



Un "Site Sentinelle" à la frontière franco-brésilienne pour comprendre et suivre les relations entre climat et santé

Emmanuel Roux, Christovam Barcellos, Helen Gurgel, Laurent Durieux,
Anne-Elisabeth Laques, Nadine Dessay

► To cite this version:

Emmanuel Roux, Christovam Barcellos, Helen Gurgel, Laurent Durieux, Anne-Elisabeth Laques, et al.. Un "Site Sentinelle" à la frontière franco-brésilienne pour comprendre et suivre les relations entre climat et santé. Environnement et géomatique : approches comparées France-Brésil (ENVIBRAS), Nov 2014, Rennes, France. ird-01265600

HAL Id: ird-01265600

<https://ird.hal.science/ird-01265600>

Submitted on 1 Feb 2016

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

UN « SITE SENTINELLE » À LA FRONTIÈRE FRANCO-BRÉSILIENNE POUR COMPRENDRE ET SUIVRE LES RELATIONS ENTRE CLIMAT ET SANTÉ

ROUX E. ⁽¹⁾, BARCELLOS C. ⁽²⁾, GURGEL H. C. ⁽³⁾, DURIEUX L. ⁽¹⁾, LAQUES A.-E. ^(1,2),
DESSAY N. ⁽¹⁾

(1) Institut de Recherche pour le Développement (IRD) – UMR ESPACE-DEV, Maison de la Télédétection, 500 Rue Breton, 34000 - Montpellier – France [prénom.nom@ird.fr]

(2) Fundação Oswaldo Cruz (FIOCRUZ) – ICICT – Laboratório de Informações em Saúde, Av. Brasil, 4.365 - Manginhos, Rio de Janeiro-RJ - 21045-900 – Brasil [xris@fiocruz.br]

(3) Universidade de Brasília (UnB) – Laboratório de Geografia, Ambiente e Saúde (LAGAS), Campus Universitário Darcy Ribeiro - Brasília-DF - 70910-900 – Brasil [helengurgel@unb.br]

Résumé – Cet article présente l'intérêt et la méthodologie de construction d'un site sentinelle sur la zone transfrontalière entre la Guyane française et l'Amapá (Brésil), pour la caractérisation et le suivi de l'impact des processus environnementaux, climatiques et socio-démographiques sur le paludisme. Nous présentons et discutons les concepts de site sentinelle et d'observatoire et nous décrivons les principaux dispositifs existants. Nous détaillons et justifions les choix nécessaires à la construction d'un tel site sentinelle, et décrivons les résultats préliminaires, à savoir les premières cartes sur la situation épidémiologique dans la zone transfrontalière, la première caractérisation du risque entomologique du côté brésilien, et la mise en œuvre d'un portail internet dédié à la diffusion des données de base et des indicateurs de risque.

Mots-clés : Changement climatique, paludisme, frontières internationales, systèmes d'informations.

Um “sítio sentinela” na fronteira França-Brasil para compreender e acompanhar as relações entre clima e saúde.

Resumo - Este artigo apresenta o interesse ea metodologia de construção de um sítio sentinela na fronteira Guiana Francesa - Amapá (Brasil), para a caracterização e o monitoramento do impacto dos processos ambientais, climáticos e sócio-demográficas sobre a malária. Apresentamos e discutimos os conceitos “de sítio sentinela” e observatório e descrevemos as principais dispositivos existentes. Nós mostramos as escolhas necessárias para construir um “sítio sentinela”, e descrevemos os resultados preliminares, as primeiras mapas sobre a situação epidemiológica na fronteira, a primeira caracterização de risco entomológico no lado brasileiro, e a implementação de um portal na internet dedicado à divulgação de dados e indicadores de risco.

Palavras-chave : Mudanças climáticas, malária, fronteiras internacionais, sistemas de informação.

A ‘sentinel site’ at the France-Brazil border aiming to understanding and monitor climate and health relations. Abstract :

This paper presents the interest and methodology of building a sentinel site within the trans-border area between French Guiana and Amapá (Brazil), for the characterization and monitoring of the impacts of environmental, climatic and socio-demographic processes on malaria. We present and discuss the “sentinel site” and “observatory” concepts and we describe the main existing web portals related to these concepts. We detail and justify the choices required to build such a sentinel site, and describe the preliminary results, i.e. the first maps of the epidemiological situation within the border area, the first characterization of entomological risk on the Brazilian side, and the implementation of a web portal dedicated to the dissemination of raw data and risk indicators.

Keywords : climate change, malaria, international borders, information systems.

Introduction

Le paludisme est un enjeu de santé publique majeur en Amazonie. La situation varie de manière significative dans l'espace et dans le temps. En Guyane française, le nombre de cas est passé de 3450 cas/an dans les années 2000 (Tarantola et al., 2011) à environ 1400 cas/an en moyenne après 2010, et atteint environ 900 cas/an aujourd'hui. La zone transfrontalière entre la Guyane et l'état brésilien d'Amapá (ZTGA) connaît une situation particulière : à Camopi, un village amérindien situé sur les rives guyanaises de l'Oyapock, le taux d'incidence annuel est en forte régression depuis 2010 ; sur la même période, le nombre de cas a diminué de manière beaucoup moins significative dans les deux villes de la région, Saint-Georges et Oiapoque, situées respectivement en Guyane et en Amapá (cf. Figure 1) ; le município d'Oiapoque est quant à lui le plus touché d'Amapá, avec 3940 cas en 2011 (en excluant les lames de contrôle) et une augmentation de 12% par rapport à 2010 (Cenci et al., 2012). Ainsi, bien que le nombre de cas diminue dans la région, la maladie présente des caractères instables, de par ses fortes disparités spatiales et temporelles, et les taux d'incidence observés dans la région restent parmi les plus élevés des Amériques. Par conséquent, la compréhension des mécanismes de transmission reste un enjeu majeur dans cette zone. Si des études, relatives

à un seul côté de la frontière et mono-scalaires, ont permis de mieux caractériser les relations entre paramètres environnementaux et risque de transmission du paludisme dans la région (Andrade, 2005 ; Cardoso et Goldenberg, 2007 ; Stefani et al., 2011), elles ne permettent pas d'appréhender l'ensemble des facteurs déterminants, leur importance relative et leur(s) échelle(s) d'influence respective(s) dans le contexte transfrontalier.

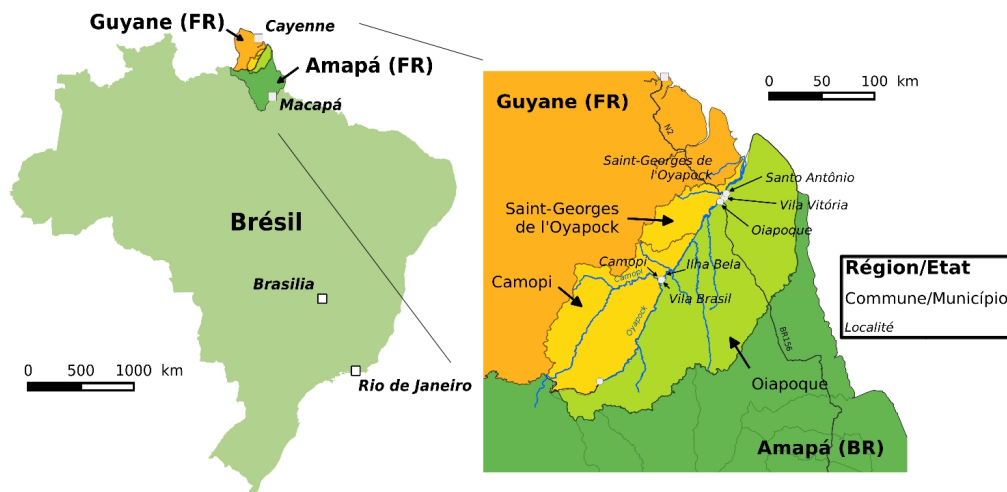


Figure 1 : Localisation et cartographie de la ZTGA. La partie plus claire définit la zone transfrontalière d'intérêt.

Le franchissement d'un nouveau seuil dans la connaissance de ces mécanismes nécessite des données *de base*, en particulier épidémiologiques, entomologiques, environnementales, socio-démographiques et comportementales, bi-latérales et homogènes, et des méthodologies adaptées afin de les analyser et de les interpréter conjointement, par une approche inter-disciplinaire. Cela nous conduit à proposer la mise en place d'un *observatoire* long terme, bi-national et multi-disciplinaire pour la surveillance et l'étude de la transmission du paludisme dans la ZTGA. Nous envisageons en particulier la construction d'un *site sentinelle* transfrontalier dans le cadre de l'Observatoire Brésilien sur le Climat et la Santé (OBCS) développé par la Fondation Oswaldo Cruz (Fiocruz).

1. État de l'art

Plusieurs initiatives existantes partagent nos objectifs, en proposant de mettre à disposition des données de base et des indicateurs entomologiques, épidémiologiques, démographiques et environnementaux spatialisés liés au paludisme : (i) le Malaria Atlas Project (MAP, www.map.ox.ac.uk), fondé en 2005, propose des résultats de modèles à l'échelle mondiale ; (ii) l'Atlas du Risque de la Malaria en Afrique (ARMA, www.mara.org.za)¹ met à disposition des données de base et des produits issus de modèles, à l'échelle du continent africain ; (iii) l'International Research Institute for Climate and Society (IRI) offre l'accès à une grande diversité de données pouvant être utilisées pour l'étude des relations entre climat et paludisme (iridl.ldeo.columbia.edu/maproom/Health/Regional/Africa/Malaria) et la génération d'alertes précoces (Grover-Kopec et al., 2006) ; (iv) l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) propose quant à elle plusieurs portails : Global Health Atlas (GHA, apps.who.int/globalatlas/default.asp) ; Centralized Information System for Infectious Diseases (CISID, data.euro.who.int/cisid/?TabID=342769).

Certains de ces systèmes ne permettent pas aux utilisateurs de réaliser leurs propres analyses du fait de l'absence de données de base (MAP, IRI). S'ils fournissent de telles données (épidémiologiques et socio-démographiques notamment), les facteurs déterminants (environnementaux, socio-démographiques, etc.) sont alors sous-représentés voire absents

¹ Ce site ne semble cependant plus maintenu et accessible

(GHA). Ces dispositifs concernent des échelles globales inadaptées à l'explication des mécanismes de transmission, et les résolutions spatiales ne permettent pas de visualiser, analyser et expliquer les variations infra-nationales importantes, comme celles de la ZTGA que nous nous proposons d'étudier (*e.g.* GHA, CISID). Dans tous les cas, ils ne sont pas adaptés à notre échelle d'étude et à nos objectifs.

L'observatoire brésilien du climat et de la santé (OBCS, www.climasaude.iciet.fiocruz.br), développé par la Fondation Oswaldo Cruz (Fiocruz), propose de fournir l'accès à des données environnementales, socio-démographiques et épidémiologiques (concernant plusieurs maladies) afin de faciliter les études sur les impacts sanitaires du changement climatique. Contrairement aux portails précédemment décrits, l'OBCS : (i) donne accès à des données distribuées pouvant être téléchargées directement auprès des organismes spécialisés en charge de leur production ; (ii) fournit des fonctionnalités de cartographie en ligne permettant la visualisation et la superposition des différentes couches d'information d'intérêt pour l'utilisateur ; (iii) s'appuie sur trois sites sentinelles localisés à Manaus, Porto Velho et Santa Maria, étudiant respectivement les maladies liées à l'eau, les maladies liées à la qualité de l'air et les conséquences sanitaires des événements climatiques extrêmes.

2. Construction d'un site sentinelle dans la zone transfrontalière guyano-brésilienne

2.1. Observatoire Climat-Santé et site sentinelle transfrontalier - définitions

Le concept d'*observatoire* semble échapper à toute définition théorique générale. Les dispositifs qualifiés d'observatoires partagent cependant certains caractères : la poursuite d'un objectif bien déterminé, correspondant généralement à la surveillance d'un phénomène d'intérêt et/ou au besoin de combler une lacune dans la connaissance, et ce par l'acquisition de données de base. Une définition complète d'un observatoire ne peut donc être que *fonctionnelle*, au travers des objectifs, des utilisateurs finaux, des objets et des processus d'intérêt ainsi que des données permettant de les caractériser. Les observatoires diffèrent donc des dépôts de données génériques dans le sens où ils sont thématiques, *i.e.* se focalisent sur un problème, thème ou processus bien identifié.

Dans le cadre de l'OBCS, un *site sentinelle* a pour buts, à une échelle locale et en s'appuyant sur les acteurs locaux de la santé publique et de la recherche, de : comprendre et analyser sur le long terme les relations entre le climat et une maladie particulière ; mettre en évidence les facteurs environnementaux, socio-démographiques et comportementaux expliquant la situation épidémiologique locale et devant ainsi être pris en compte pour l'élaboration de politiques de santé et de gestion environnementale ciblées et efficaces. De tels sites confèrent à l'OBCS un caractère multi-échelles, que ne possèdent pas les systèmes cités dans le paragraphe précédent, permettant de mettre en évidence des mécanismes de transmission ou de propagation des agents pathogènes (parasites, particules) à une échelle compatible avec celle des actions de prévention et de lutte sur le terrain. En revanche, afin de partager les mêmes objectifs que ceux de l'OBCS, ces sites sentinelles doivent permettre de rendre compte, au travers de l'analyse des données recueillies localement, de changements climatiques, socio-démographiques et environnementaux opérant aux échelles plus larges. L'OBCS ne repose pas sur les données recueillies par les sites sentinelles, qui correspondent à des dispositifs complémentaires. De fait, le choix des sites sentinelles se fait en fonction de besoins spécifiques, au regard de lacunes dans la connaissance des mécanismes de transmission ou de propagation d'une maladie, et non en fonction de critères d'échantillonnage (représentativité, minimisation des biais, *etc.*). Ces sites sentinelles sont donc eux-mêmes des observatoires et leur construction nécessite de répondre aux questions soulevées dans les paragraphes suivants.

2.2. Objectifs spécifiques

L'objectif est de fournir, via un portail internet, des données, des informations et des connaissances (*ressources*) épidémiologiques, entomologiques, environnementales, socio-démographiques et comportementales, spatialisées et pertinentes pour : (i) suivre la situation épidémiologique du paludisme dans la ZTGA, afin de détecter d'éventuels événements épidémiques et permettre des actions adaptées ; (ii) faciliter les études sur la mise en correspondance des données, afin de décrire, caractériser, modéliser les mécanismes de transmission, en particulier caractériser l'impact du changement climatique sur le paludisme et l'anticiper ; (iii) faciliter le transfert de données et de connaissances entre les communautés de chercheur, les gestionnaires de santé publique et le grand public, afin de participer à la définition de stratégies de prévention et de lutte ciblées et efficaces et permettre l'évaluation de ces dernières.

2.3. Utilisateurs et modes d'appropriation des données

Les ressources diffusées au travers du portail d'accès internet du site sentinelle, sont destinées : (i) aux chercheurs de disciplines scientifiques diverses (épidémiologie, éco-épidémiologie, géographie, sciences humaines et sociales, *etc.*) afin qu'ils puissent effectuer des analyses, construire des modèles, en privilégiant les approches inter-disciplinaires ; (ii) aux gestionnaires de santé publique afin de les aider à définir et d'évaluer des actions de prévention et de lutte ciblées ; (iii) aux acteurs d'organismes de gestion du territoire, indirectement liés à la santé mais dont l'action, pouvant être caractérisée grâce aux données du site sentinelle, peut indirectement contribuer au contrôle du risque de transmission (le site sentinelle peut ainsi agir comme un élément de responsabilisation des organismes de gestion du territoire vis-à-vis de la transmission du paludisme) ; (iv) au grand public, afin que ce dernier soit informé des situations et comportements à risque identifiés par les chercheurs et les gestionnaires de santé publique, et puisse adopter des comportements protecteurs.

2.4. Définition de la "Zone transfrontalière"

Les dimensions épidémiologique et socio-démographique doivent primer dans la définition des limites du site sentinelle, en permettant de spécifier les populations humaines cibles, leurs zones de vie et les zones liées à la prévention et au contrôle de la maladie. Les limites spatiales du site sentinelle doivent ainsi rassembler les lieux de résidence des cas de paludisme et les lieux avérés ou présumés de transmission de la maladie, et être cohérentes avec les limites des entités spatiales de gestion de santé publique. Nous proposons ainsi de délimiter spatialement le site sentinelle en considérant les frontières du município d'Oiapoque et des communes de Camopi et de Saint-Georges de l'Oyapock (*cf.* carte Figure 1).

Les populations humaines originaires de la région sont relativement peu mobiles en dehors des limites de cette zone, du fait qu'elles y exercent leur activité professionnelle, mais également de par les difficultés de déplacement. En revanche, elles sont mobiles à l'intérieur de la ZTGA. La majorité des flux de population s'effectuent entre les deux villes principales (Saint-Georges de l'Oyapock et Oiapoque) et dans la direction amont-aval du fleuve Oyapock, entre les bourgs de Camopi et de Vila Brasil, situés respectivement sur les rives française et brésilienne du moyen Oyapock, et les deux centres urbains de l'aval.

Malgré cela, certaines personnes, habitant et/ou ayant été infectées dans la ZTGA, sont diagnostiquées en dehors de la zone définie précédemment, à l'hôpital de Cayenne ou de Macapá par exemple. De plus, à cette population native s'ajoute la population d'orpaillers ne disposant pas d'autorisation de séjour sur le sol français mais exerçant prioritairement leur activité sur les sites d'orpaillage illégaux guyanais. Cette population est très mobile en dehors des limites communales, mais elle est également « invisible ». De fait, et bien qu'il soit acquis que cette population soit porteuse du *Plasmodium* et participe significativement à la dynamique du paludisme dans la région, nous disposons de peu d'information quantitatives sur sa taille et ses parcours. Enfin, si les conditions écologiques favorables à la transmission

du paludisme dans la région sont locales, le climat et ses changements globaux peuvent s'avérer plus facilement observables en dehors des limites de la ZTGA. Ainsi, la délimitation de la zone d'étude ne doit pas exclure de considérer des sources de données et d'informations en dehors de ces limites, afin de caractériser les entrées, les sorties et les perturbations du système éco-épidémiologique du paludisme dans la ZTGA.

2.5. Données et unités spatiales de référence

2.5.1. Données

Le Tableau 1 propose une liste non exhaustive des données considérées comme *a priori* pertinentes dans la construction du site sentinelle et existantes dans la zone d'étude.

Données	Source(s)	Résolution spatiale	Résolution temporelle
Épidémiologie (espèce plasmodiale, lieu présumé de contamination, type de diagnostic, etc.)	Gestionnaires de santé publique	Quartier ou localité (P ⁽¹⁾)	Journalière
Entomologie (espèces, présence, densité, taux d'infection, parité, etc.)	Équipes de recherche, gestionnaires de santé publique et/ou en charge de la lutte anti-vectorielle	Ponctuelle (P)	Ponctuelle, quelques suivis mensuels ou hebdomadaires (pièges)
Démographie communale	Organismes de recensement	IRIS ⁽³⁾ , Secteur de recensement (S)	Annuelle ou décennale
Démographie infra-communale	Recensements, enquêtes <i>ad hoc</i>	(S)	Ponctuelle
	Télédétection ⁽²⁾ (Pleiades)	sub-métrique (S)	Annuelle
Infrastructures routières, bâti, autres infrastructures	Organismes de cartographie	(L, P, S)	4-5 ans
Orpaillage	Reconnaissance de terrain	(P)	Synthèse annuelle
	Télédétection (SPOT)	10 m (S)	Synthèse annuelle
Températures	Stations <i>in situ</i>	Ponctuelle (P)	≤ Journalière
	Télédétection (MODIS)	≥ 250 m (S)	Journalière
Précipitations	Stations <i>in situ</i>	Ponctuelle (P)	≤ Journalière
	Télédétection (TRMM)	≥ 1 km (S)	≤ Journalière
Hydrographie	Référentiel hydrographique BD Carthage®	(L, S)	4-5 ans
Hauteurs d'eau du fleuve Oyapock	Stations <i>in situ</i>	Ponctuelle (P)	Journalière
	Télédétection (Altimétrie radar)	ponctuelle (P)	≥ 10 jours
Occupation/usage du sol	Télédétection (Landsat, SPOT, Sentinelle, Pleiades)	≤ 30 m (S)	Annuelle
Géologie (type de sol, perméabilité des sols, etc.)	Cartes existantes	(S)	Ponctuelle
	Télédétection	≤ 90 m (S)	Ponctuelle
Topographie (altitude, pente, paysages morphologiques, etc.)	Télédétection (SRTM, Lidar)	≤ 90 m (S)	Ponctuelle
Inondations (zones inondables, suivi saisonnier des inondations, etc.)	Télédétection (optique et radar)	≥ 10 m (S)	≥ Bi-annuelle
Distribution de moustiquaires (lieu, date, type de produit, etc.)	Organismes gestionnaire de santé publique, associations	Quartiers, localités (S)	Ponctuelle
Lutte anti-vectorielle (lieu, date, cible (larves/adultes), type de produit, etc.)	Organisme responsable de la lutte anti-vectorielle	Quartiers, localités (P, S)	Mensuelle
Indicateurs synthétiques de risque de transmission	Organismes de recherche	Dépend de l'indicateur (S)	Dépend de l'indicateur

⁽¹⁾P : Ponctuelle ; S : Surfacique ; L : Linéaire ; ⁽²⁾Agences spatiales (NASA, ESA, CNES, INPE, etc.) ; projets SEAS-Guyane, GEOSUD, etc. ; ⁽³⁾Les limites spatiales des IRIS coïncident avec celles des communes de Camopi et Saint-Georges

Tableau 1 : Liste, non exhaustive, des données *a priori* pertinentes pour la construction du site sentinelle.

2.5.2. Unités spatiales de référence

L'organisation de l'information géographique nécessite de définir des unités spatiales permettant des analyses infra-communales, à différentes échelles emboîtées, et comparables de part et d'autre de la frontière. Idéalement, ces unités devraient correspondre à un nombre

d'habitants minimal afin de produire des indicateurs socio-démographiques et épidémiologiques fiables.

Niveau d'agrégation	Unités spatiales d'analyse	
	Point(s)	Surface
3ème		Zone transfrontalière
2ème		Commune / Município
1er	Village (agrégation de hameaux, <i>e.g.</i> Camopi), Ville (centroïde)	Ville (agrégation de quartiers)
Unité spatiale élémentaire	Hameau ruraux, quartier « urbain » (centroïde)	Quartier « urbain »

Tableau 2 : Proposition des entités spatiales d'analyse emboîtées pour la cartographie et l'analyse des données du site sentinelle (*cf.* carte Figure 2)

Cependant, le caractère éparse des foyers de population dans la ZTGA et leur disparité, en termes de nombre d'habitants, de caractéristiques socio-culturelles, comportementales et environnementales, rend cette tâche particulièrement difficile, obligeant à agréger des entités très hétérogènes. Ainsi, le nombre d'habitants ne peut être le seul critère de définition. Une solution est donc de définir des entités spatiales *a priori* homogènes des points de vue socio-culturel, comportemental et environnemental (*cf.* Tableau 2) et d'y associer des informations sur la fiabilité des informations épidémiologiques, au vue, notamment, des informations démographiques disponibles.

3. Résultats préliminaires

Des avancées significatives vers la construction d'un tel site sentinelle ont d'ores et déjà été réalisées, notamment dans le cadre des projets OSE-Guyamapá (*cf.* Remerciements), dont une des thématiques était la construction d'indicateurs environnementaux de risque de transmission du paludisme dans la ZTGA. Ce programme a permis de constituer un partenariat pertinent, rassemblant les équipes de recherche et les gestionnaires de santé publique impliqués dans l'étude et le contrôle du paludisme, en Guyane et en Amapá. Il a contribué à l'élaboration des premières cartes rassemblant des informations épidémiologiques homogènes sur l'ensemble de la ZTGA (*cf.* Figure 2), grâce à l'inventaire critique des données épidémiologiques, démographiques et cartographiques disponibles de part et d'autre de la frontière, et l'intégration des différentes bases de données (Villemant, 2013). Les premières captures entomologiques le long de la frontière, du côté brésilien, ont également pu être effectuées, fournissant des indicateurs de risques entomologiques (Zanini et al., 2014). La caractérisation de l'occupation du sol de l'ensemble la ZTGA a été réalisée par l'UMR228 ESPACE-DEV, l'Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) et Li (2013) (*cf.* Figure 2). Enfin, un travail de revue systématique de la littérature sur les liens entre occupation/usage du sol et risque de transmission du paludisme a été réalisé par Stefani et al. (2013). Un modèle de risque de transmission de la maladie, associé à la présence et à la structure de la forêt dense et de la végétation secondaire, a ainsi pu être formalisé, permettant d'envisager la construction d'indicateurs spatialisés de risque associés à l'occupation du sol.

Enfin, une infrastructure de données et un portail internet dédiés à la diffusion des ressources produites dans le cadre du projet OSE-Guyamapá sont en cours de finalisation et d'alimentation (<http://www.ose-guyamapa.org>). Le portail permet de trouver les ressources au travers de requêtes par mots clés et/ou de requêtes thématiques, temporelles et/ou géographiques, en exploitant les méta-données standardisées associées à chacune d'elle. Des fonctionnalités de cartographie en ligne permettent de visualiser les différentes couches d'informations renvoyées par le système. Le caractère interopérable d'un tel système permet d'envisager que l'OBCE puisse interroger l'infrastructure de données OSE-Guyamapá, et que ce dernier devienne le portail du site sentinelle transfrontalier consacré au paludisme.

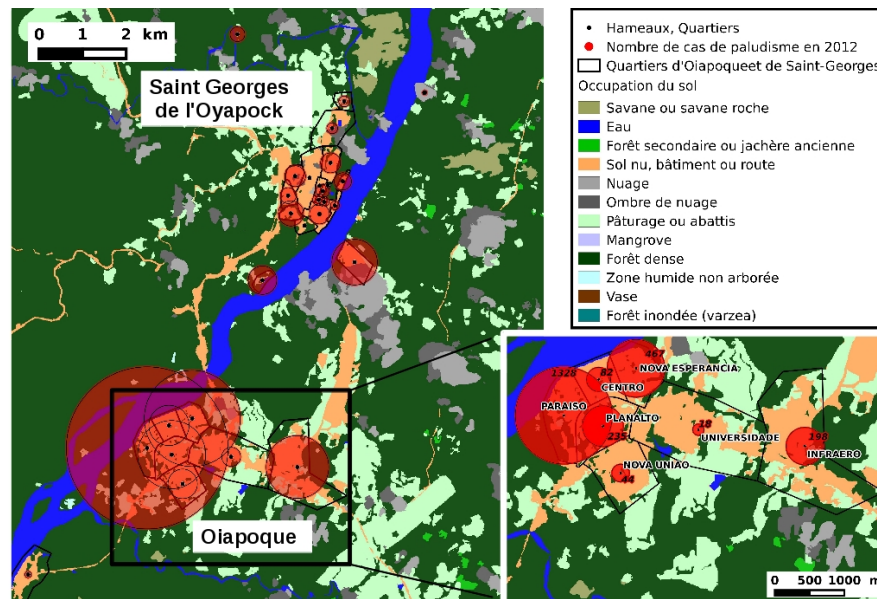


Figure 2 : Cartographie du nombre de cas de paludisme, pour l'année 2012 et en fonction lieux de domicile des patients (le nombre de cas est explicitement indiqué sur la carte de droite) (Villemant, 2013). L'occupation du sol est issue des travaux de l'UMR ESPACE-DEV, de l'INPE et de Li (2013).

Conclusion et perspectives

Nous avons défini le concept de site sentinelle associé à l'OBCS, puis détaillé et justifié ses caractéristiques et fonctionnalités, dans le contexte particulier du suivi et de l'étude du paludisme dans la ZTGA. Les travaux réalisés dans le cadre de différents programmes de recherche et de coopération montrent l'intérêt et la faisabilité de la construction d'un tel site.

En revanche, de nombreuses autres problématiques doivent être considérées. Les questions légales et éthiques, prégnantes dans le domaine de la santé, doivent être considérées. Elles se réfèrent à la fois aux droits de collecte, de stockage et d'usage des données et/ou des résultats des traitements, mais également aux « pratiques » tacites des diverses communautés impliquées dans ces différentes étapes (Gloria et al., 2014). La solution la plus directe est la sélection ou la mise en conformité préalable des ressources (anonymisation, « floutage » des données géolocalisée²) et/ou la définition de différents droits d'accessibilités et d'usage des données en fonction des utilisateurs. Des axes de recherche spécifiques récents, visant à concevoir des systèmes facilitant la mise en conformité de la distribution et de l'usage des ressources avec les lois et règles en vigueur (Gloria et al., 2014), devront également être considérés dans les travaux futurs.

La capacité des utilisateurs finaux à accepter et à s'approprier les ressources découle de la confiance qu'ils ont dans ces dernières et constitue un enjeu important. Cette confiance dépend notamment de la pertinence et de la qualité des ressources, ainsi que de la mise à disposition de méta-données sur les ressources (nature, qualité, producteur, etc.) et leur méthode d'élaboration. Le géo-portail OSE-Guyamapá satisfait en partie ces différents points, mais l'utilisation effective des ressources devra faire l'objet d'évaluations objectives en vue de la favoriser.

En complément des données présentées dans le Tableau 2, toute donnée ou information participant indirectement à la caractérisation des phénomènes d'intérêt pourrait être considérée, comme dans le cas des systèmes d'alerte syndromiques (Henning, 2004). Par exemple, la quantité de carburant vendue à certaines stations présentes sur les rives de l'Oyapock peut être un indicateur du volume du flux de personnes se déplaçant sur le fleuve et de l'intensité des activités liées à ces déplacements (orpaillage notamment). D'autres

² cf. l'extension « blurring » du SIG QuantumGIS, développée par l'UMR ESPACE-DEV

informations, qualitatives et informelles, peuvent également être d'un grand intérêt pour le suivi des changements socio-démographiques et la caractérisation de la dynamique de la maladie, comme les contenus des articles des médias locaux et des sites internet spécialisés, les informations informelles recueillies par les professionnels de santé, les échanges sur les réseaux sociaux, etc. (Hartley et al., 2011).

Enfin, comprendre, analyser et interpréter des ressources complexes requiert une somme de connaissances importantes sur leur mode d'acquisition et d'élaboration, et sur les processus sous-jacents. Une des perspectives ambitieuse est la formalisation de ces connaissances et leur exploitation automatique au sein d'une infrastructure de données « intelligente » à même de guider l'utilisateur, de suggérer des ressources ou de générer des alertes de mauvais usage, etc. Ainsi, les travaux de recherche récents dans le domaine de la formalisation des connaissances et du Web sémantique devront être mis à contribution.

Remerciements

Programme OSE-Guyapá, co-porté par l'IRD et l'INPE, co-financé par le Programme Opérationnel Amazonie des Fonds FEDER-Guyane, en partenariat avec le CNES et l'entreprise CLS ; Labex DRIIHM et OHM-Oyapock ; Programme RELAIS, co-porté par l'IRD et l'UFRJ, co-financé par le CNPq et l'IRD ; Projet Observatorio de Clima e Saúde (CNPq 552746-2011-8) ; Rede Clima (INPE/FAPESP/FINEP).

Références bibliographiques

de Andrade, R. F., 2005. Malária e migração no Amapá: projeção de espacial num contexto de crescimento populacional. 2005. 418 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Pará, Núcleo de Altos Estudos Amazônicos, Belém. Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido.

Cardoso RF, Goldenberg P., 2007. Malaria in Amapá State, Brazil, 1970-2003: background and control. *Cad Saude Publica*. Jun;23(6):1339-48.

Cenci D, Ferreira AC, Santelli S, 2012. Situation épidémiologique du paludisme dans l'état d'Amapá et dans la municipalité d'Oiapoque (Brésil). *Bulletin de Veille Sanitaire - Cire Antilles Guyane*: 17–20.

Gloria MJKT, Erickson JS, et al. 2014. Legal and Ethical Considerations: Step 1B in Building a Health Web Observatory. In *Proceedings of the Companion Publication of the 23rd International Conference on World Wide Web Companion*. Republic and Canton of Geneva, Switzerland: International World Wide Web Conferences Steering Committee, 1061–1066.

Grover-Kopec E, Blumenthal MB, et al. 2006. Web-based climate information resources for malaria control in Africa. *Malaria Journal*, 5:38.

Hartley D, Nelson N, et al. 2011. The landscape of international event-based biosurveillance. *Emerging Health Threats Journal*, 3.

Henning KJ, 2004. Overview of Syndromic Surveillance What is Syndromic Surveillance? *Morbidity and Mortality Weekly Report (MMWR)*, 53(Suppl):5–11.

Keller M, Schimel DS, et al. 2008. A continental strategy for the National Ecological Observatory Network. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 6:282–284.

Li Z. 2013. Cartographie de l'occupation du sol et construction d'indicateurs de risque de transmission du paludisme à la frontière franco-brésilienne. *Mémoire de master 2 « Géomatique »* (Univ. Montpellier 2)

Stefani A, Roux E, et al. 2011b. Studying relationships between environment and malaria incidence in Camopi (French Guiana) through the objective selection of buffer-based landscape characterisations. *International Journal of Health Geographics*, 10:65.

Stefani A, Dusfour I, et al. 2013. Land cover, land use and malaria in the Amazon: a systematic literature review of studies using remotely sensed data. *Malaria Journal* 2013, 12:192.

Tarantola A, Eltges F, et al., 2011. Malaria in France: Mainland and territories. *Med Mal Infect*, 41:301–306.

Villemant N. 2013. Inventaire et cartographie des données épidémiologiques du paludisme à la frontière franco-brésilienne. *Mémoire de master 2 « CarthaGEO »* (Univ. Paris 1 Panthéon-Sorbonne et Paris 7 Diderot, ENSG)

Zanini VM, do Socorro Mendonça Gomes M, et al. 2014. Potencial de transmissão de malária no município de Oiapoque – Amapá – Brasil. In *50º Congresso da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical (SBMT)*, Rio Branco, Acre, 26-30 août 2014.