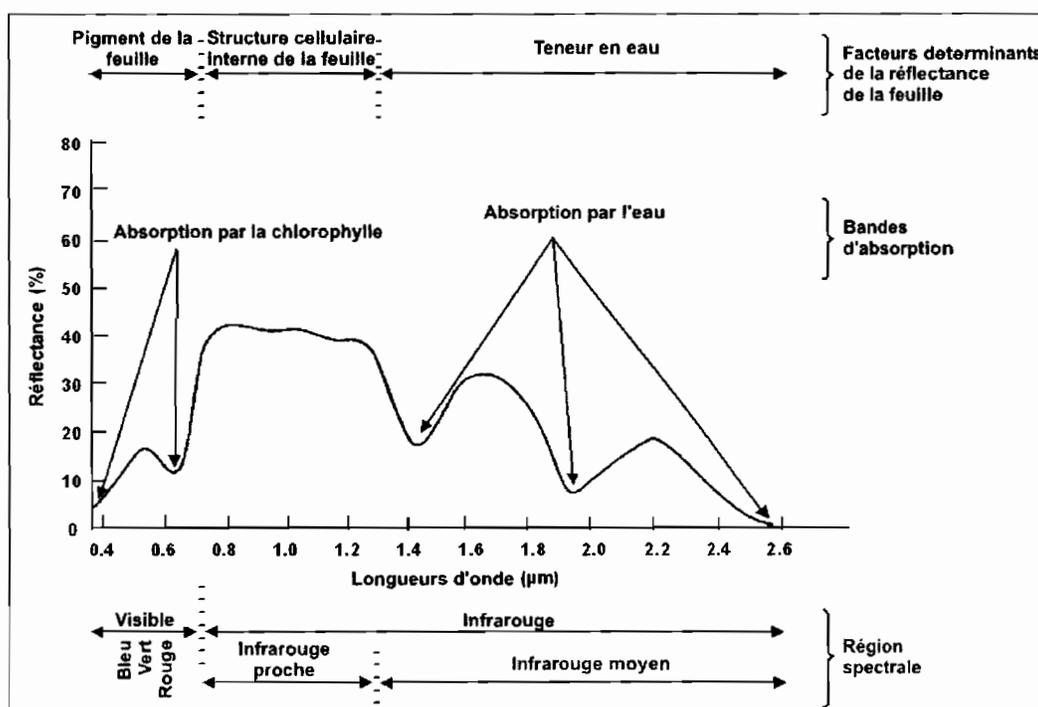


Figure A : Comportement spectral de la végétation (d'après Swain et Davis, 1978, p.232)

Ainsi, plusieurs combinaisons de canaux de la région du rouge et de l'infrarouge proche ont été proposées pour obtenir le maximum de contraste dans les propriétés des feuilles et pour mieux caractériser la vigueur de la végétation. Ces combinaisons ont été dénommées « indices de végétation », elles compactent les informations de deux canaux

<sup>72</sup> Les satellites de télédétection sont, dans leur majorité, des détecteurs optiques, qui opèrent dans la bande de 0,38 - 15  $\mu\text{m}$  du spectre électromagnétique, divisée elle-même en quatre sous-régions : visible (bleu, vert et rouge), infrarouge proche, moyen et thermique.

spectraux en un seul. D'après Barbosa (1998), l'indice de végétation idéal devrait minimiser les effets variables d'éclat de fond, tout en mettant en évidence les variations de mesures résultant de la variabilité de la densité de la végétation.

L'Indice de Végétation par Différence Normalisée (NDVI - *Normalized Difference Vegetation Index*) est un des indices de végétation les plus utilisés dans les études sur l'environnement. Il est largement répandu, car il fournit un signe fort de la végétation, et offre un bon contraste avec les autres objets de la surface terrestre (Tucker et Sellers, 1986).

Le NDVI est exprimé par le rapport entre la différence de la mesure de la réflectance dans les canaux de l'infrarouge proche et rouge et la somme de ces canaux (Rouse *et al.*, 1974). Sa formule de calcul est la suivante :

$$\text{NDVI} = (\rho_2 - \rho_1) / (\rho_2 + \rho_1)$$

où  $\rho_1$  et  $\rho_2$  représentent, respectivement, les valeurs de la réflectance dans la région du rouge et de l'infrarouge proche du spectre électromagnétique d'objets de la surface terrestre.

### **C) Les Images NDVI dérivées du satellite NOAA/AVHRR**

La série des satellites NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration), avec à bord le détecteur AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer), a été conçue initialement pour des recherches météorologiques, dans le but de surveiller la température de surface des nuages, des océans et des continents. Après le lancement du NOAA 7 au début des années 1980, ce satellite est devenu important pour les études de la dynamique de la végétation. Ce progrès a été possible par la disponibilité de multiples bandes spectrales adaptées à la surveillance de la végétation.

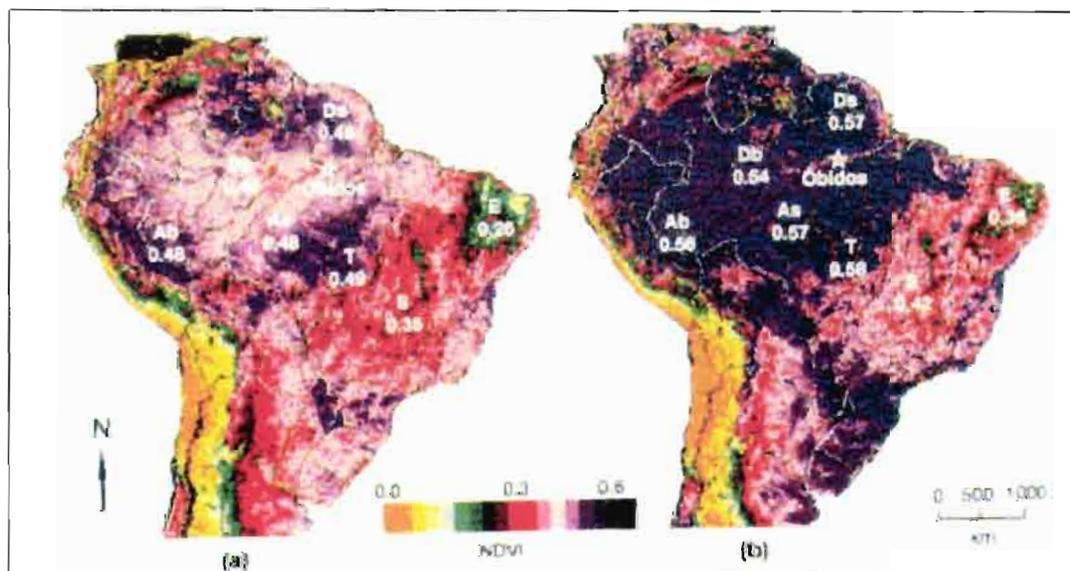
À partir du NOAA 7, le détecteur AVHRR a commencé à avoir cinq canaux spectraux, les premiers (visible et infrarouge proche) correspondent aux canaux MSS-5 et MSS-7 ou aux canaux TM-3 et TM-4 de Landsat, bien que plus étroits. Ces canaux ont été utilisés amplement dans les études environnementales pour réaliser notamment des cartes de la couverture du sol (Giri *et al.*, 2003), caractériser la dynamique de la végétation (Gurgel *et*

*al.*, 2003), estimer la production de la végétation (Furumi *et al.*, 2002), surveiller et évaluer les risques d'incendies (Potter *et al.*, 2002) et de déboisement (Dubreuil *et al.*, 2002), et pour la surveillance épidémiologique (Green et Hay, 2002), entre autres.

Les principaux avantages du AVHRR/NOAA sont :

- la haute fréquence d'acquisition d'images, car il enregistre une image d'une région toutes les douze heures, ce qui augmente en proportion la possibilité d'acquisition d'images sans nuages ;
- l'acquisition d'images de vastes régions, ce qui facilite l'étude de grandes superficies terrestres ;
- la gratuité des images, car elles sont disponibles sur Internet gratuitement.

Les images de la figure B illustrent l'usage du AVHRR/NOAA pour des études sur l'impact d'El Niño sur la couverture végétale du continent sud-américain. On peut observer en Amazonie, par exemple, de grandes différences dans le NDVI (calculé à partir d'images du AVHRR) entre une année d'El Niño prononcé (figure B1), en comparaison avec une année normale (figure B2), avec des différences significatives dans d'autres régions.



**Figure B : Composition de NDVI en Amérique du Sud pour :**  
**(1) 1983 (année de El Niño) et (2) 1990 (année normale)**  
 (d'après : Batista et al., 1997, p. 3199)

## **Annexe 4 : Liste des sites pour l'obtention de données géographiques et épidémiologiques sur le Brésil**

- **Données géographiques**

ANA - <http://hidroweb.ana.gov.br/HidroWeb/>

IBAMA - <http://www.ibama.gov.br/siucweb/listaUcCategoria.php?abrev=APA>

IBGE - <http://www.ibge.gov.br/>

INPE - <http://www.obt.inpe.br/>

- **Images satellitales**

EMBRAPA (Images Landsat) - <http://www.cdbrasil.cnpm.embrapa.br/>

IMAGES LANDSAT - <http://glcfapp.umiacs.umd.edu/index.shtml>

INPE (Images Landsat et CBERS) - <http://www.dgi.inpe.br/>

NDVI (Images NOAA) - <http://daac.gsfc.nasa.gov/>

- **Données et informations épidémiologiques**

DATASUS – <http://www.datasus.gov.br/>

FUNASA/SVS - <http://dtr2001.saude.gov.br/svs/epi/malaria/malaria0.htm>

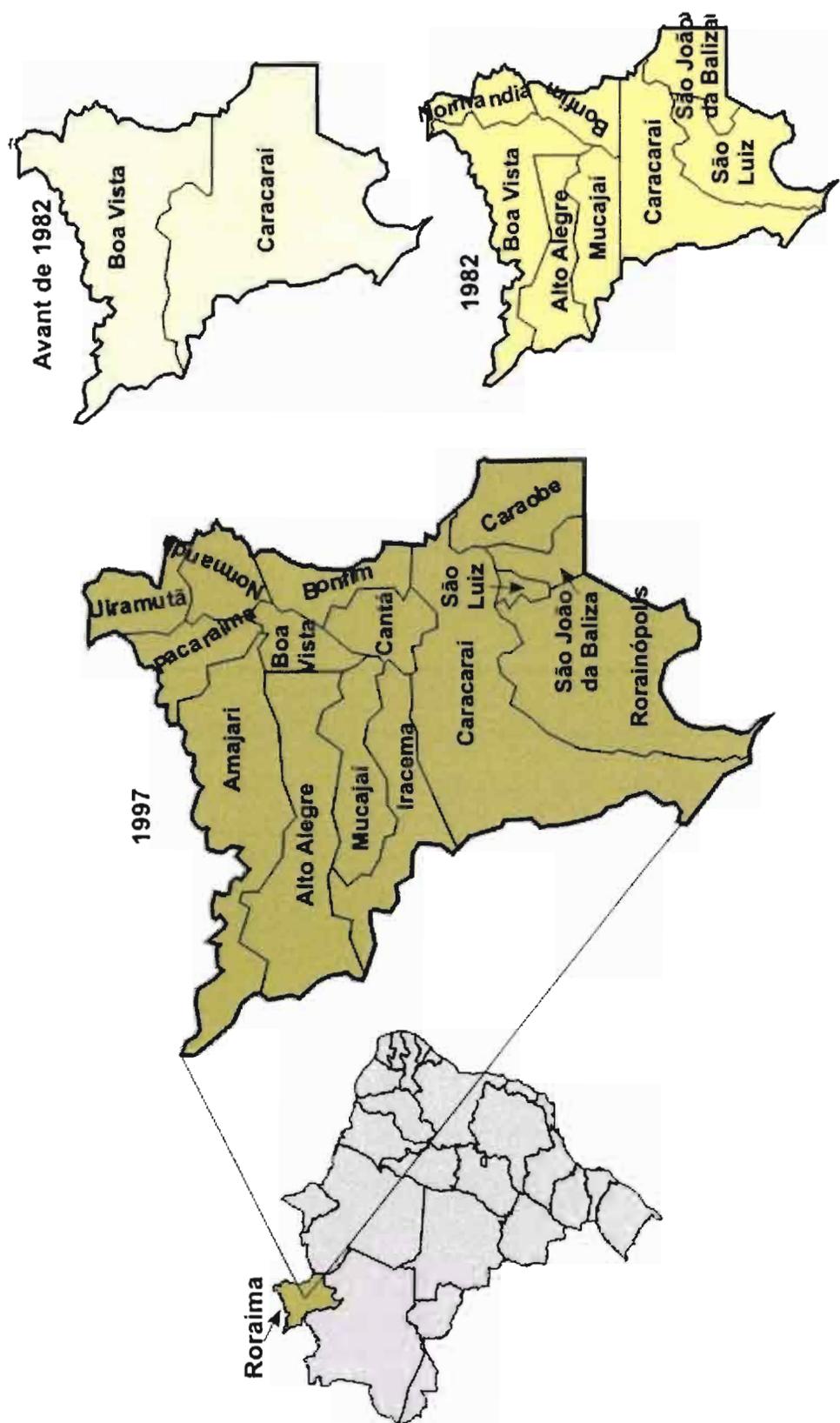
OPAS - <http://www.paho.org/english/ad/dpc/cd/malaria.htm> et

[http://www.paho.org/English/DD/AIS/sigepi\\_web2003en.htm](http://www.paho.org/English/DD/AIS/sigepi_web2003en.htm)

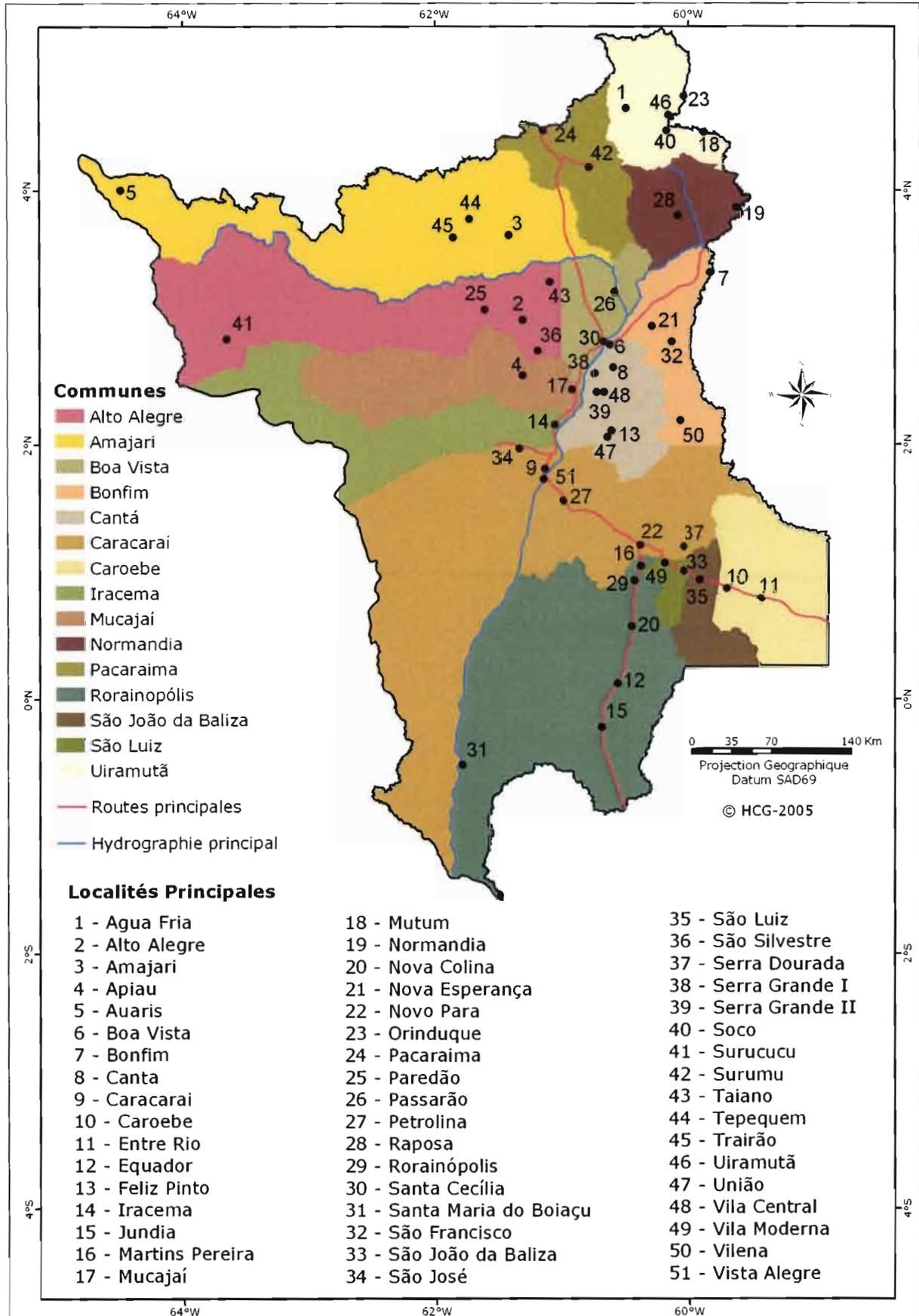
SVS Publications - <http://dtr2001.saude.gov.br/svs/pub/pub00.htm>

OMS – Atlas Mondiale de la Santé - <http://globalatlas.who.int/>

Annexe 5 : Carte d'évolution des communes du Roraima



## Annexe 6 : Carte des principales localités du Roraima



## **Annexe 7 : Identification des pics épidémiologiques localisés**

**Méthodologie** développée par Jean-Marc ZANINETTI\*

*Document aimablement fourni par Jean-Marc ZANINETTI, et reproduit avec son autorisation.*

L'**analyse de risque** repose sur un postulat très simple. Une concentration spatiale d'événements ne constitue un agrégat qu'à la condition que cette concentration ne soit pas simplement proportionnelle à la densité de la population de base sous-jacente, mais représente bien une fréquence locale nettement plus élevée du phénomène analysé. C'est un principe identifié de longue date en *épidémiologie*, ce qui explique que l'on nomme analyse de risque ces méthodes ajustées de recherche d'agrégats. Étant donné l'enjeu pratique, ceci nécessite un certain degré de réalisme.

Sur la base de données agrégées (comptage des occurrences individuelles sur un maillage), on pose l'hypothèse que le semis observé est une réalisation probable d'un processus ponctuel de Poisson.

Dans le modèle de Poisson, le nombre de cas dans chaque cellule d'un maillage est distribué selon une loi de Poisson. Sous hypothèse nulle, et en l'absence d'effet de structure, le nombre attendu de cas dans une cellule est proportionnel à la taille de la population de référence de la cellule (en introduisant la dimension temporelle, on se réfère à la population par unité de temps). Les variables de Poisson peuvent être analysées de manière purement temporelle, purement spatiale ou spatio-temporelle. Il est possible de prendre en compte d'éventuels effets de structure (variables catégorielles), ainsi que des tendances temporelles.

Les modèles de Poisson requièrent un maillage sur lequel on dispose d'un dénombrement de la population de référence et du nombre de cas de la variable étudiée, ainsi que des coordonnées géographiques des mailles. Ce maillage peut être régulier (carroyage) ou irrégulier de divisions administratives.

Les populations de référence n'ont pas besoin d'être définies de manière continue à travers le temps. On peut se contenter d'une population de référence unique à condition que les périodes étudiées se soient pas trop éloignées de la date de référence. Dans le cas de plusieurs dates de référence, le logiciel réalise une interpolation linéaire fondée sur les populations de référence aux dates immédiatement précédentes et immédiatement

---

\* Jean-Marc ZANINETTI est Docteur en géographie, habilité à diriger les recherches, maître de conférence à l'université d'Orléans - Courriel : jean-marc.zaninetti@univ-orleans.fr

suivantes. Pour les périodes antérieures à la première date disponible, on admet que la population est stationnaire. Il en va de même pour les périodes postérieures à la dernière date de référence disponible.

Le programme crée un cylindre de recherche dont l'espace forme la base et le temps la hauteur. Le cylindre de recherche est ensuite déplacé sur toutes les cellules de la grille superposée à la zone d'étude, et aussi dans toutes les plages de durée possible dans la période étudiée. La taille du cylindre varie à la fois dans l'espace (élargissement du cercle de voisinage) et dans le temps (durée croissante) jusqu'à la durée limite définie par l'utilisateur. Chaque cylindre est un candidat potentiel pour être le noyau d'un agrégat.

### Prise en compte des effets de structure

Supposons que l'on conduise une analyse épidémiologique. Si la sensibilité à la maladie que l'on étudie varie avec l'âge, et que les zones étudiées aient des populations de structure par âge très différentes, ne pas prendre en compte cet effet de structure risque simplement de faire ressortir des agrégats dans les secteurs où la structure par âge de la population maximise la sensibilité à la maladie ! La méthode retenue permet de prendre en compte ces effets de structure à condition de connaître la répartition locale de la population par tranches d'âge. Cela crée un processus de Poisson hétérogène où l'espérance du nombre de cas sous hypothèse nulle est ajustée à la structure connue de la population de référence. La méthode utilisée est la standardisation indirecte, dire aussi *méthode des « populations – types »*.

### Modèle de Poisson

Soit  $h$  le rayon de recherche ; considérons le disque de recherche centré sur le point  $I$  de superficie  $s_i$ . On nomme  $X$  le caractère d'intérêt. Dans ce disque, le dénombrement des cas favorables est de  $n_i$ .  $N$  est le nombre total de cas,  $S$  la superficie totale de la zone d'étude et la densité se note  $\lambda = \frac{N}{S}$ . Sous hypothèse nulle, dans le cas d'un processus de Poisson homogène,  $E(x) = \lambda s_i$ .  $I$  est un agrégat si et seulement si on rejette l'hypothèse nulle  $H_0$ . On pose le rapport [1]

$$[1] \quad E\left(\theta = \frac{n_i}{\lambda s_i}\right) = 1$$

Le rapport entre l'effectif observé et l'effectif attendu  $\theta$  est d'espérance unitaire et fluctue entre 0 et l'infini selon une loi de probabilité dont la variabilité type est estimée par le *rapport du maximum de vraisemblance*.

## Processus de Poisson hétérogène et estimation de l'espérance

Sous hypothèse d'hétérogénéité, on remplace la densité moyenne  $\lambda$  par un estimateur de densité locale  $\hat{\lambda}_i$  qui dépend des populations de référence.

Quelles que soient  $I$  les localisations du caractère d'intérêt  $X$  et  $J$  les barycentres des populations de référence notée  $P$  (typiquement, des unités administratives de recensement),

soit  $s_j$  la superficie d'une de ces unités, la densité de population de référence  $pd_j = \frac{P_j}{s_j}$ .

Au cas où les mailles du semis des unités territoriales pour laquelle la population de référence est lâche, l'hypothèse d'une densité uniforme dans la maille est très contraignante. On préfère remplacer les densités empiriques par une estimation continue de la densité. On utilise pour cela une *fonction de lissage par la méthode des noyaux*.

### Densité estimée d'événements

Dans la forme générale de cette fonction [2],  $K(\cdot)$  est une fonction continue et décroissante de **lissage spatial** dont la forme dépend de la loi de probabilité choisie : selon *Kuldorff*, c'est la forme *exponentielle négative* qui est préférable. Théoriquement, d'autres formes fonctionnelles peuvent faire l'affaire.

$$[2] \quad \hat{\lambda}_i(x) = \sum_{i=1}^N \frac{1}{Nh} K(\cdot) \left( \frac{N - n_i}{h} \right)$$

### Densité estimée de population

Supposons que l'on ait  $m$  barycentres d'unités administratives de dénombrement de la population de référence dans le cercle de recherche centré sur  $I$ .

La densité probable de population dans le cercle de recherche suit la fonction [3].

$$[3] \quad \hat{\lambda}_i(p) = \sum_{j=1}^m \frac{1}{Ph} K(\cdot) \left( \frac{P - p_j}{h} \right)$$

Il faut prendre garde cependant au second effet de taille, c'est-à-dire l'explosion des "risques" calculés sur des secteurs de très faible densité.

### Estimation des probabilités de référence

L'estimation des probabilités de référence d'apparition du caractère  $X$  dans la population  $P$  considérée (*risque relatif*) est le rapport des estimateurs de densité [4].

$$[4] \quad \theta_i(x) = \frac{\hat{\lambda}_i(x)}{\hat{\lambda}_i(p)}$$

### Prise en compte des effets de structure

Soit  $k$  sous populations inégalement sensibles à la probabilité de porter le caractère  $X$  d'intérêt, dans la mesure où ces covariants qualitatifs sont renseignés pour les cas observés, et que l'on connaisse la structure de la population de référence, on peut calculer différentes probabilités de référence localisées  $\hat{\rho}_{ik}(x)$ . Soit  $M$  l'effectif de la population comprise dans le cercle de recherche, la probabilité composée [5] est la moyenne pondérée des probabilités de référence par sous population.

$$[5] \quad \hat{\mu}_i(x) = \frac{1}{M} \sum_k m_k \rho_{ik}(x)$$

Ceci étant posé, le test statistique consiste à toujours étudier la fluctuation théorique du rapport [6] entre le nombre de cas observés et le nombre de cas attendus sous hypothèse nulle de conformité du semis observé à une réalisation possible d'un processus ponctuel.

$$[6] \quad \theta = \frac{n_i}{\hat{\mu}_i(x) s_i}$$

### Fonction du rapport de vraisemblance

Dans la fonction de vraisemblance [7], le symbole  $\bar{\mu}$  représentant le risque moyen sur l'ensemble de la zone d'étude. La fonction [7] s'applique lorsque  $\theta > 1$ , autrement, le rapport de vraisemblance est l'inverse de la vraisemblance globale  $L_0$ . Cette formule peut se lire comme le produit au numérateur entre le rapport de la vraisemblance local  $L(I)$  du risque d'occurrence du caractère  $X$  élevé à la puissance  $n_i$  et son complémentaire (rapport de vraisemblance du risque de non-occurrence) élevé à la puissance  $N-n_i$ . Ce produit est rapporté ensuite au rapport de vraisemblance global  $L_0$  de la zone d'étude au dénominateur.

$$[7] \quad \frac{L(I)}{L_0} = \theta^{n_i} \frac{\left[ \frac{N - n_i}{N - \hat{\mu}_i(x) s_i} \right]^{(N-n_i)}}{\left[ \frac{N}{\bar{\mu} S} \right]^N}$$

### Identifier les agrégats vraisemblables

L'agrégat ( $A$ ) le plus vraisemblable est celui qui offre le plus fort rapport de vraisemblance [8].

$$[8] \quad \max \frac{L(I)}{L_0} = A$$

En dehors de l'agrégat le plus vraisemblable, le logiciel ordonne les agrégats secondaires par ordre décroissant de valeur de la fonction.

### Test de significativité

Cette fonction suit approximativement une loi de Poisson. Il ne s'agit pas d'un test formel, mais les fonctions calculées sur les simulations de Monte-Carlo permettent de produire un intervalle de confiance de l'hypothèse nulle. Les agrégats dont la valeur calculée excède le seuil limite accepté par l'utilisateur, compte tenu du risque de première espèce  $\alpha$  fixé ; en général  $\alpha=0,05$ , mais les tests basés sur des permutations de Monte-Carlo sont moins puissants que les tests statistiques vrais. Le nombre de permutations doit être au moins de 999 pour garantir une puissance suffisante ( $\alpha=0,01$ ). Si le jeu de données est suffisamment réduit (moins de 10 000 points sur un PC d'entrée de gamme (128 Mb de RAM)), il est recommandé de conduire au moins 9999 simulations pour un risque de se tromper une fois sur cent.

### Références bibliographiques

- KULDORFF, M., ATHAS, W.F., FEURER, E.J., MILLER, B.A., KEY, C.R. (1998) Evaluating cluster alarms: a space-time scan statistic and brain cancer in Los Alamos, New Mexico. *American Journal of Public Health*, v. 88, n. 9, p. 1377-1380.
- KULDORFF, M. (1997) A spatial scan statistic. *Communications in statistics: Theory and Methods*, v. 26, p. 1481-1496.
- KULDORFF, M. (2001) Prospective time-periodic geographical disease surveillance using a scan statistic. *Journal of the Royal Statistical Society*, v. A164, p. 61-72.

KULDORFF, M., NAGARWALLA, N. (1995) Spatial disease clusters: Detection and Inference. *Statistics in Medicine*, v. 14, p. 799-810.

## Annexe 8 : Fiche de notification d'examen de dépistage du paludisme

**SIVEP**  
**SISTEMA DE INFORMAÇÕES DE VIGILÂNCIA EPIDEMIOLÓGICA**  
**NOTIFICAÇÃO DE CASO MALÁRIA**

República Federativa do Brasil  
Ministério da Saúde

1 Nº da Notificação:

<b>DADOS PRELIMINARES DA NOTIFICAÇÃO / COLETA</b>	2 Nº Cartão Nacional de Saúde:	3 Data da notificação:	4 Tipo de lâmina 1-BP 2-BA 3-LVC	5 UF notificação:		
	6 Município da Notificação:	7 Cód.Mun. Notificação:				
	8 Unidade Notificante:	9 Cód.Unid.Notificante:				
	10 Nome do agente notificante:	11 Código do Agente:				
<b>DADOS DO PACIENTE</b>	12 Nome do Paciente:	13 Data de Nascimento:	14 Idade: <input type="checkbox"/> Dia <input type="checkbox"/> Mês <input type="checkbox"/> Ano			
	15 Sexo: <input type="checkbox"/> M- Masculino <input type="checkbox"/> F- Feminino	16 Paciente é gestante? <input type="checkbox"/> 1- Sim <input type="checkbox"/> 2- Não <input type="checkbox"/> 3- Não se aplica	17 Grau de instrução: anos de estudos concluídos 1-Nenhum; 2-De 1 a 3; 3-De 4 a 7; 4-De 8 a 11; 5-De 12 e mais; 6-Não se aplica; 9-Ignorado			
	18 Nome da mãe					
	19 Endereço do paciente:		20 Outro país da residência:			
	21 UF residência	22 Município da residência:	23 Cód. Mun. resid:			
	24 Localidade da Residência:		25 Cód.Localid. Resid:	26 Sintomas: <input type="checkbox"/> 1-Com sintomas <input type="checkbox"/> 2-Sem sintomas		
	27 Data dos primeiros sintomas	28 Principal Atividade nos Últimos 15 Dias: 1-Agricultura 2-Pecuária 3-Doméstica 4-Turismo 5-Garimpagem 6-Exploração vegetal 7-Caça/pesca 8-const.estrad.barragens 9-Mineração 10-Viajante 11-Outros 99-Ignorado				
<b>LOCAL PROVÁVEL DA INFECÇÃO</b>	29 UF provável de infecção		30 Outro país provável de infecção			
	31 Município provável da infecção:		32 Cód. Mun. provável infecção:			
	33 Localidade provável da infecção:		34 Cód.localid. prov. infecção:			
	35 Data do Exame:		36 Resultado do Exame: <input type="checkbox"/> 1- Negativo; 2- F; 3- F+FG; 4- V; 5- F+V; 6- V+FG; 7- FG; 8- M; 9- F+M; 10- O		37 Parasitos por mm <sup>3</sup> :	
<b>DADOS DO EXAME</b>	38 Parasitemia em "cruzes": <input type="checkbox"/> 1- < +/2 (menor que meia cruz); 2- +/2 (meia cruz); 3- + (uma cruz); <input type="checkbox"/> 4- ++ (duas cruzes); 5- +++ (três cruzes); 6- ++++ (quatro cruzes)			39 Matrícula e nome do examinador:		
	40 Esquema de tratamento utilizado, de acordo com Manual de Terapêutica da Malária 1- Infecções por Pv com Cloroquina em 3 dias e Primaquina em 7 dias; 2- Infecções por Pf com Quinina em 3 dias + Doxiciclina em 5 dias + primaquina no 6º dia; 3- Infecções mistas por Pv + Pf com Mefloquina em dose única e primaquina em 7 dias; 4- Infecções por Pm com cloroquina em 3 dias; 5- Infecções por Pv em crianças apresentando vômitos, com cápsulas retais de artesunato em 4 dias e Primaquina em 7 dias; 6- Infecções por Pf com Mefloquina em dose única e primaquina no segundo dia; 7- Infecções por Pf com Quinina em 7 dias; 8- Infecções por Pf de crianças com cápsulas retais de artesunato em 4 dias e dose única de Mefloquina no 3º dia e Primaquina no 5º dia; 9- Infecções mistas por Pv + Pf com Quinina em 3 dias, doxiciclina em 5 dias e Primaquina em 7 dias; 10- Prevenção de recada da malária por Pv com Cloroquina em dose única semanal durante 3 meses; 11- Malária grave e complicada 99- Outro esquema utilizado (por médico) - descrever: <input type="checkbox"/>					41 Data Início do Tratamento:
<b>TRATAMENTO</b>	12 Nome do Paciente:		14 Idade:	15 Sexo: <input type="checkbox"/> 1-Masculino <input type="checkbox"/> 2-Feminino		
	1 Nº da notificação	35 Data do exame	36 Resultado do exame	39 Matrícula e nome do examinador:		
<b>SMS-UF MUNICIPIO</b>	Comprovante de resultado do exame para ser entregue ao paciente					

## **Annexe 9 : Liste des publications de Helen C. Gurgel pendant le période de la thèse (2002-2006)**

### **Chapitre dans ouvrage collective**

*À paraître* • GURGEL, H.C., FOTSING, JM. “Avancée du monde, avancée des parasites, avancée de la médecine : le paludisme au Brésil” in LOMBARD J., MESCLIER, E., VELUT, S. eds. *Géographies de la mondialisation au sud*. Paris : Editions IRD.

### **Publications dans de reveus scientifiques à comité de lecture**

2005 • BAVIA, M.E., CARNEIRO, D.D.M.T., GURGEL, H.C., FILHO, C.M. “Remote sensing and geographic information systems and risk of American Visceral Leishmaniasis in Bahia, Brazil”. *Parassitologia*, vol. 47, n° 1, p. 165-169.

2003 • GURGEL, H.C., FERREIRA, N.J., “Annual and interannual variability of NDVI in Brazil and its connections with climate”. *International Journal of Remote Sensing*, vol. 24, n° 18, p. 3595-3609.

2003 • GURGEL, H.C., FERREIRA, N.J., LUIZ, A.J.B., “Estudo da variabilidade do NDVI sobre o Brasil, utilizando-se a análise de agrupamentos”. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, vol. 7, n° 1, p.85-90.

2002 • FERREIRA, N. J., GURGEL, H.C. “Variabilidade dos ciclos anual e interanual da radiação de ondas longas emergentes sobre a América do Sul e vizinhança”. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, vol. 6, n° 3, p. 440-444.

*Soumis* • BARROS, D.A., LUITGARDS-MOURA, J.F., GURGEL, H.C., GOMES, J.S., SILVA, L.O.R., HONÓRIO, N.A., CONFALONIERI, U.E.C., ARRUDA, M.E., VASCONCELOS, S.D., BARROS, F.S.M., “Distribution of Anopheline Species in Roraima State, Northern Amazon, Brazil”. *Journal of Medical Entomology*.

### **Publications lors d'événements scientifiques à comité de lecture**

2005 • GURGEL, H.C., THÉRY, H., FOTSING, JM., “A malária e a população de Roraima”. In: 2° *Symposium National de Géographie de la Santé*, Rio de Janeiro – Brésil. Anais du 2° SNGS, 2005.

- 2005 • GURGEL, H.C. *et al.* “A contribuição do NDVI para o estudo epidemiológico da Leishmaniose Visceral Americana, no interior da Bahia”. In: *12° Symposium Brésilien de Télédétection*, Goiania - Brésil. Anais XII SBSR , 2005. p.2673-2680.
- 2005 • BAVIA, M.E., GURGEL, H.C., CARNEIRO, D.D.M.T., FILHO, C.M., SILVA, J.F., “Uso do satélite NOAA/AVHRR no estudo da Leishmaniose Visceral no oeste da Bahia”. In: *2° Symposium National de Géographie de la Santé*, Rio de Janeiro – Brésil. Anais du 2° SNGS, 2005.
- 2005 • BAVIA, M.E., CARNEIRO, D.D.M.T., MADUREIRA FILHO, FILHO, C.M., GURGEL, H.C., SILVA, J.F., “Aplicações das Geotecnologias em Estudos da Leishmaniose Visceral Americana na Bahia, Brasil”. In: *2° Symposium National de Géographie de la Santé*, Rio de Janeiro – Brésil. Anais du 2° SNGS, 2005.
- 2003 • GURGEL, H.C. “A utilização das geotecnologias em estudos epidemiológicos: o exemplo da relação entre a malária e o NDVI em Roraima”. In: *11° Symposium Brésilien de Télédétection*, Belo Horizonte - Brésil. Anais XI SBSR , 2003. p.1303-1310.
- 2003 • GURGEL, H.C. “A malária e a dinâmica sócio-ambiental em Roraima”. In: *1° Symposium National de Géographie de la Santé*, Presidente Prudente – Brésil. Anais du 1° SNGS, 2003.

## TABLE DES FIGURES

<b>Figure 1</b> : Localisation du Roraima.....	15
<b>Figure 2</b> : Organisation des chapitres et cheminement de la thèse .....	17
<b>Figure 3</b> : Le cycle du paludisme. D'après l'OMS, 2005.....	20
<b>Figure 4</b> : Distribution dans le monde du paludisme de 1900 à 2002 (d'après Hay <i>et al.</i> 2004, p. 328).....	24
<b>Figure 5</b> : La répartition de cas rapporté de paludisme dans le monde (source : Global Atlas, OMS, 2003a) .....	27
<b>Figure 6</b> : Évolution du nombre de cas de paludisme au Brésil de 1980 à 2004. (source : MS, 2005).....	38
<b>Figure 7</b> : Évolution du nombre de décès par paludisme au Brésil de 1980 à 2004. (source : MS, 2005).....	39
<b>Figure 8</b> : L'Amazonie Légale .....	41
<b>Figure 9</b> : Incidence parasitaire annuelle (IPA) du paludisme (pour 1 000 habitants) dans les États de l'Amazonie légale de 1990 à 2004 (source : SVS, 2005).....	42
<b>Figure 10</b> : Incidence parasitaire annuelle (IPA) du paludisme pour 1 000 habitants dans les municipes du Brésil en 2002 (d'après SESPA, 2005).....	43
<b>Figure 11</b> : (a) Nombre de cas de paludisme et (b) incidence parasitaire annuelle (IPA) du paludisme (pour 1 000 habitants) dans les États de l'Amazonie légale en 2004 (source : SVS, 2005) .....	44
<b>Figure 12</b> : Les principaux facteurs environnementaux, sociaux et politiques qui influencent la dynamique du paludisme.....	49
<b>Figure 13</b> : Principaux facteurs et leurs conséquences sur l'incidence du paludisme .....	72
<b>Figure 14</b> : Carte de cas de choléra (points) et localisation des fontaines d'eau (croix) à Londres en 1854 (d'après Tufte, 1983, p.24) .....	75
<b>Figure 15</b> : Structure d'un Système d'Information Géographique (d'après Lopes, 2004) .....	80
<b>Figure 16</b> : Diagramme de la réalisation des analyses des interactions entre l'environnement et le paludisme. ....	95
<b>Figure 17</b> : Nombre de cas et IPA du paludisme entre 1964 et 2004 au Roraima (source : FNS et IBGE).....	103
<b>Figure 18</b> : Nombre d'homicides à Boa Vista et dans les capitales brésiliennes pour 100 000 habitants entre 1980 et 2003 (source : DATASUS, Ministère de la Santé, Brésil) .....	106
<b>Figure 19</b> : Évolution de la population du Roraima entre 1940 et 2000 (source : recensements, IBGE) .....	107
<b>Figure 20</b> : L'évolution du paludisme au Roraima en relation avec les principaux événements produits entre 1964 et 2004.....	110
<b>Figure 21</b> : Évolution spatiale du paludisme au Roraima entre 1998 et 2002.....	112
<b>Figure 22</b> : Concentration des risques dans les principales localités du Roraima entre 1998 et 2002.....	116
<b>Figure 23</b> : Pourcentage de cas enregistrés de <i>P. falciparum</i> et de <i>P. vivax</i> entre 1965 et 2004 au Roraima (source : FNS).....	118
<b>Figure 24</b> : Distribution spatiale de <i>P. falciparum</i> pendant les deux pics épidémiologiques entre 1998 et 2002.....	119
<b>Figure 25</b> : Effets d'El Niño (a) et de La Niña (b) sur l'Amérique du Sud (d'après CPTEC, 1998).....	125

<b>Figure 26</b> : Carte des précipitations totales annuelles du Roraima.....	128
<b>Figure 27</b> : Précipitations moyennes mensuelles et annuelles des quatre régions climatiques du Roraima .....	128
<b>Figure 28</b> : Pourcentage moyen mensuel du nombre de cas de paludisme entre 1998 et 2002 et précipitations mensuelles moyennes des dans les quatre régions climatiques du Roraima (Source : HidroWeb/ANA et FNS) .....	131
<b>Figure 29</b> : Carte de végétation du Roraima (source : IBGE, 1998) .....	133
<b>Figure 30</b> : Spatiocarte d'utilisation du sol au Roraima.....	137
<b>Figure 31</b> : Extension et estimation moyenne du déboisement de 1978 à 2003 dans le Roraima (Source : Prodes – INPE, 2004) .....	138
<b>Figure 32</b> : Progression du déboisement observée à partir des Images Landsat de la région de Rorainópolis .....	140
<b>Figure 33</b> : Principales lignes de feux de l'incendie de 2003 (d'après Barbosa <i>et al.</i> , 2004, p.27).....	141
<b>Figure 34</b> : Exemple de résultats de calcul du NDVI (d'après Weier et Herring, 2001) .....	145
<b>Figure 35</b> : Indice de végétation NDVI mensuel moyen, 1983-2000 .....	146
<b>Figure 36</b> : Indice de végétation NDVI mensuel moyen des quatre types de végétation naturelle du Roraima.....	147
<b>Figure 37</b> : Moyenne annuelle de NDVI de 1982 à 2000 .....	150
<b>Figure 38</b> : NDVI mensuel des quatre types de végétation naturelles du Roraima entre janvier 1982 et décembre 2000.....	151
<b>Figure 39</b> : NDVI moyen (1983-2000) et IPA moyen (1998-2002) du paludisme dans les 51 principales localités du Roraima .....	152
<b>Figure 40</b> : Moyennes mensuelles de NDVI et pourcentage mensuel de cas de paludisme dans les quatre secteurs de formations végétales du Roraima.....	153
<b>Figure 41</b> : NDVI et IPA annuel entre 1981 et 2001 du Roraima.....	155
<b>Figure 42</b> : Les projets de colonisation et l'IPA moyen entre 1998 et 2002 dans les principales localités du Roraima.....	162
<b>Figure 43</b> : Localisation des réserves indigènes au Roraima.....	164
<b>Figure 44</b> : Les aires protégées du Roraima .....	166
<b>Figure 45</b> : Densité de la population par secteur censitaire en 2000.....	169
<b>Figure 46</b> : Lieu de naissance des habitants par commune du Roraima en 2000.....	173
<b>Figure 47</b> : Flux des deux principales origines de cas de paludisme importé par chacune des communes du Roraima.....	176
<b>Figure 48</b> : Répartition du ratio femmes/hommes au Roraima par secteurs censitaires, en 2000 .....	177
<b>Figure 49</b> : Distribution du paludisme en fonction du sexe et du type de localité entre 1998 et 2002 (source : FNS/SISMAL, 1998-2002).....	180
<b>Figure 50</b> : Pyramide des âges du Roraima (source : IBGE, recensement démographique 2000).....	181
<b>Figure 51</b> : Proportion du paludisme par tranches d'âge selon le type de localité (source : FNS/SISMAL, 1998-2002).....	182
<b>Figure 52</b> : La dynamique mensuelle du paludisme par tranche d'âge (source : FNS/SISMAL, 1998-2002).....	183
<b>Figure 53</b> : Nombre de lits hospitaliers pour 1 000 habitants (a) ; Professionnels de santé pour 10 000 habitants (b) ; et IPA moyen (1998/2004) pour 1 000 habitants par commune.....	190

<b>Figure 54</b> : Les districts sanitaires spéciaux indigènes (d'après DESAI/FUNASA/MS, 2003).....	195
<b>Figure 55</b> : Organigramme de la gestion de contrôle du paludisme.....	197
<b>Figure 56</b> : Indice d'efficacité au Roraima de 1962 à 2004.....	199
<b>Figure 57</b> : IE et IPA moyens de 1998 à 2002 des 51 principales localités du Roraima.....	202
<b>Figure 58</b> : Organisation autour d'un pôle-base d'un DSEI (d'après FUNASA, 2005B).....	204
<b>Figure 59</b> : Emboîtement des trois grands groupes de facteurs qui influencent la dynamique du paludisme entre l'hôte et le vecteur. ....	217

## TABLE DES TABLEAUX

<b>Tableau 1</b> : Les étapes de la lutte antipaludique de 1880 à 2004 .....	32
<b>Tableau 2</b> : Principales maladies et facteurs environnementaux obtenus par télédétection .....	83
<b>Tableau 3</b> : Recensement des données utilisées.....	89
<b>Tableau 4</b> : Liste des Images Landsat 7 ETM+ et Landsat 5 TM de la mosaïque de Roraima.....	93
<b>Tableau 5</b> : Années de El Niño et La Niña .....	125
<b>Tableau 6</b> : Les projets de colonisation implantés en Roraima .....	160
<b>Tableau 7</b> : Population du Roraima .....	170
<b>Tableau 8</b> : Répartition de la population en 2000 et des cas de paludisme par commune et par type de localité de 1998 à 2002 .....	171
<b>Tableau 9</b> : Population non originaire du Roraima installée depuis moins de 10 ans dans l'État en 2000 .....	173
<b>Tableau 10</b> : Cas importés de paludisme au Roraima entre 1998 et 2002.....	175
<b>Tableau 11</b> : Réseau hospitalier au Brésil .....	188
<b>Tableau 12</b> : Réseau hospitalier au Roraima .....	189
<b>Tableau 13</b> : Compétences des niveaux de gestion du contrôle du paludisme .....	198
<b>Tableau 14</b> : Niveau d'accès aux soins.....	200

## TABLE DES PHOTOGRAPHIES

<b>Photo 1 :</b> Gîtes larvaires de l' <i>Anophele darlingi</i> dans un <i>igarapé</i> à proximité de la ville de Mucajaí au Roraima (clichés Helen Gurgel, octobre 2003) .....	54
<b>Photo 2 :</b> Exemples d'habitations des premiers colons à Iracema, au Roraima (clichés Helen Gurgel, octobre 2003).....	57
<b>Photo 3 :</b> Fossés abandonnés le long de la route BR-174 à Caracaraí, au Roraima (clichés Helen Gurgel, novembre 2003).....	60
<b>Photo 4 :</b> Habitations amazoniennes typiques au Roraima (clichés Helen Gurgel, novembre 2003).....	66
<b>Photo 5 :</b> Vue aérienne de la ville de Boa Vista (cliché Oriz Ziedson, 2004) .....	102
<b>Photo 6 :</b> Types de végétation du Roraima. (a) Vue aérienne de la savane dans la région de Boa Vista ; (b) Vue aérienne de la forêt dense dans la région de Auarais (c) Marais de la région de Caracaraí (Cliché (a) Tiago Orihuela, 2004 ; Clichés (b) et (c) Helen Gurgel, novembre 2003).....	135
<b>Photo 7 :</b> Élevage de bovins le long de la route BR-174 dans la commune de Caracaraí (clichés Helen Gurgel, octobre 2003).....	139
<b>Photo 8 :</b> Feu pour préparer le sol et agriculture de subsistance de manioc dans l' <i>assentamento</i> Maranhão dans la commune de Iracema (clichés Helen Gurgel, octobre 2003) .....	143
<b>Photo 9 :</b> (a) Lot abandonné dans la colonie Jundiá à Petrolina (b) Colon transportant sa production ; du fait de la mauvaise qualité des routes, la moto est l'unique moyen de transport utilisé dans la colonie Anauá en Nova Colina (clichés Helen Gurgel, novembre 2003).....	161
<b>Photo 10 :</b> Habitants indigènes du Roraima. (a) Famille Macuxi ; (b) Enfants Yanomami (clichés Helen Gurgel, novembre 2003) .....	165
<b>Photo 11 :</b> (a) Femmes indigènes travaillant dans la <i>roça</i> ; (b) Femme de colons à la maison s'occupant de son bébé (clichés Helen Gurgel, novembre 2003).....	179
<b>Photo 12 :</b> Activités de loisir des habitants du Roraima : pêche et baignade dans un <i>igarapé</i> (clichés Helen Gurgel, octobre 2003).....	183
<b>Photo 13 :</b> Structure de santé dans le DSEI Yanomami au pôle-base d'Awaris (a) Poste de santé ; (b) Pharmacie ; (c) Cabinet de consultation ; (d) Infirmerie (clichés Helen Gurgel, octobre 2003).....	203
<b>Photo 14 :</b> Équipe de santé indigène de l'ONG Urihi. (a) Laborantin en train de réaliser examen de dépistage du paludisme ; (b) Agent de contrôle du vecteur de retour d'applications d'insecticides dans les maisons des communautés indigènes (clichés Helen Gurgel, octobre 2003).....	205
<b>Photo 15 :</b> Assistance à la santé chez les Amérindiens (a) Indien Yanomami en consultation dans sa propre maison à Awaris ; (b) Indiens à la IV <sup>e</sup> conférence de santé de l'État du Roraima à Boa Vista (clichés Helen Gurgel octobre, 2003)	206
<b>Photo 16 :</b> L'infrastructure routière dans la zone rurale au Roraima (a) Piste dans un <i>assentamento</i> à Rorainópolis ; (b) Voiture de la SMS abandonnée au bord de la route pour cause de manque d'entretien dans la commune de Cantá (clichés Helen Gurgel, novembre 2003).....	209

## TABLE DES ANNEXES

<b>Annexe 1</b> : Les étapes des découvertes sur le paludisme.....	247
<b>Annexe 2</b> : Carte politico-administrative du Brésil : États, grandes régions et capitales.....	249
<b>Annexe 3</b> : Notions de télédétection.....	250
<b>Annexe 4</b> : Liste des sites pour l'obtention de données géographiques et épidémiologiques sur le Brésil.....	255
<b>Annexe 5</b> : Carte d'évolution des communes du Roraima.....	256
<b>Annexe 6</b> : Carte des principaux localités du Roraima.....	257
<b>Annexe 7</b> : Identification des pics épidémiologiques localisés.....	258
<b>Annexe 8</b> : Fiche de notification d'examen de dépistage du paludisme.....	264
<b>Annexe 9</b> : Liste des publications de Helen C. Gurgel pendant le période de la thèse (2002-2006).....	265

## TABLE DES MATIÈRES

<b>Remerciements .....</b>	<b>4</b>
<b>Sommaire .....</b>	<b>7</b>
<b>Sigles et acronymes .....</b>	<b>8</b>
 <b>Introduction Générale .....</b>	 <b>11</b>
 <b>CHAPITRE 1 – Un regard sur le paludisme à travers le temps et l’espace .....</b>	 <b>18</b>
Introduction.....	19
1.1 – Qu’est-ce que le paludisme ? .....	20
1.1.1 – Définition et mode de transmission.....	20
1.1.2 – Formes de paludisme .....	21
1.1.3 – Syntones, traitement et prévention .....	22
1.2 – La perception du paludisme à travers le temps et sa répercussion dans la lutte antipaludique.....	23
1.3 – Les programmes mondiaux de lutte antipaludique .....	26
1.3.1 – Le programme actuel de lutte antipaludique.....	28
1.4 – Le paludisme au Brésil : évolution et programmes de lutte.....	32
1.4.1 – L’expansion du café et les premiers fronts pionniers brésiliens .....	33
1.4.2 – Les années 1940 : le paludisme partout au Brésil.....	34
1.4.3 – Les années 1970 et 1980 : éradication du paludisme au sud et début d’expansion en Amazonie.....	36
1.4.4 – Les années 1990 : instabilité politique et économique et explosion du paludisme .....	38
1.4.5 – Le paludisme au début du XXI <sup>e</sup> siècle.....	40
Conclusion .....	44
 <b>CHAPITRE 2 – Les relations entre facteurs environnementaux, facteurs sociaux et politiques publiques sur le paludisme .....</b>	 <b>46</b>
Introduction.....	47
2.1 – Les facteurs liés au milieu naturel.....	49
2.1.1 – Le rôle des éléments climatiques : pluviométrie et température.....	49
2.1.1.1 – La variabilité climatique : El Niño, La Niña et le réchauffement global..	50
2.1.1.2 – L’écologie du vecteur du paludisme en Amazonie: l’Anophele darlingi..	52
2.1.2 – La couverture végétale .....	55
2.1.3 – Les modifications anthropiques du milieu .....	56
2.1.3.1 – Défrichement et déboisement .....	57
2.1.3.2 – Les aménagements hydrauliques .....	58
2.1.3.3 – Les travaux d’infrastructures.....	59
2.1.3.4 – L’urbanisation .....	60
2.2 – Les facteurs de la dynamique du paludisme liés à la population.....	62
2.2.1 – Le rôle des déplacements de population .....	62
2.2.2 – Le rôle de la distribution spatiale de la population .....	64
2.2.3 – Le rôle des facteurs culturels.....	65
2.3 – Les politiques publiques et la dynamique du paludisme .....	67

2.3.1 – Les politiques de contrôle entre échelles mondiale et nationale.....	68
2.3.2 – Les programmes de développement et d'aménagement du territoire.....	69
2.3.3 – L'impact du paludisme sur les économies locales et régionales.....	70
Conclusion .....	71
<b>CHAPITRE 3 – Analyser les relations entre environnement et paludisme à la fois dans l'espace et dans le temps : éléments de méthode.....</b>	<b>73</b>
Introduction .....	74
3.1 – La géographie et la santé.....	74
3.2 – La géomatique et la santé.....	78
3.2.1 – Le système de positionnement global (GPS).....	79
3.2.2 – Les Systèmes d'Information Géographique – SIG.....	79
3.2.3 – L'apport de la télédétection .....	81
3.2.4 – Les applications de la géomatique aux études sur le paludisme.....	84
3.3 – Données et méthodologie générale d'analyse .....	85
3.3.1 – Collecte d'informations et des données disponibles .....	85
3.3.1.1 – La recherche de bases de données existantes.....	85
3.3.1.2 – Le travail de terrain.....	86
3.3.2 – Données utilisées .....	88
3.3.2.1 – Les données sur le paludisme .....	90
3.3.2.2 – Les données de précipitations .....	92
3.3.2.3 – Les données du recensement de la population de 2000 .....	92
3.3.2.4 – Les images de NDVI du NOAA/AVHRR.....	92
3.3.2.5 – La mosaïque Landsat du Roraima.....	93
3.3.3 – L'analyse des données .....	93
Conclusion .....	96
<b>CHAPITRE 4 – L'évolution et la répartition des cas de paludisme au Roraima..</b>	<b>97</b>
Introduction.....	98
4.1 – Le paludisme dans l'histoire du Roraima.....	98
4.1.1 – Du XVII <sup>e</sup> siècle à la première moitié du XX <sup>e</sup> siècle : l'occupation de la vallée du Rio Branco .....	98
4.1.2 – Les années 1940 à 1960 : le Territoire Fédéral du Roraima .....	100
4.1.3 – Les années 1970/1980 : le plan fédéral d'intégration nationale et ses projets de colonisation agricole.....	103
4.1.4 – Les années 1990 : la création de l'État du Roraima, l'extraction minière et les réserves indigènes .....	105
4.1.5 – Le début du XXI <sup>e</sup> siècle.....	108
4.1.6 – Synthèse de l'évolution du paludisme au Roraima.....	109
4.2 – La distribution spatiale du paludisme au Roraima .....	110
4.2.1 – L'évolution spatiale de cas de paludisme entre 1998 et 2002 au Roraima ....	111
4.2.2 – Évolution du début des pics épidémiques dans les principales villes du Roraima entre 1998 et 2002.....	115
4.2.3 – Évolution du Plasmodium falciparum au Roraima .....	117
Conclusion .....	121

<b>CHAPITRE 5 – Diversité environnementale du Roraima et implications sur la dynamique du paludisme.....</b>	<b>122</b>
Introduction.....	123
5.1 – Le climat du Roraima.....	124
5.1.1 – El Niño et La Niña.....	124
5.1.2 – Les précipitations au Roraima.....	126
5.1.3 – Précipitations et paludisme.....	130
5.2 – Le Roraima, une mosaïque de formations végétales.....	132
5.2.1 – Les principaux types d'utilisation du sol au Roraima.....	136
5.2.2 – Les principales pressions anthropiques sur la végétation.....	137
5.2.2.1 – Le déboisement.....	138
5.2.2.2 – Les incendies.....	141
5.3 – L'analyse de la relation entre les dynamiques de la végétation et du climat par le NDVI.....	143
5.3.1 – La dynamique mensuelle du NDVI.....	145
5.3.2 – La dynamique inter-annuelle du NDVI.....	149
5.3.3 – Le NDVI et le paludisme.....	151
Conclusion.....	155
<b>CHAPITRE 6 – Population et paludisme au Roraima.....</b>	<b>158</b>
Introduction.....	159
6.1 – Types d'organisation spatiale de la population : le paludisme, facteur d'intégration ?.....	159
6.1.1 – Les projets de colonisation agricole.....	159
6.1.2 – Les réserves indigènes.....	163
6.1.3 – Les aires de protection environnementale.....	165
6.2 – Les caractéristiques actuelles de la population.....	168
6.2.1 – Répartition spatiale de la population.....	168
6.2.2 – Migrations et paludisme.....	172
6.2.2.1 – Les cas de paludisme importés entre 1998 et 2002.....	174
6.2.3 – La structure de la population.....	176
6.2.3.1 – Répartition par sexe et paludisme.....	177
6.2.3.2 – Répartition par âge et paludisme.....	180
Conclusion.....	184
<b>CHAPITRE 7 – Le rôle des politiques publiques sur le paludisme.....</b>	<b>185</b>
Introduction.....	186
7.1 – Santé publique et paludisme.....	186
7.1.1 – L'infrastructure de santé au Roraima.....	187
7.1.2 – Réseau de soins et paludisme au Roraima.....	189
7.2 – La lutte contre le paludisme au Roraima.....	191
7.2.1 – Nouvelle organisation du système de santé.....	192
7.2.2 – La santé indigène.....	195
7.2.3 – Schéma de la lutte antipaludique au Roraima.....	196
7.3 – Rôle des structures de santé dans la dynamique du paludisme.....	198
7.3.1 – L'indice d'efficacité.....	198
7.3.2 – Rôle des ONG dans la lutte anti-paludique : assistance aux amérindiens.....	202

7.3.3 – Les campagnes délaissées .....	208
Conclusion .....	210
<b>Conclusion générale et perspectives .....</b>	<b>213</b>
<b>Bibliographie.....</b>	<b>219</b>
<b>Glossaire .....</b>	<b>245</b>
<b>Annexes .....</b>	<b>246</b>
<b>Table des figures .....</b>	<b>267</b>
<b>Table des tableaux .....</b>	<b>270</b>
<b>Table des photographies.....</b>	<b>271</b>
<b>Table des annexes .....</b>	<b>272</b>
<b>Table des matières .....</b>	<b>273</b>

**Résumé : PALUDISME ET DYNAMIQUES ENVIRONNEMENTALES DANS L'ÉTAT DU RORAIMA AU BRÉSIL**

Ces dernières décennies, le paludisme n'a cessé de faire des victimes dans les régions les plus démunies du globe. Dans le même temps, ces régions ont généralement vécu, comme l'Amazonie, de forts changements sociaux et environnementaux. L'État du Roraima au Brésil a ainsi connu des flux migratoires soudains et intenses : les migrants, venus surtout de la région nord-est du Brésil, sont attirés par la distribution gratuite de lopins de terre dans le cadre de programmes de colonisation agricole. De plus, cet État brésilien possède une importante population amérindienne, qui voit ses terres envahies par des chercheurs d'or. Le nombre de cas de paludisme a explosé, passant de 10 000 cas annuels au début des années 1970 à plus de 35 000 cas à la fin des années 1990. Le Roraima possède ainsi, et de loin, le plus fort taux d'infestation de la région amazonienne, et le paludisme représente pour le Brésil un problème majeur de santé publique. L'objectif général de ce travail est de mettre en évidence la dynamique des facteurs environnementaux, sociaux et des politiques publiques en relation avec l'évolution du paludisme au Roraima, à l'aide de la télédétection et des systèmes d'information géographique (SIG), ainsi que d'une méthode d'analyse des dynamiques spatio-temporelles. Cette recherche s'inscrit ainsi à l'interface de la géographie, de l'épidémiologie et de la géomatique. Les résultats montrent que les facteurs environnementaux, liés à la dynamique du vecteur, ont une influence au niveau local ; les facteurs sociaux, c'est-à-dire les dynamiques des populations et leur mode de vie, ont une influence à un niveau intermédiaire ; et les facteurs liés aux politiques publiques ont une influence au niveau régional. À cette échelle, le manque d'efficacité des actions antipaludiques, dues au désengagement et au désintérêt des acteurs institutionnels, engendre une forte augmentation des cas de paludisme.

**Mots-clés :** paludisme, Amazonie, environnement, santé, politiques sanitaires, SIG, télédétection, dynamiques spatio-temporelles.

**Abstract: MALARIA AND ENVIRONMENTAL DYNAMICS IN THE STATE OF RORAIMA, BRAZIL**

During the last few decades, malaria has affected the lives of many people in the most impoverished regions of the world. In some regions, like the Amazon Region, this has also been a period of major social and environmental change. For example, the State of Roraima, Brazil, has had to accept significant streams of migrants arriving mostly from the north-east of Brazil, attracted by the free distribution of little land plots offered by Agricultural Colonisation Programs. Also, the important Amerindian Population of this Brazilian State had to deal with gold panners who invaded their land. As a result, the number of malaria cases has exploded, from 10000 cases in the early 70's, to over 35000 in the late 90s. Roraima, in this context, actually has the highest Malaria Infestation Rate of all Amazon: Malaria in Brazil is therefore a major Public Health concern. The main purpose of this work is to enlighten the dynamics of those environmental and social factors, as well as those linked with public policies, related to the evolution of Malaria in Roraima. The work uses Remote Sensing and GIS (Geographical Information Systems) technologies, as well as a method to analyse spatial-temporal dynamics, and takes place at the interface between geography, epidemiology, and geomatics. The main results show that environmental factors, mainly related to the dynamics of the vector (*Anopheles*), have an influence at the local scale; social factors, i.e. population dynamics and cultures, play out more at middle scale; and public policy factors have an influence at regional scale. At the regional level, the anti-malaria actions are often inefficient due to the withdrawal or the indifference of institutional actors.

**Keywords:** Malaria, Amazon, Environment, Health Policy, GIS, Remote Sensing, Spatio-temporal dynamics