

## Environnement géographique :

### Apports de la télédétection, de la cartographie et des SIG

Jean-Marie Forsing, Emmanuel Roux, Kenji Ose  
et Frédéric Huynh (IRD)

*L'environnement et ses transformations ont des effets sur l'émergence des épidémies. Malgré la complexité des relations entre facteurs environnementaux et dynamique épidémique la télédétection permet d'optimiser les recherches de terrain, de suivre les activités humaines et les modifications des paysages et de caractériser les niches écologiques des vecteurs. Les données géo-environnementales couplées avec les données épidémiologiques, entomologiques et socio-économiques et intégrées dans un Système d'information géographique permettent de mettre en évidence les interrelations entre environnement et santé et d'identifier les zones à risques d'émergence et/ou de ré-émergence des épidémies.*

#### L'espace: cadre de vie et des épidémies...

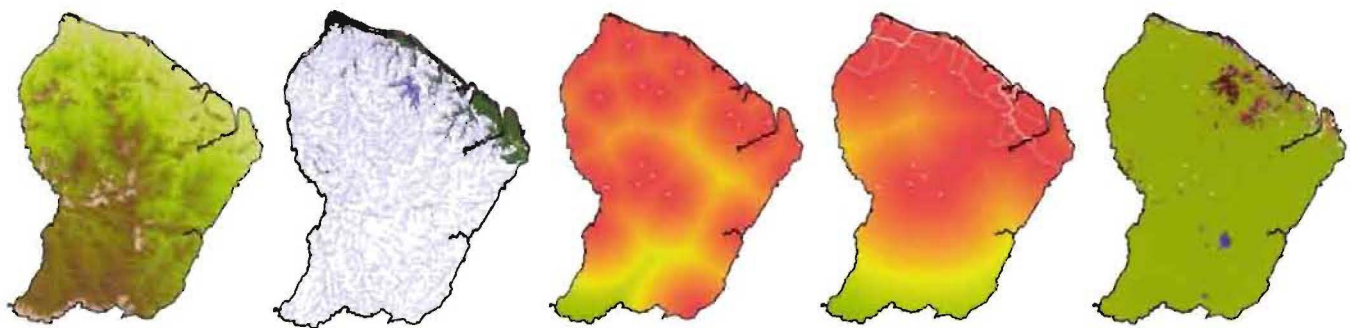
L'espace dans lequel l'homme vit change et évolue. Il joue un rôle important dans le caractère endémique ou émergent de nombreuses maladies. En effet, la présence, la densité et la répartition dans l'espace et dans le temps de bons nombres d'agents pathogènes, de leur(s) vecteur(s) et/ou de leur(s) réservoir(s) sont liées à des conditions environnementales particulières et à leur emprise spatiale. Citons à titre d'exemple le paludisme dont le parasite est transmis par des moustiques de l'espèce des anophèles, la maladie de Chagas transmise par des punaises dont chaque espèce est associée à des niches écologiques bien spécifiques, ou encore l'ulcère de Buruli, au mécanisme de transmission peu connu mais qui semble associé à des milieux aquatiques bien particuliers. Ainsi, les modifications des conditions environnementales sont déterminantes dans l'émergence et la diffusion des épidémies. La connaissance de ces modifications permet de prévoir les risques sanitaires.

#### Les images satellites :

outils d'analyse et de suivi de l'environnement...

Dans ce contexte, les images issues des satellites d'observation de la Terre apportent des informations précieuses pour la connaissance de l'environnement. Elles permettent d'observer des grandes étendues et les zones difficiles d'accès, de disposer des informations continues dans l'espace, avec des fréquences temporelles intéressantes.

Raster insérés dans la base de données « globales » ulcère de Buruli.  
De gauche à droite : altitude, hydrographie, distance par rapport aux localités, distance par rapport aux routes, occupation du sol.



## Fosses larvaires EREMIBA installées au Sud de Cacao



SPOT 3, fusion 2.5 m 'couleurs naturelles' 2006



Unité S140 ESPACE projets SEAS / EREMIBA - IRD. Niveau 2007

santes, et de discriminer aisément les principaux types d'occupation du sol, qu'ils soient d'origine naturelle ou anthropique.

Ainsi, pour les chercheurs travaillant sur les questions de santé et en particulier ceux qui s'intéressent aux pathologies ayant des liens avec l'environnement, le recours aux images satellitaires est d'un apport considérable. Au cours des deux dernières décennies, les possibilités offertes par la télédétection se sont accrues avec les progrès technologiques. Citons par exemple, l'amélioration des résolutions spatiales des images optiques qui permettent de cartographier plus finement l'occupation du sol, les données radar qui s'affranchissent des contraintes météorologiques, l'altimétrie radar qui permet d'accéder à la dynamique de hauteur d'eau des mers et des grandes surfaces continentales, ou encore les données large champ qui autorisent le suivi des paramètres environnementaux sur de vastes étendues (températures de surface, couleur de l'eau, teneur en chlorophylle, etc.).

### Spatialisation des données...

La télédétection permet aujourd'hui d'identifier, caractériser et suivre de nombreux paramètres de l'environnement à différentes échelles d'espace (de la niche écologique à la grande région) et à des pas de temps variés (de la journée à plusieurs décennies en passant par les saisons), multipliant ainsi les possibilités de mettre en relation les modifications de l'environnement, l'émergence des épidémies et leur extension spatiale.

En Guyane, terre du spatial, le recours aux images satellitaires pour répondre aux problématiques sanitaires se justifie pleinement compte tenu de l'importance des enjeux de santé, de l'immensité du territoire, des difficultés d'accès à toutes les régions, etc. Par ailleurs, l'accès aux données satellites est facilité par la présence de la station SEAS qui reçoit depuis 2006 les images optiques des satellites Spot 4 et Spot 5 et les données du capteur radar d'ENVISAT. Ces données s'ajoutent aux images large champ des satellites météorologiques NOAA reçus à Cayenne depuis 1998.

Outre la possibilité d'explorer des zones d'accès difficile, l'imagerie satellitaire est exploitée pour des objectifs et dans des programmes de recherche divers en matière de santé. Elle permet :

- d'optimiser le choix des sites d'échantillonnage sur le terrain. Par exemple, dans le cadre du projet EREMIBA (porté par l'IRD en partenariat avec le CNRS, l'UAG-CHC et l'IPG avec le soutien financier de l'ANR), la télédétection a permis de différencier les paysages et d'identifier les lieux optimaux pour l'installation de fosses artificielles visant à étudier la prolifération des anophèles en fonction d'un gradient d'intensité de déforestation (Fig. 2). Dans le cadre de l'étude de la bio-écologie des anophèles à Cacao (projet porté par l'IPG en partenariat avec l'IRD, soutenu par le secrétariat d'État à l'outre-mer), six sites de capture de moustiques ont ainsi été choisis de manière objective dans des faciès environnementaux à la fois significativement différents et représentatifs de la région d'étude.
- De déterminer les interactions entre les types d'occupation du sol, leur organisation spatiale et l'incidence du paludisme. Cette approche est notamment appliquée dans le cadre des travaux d'une thèse de doctorat sur les déterminants environnementaux des accès palustres dans les populations amérindiennes à Camopi et Antécume Pata.
- De caractériser les niches écologiques d'insectes vecteurs. Ainsi, une étude conjointe des dimensions entomologiques, épidémiologiques et environnementales du paludisme a été réalisée sur trois sites distincts et représentatifs des zones impaludées de Guyane (Apatou, Camopi, Régina).

### Pour la cartographie, les SIG et l'analyse des risques

Les résultats issus des méthodes d'exploitation des données intégrés dans un système d'information géographique, permettent d'identifier les liens entre les variables de l'environnement et les variables de santé.

### Les relations entre environnement et paludisme

Elles ont été mises en évidence à l'échelle locale sur le village de Cacao. A partir d'une cartographie à dix classes selon le taux de couverture végétale et/ou le type d'utilisation du sol (eau, prairie inondable, zone urbaine, sol nu, brûlis récent, polyculture maraîchère, polyculture fruitière, abattis herbeux, forêt secondaire, forêt dense : figure 3), six principaux foyers d'émergence du paludisme ont été déterminés entre 2000 et 2006 dans la zone agricole à proximité des plans d'eau stagnante (gîtes larvaires potentiels) en zone de polyculture maraîchère (végétation basse). Ces éléments d'occupation du sol, peu variables dans le temps, ne peuvent pas expliquer l'émergence du paludisme, mais permettent de le pérenniser en entretenant la transmission homme-vecteur. Ces résultats n'ont pas permis de mettre en relief des paramètres environnementaux engendrant l'apparition du paludisme.

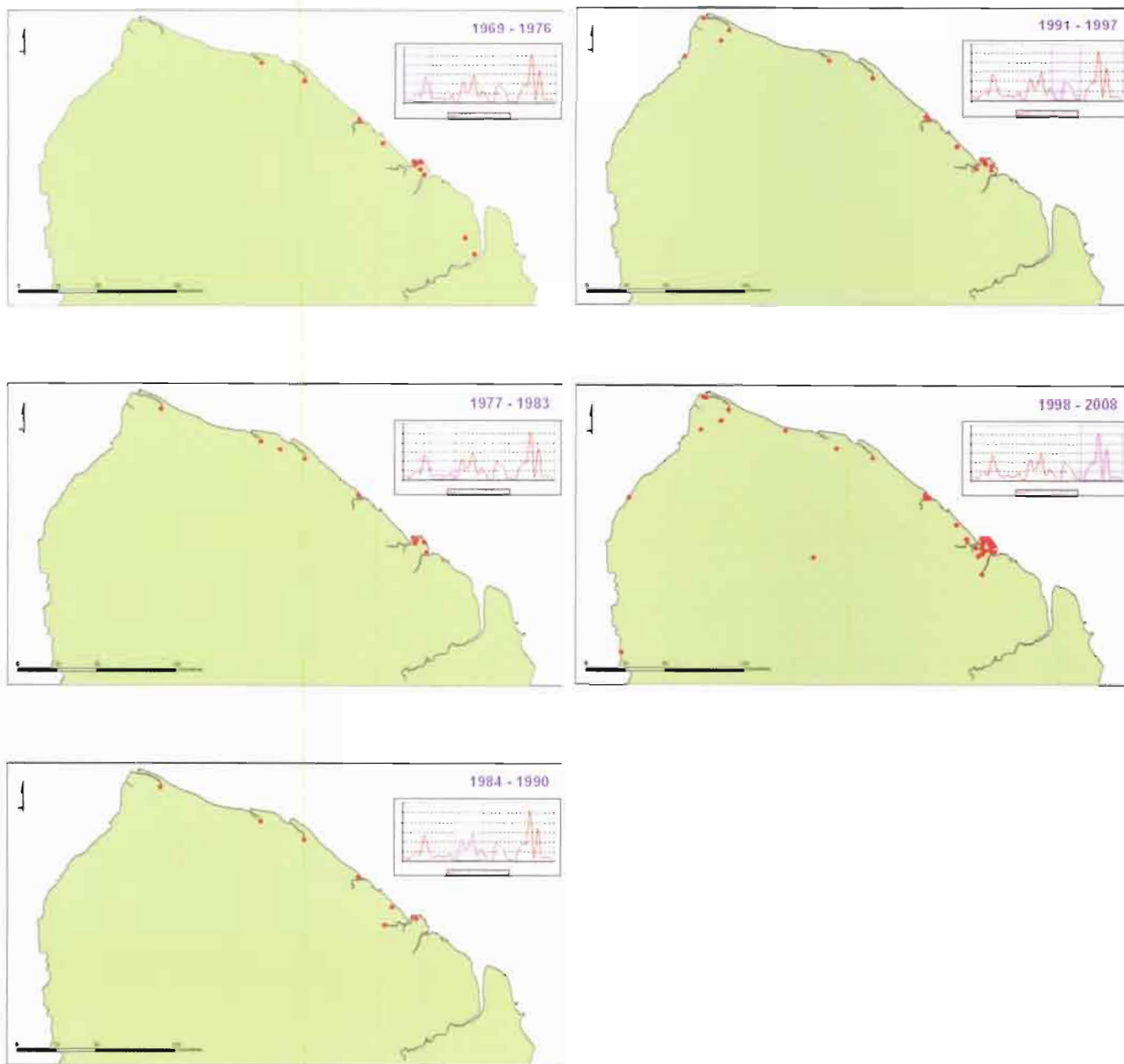


Fig. 3 : Indice de densité de bâti/population sur l'île de Cayenne, entre 1969 et 2008 (les points rouges représentent les cas d'ulcère de Buruli).

### Relations entre environnement et ulcère de Buruli

Elles ont été explorées à l'échelle globale et locale. A l'échelle globale et atemporelle correspondant à la sous-région littorale, une première analyse montre une répartition des cas sans phénomène épidémique concentré dans l'espace.

### Répartition spatiale des cas d'ucère de Buruli entre 1969 et 2008



En parallèle, une base de données au format matriciel (raster) a été mise en place. Les informations générées respectent une même étendue, une même résolution spatiale (1 km) garantissant une superposition parfaite pixel à pixel (Fig. 1). Elles sont déclinées selon plusieurs thématiques (occupation et utilisation du sol, distance par rapport aux implantations humaines, climatologie, hydrographie et morphologie). Cette base permet d'utiliser les approches multi-variées pour identifier à l'avenir les « macro zones » potentiellement favorables à l'émergence de l'ulcère de Buruli. Il serait alors possible de conduire des campagnes d'échantillonnage (mycobactérie ou vecteur insecte) plus précises.

A l'échelle locale on s'est concentré sur Cayenne et sa périphérie pour mettre en œuvre des méthodes d'analyse diachronique. L'objectif principal dans cette zone qui concentre plus d'un quart des patients cumulés dans le temps et connaît depuis des évolutions impactant fortement le milieu « naturel », est de vérifier si l'apparition de nouveaux cas d'ulcère est liée aux modifications de l'utilisation du sol, en particulier la construction de bâtis sur des terrains hydromorphes ou inondables.

Les résultats montrent que les cas d'infections à *M. ulcerans* sont associés, dans un périmètre d'influence de 500 m, à des zones inondables de types marécages et des zones de forêt résiduelles et dans la région de Mana, à des zones de marécages et/ou à des canaux destinés à alimenter ou drainer les zones de riziculture (Fig. 3). Ces résultats confirment les hypothèses avancées quant aux facteurs de risques.

### Conclusion et perspectives

L'étude des relations entre environnement et maladies infectieuses à différentes échelles et en exploitant des données de télédétection basse (1,1 km) et haute (10-20 m) voir très haute résolution (2,5 m - 10 m) demande de reconsidérer la manière dont est abordé le « système éco-épidémiologique ».

En effet, l'environnement, en termes de milieux naturels ou anthropisés, intervient essentiellement comme élément favorisant ou non le développement de vecteurs (paludisme, dengue) ou d'agents pathogènes (ulcère de Buruli), éventuellement de réservoirs animaux ou autres. A une échelle régionale et avec de la basse résolution, il peut être pertinent de rechercher des liens directs entre environnement et incidence et/ou prévalence de la maladie, conditions environnementales, transmission et déclaration de la maladie intervenant au sein d'un même « pixel ». A une échelle locale et avec de la haute résolution, ce sont des liens entre l'environnement et la transmission de la maladie qu'il faut alors rechercher, l'élément focal étant le vecteur ou l'agent pathogène dans le cas d'une transmission directe (éventuellement les réservoirs, animaux ou autres, des pathogènes). Sans connaissance sur les lieux présumés de transmission, d'autres hypothèses doivent être émises et de nouvelles requêtes spatiales mises en œuvre.



Fotsing Jean-Marie, Roux Emmanuel, Ose Kenji, Huynh Frédéric (2011)

Environnement géographique : apports de la télédétection, de la cartographie et des SIG

In : Carme B. (ed.), Charles-Dominique P. (ed.), Fotsing Jean-Marie (ed.), Gombauld P. (ed.), Grenand Pierre (ed.), Lacombe P. (ed.). *De la recherche en Guyane : la science par l'exemple*

Matoury (GUF) ; Cayenne : Ibis Rouge ; PNRG, p. 73-78. (Science et Découverte)

ISBN 978-2-84450-403-6